



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**Indicadores para el monitoreo y
evaluación de medidas de resiliencia y
adaptación al cambio climático basada
en ecosistemas en los humedales de
Xochimilco, Ciudad de México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN
CIENCIAS DE LA TIERRA

P R E S E N T A:

MARIO CONTRERAS FLEURY

DIRECTOR DE TESIS:

DR. RAFAEL CALDERÓN CONTRERAS

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., Diciembre - 2020





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.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	2
ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS	6
AGRADECIMIENTOS PERSONALES	7
ACRÓNIMOS	8
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	11
1.1 PROBLEMÁTICA GENERAL	11
1.2 OBJETIVOS	16
1.3 MOTIVACIÓN Y ESTRUCTURA	17
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL. RESILIENCIA Y ADAPTACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO	19
2.1 PROBLEMÁTICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO	19
2.1.1 Evidencias y efectos generales	19
2.1.2 Respuesta desde las políticas públicas	20
2.2 MONITOREO & EVALUACIÓN PARA PROYECTOS DE RESILIENCIA Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	22
2.3 RESILIENCIA SOCIO-ECOLÓGICA	24
2.3.1 Resiliencia y complejidad del humedal en el contexto peri-urbano	26
2.3.2 Diversidad y redundancia	28
2.3.3 Conectividad	29
2.3.4 Ciclos de retroalimentación	29
2.4 MARCOS DE ADAPTACIÓN	31
2.4.1 Servicios ecosistémicos	31
2.5 CONCLUSIÓN	33
CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS	33
3.1 ÁREA DE ESTUDIO	34
3.2 MATRIZ DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	37
3.3 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA SOCIO-ECOLÓGICO	38
3.4 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	39
3.5 TEORÍA DEL CAMBIO	40
3.6 SELECCIÓN DE INDICADORES APROPIADOS PARA EL PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO “CUENCAS VERDES”	43
CAPÍTULO 4: ZONA CHINAMPERA DE XOCHIMILCO. CONTEXTO SOCIO-ECOLÓGICO	44
4.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA CHINAMPERÍA	44
4.1.1 De los pueblos prehispánicos hasta la mitad del Siglo XX	44
4.1.2 De 1970 a la actualidad, presiones demográficas y diversificación económico-territorial	45
4.2 SITUACIÓN CONTEMPORÁNEA DE LA CHINAMPERÍA	47
4.2.1 Situación económica de la agricultura en Xochimilco	47
4.2.2 El ecosistema Chinampero y la resiliencia	49
4.2.3 Alternativas para el desarrollo de capacidad de adaptación en el ecosistema chinampero. Turismo ecológico y agricultura tradicional.	50

4.3 ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL ANP EJIDOS DE XOCHIMILCO Y SAN GREGORIO ATLAPULCO	52
4.3.1 Escenarios de temperatura para el Área Natural Protegida.....	52
4.3.2 Escenarios de precipitación para el Área Natural Protegida	56
4.4 CONCLUSIÓN.....	59
CAPÍTULO 5: CUENCAS VERDES – TEORÍA DEL CAMBIO E INDICADORES	61
5.1 CUENCAS VERDES, DISEÑO Y ACCIONES.....	61
5.1.1 Fase prospectiva del proyecto Cuencas Verdes	62
5.1.2 Trabajo con los productores	63
5.2 Matriz de Servicios Ecosistémicos del humedal de Xochimilco	66
5.3 CUENCAS VERDES EN EL MARCO DE UNA TEORÍA DEL CAMBIO	69
5.3.1 Segmento 1. Construcción de sistemas productivos sustentables y adaptables.....	73
5.3.2 Segmento 2. Manejo del recurso hídrico y gestión del paisaje	77
5.3.3 Segmento 3. Aprovechamiento del turismo ecológico como medio de producción en Xochimilco	80
5.4 CONCLUSIÓN.....	83
CAPÍTULO 6: INDICADORES PARA EL MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA ADAPTACIÓN	84
6.1 INDICADORES DE CONTEXTO CLIMÁTICO.....	85
6.2 INDICADORES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS SUSTENTABLES EN LAS CHINAMPAS.....	86
6.2.1 Aplicación de técnicas sustentables y adaptables.	86
6.2.2: Manejo sustentable del agua en producciones agrícolas.	87
6.2.3: Existencia de plataformas de organización productiva entre productores.	88
6.2.4: Certificación de productos.	88
6.2.5: Calidad, cantidad y temporalidad del recurso hídrico.	88
6.2.6: Nichos de mercado estables y suficientes.	90
6.3 INDICADORES PARA EL SISTEMA HÍDRICO DEL ANP	91
6.3.1: Manejo sustentable del agua en producciones agrícolas.	91
6.4 INDICADORES PARA EL TURISMO ECOLÓGICO.....	92
6.4.1: Plataformas de organización entre prestadores de servicios turísticos y productores agrícolas. .	93
6.4.2: Restauración ecológica.	94
6.4.3: Nichos de mercado estables y suficientes.	94
6.5 EL GRUPO DE INDICADORES DESDE LOS CRITERIOS ADAPT	95
6.6 LA RESILIENCIA A TRAVÉS DEL GRUPO DE INDICADORES	102
6.6.1 Diversidad y redundancia	102
6.6.2 Conectividad	103
6.6.3 Ciclos de retroalimentación	103
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES	106
7.1 CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LOS RESULTADOS Y LA REALIZACIÓN DE LA TESIS.....	106
7.2 VÍAS DE CONTINUACIÓN TEÓRICO-CONCEPTUALES Y METODOLÓGICAS	107
7.3 RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN DEL SET PROPUESTO	110
7.4 REFLEXIONES SOBRE LA TESIS EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL ACTUAL	111
REFERENCIAS	115
ANEXO I: ENTREVISTA A PRONATURA.....	123
ANEXO II: ENTREVISTA A PRODUCTORES	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de vulnerabilidad (Schröter, 2004)	21
Figura 2. Monitoreo y Evaluación en el marco del proceso de gobernanza (Modificado de Boyle y colaboradores, 2001)	23
Figura 3. Proceso de adaptación (Modificado de INECC, 2018).....	24
Figura 4. Adaptación y resiliencia (Modificado de Nelson y colaboradores, 2007).....	266
Figura 5. Situación geográfica del ANP, contexto regional (Elaboración propia con datos de PAOT, 2015; y el Gobierno de la Ciudad de México, s.f.).....	35
Figura 6. Situación geográfica del ANP, contexto local (Elaboración propia con datos de PAOT, 2015; y el Gobierno e la Ciudad de México, s.f.).....	36
Figura 7. Teoría del cambio (modificada de Anderson, 2005)	41
Figura 8. Cambios de uso e suelo en Xochimilco en el período 1974-2004 (Clauzel, 2009).....	466
Figura 9. Ejemplo de paisaje chinampero (fotografías propias del 10/12/2019)	49
Figura 10. Temperatura 2015-39 RCP 8.5 Escenario para diciembre y junio (Elaboración propia con datos de INECC, 2017).....	533
Figura 11. Temperatura 2045-69 RCP 8.5 Escenario para diciembre y junio (Elaboración propia con datos de INECC, 2017).....	555
Figura 12. Precipitación 2015-39 RCP 8.5 Escenario para diciembre y junio (Elaboración propia con datos de INECC, 2017).....	577
Figura 13. Precipitación 2045-69 RCP 8.5 Escenario para diciembre y junio (Elaboración propia con datos de INECC, 2017).....	588
Figura 14. Criterios de selección de sitios para participar en el proyecto Cuencas Verdes (Pronatura, 2018)	611
Figura 15. Diagrama de Teoría del Cambio para el SES de Xochimilco, considerando las medidas del proyecto Cuencas Verdes (Elaboración propia a partir de entrevistas con pronatura y productores chinamperos de Xochimilco).....	711
Figura 16. Segmento 1 de la Teoría del Cambio, dirigido al impulso de la agricultura sostenible (Elaboración propia a partir de entrevistas con pronatura y productores chinamperos de Xochimilco).....	744
Figura 17. Báscula de medición de la producción chinampera. Fotografía propia del 10/12/2019	766
Figura 18. Segmento 2 de la Teoría del Cambio, dirigido a permitir un correcto estado del sistema hídrico del ANP (Elaboración propia a partir de entrevistas con pronatura y productores chinamperos de Xochimilco).....	788
Figura 19. Turismo extensivo de los canales. Fotografía tomada de unsplash el 19/12/2019.....	800
Figura 20. Segmento 3 de la Teoría del Cambio, dirigido a impulsar al turismo ecológico (Elaboración propia a partir de entrevistas con pronatura y productores chinamperos de Xochimilco).....	811
Figura 21. Ejemplo de canal desecado en San Gregorio Atlapulco (tomada de Sosa, 2019).....	855
Figura 22. Contaminación en los canales de Xochimilco (tomada de Olivares Alonso, 2015).....	89
Figura 23. Formas de ecoturismo en Xochimilco (imágenes tomadas de Humedalia, 2018; y Olintlalli, s.f.).....	922
Figura 24. Sanitización en los canales de Xochimilco (tomada de Cruz, 2020).....	1132
Figura 25. Productor de hortalizas en San Gregorio Atlapulco (tomada de Pérez, 2020)	1123

Figura 26. Canasta agrícola distribuida en el contexto de crisis sanitaria (tomada de Pérez, 2020).....	114
---	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura de la tesis. Elaboración propia	18
Tabla 2. Matriz de Servicios Ecosistémicos (Calderón-Contreras y Quiroz-Rosas, 2017)	38
Tabla 3 Criterios ADAPT (Silva-Villanueva, 2011).....	43
Tabla 4 Modificación de la ocupación del suelo entre 1974 y 2004 (Clauzel, 2009)	477
Tabla 5 Medias térmicas y diferenciales entre línea base (1950-2000) y escenarios a 1915-1939 en el polígono del ANP-EXSGA (RCP 8.5) Elaboración propia	544
Tabla 6 Medias térmicas y diferenciales entre línea base (1950-2000) y escenarios a 1945-1969 en el polígono del ANP-EXSGA (RCP 8.5) Elaboración propia	555
Tabla 7 Medias de precipitación y diferenciales entre línea base (1950-2000) y escenarios a 1915-1939 en el polígono del ANP-EXSGA (RCP 8.5) Elaboración propia	577
Tabla 8 Medias de precipitación y diferenciales entre línea base (1950-2000) y escenarios a 1945-1969 en el polígono del ANP-EXSGA (RCP 8.5) Elaboración propia	59
Tabla 9 Priorización realizada por los productores chinamperos de las acciones de capacitación propuestas por pronatura (Pronatura, 2019)	633
Tabla 10 Medidas del proyecto cuencas verdes. Elaboración propia a partir de información de pronatura A.C.	655
Tabla 11. Matriz de Servicios Ecosistémicos adaptada al SES del humedal de Xochimilco (elaboración propia según el modelo de matriz de Calderón-Contreras y Quiroz-Rosas, 2017)...	688
Tabla 12 Grupo de indicadores (elaboración propia)	98

AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)** por la beca recibida en el marco del proyecto **Construcción de esquemas de monitoreo y evaluación de la adaptación al cambio climático en México para la formulación de políticas públicas basadas en evidencia (PDCPN 2015-01-1705)**, la cual facilitó el desenvolvimiento de las actividades que desembocaron en la realización de la presente tesis.

Al **Dr. Rafael Calderón Contreras**, tutor de la tesis, por el valioso apoyo que me brindó desde el inicio del proceso de selección de la temática y el encauzamiento de las perspectivas teóricas abordadas en el trabajo. La resiliencia socio-ecológica es un concepto cuya aplicación en esta tesis le debo enteramente a su apoyo y comentarios que retroalimentaron mes con mes la redacción, brindándole una profundidad extremadamente valiosa. Asimismo, la implicación temática de la tesis fue retroalimentada por su proyecto **Resilient People, Resilient Ecosystems in Smart Cities (RESPIRES)**, mismo que me ayudó a profundizar en el entendimiento del Sistema de Xochimilco.

Al **Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)**, por el espacio brindado para trabajar en la elaboración de la tesis día tras día durante un período de varios meses, logrando mantenerme en un espacio adecuado para la lectura, análisis e integración de las ideas adquiridas en el presente documento.

A **PRONATURA A.C.** por el acercamiento que me permitieron tener hacia el proyecto Cuencas Verdes, mismo que constituyó el principal caso de estudio en mi trabajo; así como la valiosa información que amablemente me fue proporcionada para entender su visión y proceso de acción que han seguido para montar un interesante proyecto de adaptación en una zona tan compleja y difícil de gestionar.

A mis sinodales, la **Dra. Mariana Benítez Keinrad**, la **Dra. Amy Michelle Lerner**, la **Dra Paola Massyel García Meneses**, y el **Dr. Rodolfo Omar Arellano Aguilar**, quienes con su fina lectura y pertinentes sugerencias me permitieron obtener perspectivas externas y enriquecer los análisis expuestos en el trabajo. Mención especial merece el **Dr. Omar Arellano**, quien además de fungir como sinodal, fue mi profesor en distintas materias en la licenciatura, mi apoyo en algunos proyectos personales, y como coordinador de la licenciatura, ha demostrado un esfuerzo dirigido hacia el fortalecimiento de las ciencias ambientales en la UNAM, y por ende, el gran país que es México.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, sin cuyo apoyo jamás habría llegado a estar donde estoy, como cuasi-licenciado en Ciencias de la Tierra de la UNAM. A mi papá, **Sergio**, por haberme ayudado a tener una visión crítica de todo lo que sucede en la sociedad y en el mundo. A mi mamá, **Agnes** por ayudarme a seguir adelante siempre que la vida me llevaba a atascarme, recordándome, tal como lo hacen las luces de un faro, cuál es el camino a seguir. A mi hermano **Milo**, por ser lo que es, un gran amigo. Pese a que más de un lustro de edad nos separa, hemos podido aprender el uno del otro, conocer lugares, vivir aventuras y crecer juntos, que al final de cuentas es lo que hacen los hermanos.

A **Matthieu y Soizic**, y **Jacques y Mamgoz**, por hacerme descubrir las bellezas del océano, del litoral, y ayudar con ello a fortalecer aún más mi convicción de que quedarse con los brazos cruzados ante la destrucción de las maravillas del mundo es un muy triste destino. Gran parte de las vivencias que he tenido, y que forman parte de lo que soy, de donde vengo y a donde quiero llegar, se las debo a ellos.

A **Dadguz** y **Babeth**, quienes además de ser extremadamente queridos por mí, fueron un grandísimo apoyo cuando estuve un semestre en Francia, ayudándome a sentirme acompañado, y a seguir aprendiendo de mi otra cultura. Dadguz, tal vez estas no sean las ciencias duras a las que tanto quisiste que me dedicara desde bastante joven, no obstante, sé que no te defraudaré. Seguiré aprendiendo y mejorando para hacer un impacto positivo en este mundo. A mis tíos la **Nena**, **Pepe**, **Maricela**, **Ernesto**, porque desde pequeño han estado ahí, brindándome su apoyo y su cariño. A mis **primos menores**, cuya energía y benevolencia, me hacen pensar en un futuro optimista para la humanidad.

A mis amigos **Malinali**, **Demian**, **Aguayo**, **Andy**, **Jacobiano**, **Ivanovich**, **Matías**, los compas de la **ECC**, la **bandita que mueve Ciencias**, el **Equipo Osho**, acompañantes de risas, viajes, proyectos, cumbres, partidos, reuniones, juegos, cervezas, en fin, mis grandes amigos. A **Paww**, cuya energía y presencia todavía están aquí, ayudándome a caminar, ya que desde donde sea que esté, quiero que vea lo que sus terrólogos pueden ir construyendo.

Igualmente, agradezco a mi querida **Samantha**, acompañante en este difícil y largo camino de titulación en tiempos de pandemia, y quien me ayuda a resarcirme de energía, ánimo y voluntad cuando las cosas se ponen difíciles. Gracias por tanto, bonita.

Finalmente, quiero agradecer especialmente a mi abuelita **Tita**, que en este momento se encuentra enfrentando una gran prueba, y a quien quiero decirle que agradezco infinitamente el que siempre haya creído en mí, y a quien dedico este trabajo, con todo mi amor, y deseando que la recuperación siga como hasta ahora. ¡¡Con fuerza Tita!!

ACRÓNIMOS

AbC Adaptación basada en comunidades

AbE Adaptación basada en ecosistemas

AbRRD Adaptación basada en la reducción del riesgo de desastres

ACC Adaptación al cambio climático

ADAPT Criterios Adaptativo, Dinámico, Activo, Participativo, Completo/Integral

ALiVE Herramienta de planificación para la adaptación, los medios de vida y los ecosistemas”

ANP Área natural protegida

ATEAM Proyecto “Análisis y modelación avanzada de sistemas terrestres”

CDMX Ciudad de México

CICC Comisión Intersecretarial de Cambio Climático

CICES Clasificación Internacional Común de los Servicios de los Ecosistemas

CNRM-CM5 Modelo Climático no. 5 del Centro Nacional de Investigación Meteorológica (Francia)

CXTyMA Cuenca Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta

CONABIO Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

COP Conferencia de las partes

CV Cuencas verdes

EXSGA Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

GEI Gases de efecto invernadero

GFDL-CM3 Modelo Climático no. 3 del Laboratorio de Dinámicas de Fluidos Geofísicos (Estados Unidos)

HadGEM2-ES Modelo Hadley del Medio Ambiente Global no. 2 – Sistema Tierra (Reino Unido)

IISD Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible

IKI Iniciativa Internacional por el Clima

INAH Instituto Nacional de Antropología e Historia

INECC Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía

IPCC Panel Intergubernamental de Cambio Climático

MPI-ESM-LR Modelo del Sistema Tierra del Instituto Max Planck en Baja Resolución Espacial (Alemania)

M&E Monitoreo y evaluación

NCP Contribuciones de la naturaleza a la gente (del inglés, Nature's Contributions to People)

OCDE Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

ONU Organización de las Naciones Unidas

PANA Plan de Acción Nacional de Adaptación

PAOT Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial

PEX Parque Ecológico de Xochimilco

PMA Países menos adelantados

PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

RCP Trayectorias de Concentración Representativas

REDES Asociación Civil “Restauración Ecológica y Desarrollo”

RSE Resiliencia Socio-ecológica

SE Servicios ecosistémicos

SEDEMA Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México

SES Sistemas socio-ecológicos

SGIRPC Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil

STAP Panel de consulta técnica y científica del Fondo para el Medio Ambiente Mundial

TdC Teoría del cambio

UAM-X Universidad Autónoma Metropolitana – Campus Xochimilco

UICN Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

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

UNFCCC Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

UPS Unidad de Provisión de Servicios Ecosistémicos

WB Banco mundial

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Problemática general

El siglo XXI, aún joven, presenta un reto formidable para la humanidad. “Cambio climático”, “Antropoceno”, “Sexta extinción masiva”, son sólo algunos de los términos y frases que pueblan con cada vez más frecuencia nuestro imaginario colectivo. Estos problemas, poco o nada examinados hace no más de un siglo, se han disparado a raíz de lo que conocemos como la “gran aceleración” de la humanidad, iniciada, según el consenso más aceptado, en el transcurso del siglo XX, a partir del término de la segunda guerra mundial (McNeill, 2014). En poco más de medio siglo, la población humana se ha triplicado, la actividad económica ha crecido en un factor mayor a seis, el consumo de energía primaria en un factor de cinco (Steffen et al., 2015:84), y de esta manera podríamos seguir identificando cientos de indicadores que muestran el aumento de actividad humana en el planeta.

En este contexto, será necesario que las poblaciones humanas logren mantener la frágil armonía entre, por un lado, las infraestructuras y procesos económicos que permiten su persistencia; y por el otro, la base natural que, además de cimentar gran parte de nuestra identidad como personas y comunidades, es también absolutamente esencial para el aprovisionamiento de las necesidades básicas de todos los seres humanos. Esta situación presenta la paradoja de que, pese a que ambos aspectos son necesarios para mantener a la sociedad humana tal y como la conocemos, desde muchas perspectivas, se presentan también como elementos contradictorios, ya que el desarrollo económico que nos ha permitido llegar a sostener una población de casi 8,000 millones de personas (The World Bank, 2019), es el mismo que nos ha llevado a destruir gran parte del ambiente natural que nos rodea, poniendo así en jaque su misma reproducción en un mediano y largo plazo. Eventualmente, esta contradicción puede traer consigo consecuencias graves para la humanidad en su conjunto.

Esto lleva consigo un cuestionamiento: ¿Cómo lograr que la gestión de los territorios habitados por el ser humano incluya una toma de decisiones eficiente tanto para sostener actividades económicas que provean bienestar a la población, como para mantener la salud del medio ambiente que la rodea, también básico para su subsistencia?

Ante este contexto, la literatura sobre los fenómenos socio-ecológicos ha modificado sus concepciones del sistema terrestre, planteando al sistema ecológico y al sistema social como dos elementos totalmente intrincados, donde los ambos se relacionan mediante una red compleja de interacciones. Así ha surgido como base de estudio de estos conglomerados sistémicos, el concepto de “Sistema Socio-Ecológico” (SES por sus siglas en inglés) (Calderón-Contreras & White, 2019; Cote & Nightingale, 2012; Fabinyi, Evans, & Foale, 2014; Walker, Holling, Carpenter, & Kinzig, 2004). Las problemáticas y conflictos que se desarrollan en esta clase de sistemas son inherentemente de alta complejidad, y constituyen un ejemplo de lo que Rittel y Webber denominan “*Wicked Problems*” (Problemas perversos) (Rittel & Webber, 1973), debido a que presentan las siguientes características:

- Las problemáticas no tienen una formulación consensuada, y no existe un punto en el que se puedan considerar resueltos.
- La solución “ideal” no existe. El éxito de estas siempre es relativo y tampoco hay pruebas rápidas y precisas para saber de antemano la pertinencia de cada solución.
- Cada problema es esencialmente único y no puede ser enfrentado con recetas preestablecidas, además de que puede ser causado por factores que se originan en niveles o escalas distintos a aquellos en donde se experimentan sus consecuencias. Las distintas interpretaciones de los factores causantes pueden llevar a la proposición de múltiples soluciones diferenciadas.

El cambio climático nos ofrece un ejemplo paradigmático de “wicked problem” (o “problema perverso”) (Davoudi, Crawford, & Mehmood, 2009; Jordan, Huitema, Van Asselt, Rayner, & Berkhout, 2010; Termeer, Dewulf, & Breeman, 2012), debido a que sus implicaciones afectan a una gran diversidad de actores humanos de formas diferenciadas. Al insertarse sus efectos en un complejo entramado de intereses económicos y políticos que muchas veces contienen presiones opuestas a las modificaciones requeridas para lograr atender las causas mismas del problema, se generan disyuntivas difíciles de resolver en la toma de decisiones. Es en este contexto que los distintos gobiernos han empezado a hacer evaluaciones de la vulnerabilidad de sus territorios a los posibles cambios del estado del planeta, sin por ello lograr generar consensos claros sobre los enfoques y tipos de política que deben prevalecer para prevenirlos en la medida de lo posible, o para lograr adaptarse a ellos (Termeer et al., 2012).

A nivel nacional, los escenarios climáticos modelados indican la posibilidad de que existan cambios drásticos en ciertas regiones del país, tal como fluctuaciones importantes en la cantidad de precipitación, y aumentos de hasta 5°C de las temperaturas máximas (CICC, 2012:49). Esto podría generar costos diversos a nivel de infraestructura hídrica, agrícola y respuestas a fenómenos hidrometeorológicos extremos (CICC, 2012:39).

Las variaciones de las condiciones climáticas regionales tendrán repercusiones en las realidades económicas y políticas de las poblaciones humanas. La gobernanza de los sistemas socio-ecológicos, es decir, el proceso continuo de aprendizaje y planeación que lleva a la toma de decisiones en la gestión de un sistema (Boyle, Kay, & Pond, 2001), se vuelve entonces un espacio de innovación para la implementación de mecanismos y vías a partir de las cuales poblaciones enteras se apoyen para responder efectivamente a dicho *wicked problem*.

Si bien los efectos provocados por las fluctuaciones climáticas han sido evaluados en ecosistemas como el de la Laguna de Alvarado, Veracruz, donde se estima un aumento en la frecuencia de lluvias torrenciales, y subsecuentes problemáticas con la calidad del agua, la regulación microclimática y la fauna de la laguna (Magaña et al., 2011), los esfuerzos de mitigación y adaptación al cambio climático en humedales costeros, los cuales impactan precisamente en el campo de la gobernanza local, han empezado a adquirir presencia importante en la política pública en años recientes (Mendiola & De Buen-Richkarday, 2018).

El presente trabajo surge, en continuidad de lo expuesto anteriormente, de la voluntad de aplicar un enfoque de gobernanza local para la adaptación en un sistema de humedal, esta vez continental, como lo es la chinampería de Xochimilco. El SES agrícola de Xochimilco ha tenido un desarrollo histórico que lo ha llevado a englobar una gran cantidad de los dilemas socio-ecológicos a los que se enfrenta la sociedad mundial actual. Pese a ser reconocido como el Área Natural Protegida “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” (ANP – EXSGA), el humedal de Xochimilco se enfrenta a problemáticas tales como la presión de urbanización irregular que le hace perder superficie cultivable año tras año, y contribuye a la baja calidad del agua debido a las descargas clandestinas de aguas negras que se acumulan continuamente (Clauzel, 2009; Narchi, 2013).

La situación económica también ha llevado a la pérdida de superficie por parte de la chinampería tradicional, ya que su pobre rentabilidad ha llevado a gran parte de los productores agrícolas a introducir modos de producción más intensivos, mediante el uso de

invernaderos y el relleno de canales para la expansión del terreno cultivable (Clauzel, 2009; Narchi, 2013). Ante esta situación es necesario considerar que las chinampas son un sostén esencial del ecosistema de canales y el principal pilar económico del SES (Merlín-Uribe et al., 2013). Como tal, es importante considerarlas como la base a partir de la cual pensar su adaptación y su resiliencia al cambio climático.

Los productores necesitarán, en este contexto convulso, adecuar ciertas técnicas de manejo de recursos (tales como el agua o el suelo), realizar actualizaciones en los tipos de semillas y especies que siembren; lo cual conllevará gastos y fases de aprendizaje (Narchi, 2013), y lograr mantener salidas estables para sus productos a un precio tal que logren rentabilizar su actividad. En ese caso el cambio climático puede ser un factor que exacerbe ciertas desigualdades y tensiones existentes, según las posibilidades que tengan los chinamperos de contar con las posibilidades económicas y técnicas para emprender la adaptación de su actividad (Gómez Aíza, Bedolla Ruiz, Low-Pfeng, Vallejos Escalona y García-Meneses, 2020).

La construcción de adaptación en el humedal de Xochimilco requiere entonces un proceso de toma de decisiones que sea capaz de atender a tres imperativos: En primer lugar, el imperativo ecológico, que permita mantener las chinampas saludables; en segundo lugar el económico, que le permita a los productores mantener un nivel suficiente de ingresos de sus actividades; finalmente, en tercer lugar, se encuentra el imperativo social, es decir, lograr que la chinampería tradicional y el turismo logren subsistir en paralelo sin ocasionar conflictos tan fuertes que obstaculicen el desarrollo óptimo, económica y ecológicamente, de ambas actividades (Clauzel, 2010).

Para lograr atender a estos imperativos de manera óptima, es necesario lograr establecer una gobernanza adecuada a un sistema complejo. De ésta debe surgir la toma de decisiones que guía el desarrollo de un territorio, y para ello es necesario contar con capacidad de análisis de la situación actual, y aprendizaje a partir de dicho análisis. Para ello, el monitoreo es una herramienta esencial, ya que genera un flujo constante de información sobre el sistema, lo cual constituye una fuente de retroalimentación para adecuar el curso de un proyecto o medida específica (Boyle, Kay, & Pond, 2001), permitiendo así un manejo del sistema que se construya siempre según el contexto y las necesidades presentes de la población.

De la misma manera, el monitoreo requiere herramientas que le permitan que la información generada sea realmente adecuada para evaluar la situación. Para ello, se utilizan los indicadores, es decir marcadores cualitativos o cuantitativos del estado de cierto atributo en un sistema (Boyle, Kay, & Pond, 2001), que permiten medir el avance hacia cierto objetivo y, a partir de ello, evaluar medidas y actividades que emanen de la población y de proyectos civiles o públicos.

La aplicación de sistemas de monitoreo y evaluación basados en conjuntos de indicadores para la adaptación en distintos niveles ha sido desarrollada de manera extensa en la última década. Ejemplos de esto pueden encontrarse en ciudades como Nueva York, donde se utiliza para informar la toma de decisiones con respecto a los escenarios de adaptación; en países como Francia (Plan Nacional de Adaptación, 2011), Kenya (Plan de Acción Climática Nacional, 2013-2017), Nepal (Programa Nacional de Cambio Climático) y Filipinas (Plan Nacional de Acción Climática, 2011), e inclusive en regiones multinacionales como la Cuenca del río Mekong, que incluye a los países de Vietnam, Camboya, Laos y Tailandia (GIZ, 2014).

Estos procesos llegan a enfrentarse a dificultades en las fases de validación de los indicadores por todos los actores implicados, y de la colecta y análisis de datos para esos mismos indicadores y su interpretación. Esto se ejemplifica en la experiencia del río Mekong, que tras un desarrollo de indicadores llevado a cabo entre 2012 y 2016, pasó a la fase de compilación de los datos provistos por los distintos países, los cuales en muchos casos resultaron parciales, además de existir una insuficiencia de expertise para analizarlos (GIZ, 2017). Estos son retos que deben ser trabajados para mejorar la operacionalización de los indicadores, y así dar coherencia a los esfuerzos nacionales, profundizando el entendimiento de los impactos del cambio climático, y generando un plan adecuado para progresar en la planeación e implementación de la adaptación.

En ese sentido, esta tesis busca proponer un método de construcción de indicadores para la adaptación en el contexto del Área Natural Protegida “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, para lo cual se apoya en el proyecto **Cuencas Verdes (CV)**, de Pronatura, A.C., el cual se encuentra en fase de desarrollo. Dicho proyecto tiene como objetivo implementar medidas de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) en la cuenca de Xochimilco y, más específicamente, el área chinampera (Pronatura, 2018).

La adaptación puede considerarse AbE cuando existe aprovechamiento directo de las características del ecosistema para lograr generar capacidad de adaptación. Pronatura seleccionó en ese sentido al SES de Xochimilco debido al valor ecosistémico de los canales y chinampas, su provisión de servicios ecosistémicos para la cuenca y la existencia en su territorio tanto de suelo de conservación como de modos de vida que podrían verse comprometidos por el cambio climático (Pronatura, 2018), en este caso, la producción chinampera.

El trabajo se enfoca, partiendo del contexto del humedal de Xochimilco y de la serie de medidas que CV propone, en construir una Teoría del Cambio (TdC). Este modelo causal del proceso de adaptación en el humedal permite identificar fases de cambio en el sistema chinampero, considerando su contexto económico y social, lo cual permite, posteriormente, proponer un grupo de indicadores adecuado a dicho proceso (Bours, McGinn, & Pringle, 2014).

La utilización de una Teoría del cambio fue motivada por la amplia aplicación de esta herramienta por las instituciones y asociaciones que trabajan en el campo del desarrollo socio-ecológico. Bien utilizada, esta herramienta permite un entendimiento cooperativo de los objetivos y los medios para alcanzarlos por parte de los distintos actores del sistema, lo cual fortalece la capacidad de aprendizaje y, por ende, la relevancia y la efectividad de las acciones y medidas hacia la adaptación (Oberlack et al., 2019).

1.2 Objetivos

La presente busca plasmar el enfoque de los Sistemas Socio-Ecológicos aplicado al campo de la adaptación al cambio climático. Para ello, se parte del siguiente objetivo general:

Proponer un conjunto de indicadores que pueda ser integrado en la gobernanza socio-ecológica a través del monitoreo y evaluación de medidas de Adaptación al Cambio Climático Basada en Ecosistemas, implementadas o por implementar, en el Área Natural Protegida de los Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco

Los objetivos particulares son, por su parte:

- Implementar, a partir de una revisión bibliográfica de los métodos e indicadores existentes para medir el desempeño de proyectos de Adaptación basada en

ecosistemas, una propuesta metodológica general que permita generar grupos de indicadores para la adaptación al cambio climático que contengan una perspectiva socio-ecológica.

- Identificar los factores socio-ecológicos que facilitan o limitan la implementación efectiva de medidas de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en el contexto de los humedales de Xochimilco.

1.3 Motivación y Estructura

Para la elaboración de este trabajo, se partió de la voluntad de plantear un trabajo que ayudara a examinar la problemática del cambio climático desde un punto de vista social y ecológico, acotándola a un sistema y una problemática localizada dentro de la Ciudad de México. Considerando, por un lado, la gravedad del cambio climático y, además, la necesidad de generar sistemas de gobernanza para la adaptación que partan de los modos de vida existentes, de manera que la población y el paisaje sean parte fundacional de la estrategia, se realizó una construcción teórica del proceso de adaptación en Xochimilco haciendo énfasis en el papel del aprendizaje y, en consecuencia, la resiliencia socio-ecológica, para dicho proceso.

Tomando como base la caracterización socio-ecológica del humedal, el trabajo tomó las propuestas del proyecto “Cuencas Verdes” (CV) de la asociación civil Pronatura y los insertó en la construcción de una Teoría del cambio y, subsecuentemente, un grupo de indicadores adecuado a dicho proceso de cambio. El proyecto CV fue seleccionado ya que consiste en sí mismo en una fuente de medidas plausibles de adaptación al cambio climático en el contexto del ecosistema chinampero de Xochimilco, y en ese sentido, puede insertarse en un proceso más amplio de construcción de capacidad de adaptación en el ANP. Este proceso es al cual esta tesis busca proponer una herramienta útil de identificación de problemas por un lado, y de monitoreo y evaluación por el otro.

La tesis está constituida por 7 capítulos, a lo largo de los cuales se busca plantear y desarrollar una metodología replicable de generación de indicadores para proyectos de adaptación:

Tabla 1. Estructura de la tesis (Elaboración propia)

CAPÍTULO	CONTENIDO
1: Introducción	Problemática general, objetivos, motivación y estructura de la tesis
2: Marco teórico-conceptual	Descripción general del cambio climático y las respuestas a él. Planteamiento de 2 ejes teórico-conceptuales: La resiliencia Socio-Ecológica y la Adaptación basada en ecosistemas
3: Descripción de los métodos	Descripción de metodología: - Matriz de Servicios Ecosistémicos. - Escenarios de cambio climático. - Teoría del cambio - Entrevistas semiestructuradas - Criterios de selección de indicadores
4: Zona chinampera de Xochimilco: Contexto socio-ecológico	Descripción histórica y contemporánea de la situación socio-ecológica de la chinampería de Xochimilco, desde sus propiedades de resiliencia, sus posibilidades económicas y su situación climática según los escenarios y modelos climáticos.
5: Cuencas Verdes – Teoría del cambio e indicadores	Descripción del proyecto Cuencas Verdes y presentación de la Teoría del cambio integrando las acciones propuestas por dicho proyecto. Segmentación de la Teoría del cambio en función de los Servicios Ecosistémicos a los que busca favorecer en el proceso de Adaptación basada en ecosistemas.
6: Indicadores para el monitoreo y evaluación de la adaptación	Presentación de la lista de indicadores soportados por la Teoría del cambio. Justificación de los indicadores con base en criterios ADAPT. Descripción de la resiliencia a partir de los indicadores propuestos.
7: Conclusiones	Consideraciones finales sobre el planteamiento del trabajo, los resultados, las posibles aportaciones finales en esa misma vía, y la tesis en el marco del contexto socio-ecológico actual.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL. RESILIENCIA Y ADAPTACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resumen

La literatura sobre el cambio climático y sus efectos sobre la sociedad humana ha conceptualizado una serie de estrategias de acción que puede adoptar la humanidad para hacer frente a la problemática del cambio climático. En este capítulo se hará un análisis de estos conceptos, poniendo un énfasis en la adaptación, la cual se examina como proceso más que como resultado final. Para ello, se describirá la relación existente entre la gobernanza socio-ecológica, el manejo, y el monitoreo y evaluación (M&E) como partes integrantes de un ciclo que debe ser capaz de generar capacidad de adaptación con el aprendizaje como factor central para lograr una toma de decisiones eficiente en un contexto de incertidumbre inherente a los sistemas socio-ecológicos. Finalmente, se analizarán por un lado la resiliencia socio-ecológica como base fundamental para la construcción de adaptación, y por otro lado la Adaptación basada en ecosistemas como la forma de adaptación primordial en el caso de estudio, es decir la chinampería de Xochimilco.

2.1 Problemática del cambio climático

2.1.1 Evidencias y efectos generales

La evidencia del efecto del desarrollo industrial en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) se empezó a hacer evidente alrededor de los años 80 del siglo pasado, Le Treut, Cubasch y Allen (2005), demostraron la relación positiva entre esta concentración y la temperatura de la atmósfera, probando así lo que distintas investigaciones habían encontrado en los años 90, es decir, que el cambio observado en las temperaturas medias de la superficie terrestre entre 1867 y 1982 no podía explicarse únicamente por las variabilidades naturales de la atmósfera (Stouffer, Manabe, & Vinnikov, 1994; Wigley & Raper, 1990). Estos dos descubrimientos marcaron el inicio de la ciencia del cambio climático, siendo este entendido como un fenómeno de origen antrópico.

Los datos reportados establecen que el calentamiento promedio observado ya excede los 0.8°C sobre el nivel preindustrial, con un aumento decadal de aproximadamente 0.2°C

(Allen et al., 2018b:51). Entre 20 y 40% de la población mundial vive ya actualmente en regiones que experimentan, en ciertas épocas del año, calentamientos mayores a 1.5°C con respecto a la época preindustrial (Allen et al., 2018b:51). Esta evolución física en curso del sistema terrestre tendrá inevitablemente efectos sobre las comunidades humanas y, en particular, las agrícolas.

Los sistemas de cultivo se enfrentarán a una modificación más o menos abrupta de las condiciones térmicas y pluviales usuales. Esto ha llevado a instituciones como el IPCC a relacionar el cambio climático con un riesgo de aumentación de la pobreza en ciertas poblaciones agrícolas (Allen et al., 2018a), debido a la dificultad para actualizar las prácticas a las nuevas condiciones. Una respuesta política, social y económica a distintas escalas es requerida para lograr construir capacidad de adaptación al cambio climático en dichas comunidades.

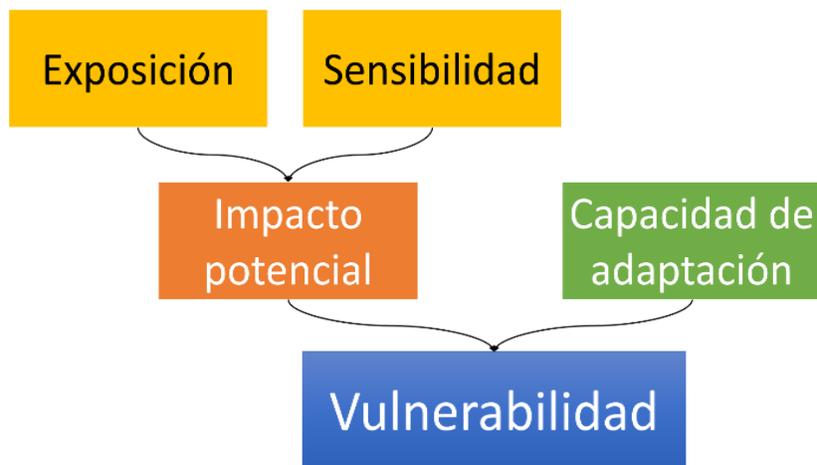
2.1.2 Respuesta desde las políticas públicas

Ante la acumulación de evidencias del cambio climático, en 1988 la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente colaboraron en la creación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, organismo que se ha encargado de sistematizar los conocimientos mundiales de la evolución del cambio climático (IPCC, 2013).

De manera paralela, en mayo de 1992 se adoptó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la cual establece objetivos, plazos y mecanismos para enfrentar la problemática. Los primeros tratados y convenios de dicha convención, entre los cuales se puede citar el protocolo de Kyoto de 1997, estaban principalmente enfocados en la mitigación del cambio climático, es decir las acciones destinadas a detener el avance del calentamiento global mediante la reducción de acciones tales como la emisión de GEI o la deforestación.

Unos años más tarde, esfuerzos teóricos (Schröter, Polsky, & Patt, 2005; Turner et al., 2003) generaron un marco para la discusión ya no sólo de la mitigación, sino también de la adaptación al cambio climático (figura 1), el cual incluyó los conceptos de exposición e impacto a desastres, junto a la capacidad de adaptación y la vulnerabilidad. No es sino hasta 2010 que se estipuló a nivel de la CMNUCC que la adaptación debía ser tratada con el mismo nivel de prioridad que la mitigación (UNFCCC, 2019).

Figura 1 Modelo de vulnerabilidad



En este modelo la vulnerabilidad se explica por:

Impactos (relación directa): Causados por un lado por la ocurrencia de fenómenos en zonas habitadas (exposición) y la cantidad de daño que cierto fenómeno puede provocar debido a las características intrínsecas de la región (sensibilidad).

Capacidad de adaptación (relación inversa): Dota a la población de conocimientos, técnicas, estrategias y recursos, tanto naturales como humanos, sociales y técnicos, para afrontar los impactos.

Elaboración propia con base en Schröter (2004)

El IPCC define la adaptación como un “proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos [...] que trata de moderar los daños y aprovechar las oportunidades beneficiosas...” (Agard & Schipper, 2014:180), definición que resalta la importancia de los ajustes graduales para la reducción de la vulnerabilidad, y retoma la idea de Schröter (2004) de la adaptación como medida inversa de la vulnerabilidad de las poblaciones al cambio climático.

La vulnerabilidad de una población al cambio climático está determinada entonces tanto por su exposición y sensibilidad a los fenómenos que dicho proceso provoca, como por su capacidad de adaptación. La capacidad de adaptación es la componente a la que este trabajo busca aportar elementos, para lo cual se busca fortalecer el aprendizaje y manejo adaptativo del SES, como una manera para construir resiliencia, y a partir de ésta, capacidad de adaptación. Para lograr generar aprendizaje, es necesario contar con herramientas de seguimiento, y en particular, indicadores y sistemas de monitoreo, esenciales para el ciclo de adaptación.

2.2 Monitoreo & Evaluación para proyectos de resiliencia y adaptación al cambio climático

Los sistemas socio-ecológicos (SES), como sistemas adaptativos complejos, se distinguen por un comportamiento impredecible que resulta de la coexistencia de una gran cantidad de procesos simultáneos (Berkes, 2003; Jiménez, 2002). Esta incertidumbre implica que la gestión de un SES no puede basarse en un esquema de anticipación precisa de las consecuencias de las decisiones o de relaciones lineales de causa-efecto (Cutter et al., 2008; Holling & Meffe, 1996; Walker et al., 2006).

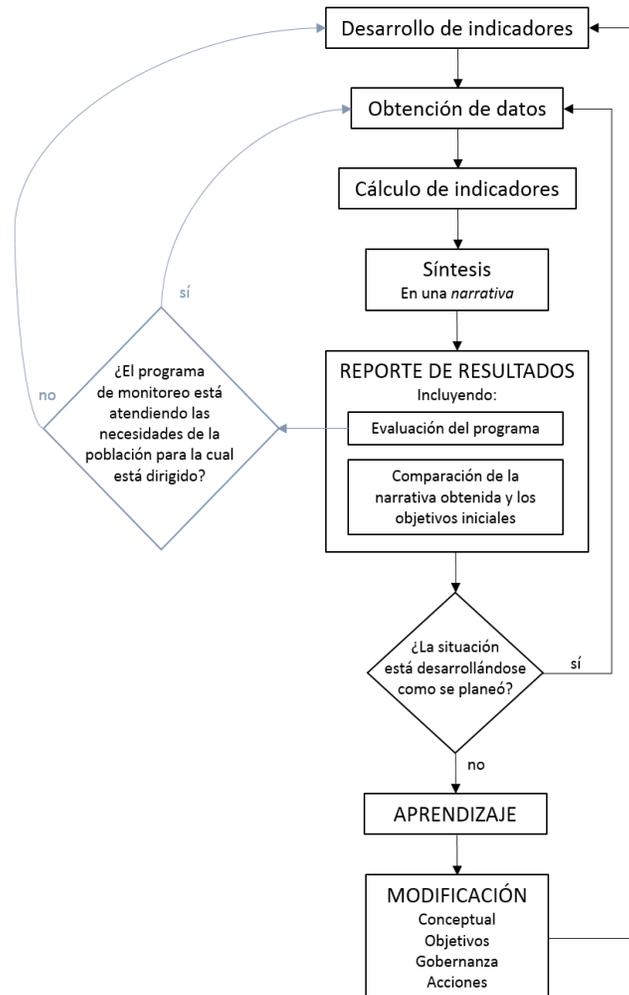
Las necesidades frente a perturbaciones externas cambian, lo cual hace necesario el ser capaz de modificar ciertos aspectos de la estructura y relaciones funcionales del SES. El objetivo del manejo de un SES para la adaptación, no debe de ser la búsqueda de un estado final “ideal”, sino la generación de espacios para el monitoreo, evaluación y aprendizaje constante, que lleve a decisiones informadas y actualizadas con respecto al estado del sistema (Holling & Meffe, 1996; Walker et al., 2006).

Boyle, Kay & Pond (2001) describen tres actividades principales para la generación de capacidad de adaptación: La gobernanza, el manejo, y el monitoreo. Las primeras dos se relacionan con las acciones que se realizan en un sistema, siendo la gobernanza vista como el proceso continuo de aprendizaje y planeación que ocurre en función de los compromisos entre los actores que coexisten en el SES, y el manejo haciendo referencia a las actividades y acciones directas que se desarrollan en él.

El monitoreo, por su parte, es la fuente de información (y por ende de aprendizaje), que alimenta la gobernanza y subsecuentemente el manejo, y se basa en la observación del SES y la evaluación de los procesos que lo conforman. Para ello, el monitoreo parte de la disponibilidad de datos e indicadores, los cuales son definidos como “marcadores cualitativos o cuantitativos que nos muestran el progreso que se ha logrado en la búsqueda de cierto objetivo” (STAP, 2017). El monitoreo no puede entonces plantearse de manera aislada a la gobernanza, ya que si se realiza de manera externa a los procesos y necesidades específicas de la comunidad, su utilidad puede verse reducida drásticamente (Boyle et al., 2001).

El seguimiento continuo de un sistema parte entonces de la utilización de indicadores que

Figura 2 Monitoreo y Evaluación en el marco del proceso de gobernanza.

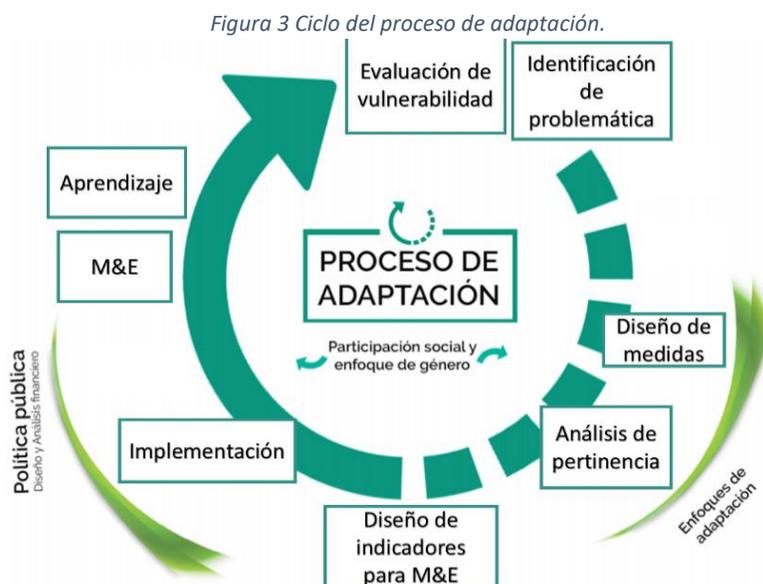


Modificado de Boyle et al, 2001. El ciclo parte del desarrollo de indicadores, los cuales constituyen el instrumento de monitoreo, y lleva por un lado al aprendizaje que sirve para modificar las acciones concretas y la concepción del sistema, y por otro lado a la evaluación de los mismos indicadores, lo cual puede llevar a mejorar el instrumento.

permiten dar seguimiento conceptual y material al desenvolvimiento de un proyecto y encauzarlo constantemente, mediante el aprendizaje y de manera cíclica, hacia un funcionamiento óptimo (Boyle et al., 2001; Hobson, Mayne, & Hamilton, 2014; Independent Evaluation Group WB, s.f.; OCDE, 2002; Uitto, Puri, & van den Berg, 2017), a la vez que permite realizar evaluaciones generales del enfoque mismo del proyecto, y en caso de necesidad, modificarlo.

Al proceso que comprende tanto al seguimiento continuo y a la evaluación como actividad de apreciación y balance de un proyecto, se le abrevia en la literatura como M&E (Monitoreo y Evaluación), terminología que será utilizada en la presente tesis, y se inserta en una lógica

de aprendizaje constante que lleve a una gestión basada en la adecuación cíclica, tanto a nivel conceptual como operativo, de las acciones de adaptación en un sistema. Este ciclo es esquematizado en la figura 2 (Boyle et al., 2001). El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) ha adoptado esta visión de adaptación como proceso cíclico (INECC, 2018) que, tal y como se observa en la figura 3, incluye el proceso de M&E y el aprendizaje subsecuente como fases integrantes que permiten que el proceso complete cada ciclo.



A continuación, se hará la discusión de los dos pilares teóricos que guían el análisis del proyecto *Cuencas Verdes* en esta tesis, facilitando la proposición de un grupo de indicadores adecuado a su gobernanza a través del M&E. En primera instancia se desarrolla la evolución teórica del concepto de resiliencia socio-ecológica y posteriormente, la categoría de adaptación conocida como Adaptación basada en Ecosistemas (AbE).

2.3 Resiliencia Socio-ecológica

En ecología, el término “resiliencia” fue adaptado como una modificación de la concepción tradicional de la dinámica de los ecosistemas. De suponerse que estos tendían automáticamente a un estado de equilibrio único posterior al efecto de perturbaciones, Holling (1973) propuso la existencia de distintos estados de equilibrio a los que un ecosistema puede acceder. La resiliencia surgió entonces como la medida de la cantidad

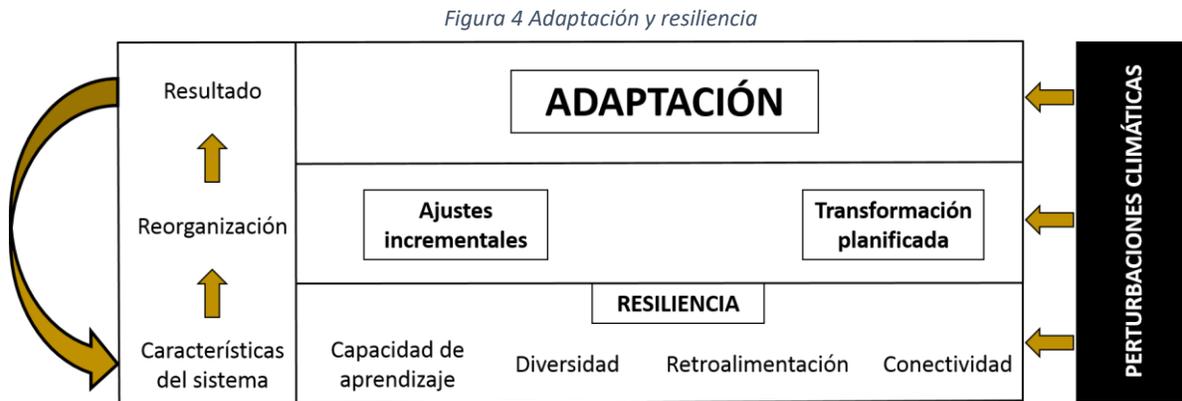
de perturbación que puede absorber un sistema preservando las interrelaciones entre especies y variables fisicoquímicas principales de alguno de dichos equilibrios. Con el paso del tiempo, la resiliencia se ha vuelto un concepto central de la ecología y el estudio de sistemas socio-ecológicos (Folke, 2006; Meerow & Newell, 2015; Meerow, Newell, & Stults, 2016; Wu & Wu, 2013).

El surgimiento del concepto de SES, llevó a ver a la resiliencia desde un marco más amplio, incluyendo las variables sociales del sistema. Tal como en los ecosistemas, se propuso que un SES es resiliente cuando es capaz de absorber los efectos de perturbaciones externas de manera que se mantengan una función, estructura, identidad y los ciclos de retroalimentación que lo caracterizan (Walker et al., 2004). No obstante, se ha criticado la interpretación de resiliencia como mera “resistencia” al cambio, acepción nombrada “resiliencia ingenieril” (Meerow & Newell, 2015; Nelson, Adger, & Brown, 2007), en analogía al sentido que se le da al término en las ciencias de materiales, donde la resiliencia es la habilidad que tiene un material de absorber energía al sufrir deformación elástica y liberar la energía almacenada para volver a la forma inicial (Campbell, 2008).

En continuidad a este análisis, la resiliencia de un sistema no es inherentemente positiva, tal como ha sido notado por diversos autores (Béné, Newsham, Davies, Ulrichs, & Godfrey-Wood, 2014; Carr, 2019; Cretney, 2014; Davidson, 2010; I. Sudmeier-Rieux, 2014; Jerneck & Olsson, 2008; Mitchell & Harris, 2012; Nadasdy, 2007; Nelson et al., 2007; Tanner et al., 2015; Walker et al., 2006; Weichselgartner & Kelman, 2015). Pueden existir estructuras políticas de explotación, tales como las dictaduras, que demuestran ser altamente resilientes a las presiones externas; así como las llamadas “trampas de pobreza”, observadas por Holling (2001), en las cuales un sistema social se enfrasca en una situación negativa, sin contar con las capacidades suficientes para salir de ella, ya sea mediante vías económicas, disminución de la violencia u otros procesos de cambio positivo.

Esto ha llevado a ciertos autores a señalar la contradicción entre la visión ingenieril de la resiliencia enfocada a sistemas socio-ecológicos, y la conceptualización de adaptación (Nelson et al., 2007), la cual integra la necesidad de, en ciertas situaciones, modificar aspectos del sistema para así preservar un estado adecuado a las aspiraciones de su población y a su equilibrio ecológico (Agard & Schipper, 2014). Los sistemas en resiliencia negativa deben recurrir entonces a su capacidad de adaptación y transformación para superar la resiliencia negativa del sistema.

Para entender de qué manera la resiliencia participa entonces en el proceso de adaptación, debe recordarse en primera instancia que la resiliencia tal y como fue descrita por Holling para los ecosistemas, considera la existencia de distintos estados de posible equilibrio, lo cual puede aplicarse a los SES. A partir de ello, Nelson y colaboradores señalan cómo un



Modificado de Nelson et al, 2007.

sistema en proceso de adaptación constante debe ser capaz de evaluar continuamente las distintas posibilidades a las que puede dirigirse.

La resiliencia, en su acepción utilizada para esta tesis, es entonces una característica del SES que surge a partir de propiedades sistémicas tales como la diversidad, la conectividad, los ciclos de retroalimentación y la capacidad de aprendizaje; y que permite, como se observa en la figura 4 (modificada de Nelson et al., 2007), introducir modificaciones al sistema. Estos cambios pueden ocurrir siguiendo dinámicas distintas, ya sea en forma de ajustes lentos y graduales, o bien en forma de transformaciones radicales pero planificadas, de manera que se mantenga al sistema en el estado de equilibrio deseado.

Este ajuste constante del sistema que permite la resiliencia, logrando así limitar los efectos dañinos de las perturbaciones en el SES, es la base de la construcción de capacidad de adaptación, y constituye un punto esencial para la dimensión transformativa del proceso de adaptación.

2.3.1 Resiliencia y complejidad del humedal en el contexto peri-urbano

Una vez establecida la importancia que tiene la resiliencia como base para la adaptación, se puede categorizar la clase de sistema complejo en la cual se desarrolla el proceso de adaptación tratado. En este caso las acciones de adaptación se desarrollan en el humedal de Xochimilco, situado en el área metropolitana de la Ciudad de México.

Las chinampas de Xochimilco son áreas de cultivo y forman un conjunto paisajístico prácticamente inhabitado, con características rurales. No obstante, la dinámica cultural, social y económica de la población que ahí trabaja, y el marco urbano en el cual se inserta el humedal lo hacen un caso interesante de lo que Webster (2002) define como un espacio sometido a la “peri-urbanización”, es decir, un proceso en el cual un área rural cercana a una ciudad se “urbaniza” en términos físicos, económicos y sociales. Este tipo de sistemas se distingue por la aparición de nuevos modos de vida menos dependientes de la base natural, y cada vez más integrados en el tejido urbano (Lerner & Eakin, 2011).

El humedal de Xochimilco ha transitado efectivamente de ser un área eminentemente agrícola, a pertenecer económicamente al tejido urbano. Tanto la urbanización irregular como los modos de producción agrícola intensiva y el surgimiento, dentro del polígono del ANP, de áreas recreativas o comerciales primordialmente destinadas a una clientela urbana (campos de fútbol, mercados de flores) muestra la influencia cada vez mayor de la ciudad sobre el espacio del humedal (Clauzel, 2009). Esto se refleja asimismo en un porcentaje decreciente de población dedicada a actividades agrícolas en Xochimilco (Terrones, 2006), y un aumento en la proporción de chinamperos que realizan actividades económicas secundarias para asegurar su subsistencia (Clauzel, 2010).

Las características urbanas cada vez más presentes en los humedales de Xochimilco generan en el SES una concordancia con la descripción realizada por Meerow (2016) de la complejidad de los sistemas urbanos, en los cuales coexisten dinámicas socio-ecológicas y socio-económicas soportadas por flujos materiales y energéticos en una intensidad y diversidad mayor que en los sistemas rurales

A partir de dicha caracterización del sistema urbano, Meerow y colaboradores (2016:39) definen la resiliencia urbana como:

Habilidad de un sistema urbano y sus redes socio-ecológicas y socio-técnicas constituyentes a través de distintas escalas temporales y espaciales, de mantener o recuperar rápidamente sus funciones deseadas frente a una perturbación; de adaptarse al cambio; y de transformar rápidamente aquellos sistemas que limitan la capacidad de adaptación actual o futura.

Esta definición de resiliencia establece una continuidad con la concepción de resiliencia como base de la adaptación, y es un buen punto de partida para aterrizar en términos socio-

ecológicos el análisis de dicha propiedad a partir de ciertos componentes básicos. Para ello, se puede hacer una caracterización del SES y su resiliencia a partir de las siguientes tres propiedades: La diversidad y redundancia, la conectividad, y los ciclos de retroalimentación (Calderón-Contreras & Baggio, 2017), las cuales son descritas a continuación.

2.3.2 Diversidad y redundancia

Un sistema puede contar con una diversidad de componentes más o menos grande, y dichos componentes pueden generar redundancia funcional y diversidad de respuesta a perturbaciones externas, lo cual es una propiedad fundamental para la resiliencia (Calderón-Contreras & Baggio, 2017). Para ilustrar este punto, puede ponerse el ejemplo de un ecosistema. Si en un bosque con alta diversidad de especies se pierde una especie polinizadora, existen otras especies que son capaces de cumplir la misma función, lo cual muestra una redundancia funcional. Si en un agro-ecosistema, los productores cuentan con una gran cantidad de opciones de cultivo, es más fácil adecuar la producción a las condiciones cambiantes del clima o del suelo.

En el aspecto social, la existencia de cierta cantidad de instituciones capaces de generar conocimiento, actuar como plataforma relacional para los agentes sociales, o acumular financiamiento para implementar acciones importantes, puede aumentar la resiliencia de la gobernanza de los territorios, al aumentar las opciones con las que cuenta un agente para generar cambios en el sistema. Algunas de estas instituciones pueden resultar mejores para implementar proyectos costosos (instituciones gubernamentales, por ejemplo), mientras que otras son más adecuadas para informar a la población (comunidades de divulgadores), y otras pueden asumir el riesgo en la búsqueda de soluciones técnicas aún no desarrolladas (empresas privadas, cooperativas o ciertos laboratorios de investigación).

Por otro lado, la misma diversidad humana en comunidades compuestas por usuarios de distintas edades, géneros, etnias o estratos socio-económicos, puede llevar a la existencia en un mismo SES, de una gran cantidad de formas de relacionarse con su entorno, lo cual aumenta la cantidad de perspectivas y métodos de actuar frente a perturbaciones similares (Hauge et al., 2014). Esta clase de diversidad de respuestas puede facilitar el aprendizaje frente a situaciones de estrés o perturbación, y resultar así altamente provechoso para fomentar la resiliencia.

2.3.3 Conectividad

La conectividad, tanto en los sistemas sociales como en los ecológicos, hace referencia a la medida en la cual los recursos, especies o actores pueden dispersarse, migrar o interactuar a través de parches o hábitats y espacios sociales (Hauge et al., 2014:6). La comunicación de datos e información, recursos y conocimiento, puede potenciar la capacidad de adaptación de una sociedad, generando además dinámicas de confianza y reciprocidad entre distintos actores de la sociedad, lo cual puede facilitar la respuesta rápida de la misma ante las perturbaciones externas.

No obstante, la conectividad también puede acarrear riesgos como la homogeneización excesiva de las respuestas a un ambiente cambiante, en cuyo caso, puede volverse una fuerza opuesta a la diversidad. Asimismo, la conectividad puede llegar a facilitar la diseminación de perturbaciones negativas (Calderón-Contreras & Baggio, 2017), como se da con los incendios en ecosistemas forestales de alta conectividad, o con las informaciones falsas en las redes sociales.

2.3.4 Ciclos de retroalimentación

El estado de organización de un sistema complejo surge a partir de la coexistencia de una gran cantidad de *feedbacks* (ciclos de retroalimentación), es decir relaciones recíprocas entre dos componentes de un sistema que, o se regulan (*feedback negativo*), o se maximizan (*feedback positivo*). Los negativos son la fuente de autoorganización en los sistemas complejos, mientras que los segundos tienden a perturbarlos para llevarlos a un equilibrio distinto (Hauge et al., 2014).

Un ejemplo de retroalimentación positiva en un ecosistema es el que se da en el archipiélago de Hawaii a partir de la introducción de especies no nativas de pastos, los cuales son más propicios que las variedades nativas para la ignición, y por ende la generación de incendios forestales. Estos incendios, al erradicar espacios de bosques y generar superficies adecuadas para el mayor crecimiento de los pastos, aumentan a su vez la incidencia de incendios (Hauge et al., 2014).

Por su parte, la retroalimentación negativa ocurre, por ejemplo, en ciertos sistemas lacustres cercanos a tierras agrícolas, en los que el aumento anómalo de la concentración de nutrientes tales como el fósforo y el nitrógeno puede ser absorbido por plantas que crecen sobre el lago, con raíces en el fondo, restituyendo así niveles adecuados. Sin

embargo, todo *feedback* negativo tiene cierto umbral tras el cual su efecto y efectividad disminuyen. En el caso de los lagos, una vez que la cantidad de nutrientes supera la capacidad de absorción de las plantas, los niveles de N y P empiezan a aumentar, lo cual lleva a la eutrofización del sistema, con una proliferación de algas hasta el punto en que el lago se vuelve opaco, impidiendo el paso de la luz, y llevando así a la desaparición de las plantas, generándose un equilibrio distinto al estado anterior (Hauge et al., 2014).

La cultura humana también se estructura a través de una gran cantidad de ciclos de retroalimentación que modulan sus acciones frente al entorno que los rodea. En un SES como los humedales de Xochimilco, un ejemplo de retroalimentación positiva que modifica el sistema puede ser la conformación de plataformas de organización en las cuales diversos chinamperos unen esfuerzos para aumentar sus volúmenes de producción y su capacidad de distribución a una clientela más numerosa. Al demostrar dicho modo de organización una mayor eficiencia, nuevos grupos pueden surgir imitándolo, lo cual muestra la existencia de retroalimentación positiva en la comunicación humana. Este tipo de procesos también se ven en la adopción de técnicas o selección de especies para cultivo, cuando éstas demuestran su efectividad.

Por su parte la retroalimentación negativa aplicada a procesos sociales podría ejemplificarse mediante cualquier sistema de regulación, ya sea tradicional o legal, en el cual se busca impedir ciertas formas de actuar. Una comunidad que está muy apegada a sus tradiciones, implementa mecanismos de presión social sobre aquellos integrantes de la comunidad que buscan alejarse de las costumbres. Una comunidad de automovilistas no va a transgredir de manera frecuente las reglas de manejo si los mecanismos de sanción son efectivos. Una comunidad de productores agrícolas no va a implementar técnicas de producción que degraden un ecosistema, si los mecanismos de difusión social al respecto de la degradación que producen dichas técnicas son efectivos.

En ese sentido, un proyecto que busca modificar el sistema humano de manera que se incrementen las capacidades de adaptación por medio de la construcción de resiliencia debe de ser capaz de identificar los distintos *feedbacks* que deben de modificarse para lograrlo. Para ello, la identificación de los atributos o características principales de cada SES que son importantes para mantener o construir capacidad de adaptación, es un buen punto de partida. Posterior a ello, es importante identificar y aprender a gestionar los ciclos de retroalimentación que fortalecen dichos atributos.

En el caso del humedal de Xochimilco, el principal atributo para construir capacidad de adaptación, es el aprovechamiento del mayor recurso que ofrece para ello el humedal: Su propio paisaje. Se discute en la sección siguiente la Adaptación basada en ecosistemas, que establece a las chinampas y su ecosistema como la base para construir capacidad de adaptación en Xochimilco.

2.4 Marcos de adaptación

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, referencia pública en materia de mitigación y adaptación, se apoya en tres enfoques complementarios para diseñar la política de adaptación: La Adaptación basada en la Reducción del Riesgo de Desastres (AbRRD), la Adaptación basada en Comunidades (AbC) y la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) (Rodríguez, 2017). Cada uno de estos enfoques aprovecha potencialidades del sistema, y se enfrenta a retos propios. Sin embargo, se desenvuelven en un marco que presentan una gran cantidad de intersecciones, por lo cual deben de ser vistos como guías y no como prescripciones, ya que la mayoría de los proyectos de adaptación integran aspectos de las tres formas de adaptación para ser eficientes.

El proyecto *Cuencas Verdes*, dirigido al aprovechamiento de los servicios ecosistémicos (SE) como principal medio para la adaptación, privilegia el enfoque de AbE, el cual es definido por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como el “Aprovechamiento de la biodiversidad y servicios de los ecosistemas, como parte de una estrategia más amplia [...] para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático” (Cordero & Lhumeau, 2012). Para completar la descripción de los medios que componen la AbE, se discute en la sección siguiente la noción de Servicios de los Ecosistemas.

2.4.1 Servicios ecosistémicos

Los servicios que los ecosistemas proveen a la sociedad humana de manera directa a las sociedades humanas son numerosos. Para categorizarlos y sistematizarlos han surgido herramientas tales como matrices, las cuales han sido utilizadas para la descripción de servicios ecosistémicos en Nueva York (McPhearson, Hamstead, & Kremer, 2014) y la Ciudad de México (Calderón-Contreras & Quiroz-Rosas, 2017). Éstas se construyen alrededor del aprovechamiento de los servicios de regulación, provisión y culturales; en continuidad a las 3 categorías consideradas por la Clasificación Internacional Común de los

Servicios de los Ecosistemas (CICES por sus siglas en inglés) (Haines-Young & Potschin, 2013).

Esta clasificación es una base interesante para entender a partir de dónde contribuye un ecosistema a la capacidad de adaptación de una sociedad. Las categorías son definidas por Haines-Young & Potschin de la siguiente manera:

- Servicios de provisión: Bienes nutricionales, materiales y energéticos que se extraen directamente de los sistemas vivos, como los productos agrícolas, la madera o el agua, entre otros.

En Xochimilco, un ejemplo de estos servicios son los nutrientes del suelo y el agua al aprovecharse para generar materia orgánica que posteriormente es vendida como medio de subsistencia.

- Servicios de regulación: Procesos de los ecosistemas que moderan el entorno en el que se desarrollan las actividades humanas, tales como la purificación del aire y del agua, la regulación del clima e incluso la polinización, necesaria para algunos procesos humanos como la agricultura. Servicios de regulación como la prevención de la erosión generada por los bosques también reducen los riesgos a desastres. En Xochimilco, el ecosistema mismo se sostiene a partir de este tipo de servicios, por lo cual resultan indispensables para la reproducción de la tradición chinampera.
- Servicios culturales: Espacios y situaciones dependientes de especies, hábitats y ecosistemas, que pueden llevar a beneficios en los estados físicos y mentales de las personas.

En Xochimilco, el valor cultural del humedal se expresa tanto a través del valor estético que le dan sus visitantes y los ciudadanos de la CDMX; como a través de la importancia que tienen las costumbres y tradiciones que en él se desarrollan, tanto para las comunidades y pobladores de la región, como para el patrimonio de la humanidad en general.

Calderón-Contreras y Quiroz-Rosas (2017) resaltan la relación existente entre la existencia de SE y la resiliencia de los sistemas urbanos y peri-urbanos a eventos extremos, como inundaciones, olas de calor, deslizamientos de terreno y tormentas; así como a modificaciones graduales, como cambios en la fertilidad de los suelos o en la biomasa, y el mismo cambio climático (Calderón-Contreras & Quiroz-Rosas, 2017:134). Esta retroalimentación existente entre los SE y la resiliencia, es la que se busca fortalecer a

través de proyectos como *Cuencas Verdes*, para aumentar la capacidad de adaptación de los SES.

2.5 Conclusión

En este capítulo se inició con el planteamiento de la problemática del cambio climático y las respuestas conceptuales para hacerle frente. Entre ellas se destacó la idea de la adaptación, que al insertarse en SES complejos de alta incertidumbre, implica necesariamente la existencia de fuentes de aprendizaje para lograr que la toma de decisiones se adecúe a los cambios constantes. Los esquemas de M&E son entonces esenciales para alimentar el aprendizaje dentro de la gobernanza del proceso de adaptación.

Por otro lado, la Adaptación basada en ecosistemas se planteó como un enfoque útil para caracterizar el proceso de adaptación que puede ocurrir en un sistema como el humedal de Xochimilco. Para conceptualizar este tipo de adaptación, es necesario identificar y describir los servicios ecosistémicos que sirven como apoyo a los medios de vida de la población del sitio.

Partiendo de estas bases se hará en el capítulo siguiente una descripción de la metodología por medio de la cual se liga la perspectiva de la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos con la constitución de un esquema de M&E adecuado al contexto de AbE en los humedales de Xochimilco.

CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS

Resumen

En el presente trabajo se ha propuesto una metodología de construcción de grupos de indicadores a partir de recomendaciones presentes en la literatura. El trabajo estructura un modelo de proceso de cambio, a partir de la metodología de la “Teoría del cambio”, a lo cual llega tras una revisión de datos e información contextual obtenidos tanto de la literatura como de los actores implicados en la implementación de medidas de ACC. Posteriormente, se construye a partir de la Teoría del cambio un grupo de indicadores adaptado a la situación específica de los canales de Xochimilco.

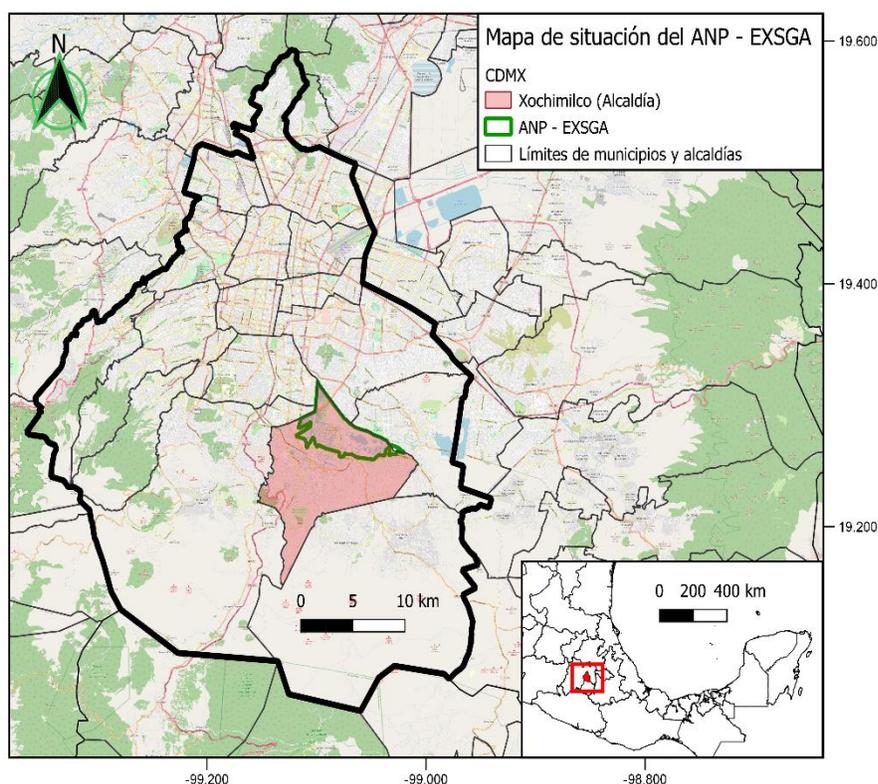
El capítulo partirá de la delimitación geográfica del sistema a estudiar, es decir, el humedal de Xochimilco. Posterior a ello, se hará una descripción de las distintas herramientas utilizadas para caracterizar el SES, y finalmente se discutirá la Teoría del cambio como metodología para describir un proceso de cambio deseable para Xochimilco y obtener un grupo de indicadores adecuado y útil tanto para los gestores del área como para los actores del cambio que en este caso son los implementadores de proyecto y los actores económicos (chinamperos y prestadores de servicios turísticos).

3.1 Área de estudio

El Área Natural Protegida de los Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco (ANP-EXSGA) se sitúa en el sureste de la aglomeración urbana de la Ciudad de México (figura 5); en la porción norte de la alcaldía de Xochimilco, limitando al norte con las alcaldías de Iztapalapa y Coyoacán, al este con Tláhuac, y al oeste con Tlalpan; y comprende un área de 2,522.43 ha (Gobierno de la Ciudad de México, 2018).

Desde el punto de vista topográfico, el ANP se encuentra sobre suelo lacustre del antiguo Lago de Xochimilco, del cual hoy en día sólo subsisten como relictos el sistema de canales y lagunas. Al norte se encuentra el cerro de la estrella y al noreste la sierra de Santa Catarina, mientras que al sureste se encuentra el volcán Teuhtli, el cual separa a Xochimilco del Valle de Milpa Alta.

Figura 5 Situación geográfica del ANP - Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, contexto regional



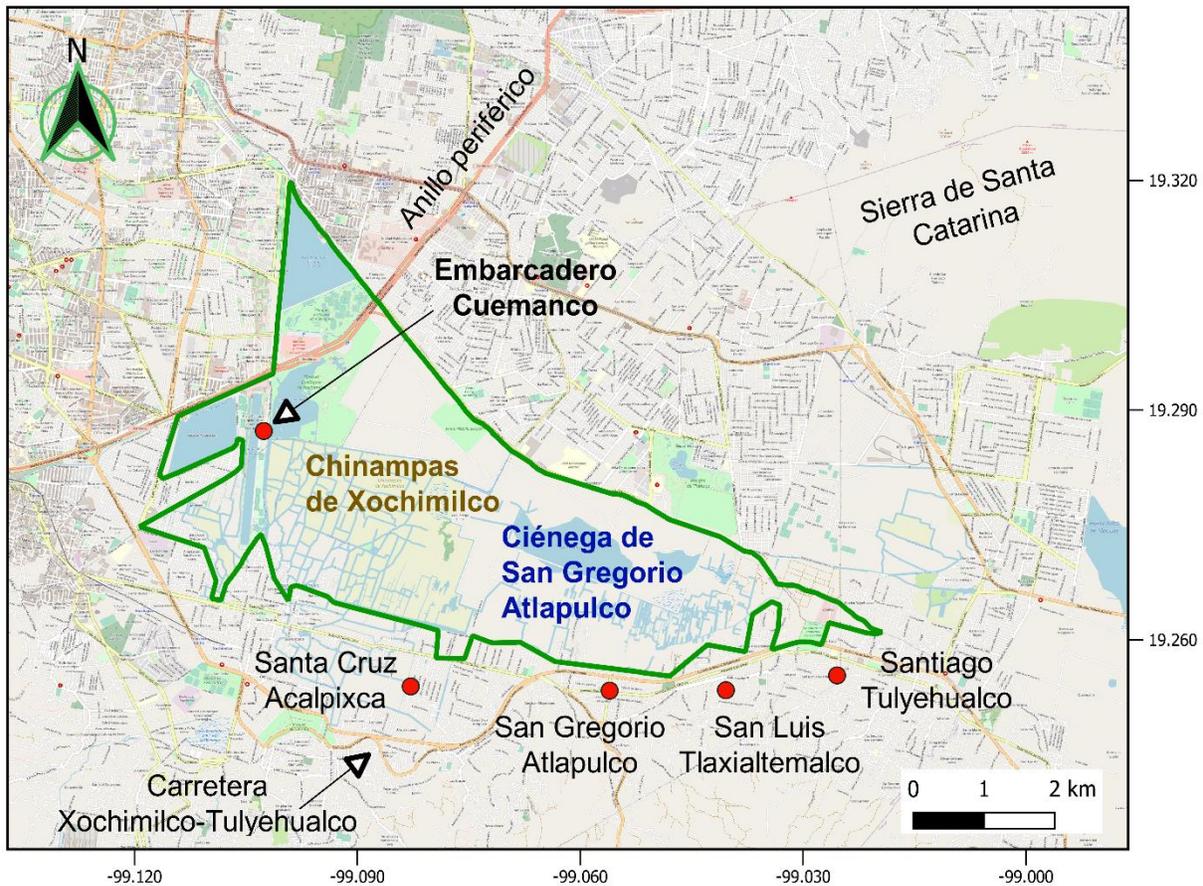
Elaboración propia con datos de PAOT, 2015; y el Gobierno de la Ciudad de México, s.f.

El ANP está rodeada por área urbanizada perteneciente a la Ciudad de México, estando alineados en su costado sur los pueblos de Santa Cruz Acapulco, San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco y Santiago Tulyehualco (figura 6), en los cuales se concentra gran parte de la población que le da vida económica y cultural a la zona, a través de sus chinampas y sus tradiciones.

Las vialidades principales que atraviesan la zona son el anillo periférico, que cruza entre el parque ecológico de Xochimilco y el área de Cuernavaca y su zona chinampera; así como la carretera Xochimilco Tulyehualco, la cual conecta las distintas poblaciones de la franja meridional del Área Natural Protegida con el mismo anillo periférico al oeste, con el valle de Chalco al este y con el estado de Morelos al sur-sureste.

Se realizaron entrevistas a productores cuyas chinampas se sitúan en el área intermedia entre el embarcadero de Cuernavaca y el pueblo de Santa Cruz Acapulco (ver figura 6). No obstante, las medidas del proyecto CV, y en general el instrumento propuesto en esta tesis pueden ser aplicados en cualquier punto del ANP, al enfrentar todas dinámicas sociales, ecológicas y económicas similares.

Figura 6 Situación geográfica del ANP - Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, contexto local



Elaboración propia con datos de PAOT, 2015; y el Gobierno de la Ciudad de México, s.f.

El valor patrimonial de la zona la ha llevado a ser objeto de distintos nombramientos con el objetivo de lograr su protección ecológica y cultural (Gobierno de la Ciudad de México, 2018). Los siguientes nombramientos reflejan el valor que tiene, desde distintos frentes, una zona de estas características para el proceso de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas, tanto a nivel de la Ciudad de México, como a nivel de las poblaciones económicamente activas de la zona.

- **11 de diciembre de 1987:** Inscripción de Xochimilco como Patrimonio Mundial Cultural y Natural, por la UNESCO.
- **7 y 11 de mayo de 1992:** Establecimiento del ANP - Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” en el Diario Oficial de la Federación.
- **2 de febrero de 2004:** Inclusión de la zona lacustre de Xochimilco en la Lista de Humedales de Importancia Internacional, con la denominación de “Sistema Lacustre

Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, por la Convención Internacional sobre Humedales Ramsar.

- **19 de abril de 2018:** Reconocimiento del sistema chinampero como “Sistema Importante del Patrimonio Agrícola Mundial” (SIPAM) por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).

3.2 Matriz de servicios ecosistémicos

El humedal de Xochimilco es un área cuyo valor ecológico puede ser aprovechado de diversas maneras por el ser humano. Para caracterizar las conexiones existentes entre los ecosistemas del ANP – EXSGA, y los medios de vida de las poblaciones que de ellos dependen, se construyó una matriz de SE, según el método utilizado por Calderón-Contreras y Quiroz-Rosas (2017) en la identificación de Servicios Ecosistémicos Urbanos en la Ciudad de México.

Dicha matriz (tabla 1) considera a los servicios ambientales de acuerdo con la clasificación del CICES, detallada en la sección 1.4.1; es decir provisión, regulación y culturales. La matriz permite identificar, enlistar y clasificar los SE a través los siguientes elementos:

1. Se introduce en la matriz la noción de **Unidad de Provisión de Servicios ecosistémicos (UPS)**, es decir, los elementos espaciales del sistema en las que se reúnen las condiciones ambientales que permiten la existencia de servicios ecosistémicos. Puede ser el ecosistema en general, o bien una parte específica del sistema, ya sea el suelo, un cuerpo hídrico o inclusive, infraestructura verde como parques o camellones.
2. Se considerar igualmente la **escala de producción** de los SE. Como ejemplo, se puede considerar a una parcela de producción chinampera como una UPS a nivel local, y genera servicios de provisión de alimentos, captura de carbono y, además, podría resultar adecuada como parcela demostrativa para fines educativos, entre otros usos. A una mayor escala, el humedal de Xochimilco es una UPS que provee servicios a nivel regional, tales como la regulación del clima o la depuración del aire.
3. Cada servicio se puede caracterizar de acuerdo con su **estructura o escala temporal**, la cual influye la manera en que son gestionados. Existen servicios continuos o con intermitencias más o menos periódicas (p.e. estacionales), eventuales (p.e. asociados a eventos extremos, como regulación de desastres) e inclusive móviles o varias de las distintas categorías anteriores simultáneamente.

Un ejemplo de multiplicidad en su estructura temporal es el de las especies de aves migratorias que generan un servicio ambiental cultural al ser un factor de atracción para el turismo, tienen una estacionalidad propia, y además son móviles, por lo cual su sitio de avistamiento varía y por ende el aprovechamiento del servicio no se da en el mismo sitio a lo largo del año.

4. Cada servicio puede describirse según su **escala espacial de beneficios**. Dicha escala depende en primera instancia de las características y dimensiones de la UPS que provee el servicio, y las características del sistema social en el que se producen. La escala de un servicio de provisión de alimentos, por ejemplo, variará según los sitios en los cuales se comercializa, y la escala de un servicio de regulación de la calidad del agua o del aire variará según las dimensiones de la UPS y el medio físico en el que se da la regulación.

Tabla 2. Matriz de Servicios Ecosistémicos (Calderón-Contreras y Quiroz-Rosas, 2017)

Servicio Ambiental	Escala de Producción		UPS (Unidad de Producción de Servicios)	Escala Temporal	Escala de beneficios		
	Local	Regional			Local	Regional	Global
	Provisión						
	Regulación						
	Cultural						

A partir del modelo de la matriz (tabla 1), y partiendo de la información obtenida de la literatura existente (CONABIO & SEDEMA, 2016; Cram, Sommer, Cotler, Morales, & Carmona, 2008; Ibarra, Zambrano, Valiente, & Ramos-Bueno, 2013; Revollo-Fernández, 2015; Valiente, Tovar, González, Eslava-Sandoval, & Zambrano, 2010) y de las distintas entrevistas realizadas en terreno tanto a chinamperos como a prestadores de servicios turísticos, se construyó una matriz de servicios ecosistémicos en el contexto del humedal de Xochimilco.

3.3 Caracterización del Sistema Socio-Ecológico

Para poder contar con una descripción integral del sistema de las chinampas de Xochimilco, se realizó una investigación en dos fases. En primer lugar, una investigación bibliográfica sobre la evolución histórica de las condiciones sociales y económicas del humedal. Esto con el objetivo de dar perspectiva para comprender el proceso que llevó a la situación actual, y los retos a los que se enfrenta la zona.

Como complemento, se realizaron cinco entrevistas semiestructuradas. Éstas consistieron en una entrevista a los coordinadores del proyecto Cuencas Verdes de Pronatura (Anexo I), con el objetivo de contar con la perspectiva del implementador del proyecto de adaptación en el humedal. Por otro lado, se entrevistó a tres productores chinamperos de Xochimilco, entre los cuales uno perteneciente a una estructura de aprovechamiento agro-turístico (Anexo II).

Las entrevistas se realizaron con tres objetivos principales:

1. Obtención de información pertinente para describir los actores y procesos principales que rigen la gestión del área.
2. Identificación de fuentes de vulnerabilidad y capacidad de adaptación en el SES según la percepción de los agentes que en él se desenvuelven.
3. Definición de un horizonte deseable y las precondiciones necesarias para llegar a él, desde la percepción de los productores y proveedores de servicios. Esto es un insumo importante para la construcción de la Teoría del cambio, ya que constituye el esqueleto de la misma.

3.4 Evaluación de la exposición

Con el objetivo de complementar la descripción socio-ecológica del sistema de Xochimilco, se decidió incorporar información relativa a la posible evolución del sistema físico en el que se sostienen las actividades que dan vida a la chinampería. Para ello, se generaron mapas de temperatura y precipitación a partir de los datos de los siguientes 4 modelos climáticos globales, obtenidos en la plataforma web del INECC (2017):

- HadGEM2-ES (Reino Unido)
- GFDL-CM3 (Estados Unidos)
- CNRM-CM5 (Francia)
- MPI-ESM-LR (Alemania)

Dichos modelos son posibilidades físicas de la dirección en la que puede moverse el sistema climático, en ningún caso una predicción. En ese sentido, contienen una incertidumbre atribuible tanto a la variabilidad natural y socio-económica como a la incertidumbre científica (Hayhoe et al., 2017). Esto lleva a que el tiempo entre la actualidad y el año modelado sea un factor que multiplica la incertidumbre del modelo. Trabajar con

varios escenarios permite entonces generar una imagen más precisa de lo que podría suceder con el clima futuro de una región.

En el presente trabajo, la realización de estimaciones climáticas tiene la función de proporcionar al lector una estimación científicamente veraz de las condiciones a las que podría llegar el SES del ANP – EXSGA, es decir, la exposición de Xochimilco al cambio climático.

La cartografía realizada consideró el escenario RCP8.5, es decir, un forzamiento radiativo de $+8.5 \text{ W/m}^2$ con respecto al actual, lo cual es un escenario de cambio climático “fuerte” (Hayhoe et al., 2017). La región cartografiada fue la región de la CDMX (Ciudad de México) y sus alrededores, con énfasis en la situación de la alcaldía Xochimilco y su ANP. Se seleccionaron para el análisis los meses de junio, representando el clima estival; y diciembre, es decir, el clima invernal, para así generar una visión completa de las condiciones climáticas en distintas épocas del año.

Las estimaciones se realizaron para los plazos de 2015-2039 (presente / futuro cercano) y 2045-2069 (futuro intermedio). La línea base se generó a partir de los datos de WorldClim, cuya información ha sido obtenida a partir de una red de estaciones meteorológicas entre 1970 y 2000, con una resolución de hasta 1 km^2 (Fick & Hijmans, 2017). Posteriormente se obtuvieron a partir de QGIS medias térmicas y de precipitación en el polígono del ANP – EXSGA para los modelos y la línea base, lo cual permitió obtener mediciones numéricas comparables.

Tanto el escenario (RCP8.5) como los plazos (presente, futuro cercano y futuro intermedio) fueron seleccionados con el objetivo de evidenciar una situación que, en modelos predictivos existentes y en plazos temporales relativamente cercanos, lleva a la necesidad inmediata de generar capacidad de adaptación para los chinamperos, con acciones concretas, desde el tiempo presente.

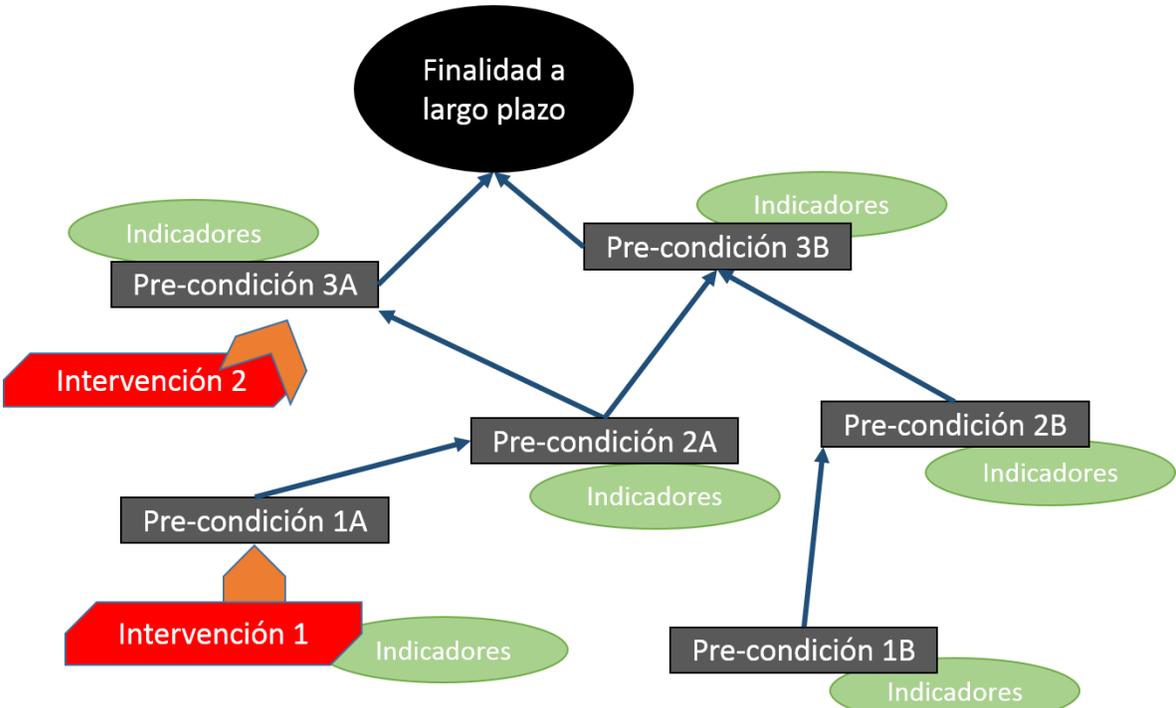
3.5 Teoría del cambio

Una vez obtenida toda la información contextual sobre el SES de Xochimilco, se realizó un diagrama de Teoría del cambio (TdC) siguiendo las directrices conceptuales de Weiss (1995) y Anderson (2005), para plasmar el papel de acciones como las de Cuencas Verdes en la construcción de un sistema con capacidad de adaptación. La TdC permitió estructurar

gráficamente el cambio deseado en el sistema, a través de relaciones de influencia directa o de contribución entre distintas acciones y condiciones del sistema. Así, se generó una imagen integral del proceso de adaptación, el cual permite extraer un grupo de indicadores para la gobernanza del proyecto CV y del sistema en general.

Para realizar dicho modelo gráfico de cambio, se planteó, siguiendo las recomendaciones del STAP (2017), un estado “deseable” del sistema, al cual se busca llegar a partir de un proceso o evolución que se detalla, a partir de ciertos supuestos, en el mismo modelo. Para describir el proceso, y siguiendo la conceptualización inicial de Weiss (1995), se dividió el “camino” del cambio en una serie de pequeñas condiciones o “pasos” que se presuponen necesarias para lograr modificaciones deseables en el sistema que a su vez, permiten el cumplimiento de otras condiciones sucesivas.

Figura 7 Teoría del cambio



En esta situación hipotética, el proyecto de adaptación incide en la búsqueda de lograr únicamente 2 de las 6 pre-condiciones identificadas para el proceso de adaptación (1A y 3A). La intervención 2, para lograr 3A, implica la existencia de 2A, que se presupone que puede desencadenarse a partir de la intervención 1. Por otro lado, las pre-condiciones 1, 2 y 3 B dependen en gran medida de procesos que existen más allá del rango de acción del proyecto, pero son importantes para lograr una visión integral y realista del sistema y el proceso para llegar a cierto fin.

Gráfica modificada de Anderson, 2005

Un diagrama de TdC funciona como una guía de apoyo que permite observar la dirección hacia la que se desea llevar el sistema, pero al tratarse de un sistema complejo, la guía debe ser constantemente reevaluada y redefinida. La TdC no es una herramienta estática, sino un reflejo de la comprensión que se tiene del sistema y de hacia dónde se busca llevarlo (Anderson, 2005; Oberlack et al., 2019). Como se observa en la figura 7, el objetivo final de una TdC puede ir más allá de los alcances reales de un proyecto individual, al definir una situación general “ideal” del sistema. Llegar a esa situación puede en muchas ocasiones depender de procesos y condiciones que no quedan dentro del espacio de acción de un proyecto (las precondiciones 1B, 2B y 3B de la figura 7 ilustran este caso, al no depender, ya sea totalmente o parcialmente, de las intervenciones del proyecto). Un proyecto puede constituir únicamente una de las muchas etapas para la consecución de la meta y aun así plantearse en el marco de una gobernanza integrada en una Teoría del cambio (Bours, McGinn, & Pringle, 2014 [2]; Oberlack et al., 2019).

En esta tesis, la TdC es una herramienta para plantear un grupo de indicadores que pueda alimentar el proceso de monitoreo y evaluación del proyecto Cuencas Verdes, y el aprendizaje subsecuente. Estos indicadores deben ser capaces de proveer información integral, relevante y consistente con respecto al objetivo general del proyecto, es decir, la transición hacia un sistema mejor adaptado a las presiones del cambio climático.

El estado “objetivo” definido en la TdC, a partir de entrevistas con implementadores de Pronatura A.C. y productores chinamperos, se plantea de la siguiente manera:

Xochimilco, un sistema que ha incorporado prácticas que le otorgan mayor adaptación a las condiciones de variabilidad climática actual, a la vez que construye resiliencia y capacidad de adaptación a las modificaciones futuras

A partir de dicha definición, se identificaron las condiciones necesarias para su realización mediante retrospectivo del cambio y, posteriormente, se identificaron los puntos específicos de dicho proceso en los cuales el proyecto *Cuencas Verdes* puede incidir. El primer esbozo de la TdC se corrigió y complementó con apoyo de representantes de Pronatura A.C. Posteriormente, se redactó una narrativa anexa al diagrama, para así integrar la estructura lógica que soporta el proceso de cambio.

3.6 Selección de indicadores apropiados para el proyecto de adaptación al cambio climático “Cuencas Verdes”

Utilizando como base las pre-condiciones establecidas en el diagrama de TdC, específicamente aquellas cuya obtención puede ser influenciada directamente por las acciones de CV, y a partir de los conocimientos del sistema obtenidos de la investigación bibliográfica y las percepciones recabadas tanto de Pronatura como de los productores chinamperos, se realizó una lista preliminar de indicadores potenciales.

Posteriormente, el grupo de indicadores se precisó con la evaluación de la lista inicial a la luz de los principios “ADAPT” (tabla 2), propuestos por Silva-Villanueva (2011:39), nombrados de esa manera a partir del acrónimo en inglés de “*Adaptive*” (Adaptativo), “*Dynamic*” (Dinámico), “*Active*” (Activo), “*Participatory*” (Participativo), “*Thorough*” (Completo/Integral). Estos principios permiten garantizar que los indicadores se inserten de buena manera en un contexto complejo y en constante evolución (Silva Villanueva, 2011), y son definidos de la siguiente manera:

Los grupos de indicadores deben de ser:	
Adaptativos	Los indicadores consideran la existencia de condiciones cambiantes en el sistema
Dinámicos	Los indicadores se adecúan los cambios en los procesos de adaptación
Activos	Los indicadores dan seguimiento a las acciones más que a los estados del sistema
Participativos	Los indicadores son desarrollados con y/o por quienes son afectados por las intervenciones
Integrales	Los indicadores evalúan la mala-adaptación y las causas subyacentes de vulnerabilidad

Una vez descrito el método para la elaboración del grupo de indicadores, se procederá en el siguiente capítulo a plantear la caracterización histórica y socio-ecológica del sistema de la chinampería de Xochimilco.

CAPÍTULO 4

ZONA CHINAMPERA DE XOCHIMILCO: CONTEXTO SOCIO-ECOLÓGICO

Resumen

Para poder generar indicadores adecuados al contexto en el que se implementan acciones de ACC en el área chinampera de Xochimilco es importante partir de una caracterización del área que plantee una imagen integral del sistema y su complejidad. En este capítulo se hará un breve recuento histórico de las etapas por las cuales ha transitado el humedal de Xochimilco, y posteriormente se describirá la situación contemporánea con respecto al funcionamiento general a nivel socio-económico, ecológico y cultural del área.

4.1 Evolución histórica de la chinampería

4.1.1 De los pueblos prehispánicos hasta la mitad del Siglo XX

Se considera que la economía agrícola chinampera del lago de Xochimilco surgió la época de los Xochimilcas, alrededor del siglo XII (Alatraste, 2005). Esta técnica, consistente en la formación de plataformas o isletas de forma rectangular sobre el lago, rellenas de piedra, lodo lacustre y material vegetal, y consolidadas por las raíces de *ahuejote* (árbol similar al sauce llorón) en sus bordes (Osorio, 1990; citado en Alatraste, 2005:120), permitió independizar a la agricultura de los ciclos de lluvia gracias al constante contacto de los suelos chinamperos con la humedad del lago.

El apogeo de la producción chinampera se dio entre los siglos XV y XVI (Quiñonez-Amézquita, 2005:95), no obstante, posteriormente a la conquista española, la población indígena chinampera logró el reconocimiento de la corona de su dominio sobre las tierras de la zona (González-Pozo, 2016) y mantener un óptimo nivel de desarrollo socio-económico y cultural gracias al abastecimiento de productos agrícolas a la Ciudad de México (Alatraste, 2005).

La independencia no modificaría fundamentalmente la dinámica de la zona, y no sería sino hasta el porfiriato que Xochimilco empezó a modernizarse mediante la llegada de tranvías, alumbrado público, agua entubada, y grandes obras como el bombeo de agua del lago de Xochimilco hacia colonias del centro de la ciudad. Con esto inició un lento proceso de deterioro del medio ambiente de Xochimilco, principalmente provocado por las obras de

drenaje y su subsecuente disminución del nivel freático (Peralta & Rojas, 1991; citados en Alatraste, 2005:130).

Las décadas posteriores a la revolución estuvieron marcadas por una desaparición de muchas Chinampas propiciada por la desecación del lago y la expansión invasiva del lirio acuático, planta invasiva aún muy presente en los canales de Xochimilco (Osorio, 1990; citado en Alatraste, 2005:132). Con el objetivo de revertir la pérdida de nivel hídrico, se inició en 1971 el vertimiento de aguas negras tratadas en la planta del Cerro de la Estrella al humedal (González-Pozo, 2016:34), lo cual sigue realizándose hasta la fecha. Esto ha generado como daño colateral una disminución de la calidad del agua (Quiñonez-Amézquita, 2005), lo cual implica un reto suplementario para la producción agrícola.

4.1.2 De 1970 a la actualidad, presiones demográficas y diversificación económico-territorial

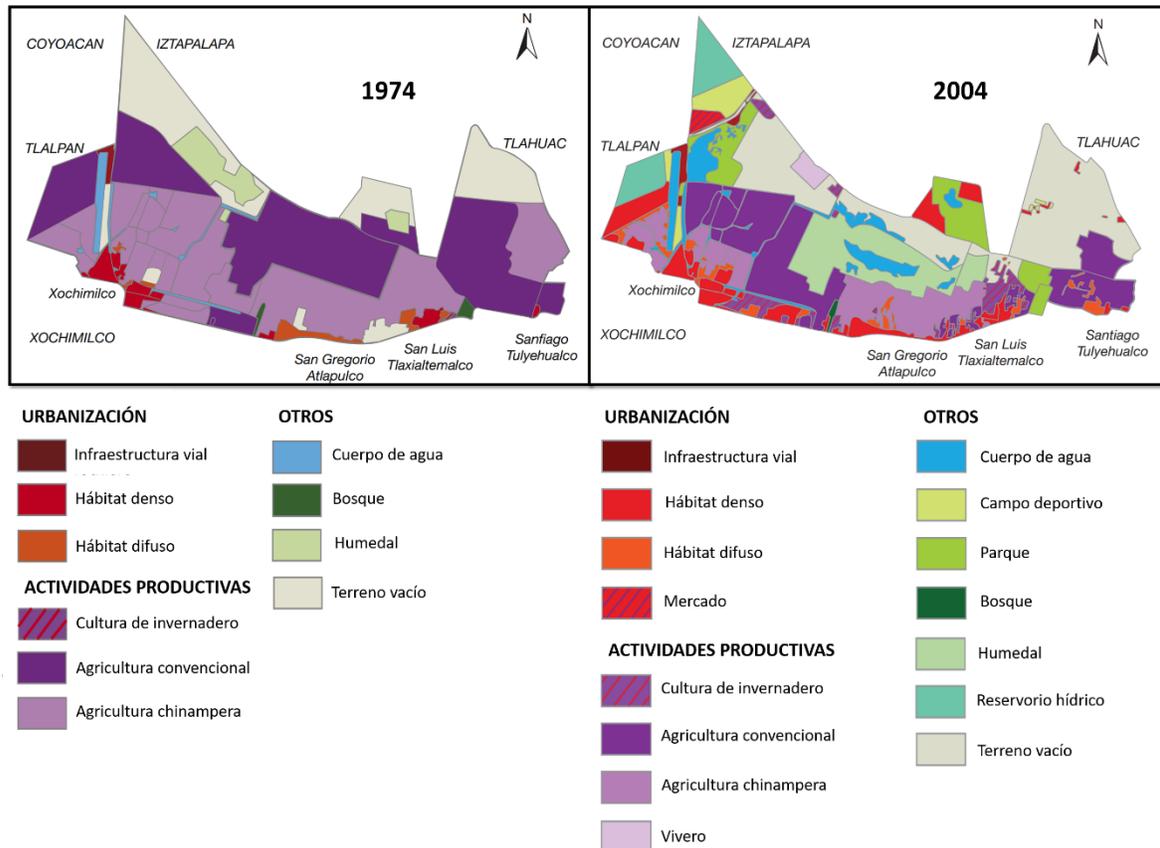
En la segunda mitad del siglo XX, la Ciudad de México vivió un crecimiento acelerado, lo cual se reflejó en un aumento poblacional, entre 1950 y 2000, de aproximadamente 50 000 hasta 370 000 habitantes en la delegación de Xochimilco (Clauzel, 2009:325). Esto llevó al surgimiento de núcleos urbanos ilegales en laderas montañosas, zonas inundables y tierras agrícolas como las mismas chinampas.

Hoy Xochimilco es la demarcación capitalina con mayor cantidad de construcciones en áreas de conservación (UNESCO, 2006; citada por Clauzel, 2010:132), lo cual acarrea una presión sobre el área chinampera; tanto mediante la ocupación directa de terrenos agrícolas como con el desecho de las aguas de drenaje directamente en los canales (Clauzel, 2009; Merlín-Uribe et al, 2013a; Narchi, 2013).

La dinámica poblacional de la ciudad ha sido uno de los principales factores de pérdida superficial de la agricultura chinampera. Tomando como referencia el período situado entre 1974 y 2004, es decir un intervalo de 30 años, la superficie agrícola del ANP disminuyó en un 52%, pasando de 2 745 a 1 297 ha (Clauzel, 2009:326), y para 2006 se estimaba una tasa de pérdida anual de 31 ha (Merlín-Uribe et al, 2013b:2), además de que la red canalera originalmente existente en la zona patrimonio es navegable en únicamente 42.2% de su longitud original (González-Pozo, 2016:228). Como se observa en la figura 8 (mapas de Clauzel, 2009:327), existen focos de urbanización remarcados en color rojo, los cuales se

concentran principalmente en el sur de la reserva y ocuparon una extensión de aproximadamente 300 ha.

Figura 8 Cambios de uso de suelo en Xochimilco durante un período de 30 años (Clauzel, 2009)



No obstante, la urbanización no explica la totalidad de la disminución del área chinampera. En la tabla 3 se observa que la principal causa de pérdida de terrenos agrícolas ha sido, en realidad, la diversificación de usos del terreno que resultó del Plan de Rescate Ecológico de Xochimilco de 1989 y llevó a la fragmentación de aquellos sitios que en 1974 se dedicaban exclusivamente a la agricultura, ya sea convencional o chinampera.

Mientras que estos sistemas agrícolas perdieron respectivamente 650 y 920 ha, los espacios de recreación, representados en mayor parte por el parque ecológico de Xochimilco (PEX), sumaron aproximadamente 485 ha. Por otro lado, la producción de invernadero como alternativa a las chinampas ocupó más de 120 ha (Clauzel, 2009:327), cifra que aumenta a 244 ha si se consideran las expansiones hacia terrenos aledaños al borde austral del ANP, con una tasa de expansión estimada a 31 ha anuales (Merlín-Uribe et al., 2013a:7).

Tabla 4 Modificación de la ocupación del suelo entre 1974 y 2004 según Clauzel (2009)

Uso del suelo	Hectáreas (1974)	Hectáreas (2004)	Evolución (ha)
Urbano	167	456	+289
Comercial	0	25	+25
Recreativo	127	612	+485
Producción chinampera y convencional	2741	1174	-1567
Producción de invernadero	4	123	+119
Tierras sin aprovechar	828	1472	+649

Esta información evidencia las tendencias a las que se está enfrentando la zona de Xochimilco, territorio en el cual se ha dado un retroceso continuo del ecosistema que le da su singularidad y su valor ecológico y cultural. En la siguiente sección, se describirán procesos que, sin estar anclados directamente al cambio de uso de suelo, han provocado una disminución de la atractividad de la chinampería.

4.2 Situación contemporánea de la chinampería

4.2.1 Situación económica de la agricultura en Xochimilco

Xochimilco es la segunda alcaldía con mayor porcentaje de población activa en actividades agropecuarias, sólo por debajo de la vecina Milpa Alta (INEGI, 2017:331). Aproximadamente 12,500 personas se dedican a la agricultura chinampera en una superficie que representa aproximadamente el 15% del total de terrenos agrícolas de la alcaldía (FAO, 2018). La alta productividad de estos ambientes permite que de ese porcentaje de tierras se extraiga el 26% del volumen total de producción de Xochimilco (UNESCO, 2006; citada por Clauzel, 2009:324), generándose hasta 40 000 toneladas de producción anual a partir de las chinampas (FAO, 2018).

Sin embargo, la actividad agrícola ha decrecido fuertemente en la demarcación, y si bien la población dedicada a actividades agropecuarias en Xochimilco había llegado en el pasado a ser más del 35% del total de la demarcación, hoy representa únicamente un 3% del total (Romero-Lankao, 2004; citada por Terrones, 2006:párr. 49). Xochimilco se ha vuelto una economía eminentemente terciaria, con más del 70% de la población dedicada a comercio, servicios o transportes (INEGI, 2017:332).

Estas cifras preocupantes no se explican únicamente a partir de las presiones ecológicas y urbanas a las que está expuesto el ecosistema. Uno de los factores que ha limitado la atraktividad de la actividad chinampera ha sido la política económica adoptada por el gobierno de México a partir de los años 80. La desregulación y la intensificación de la globalización económica, aunadas a una disminución de los apoyos al sector agrícola tradicional, llevó a una pérdida de competitividad de las pequeñas producciones locales en el mercado nacional e internacional (Landázuri, 2012).

Únicamente 11 a 39 % de los productores reciben apoyos monetarios o crediticios por parte del gobierno o bancos locales, de los cuales la mayor parte ha adoptado modos de producción intensivos y opuestos al paisaje chinampero (Merlín-Urbe et al., 2013b). El sistema de reparto y posesión de las tierras ha provocado que 90 a 95 % de los productores chinamperos no tengan un título de propiedad, lo cual dificulta aún más la existencia de subvenciones (Clauzel, 2010:133). Esto ha orillado a que aproximadamente 60% de los chinamperos de Xochimilco tengan una actividad económica secundaria (INEGI, 2001; citado en Clauzel, 2010:133), que en algunos casos los lleva a abandonar sus actividades agrícolas después de cierto tiempo (Banzo, 1996; citado en Clauzel, 2010:133).

Un indicador importante de los efectos de los distintos procesos sociales y económicos en la chinampería es la proporción de territorio agrícola en desocupación productiva. Contando las chinampas existentes en los ejidos de Xochimilco, San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemalco, se cuenta con la ocupación productiva de únicamente 2,824 de las 16,564 parcelas existentes; lo cual en términos espaciales representa una ocupación de aproximadamente 300 de las 1,100 ha disponibles, es decir, menos del 30% del territorio chinampero es aprovechado para producción (Ruz-Varas & González-Pozo, 2016).

4.2.2 El ecosistema Chinampero y la resiliencia

El sistema de canales de Xochimilco presenta la particularidad de que su subsistencia depende totalmente de la actividad productiva que en él se desarrolla. El aprovechamiento de las plantas acuáticas invasivas para fertilizar el suelo, o el uso de capas de sedimento de los canales como terreno fértil para la siembra de las semillas, a través de la técnica de los *chapines*, (figura 9); aunado a los periódicos trabajos de mantenimiento necesarios para el óptimo funcionamiento de las chinampas, son factores que ejemplifican la retroalimentación constante entre paisaje y población.

Figura 9 Ejemplo de paisaje chinampero

- a) *Chapín. Capa cuadriculada de sedimentos extraídos del fondo de los canales adyacentes a las chinampas, y que constituyen un suelo fértil para el desarrollo de las plántulas que serán cultivadas.*
- b) *Chinampa de producción de hortalizas.*



Fotografías propias del día 10 de diciembre de 2019, reproducidas con autorización de REDES A.C.

Perder la actividad chinampera podría significar a mediano plazo la modificación total del paisaje, con la pérdida de los canales y chinampas que le otorgan su valor patrimonial, lo cual limitaría la resiliencia de la región (Clauzel, 2010; Merlín-Uribe et al., 2013b), con una afectación de las siguientes propiedades:

- **Conectividad:**

- Ecológica. Mantenimiento de especies endémicas y migratorias.
- Social. Oportunidades de trabajo cercanas a los alojamientos de la población. Mantenimiento del tejido social.
- Socio-ecológica. Espacio de encuentro entre la población urbana y el espacio rural. Mantenimiento de la valorización cultural de los ecosistemas.

- **Diversidad:**

- Paisajística y biológica.
- Cultural. Persistencia de tradiciones ligadas a la producción chinampera y de la técnica chinampera en sí misma.

- Técnica. Preservación del conjunto de saberes que permiten la reproducción de la técnica chinampera a lo largo de las generaciones.
- **Retroalimentación:**
 - Refuerzo de la identidad cultural de los pobladores de la zona gracias a la existencia del humedal. El entramado de expresiones tradicionales en el uso del espacio permite mantener el estado del ecosistema, esto refuerza la identidad cultural, y facilita la continuidad temporal del sistema chinampero.
 - Aprendizaje basado en los procesos de retroalimentación provenientes de generaciones de chinamperos cuyas innovaciones y perfeccionamientos de los ciclos productivos permite construir adaptación a cambios ambientales, económicos y técnicos a través del tiempo.

Las alternativas productivas, como la floricultura de invernadero, hacen uso de grandes cantidades de insumos y requieren la construcción de vialidades para camiones, lo cual ha llevado al relleno de canales y abierto paso a una mayor urbanización. Por otro lado, su intensa utilización de agroquímicos ha contribuido a la disminución de la calidad ecológica del humedal y los suelos, disminuyendo la fertilidad de las parcelas agrícolas y generando tensiones entre grupos de productores (Clauzel, 2010; Merlín-Uribe et al, 2013b).

La zona se encuentra entonces ante una disyuntiva entre un modelo basado en agricultura tradicional y otro basado en el apoyo a la floricultura de invernadero, que ha resultado más redituable económicamente que la producción tradicional, pero podría llevar a una paulatina desaparición del sistema chinampero y las entradas turísticas que dicho valor atrae. Esto representaría una pérdida ecológica y cultural, y una disminución de la resiliencia y capacidad de adaptación al cambio climático de la región.

4.2.3 Alternativas para el desarrollo de capacidad de adaptación en el ecosistema chinampero. Turismo ecológico y agricultura tradicional.

Para devolverle atractividad a la actividad chinampera, es importante generar una dinámica favorable. Hoy, la búsqueda individual de apoyos gubernamentales no trae resultados constantes, lo cual ha llevado a una desconfianza generalizada por parte de la población hacia el poder público (Landázuri, 2012). El aspecto organizacional de la producción es un área susceptible a optimizarse.

Únicamente un 24% de los productores de chinampa pertenecen a uniones de campesinos, pese a que dichas estructuras permiten mejores condiciones para el acceso a subsidios y

el *marketing* de sus productos (Merlín-Urbe et al, 2013b:11). La organización entre productores puede además facilitar la transferencia horizontal de conocimiento sobre la producción, difusión y distribución de los productos.

En las cadenas de distribución actuales, los intermediarios y distribuidores finales muchas veces se apropian de una gran parte (hasta 90%) del valor de la mercancía producida (Méndez, 2006; citado por Landázuri, 2012:96). La apertura de nuevas vías de distribución es un área que muchos chinamperos han iniciado a explorar, como lo demuestra la existencia actual de diversas iniciativas de distribución de cadena corta a la población de la Ciudad de México (Andrade, 2018; Féito & García, 2018; Gaxiola, 2019; Redes A.C., 2016; Saltijeral, s.f.; Sánchez, 2019), para lo cual se ha aprovechado la difusión a través de redes sociales u otras tecnologías. Este tipo de iniciativas busca permitir flujos monetarios estables hacia los productores, lo cual podría aumentar la atractividad de la actividad chinampera, y representar una oportunidad para la conservación y re-incorporación de chinampas cuya producción está detenida en la actualidad.

Por otro lado, nuevas actividades han crecido en el ANP, tales como el turismo, que en 2006 llevó a más de un millón de visitantes (Clauzel, 2009:327). Sin embargo, los flujos turísticos no se adecúan a las condiciones del espacio ya que se basan, principalmente, en un uso de los canales enfocado en fiestas y consumo de bebidas alcohólicas, y ha llevado a un sobre-congestionamiento de los canales que ha propiciado conflictos entre productores agrícolas y prestadores de servicios turísticos (Clauzel, 2009).

Esto, aunado a la relativa lejanía del centro histórico de la ciudad y la evidente contaminación de los canales son factores que podrían explicar en parte el hecho de que el turismo nacional y extranjero enfocado en el aspecto natural y cultural de la zona ha sido tan poco difundido en esta área de tan alto valor patrimonial, lo cual se evidencía con una proporción de turismo extranjero limitada a un 4% de los visitantes (INEGI, 2007; citado en Clauzel, 2010:136).

Para desarrollar un turismo que se integre de mejor manera en el contexto de Xochimilco, se ha propuesto la promoción de la oferta ecoturística como complemento o alternativa al modelo dominante (Clauzel, 2010), tal como ya lo realizan algunas organizaciones (Humedalia, s.f.). La diversificación de la oferta turística podría asimismo descongestionar los canales, reduciendo la presión sobre el medio, y generando un mejor reparto de las ganancias (Clauzel, 2010), asentando de mejor manera la estabilidad económica de un

sector de la población distinto al de los chinamperos, y contribuyendo así al fortalecimiento de la capacidad de adaptación regional.

4.3 Escenarios de cambio climático para el ANP Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco

Ahora que se ha descrito la situación socio-económica actual del humedal de Xochimilco, esta sección incluye una representación gráfica de los potenciales efectos físicos del cambio climático sobre el área de Xochimilco. Para ello, se utilizan modelos climáticos, los cuales son capaces de generar vías realistas que podrían tomar las principales variables climáticas en plazos temporales más o menos lejanos.

Para los objetivos de la tesis, el contar con una evaluación de la exposición al cambio climático a la cual podrá verse enfrentado el humedal de Xochimilco es un elemento importante para entender la magnitud del cambio físico a la cual el sistema debe adaptarse. Estos mapas son útiles igualmente para cualquier otro tipo de investigación que busque trabajar sobre la ACC en Xochimilco, así como para los productores que busquen adaptar su cosecha a condiciones futuras.

Los mapas se basan en el escenario RCP 8.5 con los modelos climáticos HadGEM2-ES (desarrollo británico), GFDL CM3 (desarrollo estadounidense), CNRM-CM5 (desarrollo francés) y MPI-ESM-LR (desarrollo alemán), cuyos datos están disponibles en la web del INECC. Los datos generados por dichos modelos permitieron construir mapas de temperatura y precipitación para la Ciudad de México, en los cuales se resaltan los polígonos del ANP - EXSGA y la alcaldía Xochimilco.

Los promedios térmicos obtenidos a partir de dichos escenarios para el polígono del ANP fueron comparados con los promedios obtenidos de la línea base climática (1970-2000) construida a partir de los datos de Worldclim.

4.3.1 Escenarios de temperatura para el Área Natural Protegida

El análisis térmico de los modelos indica, en el espacio del ANP – EXSGA y para el futuro cercano (2015-39), la posibilidad de un aumento en las medias térmicas de hasta 1.5°C en invierno y 1.82°C en verano (según el modelo GFDL) con respecto a la línea base (ver figura 10 y tabla 5).

Se observa en estos escenarios, una transición entre zonas de calentamiento moderado, al sur de la alcaldía de Xochimilco, hacia zonas de calentamiento más fuerte, en el norte, lo cual podría deberse a la urbanización, que influye en la intensificación del fenómeno en las áreas circundante. El ANP se encuentra en el norte de Xochimilco, por lo cual podría enfrentarse a calentamientos más intensos que en la sección sur.

Figura 10 Línea base y modelo de temperatura a 2015-39 para escenario RCP 8.5 Diciembre (columna izquierda) – Junio (columna derecha)

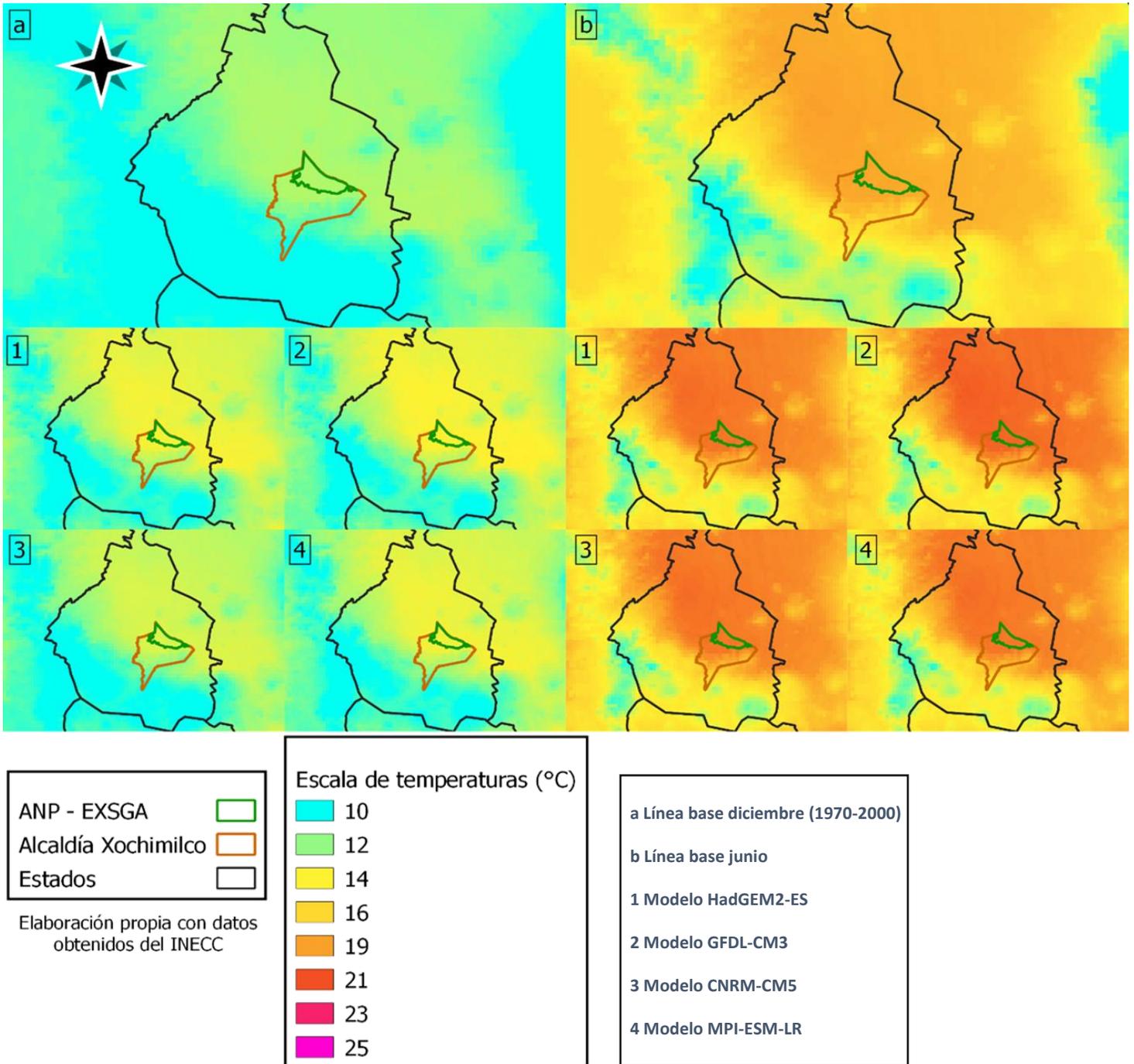
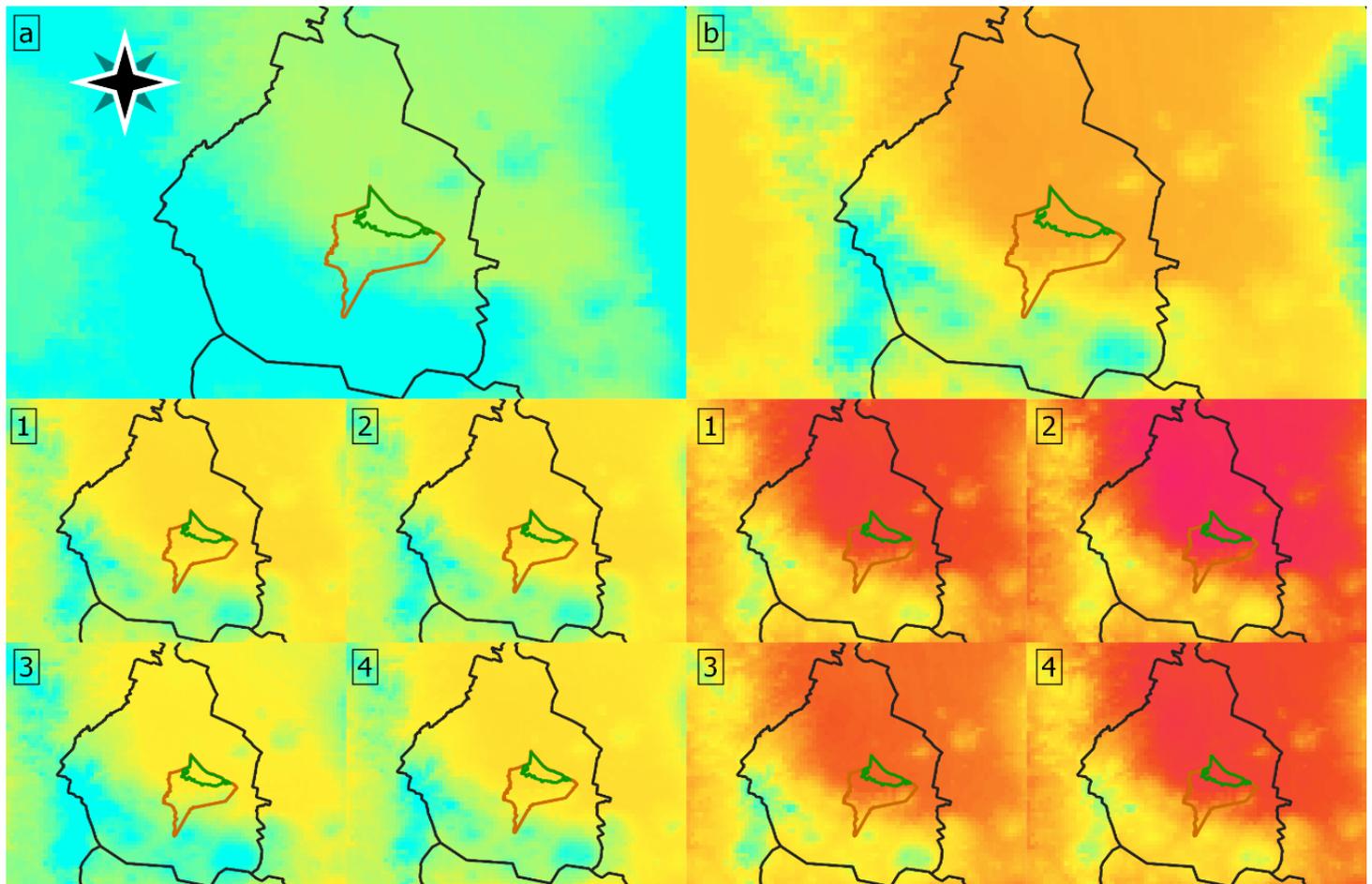


Tabla 5 Medias térmicas y diferenciales entre línea base (1950-2000) y escenarios a 1915-1939 en el polígono del ANP-EXSGA (RCP 8.5) Elaboración propia

Datos	Modelos	Temperatura media (°C)		ΔT (°C)	
		Diciembre	Junio	Diciembre	Junio
Línea base	Esc. Base	12.75	18.26	-	-
Escenarios 2015-39	HadGEM2-ES	14.06	19.69	+1.31	+1.43
	GFDL-CM3	14.25	20.08	+1.5	+1.82
	CNRM-CM5	13.53	19.16	+0.78	+0.9
	MPI-ESM-LR	14.03	19.65	+1.28	+1.39

Para el mediano plazo (2045-69), los datos de los modelos para Xochimilco indican que el cambio climático seguirá intensificándose, alcanzando aumentos de temperatura de hasta 3.26°C en invierno (según el modelo HadGEM) y 4.15°C en verano (según el modelo GFDL) (ver figura 11 y tabla 6).

Estos cambios de más de 3°C podrían tener efectos muy negativos en la producción de alimentos debido al estrés térmico sobre las plantaciones. Un calentamiento de 4.15 °C, podría provocar que una buena parte de las plantas que son cosechadas hoy en día en Xochimilco pierdan su viabilidad, lo cual obligará a los productores a entrar en cambios profundos para lograr adaptarse.



ANP - EXSGA
 Alcaldía Xochimilco
 Estados

Elaboración propia con datos obtenidos del INECC

Escala de temperaturas (°C)

- 10
- 12
- 14
- 16
- 19
- 21
- 23
- 25

a Línea base diciembre (1970-2000)

b Línea base junio

1 Modelo HadGEM2-ES

2 Modelo GFDL-CM3

3 Modelo CNRM-CM5

4 Modelo MPI-ESM-LR

Tabla 6 Medias térmicas y diferenciales entre línea base (1950-2000) y escenarios a 1945-1969 en el polígono del ANP-EXSGA (RCP 8.5) Elaboración propia

Datos	Modelos	Temperatura media (°C)		ΔT	
		Diciembre	Junio	Diciembre	Junio
Línea base	Esc. Base	12.75	18.26	-	-
Escenarios 2045-69	HadGEM2-ES	16.01	21.29	+3.26	+3.03
	GFDL-CM3	15.99	22.41	+3.24	+4.15
	CNRM-CM5	14.69	20.18	+1.94	+1.92
	MPI-ESM-LR	15.8	21.41	+3.05	+3.15

4.3.2 Escenarios de precipitación para el Área Natural Protegida

Los modelos de precipitación generaron resultados más dispares que los de temperatura. El análisis no evidencía una tendencia clara en el futuro cercano para invierno. Los modelos HadGEM y MPI señalaron un aumento de precipitación, mientras que los modelos GFDL y CNRM señalaron una disminución en la misma (ver figura 12 y tabla 7). De cualquier manera, al ser estación de secas, la precipitación no supera los 10 mm. En junio, mes situado en la estación de lluvias, tres de los cuatro modelos señalaron una baja en la precipitación, modificación que alcanza más de 11 mm en el HadGEM.

Una baja en la precipitación sería un factor agravante en el proceso de desecación de los canales, y por otro lado, al disminuir los volúmenes hídricos, se podrían intensificar fenómenos de concentración de contaminantes en los cuerpos de agua. Los datos de los escenarios no permiten, sin embargo, entrever claramente el rumbo que tomará el sistema en este aspecto.

Figura 12 Línea base y modelo de precipitación a 2015-39 para escenario RCP 8.5 Diciembre (columna izquierda) – Junio (columna derecha)

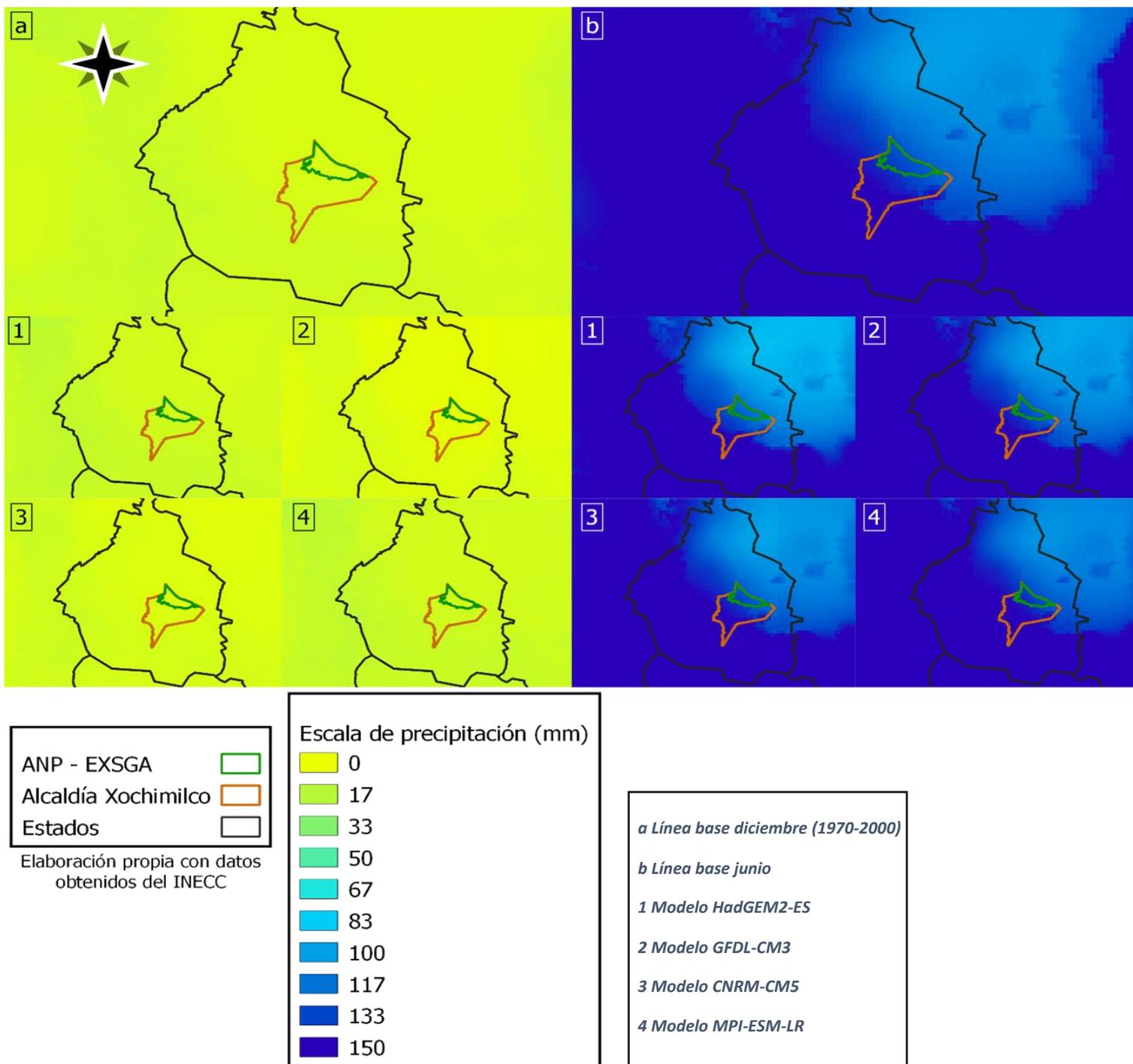


Tabla 7 Medias de precipitación y diferenciales entre línea base (1950-2000) y escenarios a 1915-1939 en el polígono del ANP-EXSGA (RCP 8.5) Elaboración propia

Datos	Modelos	Precipitación media (mm)		Δ pp	
		Diciembre	Junio	Diciembre	Junio
Línea base	Esc. Base	6.13	130.48	-	-
Escenarios 2015-39	HadGEM2-ES	8.05	119.38	+1.92	- 11.1
	GFDL-CM3	1.21	128.68	- 4.92	- 1.8
	CNRM-CM5	4.42	128.82	- 1.71	- 1.66
	MPI-ESM-LR	8.13	134.58	+2	+4.1

Para el mediano plazo (ver figura 13 y tabla 8), los comportamientos son similares al corto plazo en diciembre, con dos modelos señalando un aumento de la precipitación, y dos modelos señalando una disminución de la misma. Para junio, los modelos CNRM, HadGEM y GFDL señalan una disminución pluvial, siendo éste último el que marca una mayor baja, con más de 4 mm; mientras que el MPI marca un fuerte aumento de más de 15 mm en la precipitación.

Figura 13 Línea base y modelo de precipitación a 2045-69 para escenario RCP 8.5 Diciembre (columna izquierda) – Junio (columna derecha)

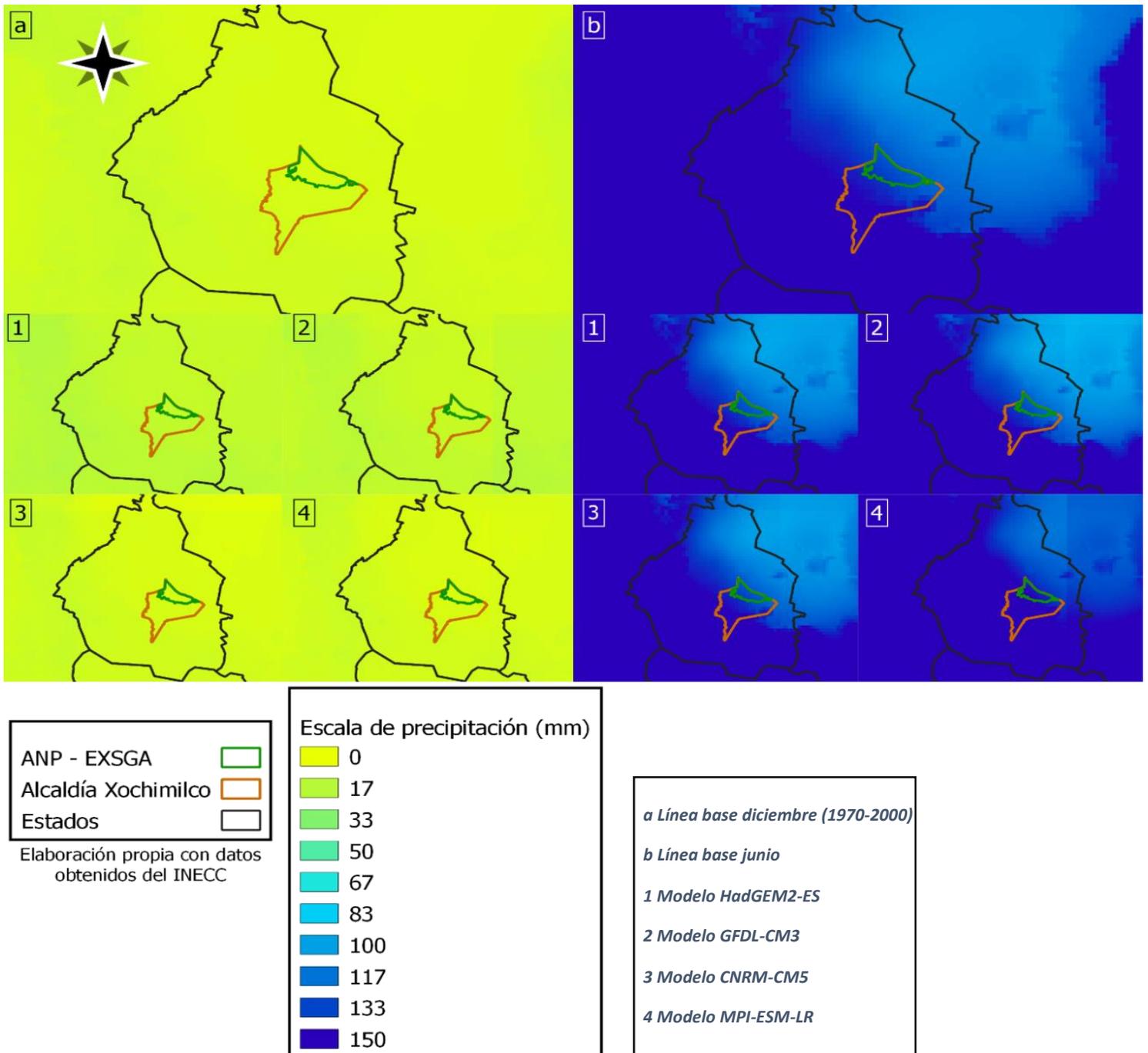


Tabla 8 Medias de precipitación y diferenciales entre línea base (1950-2000) y escenarios a 1945-1969 en el polígono del ANP-EXSGA (RCP 8.5) Elaboración propia

Datos	Modelos	Precipitación media (mm)		Δ pp	
		Diciembre	Junio	Diciembre	Junio
Línea base	Esc. Base	6.13	130.48	-	-
Escenarios 2045-69	HadGEM2-ES	12.37	127.55	+6.24	- 2.93
	GFDL-CM3	10.46	126.42	+4.33	- 4.06
	CNRM-CM5	5.81	129.59	- 0.32	- 0.89
	MPI-ESM-LR	5.11	145.68	- 1.02	+15.2

Ante los escenarios presentados, es necesario recordar que la incertidumbre de los modelos climáticos es grande, y aumenta con el tiempo. Si bien para la temperatura los modelos son relativamente concordantes, con variaciones en la magnitud pero no en el sentido del cambio, para el caso de la precipitación los resultados no permiten conocer la dirección en la que se mueve el sistema.

En ese sentido, también la capacidad de observación de las poblaciones afectadas por el cambio climático es una herramienta importante para encaminar los procesos de adaptación. En entrevista realizada a Pronatura, se señaló que los productores de Xochimilco han identificado en los últimos años un aumento en la frecuencia de eventos extremos, es decir una modificación en la distribución de la precipitación a lo largo del año que lleva a una concentración de los niveles de precipitación en ciertos episodios puntuales. Esto puede traer consigo temporadas de sequía a las cuales no está acostumbrado el sistema chinampero, lo cual refrenda la necesidad de implementar mejoras en el manejo del recurso hídrico por parte de los productores chinamperos en un contexto de aprovisionamiento incierto.

4.4 Conclusión

Para poder desarrollar un marco de M&E adecuado a un proyecto de ACC, el contexto en el que se desarrollarán las acciones a implementar debe ser considerado en la propuesta lo cual facilita la identificaciones de las variables cuyo seguimiento puede proveer información pertinente para la gobernanza del SES. El presente capítulo describió los procesos históricos y las dinámicas contemporáneas que han llevado a la situación actual, así como los escenarios climáticos futuros, planteando así la tela de fondo para el proceso de adaptación.

El alto valor ecológico del área, el actual contexto socio-económico global y la búsqueda de una mejor calidad de vida por parte de sus pobladores generan una situación altamente compleja en la que los tomadores de decisiones deben elegir vías que respondan de la mejor manera posible a las esperanzas de desarrollo, a la conservación ambiental, y al manejo de un patrimonio histórico en un sistema único situado en las periferias de una urbe de más de 20 millones de habitantes.

En el siguiente capítulo se describirá cómo proyectos como Cuencas Verdes pueden enmarcarse en un proceso de adaptación basada en el ecosistema chinampero cuya implementación impulse las alternativas identificadas en el presente capítulo, tales como el ecoturismo y el fortalecimiento de los ingresos obtenidos por los productores chinamperos a través de nuevas prácticas y la capacidad de aprendizaje.

CUENCAS VERDES - TEORÍA DEL CAMBIO E INDICADORES

Resumen

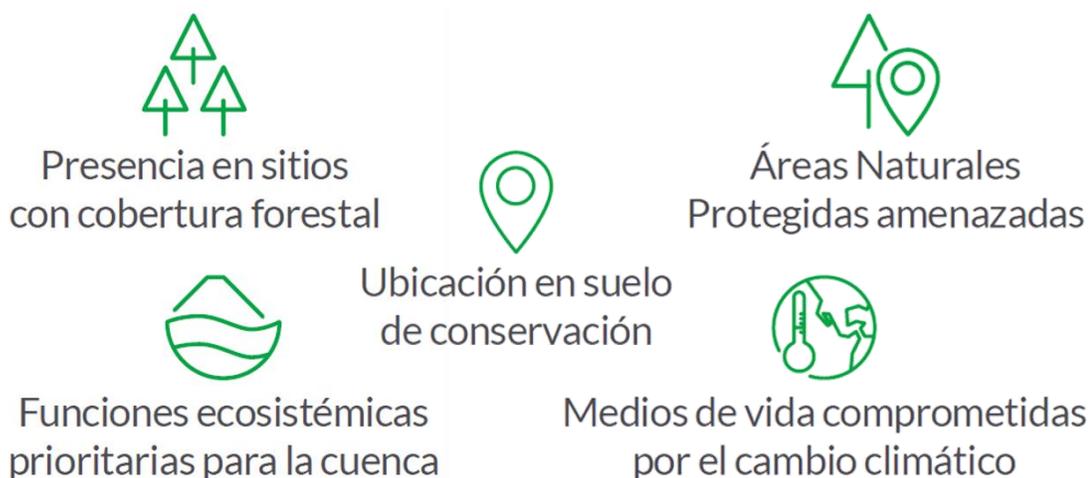
En este capítulo se planteará un proceso de implementación de acciones de ACC en el ANP – EXSGA, tomando como caso específico de estudio al proyecto de Pronatura, A.C. “Cuencas Verdes”. Una vez descritas las fases más relevantes del proyecto, se planteará una matriz de servicios ecosistémicos adecuada al sistema de Xochimilco, que marcará la base ecosistémica a partir de la cual se definen las acciones de AbE que componen el proyecto CV.

Posteriormente, se elaborará una Teoría del cambio gráfica que refleje la manera en que CV se inserta en una transición hacia un sistema con mayor capacidad de adaptación, tomando en consideración los aspectos del sistema descritos en el capítulo anterior. Dicha TdC será segmentada con base en las tres categorías principales de servicios ecosistémicos, al tratarse de un proceso de Adaptación basada en ecosistemas. Así, las tres secciones obtenidas reflejarán de manera clara el proceso de adaptación propuesto.

5.1 Cuencas Verdes, diseño y acciones

El proyecto Cuencas Verdes (CV), financiado por el ministerio alemán de medio ambiente y conservación ambiental a través de la Iniciativa Internacional por el Clima (IKI), se inició en el 2018, con el objetivo de implementar medidas de AbE en distintas cuencas de

Figura 14 Criterios de selección de sitios para participar en el proyecto CV (Pronatura, 2018a)



Guatemala, República Dominicana, Cuba y México. En México el proyecto se acotó a zonas situadas en los alrededores de la cuenca del valle de México según los criterios mostrados en la figura 14 (Pronatura, 2018).

En su acción relativa al Área Natural Protegida de Xochimilco, el eje de acción principal del proyecto es la capacitación de productores en temáticas prioritarias seleccionadas de forma participativa con los productores, para así fortalecer la capacidad de adaptación del sistema chinampero, teniendo como población objetivo aquellas chinampas que preservan las características de producción tradicional.

5.1.1 Fase prospectiva del proyecto Cuencas Verdes

Durante la entrevista realizada a la coordinación del proyecto Cuencas Verdes en México, se planteó parte de la estrategia integral que busca implementarse. La fase prospectiva inició a mediados del 2018, con un análisis del área que proveyó información sobre los medios de vida principales, las estructuras de gobernanza existentes y las amenazas climáticas y no climáticas que pueden dificultar la gobernanza de Xochimilco. Esta fase consistió en las siguientes actividades:

1. Visita del terreno para la caracterización del ecosistema productivo chinampero.
2. Identificación de los servicios ecosistémicos necesarios para mantener las funciones productivas del sitio.
3. Organización de taller con el consejo asesor del ANP, compuesto por autoridades de la Secretaría del Medio Ambiente de la CDMX (SEDEMA), a través de su Comisión de Recursos Naturales; la marina, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil (SGIRPC), la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial (PAOT) y las instituciones académicas UAM-X (Universidad Autónoma Metropolitana campus Xochimilco) e Instituto Politécnico Nacional, con el objetivo de identificar los medios de vida principales y las amenazas climáticas y no climáticas percibidas en la zona.
4. Se examinaron los datos climáticos (pp y T) en una serie temporal de 1951 a 2010.
5. Se aplicó la herramienta ALivE (Planificación para la adaptación, los medios de vida y los ecosistemas), desarrollada por el Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la cual permite, a partir de modelos climáticos en el escenario RCP8.5, generar

consideraciones relevantes para el proceso de adaptación según el contexto caracterizado.

Los SE más importantes que se identificaron como base para la actividad chinampera comprenden aquellos proveídos por el suelo y la cobertura vegetal (como lo son la regulación microclimática, el control de la erosión y la provisión de nutrimentos adecuados para la producción chinampera), la remediación de la calidad del agua, la diversidad genética para mejora y resiliencia de la producción agrícola, y la presencia de diversidad biológica polinizadora, servicios que fueron integrados a la matriz de servicios ecosistémicos (tabla 10).

Por su parte, el análisis de los datos climáticos obtenidos, tanto de series de datos pasados como de modelos climáticos para el futuro a corto y mediano plazo permitió evidenciar un aumento de 0,91°C de temperatura entre 1951 y 2010, y por otro lado, se identificó que la tendencia de alza térmica podría llevar a aumentos de hasta 4°C en ciertas épocas del año, lo cual fue corroborado en el siguiente trabajo a partir de los modelos climáticos para el período 2045-69.

5.1.2 Trabajo con los productores

Una vez concluida la fase prospectiva, se inició el trabajo con productores, mediante un taller en el cual se presentaron los resultados de la evaluación climática y se asociaron a los posibles impactos esperados a partir de los cambios en la temperatura y precipitación que arrojaron los modelos para un plazo de 20 años. Además, se presentaron las posibles acciones de adaptación identificadas previamente como de utilidad para el proceso de adaptación, detallándose la existencia de capacitaciones en dichas acciones para aquellos participantes que así lo desearan. Esto llevó a una priorización de las acciones presentadas realizada de manera participativa, cuyo resultado se muestra en la tabla 8, de mayor a menor importancia según los productores.

Tabla 9 Priorización realizada por los productores chinamperos de las acciones de capacitación propuestas por Pronatura (Pronatura, 2019, comunicación personal)

N° de prioridad	Acción de capacitación propuesta
1	Capacitación para el uso integral del agua en el sistema chinampero.
2	Capacitación para el desarrollo de estrategias de comercialización de la producción agrícola.

3	Capacitación para la integración de sistemas productivos sustentables en las chinampas.
4	Capacitación para el desarrollo de turismo ecológico.
5	Capacitación para la elaboración y uso de bioinsumos en el sistema chinampero.
6	Capacitación para el control biológico de plagas y enfermedades en el sistema chinampero.
7	Capacitación para el control biológico de plagas y enfermedades en el sistema arbóreo de soporte.
8	Capacitación para la conformación de colectivos rurales.
9	Capacitación para el establecimiento de las condiciones para la certificación del proceso de producción en el sistema chinampero.

A partir de esta lista, y buscando generar una propuesta más clara y concisa, Pronatura estableció una lista de 4 capacitaciones, a las cuales categorizan como “medidas suaves”, que incluyeran de alguna manera las 9 acciones expuestas (O. Flores, Pronatura A.C., comunicación personal, 2 de marzo de 2020). Para ello, se concentraron las medidas de la siguiente manera:

1. Tanto la elaboración de bioinsumos como el control de plagas y enfermedades (medidas 5, 6 y 7) se integraron con la medida 1, de “Implementación de sistemas productivos sustentables”.
2. Tanto la conformación de colectivos rurales como la certificación de la producción (medidas 8 y 9) se integraron con la medida 2, de “desarrollo de estrategias de comercialización”.

Esto llevó a un set de 4 medidas suaves de capacitación, a las cuales Pronatura agregó una medida de sensibilización de la población, la cual se discutirá más adelante. En adición a estas 5 medidas Pronatura agregó la restauración ambiental directa, como medida dura (de intervención directa). Este conjunto de medidas (*tabla*) constituye la base para integrar a Cuencas Verdes en la Teoría del cambio, analizando la manera en que estas acciones se integran en un proceso de cambio, así como las interrelaciones complejas existentes entre las distintas acciones.

Tabla 10 Medidas del proyecto Cuencas Verdes. Elaboración propia a partir de información de Pronatura A.C.

Medidas suaves (fortalecimiento de capacidades y sensibilización)	
Capacitación	Descripción
<p>M1 Implementación de sistemas productivos sustentables en las chinampas</p>	<p>Objetivo: Generar una aplicación integral del manejo sustentable del sistema chinampero a través de la integración de diversas técnicas y estrategias de manejo ecológico.</p> <p>Acciones concretas: Implementación de producción diversa y resiliente, control biológico de las plagas y enfermedades de las hortalizas y el sistema arbóreo de soporte; y elaboración y aplicación de bioinsumos para el enriquecimiento de los suelos.</p>
<p>M2 Integración de la cadena productiva chinampera tradicional</p>	<p>Objetivo: Lograr una mayor cantidad y calidad de producción de manera que se logre implantar el producto en un mercado más amplio.</p> <p>Acciones concretas: Impulso a esquemas organizativos en las fases de producción y distribución, generación de condiciones que permitan la obtención de certificaciones para otorgar valor agregado a los productos agrícolas del área.</p>
<p>M3 Desarrollo de turismo ecológico</p>	<p>Objetivo: Fortalecer capacidades para la transmisión de valores de sustentabilidad a los visitantes, promoviendo el acercamiento a los sistemas productivos tradicionales.</p> <p>Acciones concretas: Formación de guías turísticos, y difusión para valorizar este tipo de visita.</p>
<p>M4 Uso integral del agua en el sistema chinampero</p>	<p>Objetivo: Fortalecer capacidades para la adecuada gestión y uso del agua disponible, haciendo énfasis en la eficiencia del aprovechamiento.</p> <p>Acciones concretas: Implementación de opciones de captación de agua, bio-filtros, y sistemas de riego por goteo.</p>
<p>M5 Campaña de concientización ambiental</p>	<p>Generación de conocimiento ecológico, y actitudes y valores que representen los principios de la sustentabilidad en la población.</p>
Medidas duras (intervenciones directas)	
Acción	Objetivo
<p>M6 Restauración ambiental</p>	<p>Mejora en nivel local de las condiciones físicas y naturales de los canales.</p>

5.2 Matriz de Servicios Ecosistémicos del humedal de Xochimilco

La matriz de servicios ecosistémicos (tabla 10) fue elaborada a partir de testimonios de productores e investigación bibliográfica enfocada en la identificación de los distintos SE que han sido descritos en Xochimilco (CONABIO & SEDEMA, 2016; Cram, Sommer, Cotler, Morales, & Carmona, 2008; Ibarra, Zambrano, Valiente, & Ramos-Bueno, 2013; Revollo-Fernández, 2015; Valiente, Tovar, González, Eslava-Sandoval, & Zambrano, 2010).

La **escala de producción** se definió como la escala regional a partir de la cual los efectos de un servicio ambiental son significativos. Así, se considera que la producción de alimentos a escala del sistema chinampero es significativa, así como que el mismo sistema chinampero es autosuficiente en términos de regulación de la erosión, que es un servicio necesario para la subsistencia misma del ecosistema. Por otro lado, para la regulación de la calidad del aire, no basta con el buen estado del ecosistema de Xochimilco para que la mejora sea significativa, sino que el humedal juega un papel parcial que debe ser complementado por una gestión de los ecosistemas adecuada a nivel regional.

Las **UPS** por su parte, se definieron como la porción del sistema chinampero del cual depende la existencia del servicio. Mientras que la provisión de alimentos proviene directamente de las parcelas diseñadas para esos efectos, la reducción del ruido depende del ecosistema en su conjunto, y la recreación o la educación son potenciados por infraestructuras humanas creadas para dichos fines.

La **escala temporal** depende de las características de cada servicio. Así, mientras que los cultivos son estacionales, el ganado suele gestionarse de manera que existan ingresos durante todo el año, por lo cual se considera de temporalidad constante. Por otro lado, existen servicios de regulación que se expresan como respuesta a ciertos eventos. El control de inundaciones, por ejemplo, es un servicio que se expresa ante eventos específicos de precipitación; la regulación microclimática, que es un servicio constante, ve sus efectos aumentar ante casos de calor extremo o heladas intensas.

Un mismo servicio puede entonces tener una escala temporal variable según la forma en que se analiza. Otro caso, como el de ciertos servicios culturales ofrecidos por la presencia de biodiversidad, pueden ser definidos como móviles, lo cual se ejemplifica de manera muy ilustrativa en el caso de las aves migratorias que sólo se encuentran en Xochimilco en cierta época del año.

Finalmente, la **escala de beneficios** es definida como el nivel espacial en el cual se encuentra la proporción significativa de la población beneficiada por el servicio. Dentro de los servicios de provisión, por ejemplo, los productos generados por la agricultura y ganadería de Xochimilco suelen ser distribuidos principalmente en la zona metropolitana del valle de México, por lo cual sus beneficios son locales y regionales, tanto desde el punto de vista del productor como del consumidor. En el caso de la diversidad genética, los beneficios suelen expresarse a partir de la investigación científica, misma que se da a escala regional e internacional.

Los servicios de regulación, por su parte, también se presentan distintas posibilidades. La erosión y el ruido son regulados en una escala puramente local, mientras que el control de inundaciones, a pesar de ser provisto a escala local, genera beneficios a escala tanto local como regional, al ser Xochimilco uno de los mayores reservorios de agua superficial a nivel de la cuenca. Esto mismo sucede con la regulación de la calidad del agua y del aire. La captura de carbono, por su parte, genera beneficios que no son aprovechados de manera directa a escala local, y sin embargo ayuda a enfrentar dos problemáticas: En primer lugar, disminuye la cantidad de contaminantes de carbono a nivel regional, y en segundo lugar, ayuda a mitigar un problema de escala global, como lo es el cambio climático.

Los servicios culturales son un caso particular, ya que pueden ser aprovechados, en principio, por la totalidad de la humanidad que pueda entrar en contacto con Xochimilco, aún si dicho contacto es puramente virtual. No obstante, existen componentes simbólicos, de pertenencia y de recreación que sí son especialmente aprovechados por la población de la región, que es la que entra en contacto con mayor frecuencia con el sistema chinampero.

Tabla 11. Matriz de Servicios Ecosistémicos adaptada al SES del humedal de Xochimilco
(elaboración propia según el modelo de matriz de Calderón-Contreras y Quiroz-Rosas, 2017)

Servicio Ambiental	Escala de Producción		UPS (Unidad de Producción de Servicios)	Escala Temporal	Escala de beneficios		
	Local	Regional			Local	Regional	Global
Provisión							
Alimento: Cultivos	✓		Parcelas chinamperas	Estacional	✓	✓	
Alimento : Ganadería	✓		Parcelas chinamperas	Constante	✓	✓	
Diversidad Genética		✓	Ecosistema del humedal	Estacional/ Constante		✓	✓
Regulación							
Control de Erosión	✓		Suelo y vegetación	Eventual/ Constante	✓		
Mejora de la Calidad del Agua	✓		Canales, vías hidrológicas	Constante	✓	✓	
Control de Inundaciones	✓		Canales, vías hidrológicas	Eventual	✓	✓	
Regulación de Calidad del Aire		✓	Ecosistema del humedal	Eventual/ Constante	✓	✓	
Captura de Carbono	✓		Vegetación (principalmente cultivos)	Estacional/ Constante		✓	✓
Almacenamiento de Carbono		✓	Suelo y vegetación	Estacional/ Constante			✓
Regulación microclimática		✓	Ecosistema del humedal	Eventual/ Constante	✓	✓	
Reducción del Ruido	✓		Ecosistema del humedal	Constante	✓		
Polinización y dispersión de semillas		✓	Biodiversidad del humedal	Móvil/ Estacional	✓	✓	
Cultural							
Valor Estético		✓	Ecosistema del humedal	Móvil/ Eventual/ Estacional/Constante	✓	✓	✓
Valor Simbólico		✓	Ecosistema del humedal	Móvil/ Eventual/ Estacional/Constante	✓	✓	
Sentido de Pertenencia		✓	Ecosistema del humedal	Constante	✓	✓	
Recreación y Desarrollo Cognitivo	✓		Canales, chinampas, infraestructura <i>ad hoc</i>	Móvil/ Eventual/ Estacional/Constante	✓	✓	
Oportunidades de Educación	✓		Canales, chinampas, infraestructura <i>ad hoc</i>	Móvil/ Eventual/ Estacional/Constante	✓	✓	✓
Ecoturismo	✓		Canales, chinampas, infraestructura <i>ad hoc</i>	Móvil/ Eventual/ Estacional/Constante	✓	✓	✓
Diversidad cultural		✓	Parcelas chinamperas, canales	Constante	✓	✓	✓
Patrimonio histórico		✓	Parcelas chinamperas, canales	Constante	✓	✓	✓

5.3 Cuencas Verdes en el marco de una Teoría del cambio

En esta sección se aborda la modelización de un proceso de disminución de la vulnerabilidad del sistema chinampero. Para dicha modelación, se proponen una serie de relaciones de causa-efecto que permiten acercar al sistema a un estado en el cual posea una mayor capacidad de adaptación.

El modelo se plantea mediante un diagrama de Teoría del cambio (figura 15), el cual incluye en su proceso las medidas descritas en la sección anterior como elementos del cambio hacia la adaptación. La única medida de las enlistadas en la tabla 9 que no se inserta en la TdC es la M5 (concientización ambiental), ya que una medida de ese tipo sólo puede tener un efecto significativo si se cuenta con la implicación transversal de distintos sectores de la sociedad, lo cual va más allá del campo de acción real del proyecto CV para el proceso de adaptación.

Para el diseño de la Teoría del cambio, se partió de dos consideraciones teóricas. La primera de éstas es el entendimiento de la vulnerabilidad como una condición del sistema fuertemente influenciada por el estado de las relaciones entre agentes sociales del SES. El lograr enfrentar problemáticas como la pobreza, la desigualdad y la marginalización en general, es entonces esencial para el proceso de cambio, ya que la disminución de éstas contribuye a contar con una población con mayor capacidad de adaptación. En ese sentido, el mantenimiento de condiciones socio-económicas adecuadas para la población chinampera es un componente necesario en un proceso de adaptación al cambio climático.

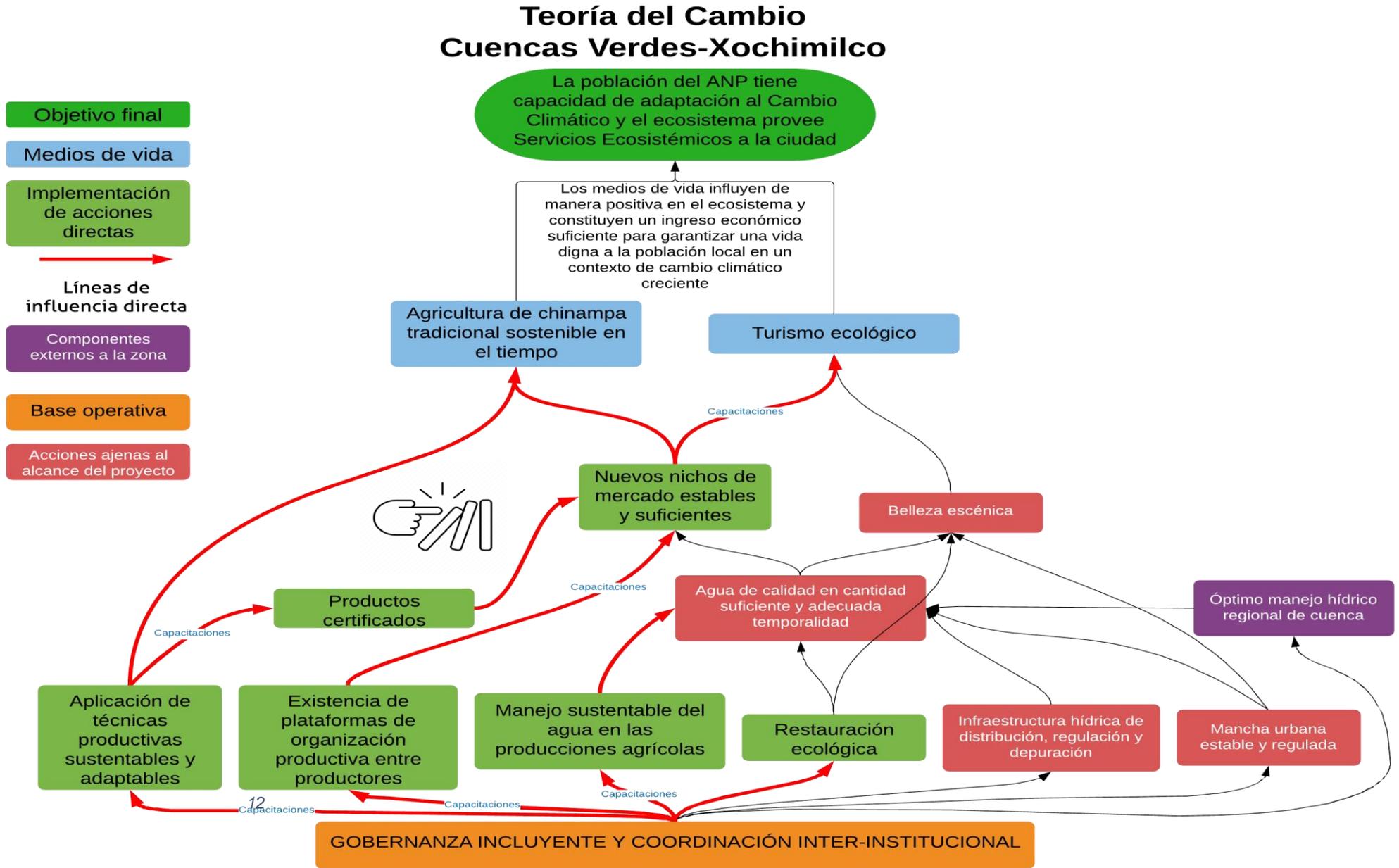
En segundo lugar, y considerando la situación desde una perspectiva más regional, se considera la preservación del ecosistema chinampero tradicional del ANP – EXSGA como una base importante para el desarrollo de capacidad de ACC a nivel del área urbana en su conjunto, ya que la persistencia de los SE que el humedal de Xochimilco provee a la ciudad es un aspecto importante para su adaptación.

Las dos consideraciones anteriores no son independientes. Como se describió en el capítulo 3, la persistencia del ecosistema chinampero, y por ende su provisión de SE, depende del manejo que de él hace la población chinampera. Por otro lado, los dos medios de vida identificados como promotores del proceso de adaptación, el ecoturismo y la chinampería, no pueden llevarse a cabo sin cierto nivel de integridad ecosistémica en el ANP.

No obstante, como se describió en el capítulo 3, tanto la agricultura chinampera como el turismo ecológico se enfrentan a presiones como la competencia con actividades nocivas para el ecosistema dentro del mismo territorio de ANP. La transición hacia agricultura de invernadero lleva al relleno de canales y pérdida de chinampas; mientras que el turismo masivo lleva a la sobreocupación de espacios navegables, a la vez que supone un factor agravante sobre la contaminación de los canales, al llevar consigo grandes cantidades de desechos.

Para que la agricultura chinampera y el ecoturismo logren insertarse en una tendencia virtuosa de recuperación de espacios y restauración del ecosistema, es necesario lograr que la agricultura tradicional y el eco-turismo cuenten con ventajas competitivas que le otorguen atractivo a ojos de la población, y así se impulse su desarrollo en la región. Para plasmar estas consideraciones en la TdC, se construyó una estructura lógica que acompaña al proceso de cambio. Este proceso, que incluye las medidas de Cuencas Verdes, enlistadas en la tabla 9, constituye la base del diagrama de TdC (figura 15).

Figura 15 Diagrama de Teoría del cambio para el SES de Xochimilco, considerando las medidas del proyecto Cuencas Verdes



Elaboración propia a partir de entrevistas con Pronatura y productores chinamperos de Xochimilco

El diagrama se construyó partiendo del objetivo final, y de la agricultura tradicional y el ecoturismo como los medios de vida (en azul) que, tienen la capacidad de coadyuvar a la obtención de dicho objetivo. La gráfica se construye a través de los siguientes componentes:

1. Celdas: Representan las pre-condiciones que requieren alcanzarse de manera sucesiva en el proceso de cambio. Estas celdas son verdes cuando su logro puede tener una influencia directa por parte de las acciones del proyecto CV, rojas cuando están fuera de la influencia de CV pero se desarrollan en el mismo humedal, y moradas cuando dependen de acciones en una mayor escala geográfica.
2. Flechas: Representan las relaciones de causalidad o influencia entre precondiciones, generando así una secuencia de cambio. Las flechas contienen la palabra “capacitaciones” cuando el nexa entre ambas precondiciones puede lograrse a través de acciones de capacitación como las de CV. El color de las flechas es rojo cuando hay una incidencia directa de acciones de CV (tabla 9), y negras cuando van más allá de su campo de acción.

Asimismo, se considera la existencia de lo que Anderson (2005) denomina “efecto dominó”, es decir, la situación en la cual la consecución de cierta condición lleva directamente y sin necesidad de intervenciones suplementarias a la consecución de la condición siguiente.

3. Base operativa: Representada mediante una celda de color naranja, establece la base necesaria para el desenvolvimiento correcto del proceso de cambio. Integra la gobernanza incluyente y la coordinación inter-institucional, como elementos que permiten la conjugación de iniciativas e ideas para abonar a una transición coherente y efectiva a través de medidas concretas.

La base operativa ha sido un elemento problemático en Xochimilco, donde la gran cantidad de actores y disposiciones legales, políticas y sociales, dificultan la implementación de acciones concretas. CV, al haber contado con la posibilidad de trabajar con diversos actores, desde el consejo asesor del ANP hasta los mismos productores en el campo, logró

identificar debilidades en el manejo de la gobernanza del ANP, como revela el siguiente testimonio:

“Cuando hicimos el taller con el consejo asesor del ANP, nos dimos cuenta que no había representantes de la producción local. Estaban autoridades públicas y académicas, pero no comunitarias”

(Representante, PRONATURA A.C., comunicación personal, 22 de octubre de 2019)

Estas situaciones muestran la importancia de fortalecer la inclusividad en la gobernanza de Xochimilco, ya que para que las decisiones realmente se inserten en una visión integral de cambio positivo para el ANP, es necesario que sean tomadas desde la percepción de todos los actores importantes de la zona. El no considerar de manera directa la voz de los productores puede llevar a decisiones que, al generar descontento en dicho sector de la población, fragmente aún más la gobernanza y dificulte una transición real hacia la incorporación de atributos de adaptación en el SES.

La narrativa anexa a la TdC se desarrolla a continuación como complemento al producto gráfico, y se estructura en torno a la división del proceso general en tres segmentos, seleccionados a partir de la categorización de servicios ecosistémicos establecida en la matriz de servicios ecosistémicos. Los segmentos constituyen entonces las vías mediante las cuales el proceso de adaptación busca fortalecer y aprovechar los tres tipos de servicios ecosistémicos que provee el humedal.

5.3.1 Segmento 1. Construcción de sistemas productivos sustentables y adaptables

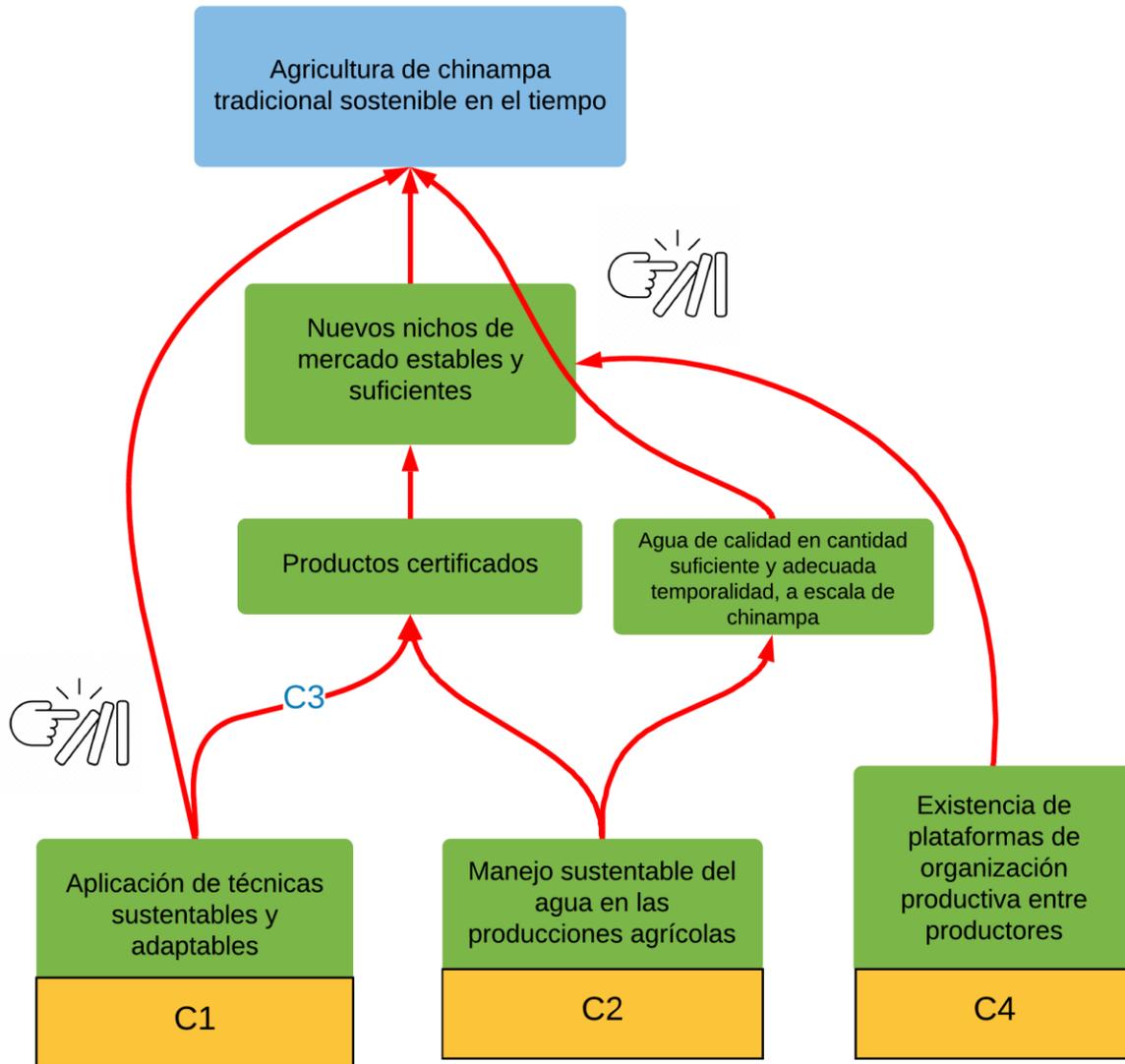
La construcción de sistemas productivos sustentables representa una estrategia de adaptación construida sobre los servicios ecosistémicos de provisión, y requiere que las prácticas agropecuarias posean capacidad de adaptación. En ese sentido, la agricultura chinampera, como actividad productiva prioritaria para el objetivo de la TdC, es uno de los campos que puede verse beneficiado por capacitaciones como las implementadas por CV (figura 16).

Como cualquier actividad productiva comercial, la producción agrícola requiere posicionarse en un mercado competitivo, por lo cual debe encontrar mecanismos que le permitan acceder a una demanda, la cual debe de ser constante y suficiente para generar cierto nivel de ingresos. A esta condición de demanda es a lo que se le llama en la TdC

“Nicho de mercado”. Considerando esta condición como un objetivo central, el proyecto identificó tres campos de acción que permiten llegar a él.

Figura 16 Medidas del proyecto Cuencas Verdes. Segmento 1 de la TdC, dirigido al impulso de la agricultura sostenible.

Nótese las transiciones en “dominó”, las cuales se dan mediante una sucesión de eventos encadenados que se esperan a partir de una sola intervención realizada por CV



Elaboración propia a partir de entrevistas con Pronatura y productores chinamperos de Xochimilco

En primer lugar, la aplicación de técnicas sustentables (**C1**) permite construir capacidad de adaptación. En un contexto de cambio climático, técnicas como las mencionadas en la tabla 9 permiten disminuir la dependencia del proceso de producción a insumos externos y fortalecer su resiliencia ante plagas y enfermedades. CV busca implementar capacitaciones sobre dichas técnicas, además de promover la diversificación productiva, para permitir una provisión continua y resiliente, que permita responder de mejor manera a cierto tipo de demanda y aumentar así la sostenibilidad temporal del aprovechamiento de las chinampas.

En segundo lugar, se plantean capacitaciones dirigidas al manejo sustentable del agua en las producciones agrícolas **(C2)**, con el objetivo de eficientizar el uso de dicho recurso y mejorar la calidad del recurso. Esta eficientización del manejo hídrico es esencial para hacer frente al cambio climático en sitios como Xochimilco, donde se prevé que existan cambios en la regularidad de las temporadas de lluvias, y donde la disponibilidad de agua de buena calidad es necesaria para la producción y comercialización del producto.

Productores chinamperos entrevistados en diciembre de 2019 confirmaron que la calidad del agua en el sistema de canales de Xochimilco ha influido negativamente en la percepción que tiene la población sobre la calidad final de los productos que de ahí provienen. En ese sentido, una de las perspectivas a mediano y largo plazo para el crecimiento de la actividad chinampera, es lograr que los suelos y el agua se encuentren en buen estado en la totalidad del territorio del ANP, para garantizar así la calidad de la totalidad de la producción que en él se genera.

Las intervenciones necesarias para lograr esto van, sin embargo, mucho más allá del alcance del proyecto CV, el cual cuenta con algunos espacios agrícolas como sitios de intervención pertenecientes a los participantes, pero no está planificado como un proyecto de transición ecosistémica a escala de la totalidad del ANP. Esto lleva a que en el diagrama general de TdC, la condición de cantidad, calidad y temporalidad del agua se plantee en color rojo, como un logro que está más allá del rango de acción de CV. No obstante, en la figura 16 esta condición se plantea a escala de chinampas individuales, es decir, un manejo hídrico que permite mejorar la sustentabilidad y la calidad de la producción. Capacitaciones en ese sentido como las propuestas en CV sí generan entonces un efecto directo en dicha escala, tal y como se observa en el diagrama, donde la celda aparece en color verde.

Desde el punto de vista comercial, la introducción de técnicas sustentables al proceso de producción y la eficientización del manejo hídrico constituyen importantes argumentos para demostrar estándares de calidad y sustentabilidad. Esto es un factor que facilita la obtención de certificaciones de la producción, llevando potencialmente a la apertura de nuevos nichos de mercado. Esta transición entre la implementación de ecotecnias, la certificación y la distribución, también está contemplado como uno de los objetivos de las capacitaciones en CV **(C3)**.

Existen, sin embargo, otras variables que influyen la existencia de nichos de mercado adecuados para la producción chinampera en Xochimilco, variables que dependen del tipo de población a la que se busca proveer. Las exigencias son distintas según si la provisión se dirige a la central de abastos, donde se pide una cantidad elevada de volumen de producción; con respecto a una provisión dirigida a restaurants y hoteles, que suelen hacer un mayor énfasis en la calidad del producto; o bien una provisión dirigida a viviendas particulares mediante menudeo, para lo cual se requiere una producción diversa y continua, sin la necesidad de volúmenes tan altos.

Figura 17 Báscula de medición de la producción. La fotografía muestra equipos de medición que no están adaptados a producciones masivas, lo cual ejemplifica la poca adaptación de las chinampas individuales a la gran distribución.



Fotografía propia del día 10 de diciembre de 2019, reproducida con autorización de REDES A.C.

Para hacer frente a estos requerimientos diversos, se han constituido grupos de productores cuya estrategia ha sido la constitución de plataformas productivas entre chinamperos que permiten esquemas de producción-distribución flexibles. La alianza entre chinampas permite contar con volúmenes suficientes de forma continua.

Testimonios por parte de chinamperos de la asociación REDES y del club Yolcan, describen el desarrollo exitoso de estructuras de producción en la cual espacios de cultivo con distintas especializaciones (hortalizas, nopales, derivados de maíz), pero cantidades de producción diaria modestas (como se ilustra a través de la figura 17), son capaces de mantener en conjunto redes de distribución hacia consumidores particulares, restaurantes y hoteles. Esto ha llevado a CV a impulsar la asociatividad entre productores mediante capacitaciones **(C4)** de manera que la base productiva se construya a partir de sólidas

plataformas de distribución que permitan además perspectivas de crecimiento con la llegada de nuevos productores.

En la figura 16 se observa cómo algunas de las transiciones visualizadas en la TdC se dan mediante implicaciones en cadena (lo cual se representa gráficamente con el efecto dominó) a partir de ciertas intervenciones de CV. Así, mientras la aplicación de técnicas sustentables contribuye de manera directa a la sostenibilidad temporal de la agricultura tradicional chinampera; las plataformas de organización productiva, al proveer flexibilidad a los volúmenes y tipos de producción, abren de manera automática posibilidades previamente inalcanzables en el mercado.

En síntesis, las intervenciones de CV para el proceso de producción buscan generalizar la implementación de técnicas de producción sustentable y manejo eficiente del recurso hídrico, y por el otro lado, integrar estrategias de asociatividad entre productores para generar una mayor fiabilidad en la cadena de producción y distribución; acciones que llevan en paralelo a una implantación más segura de la producción chinampera en nuevos nichos de mercado.

5.3.2 Segmento 2. Manejo del recurso hídrico y gestión del paisaje

El recurso hídrico, como componente esencial para el funcionamiento de la totalidad de las actividades necesarias al funcionamiento del SES de Xochimilco, requiere mantenerse en niveles aceptables de calidad y cantidad. Esto depende en parte de la infraestructura humana, y en parte, de los servicios que el ecosistema provee para la regulación de la calidad del agua; de manera que este segmento de la TdC (figura 18) se alinea con la segunda categoría de servicios ecosistémicos, es decir, los servicios de regulación.

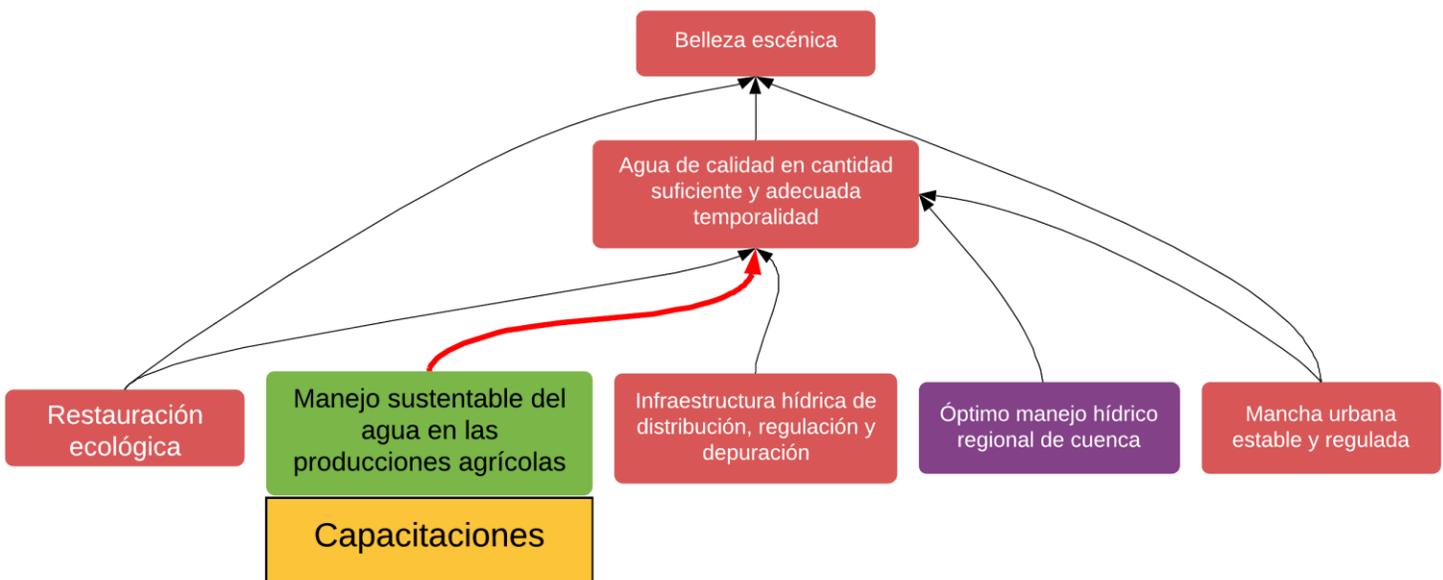
Se busca contribuir a alcanzar una gestión del humedal que permita una disponibilidad hídrica de adecuada cantidad, calidad y temporalidad; lo cual es evidente tanto en la producción sustentable (segmento 1), como en el ecoturismo (segmento 3). Lograr esta condición es además necesario para recuperar un ecosistema íntegro a escala de la totalidad del ANP lo cual, como se discutirá posteriormente, representaría un gran impulso para el desarrollo del turismo ecológico en la zona.

La preocupante situación actual de escasez de agua, acentuada por la desecación de ciertas zonas de canales, se ha conjugado con problemas de contaminación, demostrados con la identificación, en concentraciones mayores a las permitidas, de metales pesados

(cadmio, zinc) y coliformes fecales en el área chinampera. Asimismo, la zona se enfrenta al proceso de eutrofización y posee un alto contenido de sales (Rojas et al., 2012).

Estas condiciones afectan la producción agrícola, ya que generan la necesidad de invertir en procesos suplementarios para el adecuado germinado, crecimiento y limpieza del producto final para garantizar su inocuidad. Ante la compleja problemática hídrica, CV busca implementar dos clases de intervención cuyo fin es contribuir a una mejor gestión hídrica en la zona: Por un lado, acciones de restauración directa, y por el otro lado, las capacitaciones en manejo sustentable del recurso hídrico mencionadas también en el segmento 1.

Figura 18 Segmento 2 de la TdC, dirigido a impulsar un correcto estado del sistema hídrico del ANP – EXSGA



Elaboración propia a partir de entrevistas con Pronatura y productores chinamperos de Xochimilco

No obstante, las acciones de restauración ecológica tal como se plantean en el proyecto CV permiten mejoras paisajísticas puntuales, mas no una verdadera mejora de la calidad del agua en un amplio sistema de canales interconectado y con diversas entradas de contaminantes, por lo cual no se consideran como una influencia directa del proyecto al proceso de cambio. Las capacitaciones en aplicación de técnicas sustentables de manejo hídrico constituyen por su parte acciones que sí pueden contribuir a la resolución de la problemática hídrica.

Este segmento de la TdC pone en relieve la complejidad real que tiene la adaptación en un sistema tal como los canales de Xochimilco, lo cual se ilustra principalmente a través de 3

aspectos clave que no pueden ser gestionados desde la escala local en la que se planean y ejecutan proyectos como Cuencas Verdes.

En primer lugar, se encuentra la insuficiente infraestructura con la que cuenta el ANP para mantener la cantidad y la calidad del agua. El agua que abastece al humedal proviene en un 80% de la planta de tratamiento del Cerro de la Estrella, localizada en la alcaldía Iztapalapa (Figueroa, Salazar, Venancio, & Rubio, 2017: 4).

Los estudios de calidad de agua realizados en la planta de tratamiento muestran valores que superan las concentraciones permitidas en las normas existentes en componentes tales como los ortofosfatos y los coliformes fecales, lo cual muestra la insuficiente calidad de la infraestructura existente. Por otro lado, la cantidad de provisión de agua no ha resultado suficiente para mantener el nivel hídrico, como lo indica la percepción de nivel hídrico decreciente por parte de distintos productores entrevistados. Estas fallas de la infraestructura, y el hecho de que la provisión dependa de una sola planta, es un factor de vulnerabilidad para el equilibrio hídrico de la zona.

Otro factor de vulnerabilidad en Xochimilco han sido los daños de infraestructura generados por el hundimiento diferencial de los suelos, así como los eventos sísmicos registrados en la región, fenómeno amplificado por la naturaleza lacustre de la zona. Los efectos de estos hechos sobre el suelo del humedal han abierto grietas que han agravado el desabasto hídrico en la zona. Todo esto evidencia la necesaria mejora de la infraestructura hídrica para paliar estas problemáticas. No obstante, la construcción y mantenimiento de la infraestructura necesaria implica coordinación y movilización de importantes cantidades de recursos económicos, lo cual tiene que insertarse en una estrategia integral de mediano y largo plazo por parte de distintos sectores gubernamentales.

En segundo lugar, se encuentra la necesidad de detener la expansión de la mancha urbana que restringe la superficie del ecosistema y acentúa la contaminación hídrica de los canales, reduciendo su integridad paisajística. Lograr frenar este proceso implica una planeación territorial, a nivel de la Ciudad de México o de toda la región centro del país, que logre generar oportunidades de alojamiento de la población en otros sitios de la ciudad o del país.

En tercer lugar, se encuentra la necesidad de un manejo regional de cuenca que, al definir estrategias de distribución y uso del agua, contemple de manera efectiva la preservación de la integridad ecosistémica del valle de México como una de sus responsabilidades. Para

lograr esta integridad ecosistémica, la preservación del ANP – EXSGA es una componente esencial, y depende de la integridad del sistema hídrico a nivel regional para mantenerse en el tiempo.

5.3.3 Segmento 3. Aprovechamiento del turismo ecológico como medio de producción en Xochimilco

El tercer segmento de la TdC (figura 20) se plantea como el impulso al turismo como eje económico complementario a las actividades agropecuarias en la constitución de un sistema chinampero con capacidad de adaptación. A diferencia de la agricultura, cuyo objetivo es proveer de alimentos a la población, el turismo es un sector que responde a necesidades de recreación, aprendizaje y esparcimiento cultural. Un esquema turístico basado en cierto paisaje o ecosistema particular, como lo es el avistamiento de poblaciones aves, es un ejemplo de aprovechamiento de los servicios ecosistémicos culturales (Revollo-

Figura 19 Turismo extensivo de los canales.

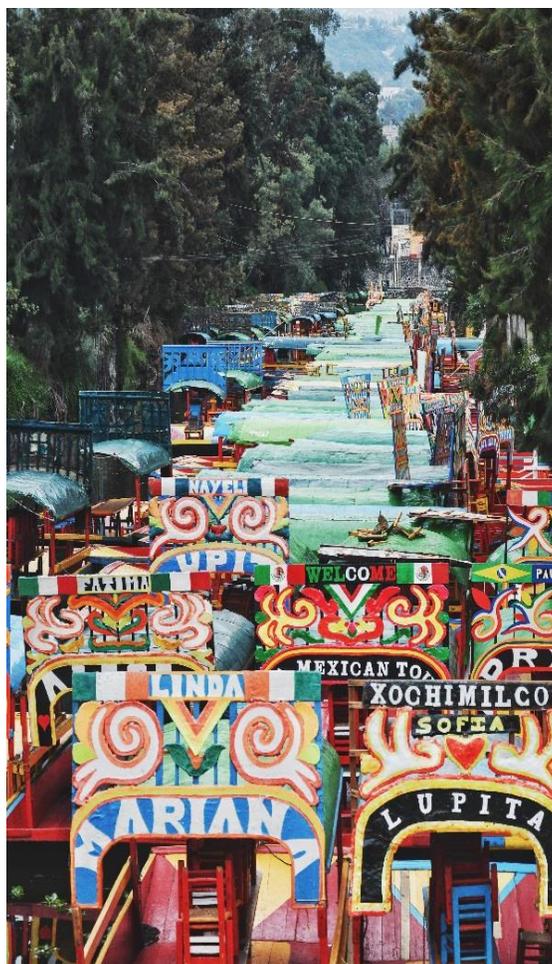
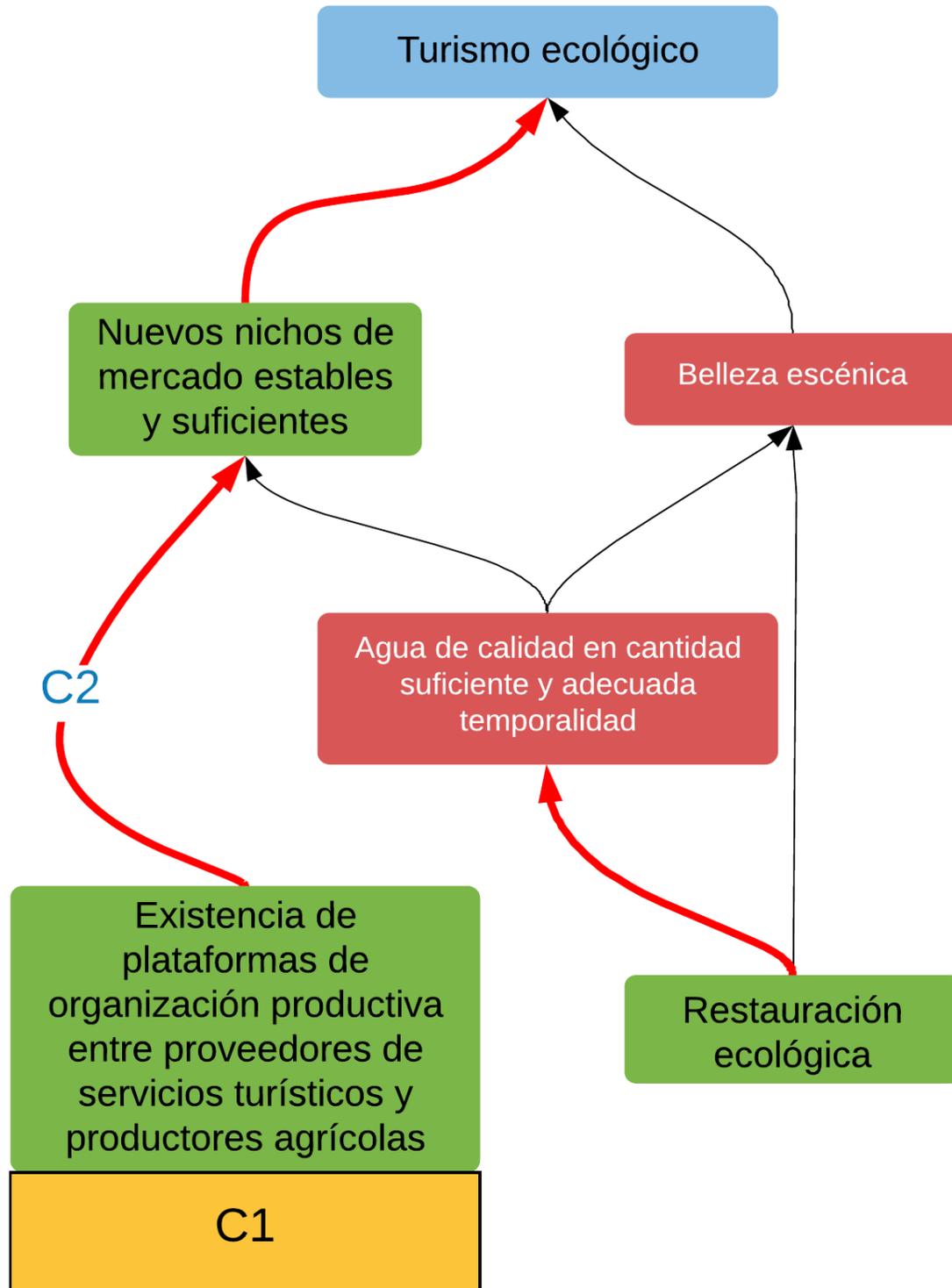


Imagen tomada de unsplash el 19/12/2019

Fernández, 2015). No obstante, el turismo intensivo, más común en la zona actualmente (figura 19), no responde a dicho esquema, enfocándose en la asistencia masiva de turistas

Figura 20 Segmento 3 de la TdC, dirigido a impulsar al turismo ecológico



Elaboración propia a partir de entrevistas con Pronatura y productores chinamperos de Xochimilco

a las embarcaciones denominadas “trajineras”, lo cual genera ocupación excesiva del sistema de canales, y un consumo excesivo de bebidas alcohólicas que ha llevado a accidentes fatales (Flores, 2019; Porras, 2019).

El desarrollo de un turismo ecológico en el ANP, que aproveche las riquezas del ecosistema para las poblaciones externas, podría acelerarse fortaleciendo las capacidades de la población para poner en valor el inmenso potencial que la historia, tradiciones, técnicas y ecosistema le dan al humedal. Este tipo de turismo se encuentra, al igual que la agricultura tradicional, en un mercado competitivo, por lo cual son necesarias estrategias que permitan hacer crecer el interés de los consumidores por el aprovechamiento eco-turístico de la zona.

El proceso de implantación del ecoturismo ya ha iniciado, y de acuerdo con el testimonio de una integrante del proyecto ecoturístico Olintlalli, la práctica se ha ido fortaleciendo recientemente. Dicho proyecto, por ejemplo, ha implementado como estrategia una red de colaboración entre el turismo y la producción agrícola en conjunto con otros proyectos tales como la granja Ampampilco y Chinampayolo, enfocados en la producción chinampera. Este tipo de modelos tiene el potencial de generar un mayor interés por parte de la población.

Estas experiencias llevan a las capacitaciones de CV a estar enfocadas, al igual que en la producción agrícola, al fortalecimiento de la asociatividad entre productores y prestadores de servicios turísticos **(C1)**, de manera que se establezcan alianzas capaces de llegar a una mayor cantidad de gente interesada en el turismo de la zona. Por otro lado, es también importante capacitar a los implementadores de experiencias turísticas en las habilidades requeridas para poner en valor los atributos de Xochimilco hacia los visitantes **(C2)**.

Por último, tal y como se mencionó en el anterior segmento, las acciones puntuales de restauración que busca realizar CV no son suficientes para mejorar a escala del ANP la calidad del sistema hídrico, lo cual requiere un proceso que depende de condiciones situadas en un rango de acción en el cual proyectos como CV no juegan un papel significativo. Los efectos de este tipo de acciones de restauración son observables a escala de parcelas y canales puntuales, pero difícilmente pueden ser suficientes para modificar el estado del sistema en su conjunto, para lo cual es necesaria una estrategia integral de mayor alcance.

5.4 Conclusión

La Teoría del cambio descrita en este capítulo constituye la herramienta base para la selección de indicadores pertinentes para el proceso de adaptación al cambio climático en el humedal de Xochimilco, partiendo de acciones como las planteadas por el proyecto Cuencas Verdes. La TdC evidencia igualmente el sistema de interrelaciones entre los distintos componentes del SES que rodea y da contexto al proceso de cambio. Asimismo, con la segmentación de la TdC se estructura el cambio mediante las conexiones entre el proceso de adaptación y los tres tipos de servicios ecosistémicos que lo sostienen.

En el siguiente capítulo, se realizará la selección de los indicadores partiendo de la TdC, con el objetivo de constituir una herramienta de apoyo para la construcción de un humedal resiliente y con capacidad de adaptación al cambio climático.

CAPÍTULO 6

INDICADORES PARA EL MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA ADAPTACIÓN

La selección de indicadores para el monitoreo y evaluación de medidas de Adaptación basada en ecosistemas y resiliencia al cambio climático, como se detalló en los capítulos 1 y 2, tiene como objetivo constituir herramientas útiles al ciclo de gobernanza. La Teoría del cambio presentada en el capítulo anterior permite contar con una visión general del sistema y los componentes que conforman el proceso de adaptación. Dichos componentes se presentan en relación con los distintos factores presentes, formando una concatenación lógica de acciones e implicaciones que permiten dar sentido a la adaptación.

Cada una de las pre-condiciones identificadas como susceptibles de ser influenciadas por las acciones del proyecto CV, representadas por celdas verdes en la Teoría del cambio, se asociarán en este capítulo con indicadores que permitan darles seguimiento. No obstante, la misma TdC podría aplicarse para un análisis completo de la situación, y en una selección general de indicadores para procesos de toma de decisiones a escalas urbanas o regionales, lo cual ayudaría a la generación de estrategias integrales de gobernanza desde asociaciones o instituciones públicas.

Tomando como base la estructura de la TdC, segmentada en tres partes, se plantea una selección inicial de indicadores siguiendo la misma división temática soportada por los tres tipos de servicio ambiental. Además de los tres segmentos planteados en la TdC, se incluye una sección de indicadores de exposición al cambio climático. Posteriormente, se analiza la lista propuesta a la luz de los criterios ADAPT (indicadores Adaptativos, Dinámicos, Activos, Participativos, Completos/Integrales) y de la lectura que dicho grupo de indicadores permite de la resiliencia del humedal.

6.1 Indicadores de Contexto climático

Como se planteó en la sección 4.3, el cambio climático podría acarrear aumentos en la temperatura de la región de Xochimilco de más de 3°C en promedio. La precipitación, por su parte, no muestra una tendencia clara a partir de los modelos, pero los testimonios de implementadores de acciones y productores agrícolas revelan que las modificaciones en la temporalidad y regularidad de las precipitaciones podrían llegar a concentrar las lluvias en períodos cortos de precipitación excesiva, generando en contraparte períodos anormalmente largos de sequías (figura 21).

Figura 21 Ejemplo de canal desecado en San Gregorio Atlapulco



Imagen tomada de Sosa (2019)

Testimonios de productores permiten tener en consideración la manera en que ellos ya sufren ciertos eventos climáticos, como se muestra en el siguiente testimonio:

“Tratamos de cultivar cosas que aguantan la helada. La lechuga aguanta la helada, las cebollas aguantan, los brócolis. La temporada pasada la helada llegó muy fuerte e incluso se llevó la lechuga, que es la resistente”

(Productor agrícola, REDES A.C., comunicación personal, 10 de diciembre de 2019)

Ante esto, se proponen los siguientes indicadores de contexto (se sugiere una periodicidad anual) que permiten contar con una imagen general de los distintos fenómenos que pueden volverse más frecuentes a raíz del cambio climático:

- No. de eventos de sequía.
- Duración máxima y promedio de los eventos de sequía.
- No. de eventos de temperatura extrema.
- Duración máxima y promedio de los eventos de temperatura excesiva.

- No. de eventos de inundación y precipitación excesiva.
- Duración máxima y promedio de los eventos de precipitación excesiva.
- No. de hectáreas afectadas por las inundaciones.
- No. de eventos de helada.
- Duración máxima, promedio y mínima de los eventos de heladas.

Para operacionalizar estos indicadores, es necesario que los productores interesados lleven una bitácora de observaciones, y por otro lado, deben establecerse definiciones conjuntas de lo que se considera como “sequía”, “temperatura excesiva” y “precipitación excesiva”.

6.2 Indicadores para la implementación de sistemas productivos sustentables en las chinampas

Una de las medidas del proyecto estudiado, CV, busca implementar técnicas productivas sustentables, lo cual es el objetivo del segmento 1 de la TdC, a través de la realización de tres capacitaciones. Cada una de éstas busca influir en las técnicas y estrategias de producción de los chinamperos. En este caso, los indicadores deben de ser medidos a escala de la estructura productiva, ya sea de una chinampa individual, o bien de la totalidad de chinampas que conforman cierto colectivo agrícola; ya que, a efectos de producción y distribución, estos colectivos funcionan como unidad productiva.

6.2.1 Aplicación de técnicas sustentables y adaptables.

La aplicación de técnicas sustentables y adaptables tiene como objetivo permitir que las chinampas mantengan una producción viable, disminuyendo su afectación hacia el entorno, y preservando características tradicionales que le permitan acceder a certificaciones de producción ambientalmente amigable. En ese sentido, CV plantea realizar capacitaciones en distintas técnicas, cuyo impacto debe ser monitoreado para evaluar su papel real. Esto se plantea realizar a partir indicadores como los siguientes, cuya evaluación podría iterarse de manera bimensual, semestral, o anual, según la disponibilidad de esfuerzos por parte de los participantes y/o implementadores para realizar las mediciones en el campo.

- Incidencia de control biológico de plagas y enfermedades: No. de utilizadores de control biológico / No. total de chinamperos participantes.
- Incidencia de plaguicidas y herbicidas químicos-industriales: No. de utilizadores de insumos químicos-industriales / No. total de chinamperos participantes.

- Incidencia de bio-insumos: No. de utilizadores de bio-insumos / No. total de chinamperos participantes.
- No. de especies con proporción significativa (definida previamente) de individuos enfermos / No. total de especies cultivadas.
- No. de árboles de soporte enfermos / No. total de árboles de soporte (generalmente ahuejotes).
- No. de especies producidas mensualmente (por estructura productiva).
- No. de especies (por estructura productiva) que han mostrado caídas en la producción debido a períodos de temperaturas extremas / No. total de especies cultivadas.
- No. de especies (por estructura productiva) que han mostrado caídas en la producción debido a períodos de sequía o precipitación extrema / No. total de especies cultivadas.
- Masa de producción agrícola mensual total (por estructura productiva).
- Masa producida por trabajador agrícola (Masa total de producción / No. de trabajadores).

6.2.2: Manejo sustentable del agua en producciones agrícolas.

El manejo del agua, como uno de los grandes retos que enfrenta Xochimilco, es el centro del segmento 2 de la TdC. La implementación de sistemas para eficientizar el manejo del agua en la zona es una acción importante para la adaptación del sistema. Esta implementación puede monitorearse con indicadores que, en un proyecto como CV, deben considerar la eficiencia de las capacitaciones, para lo cual deben de monitorearse con una periodicidad suficiente para evaluar en tiempo real el avance. Se proponen para ello los siguientes indicadores:

- No. de chinamperos que han implementado sistemas de biofiltración / No. total de chinamperos participantes.
- No. de chinamperos que han implementado sistemas de captación de agua de lluvia / No. total de chinamperos participantes.
- No. de chinamperos que han implementado sistemas de riego por goteo / No. total de chinamperos participantes.
- No. de chinamperos capacitados en el mantenimiento técnico de los sistemas de manejo sustentable del agua / No. total de chinamperos participantes.

6.2.3: Existencia de plataformas de organización productiva entre productores.

Como se discutió en la TdC, la constitución de estructuras de producción y distribución a partir de la colaboración entre diversas chinampas y chinamperos puede ser una de las bases para el acceso de los mismos a nuevos nichos de mercado, al lograrse una eficientización del modelo de producción y distribución. En ese sentido, es útil monitorear la evolución de dichas estructuras cooperativas en el SES, mediante el indicador siguiente.

- No. de chinamperos adscritos a una red colaborativa de producción/distribución / No. total de chinamperos participantes.

6.2.4: Certificación de productos.

La certificación de algunos de los productos chinamperos puede ser un objetivo a mediano o largo plazo. Los indicadores necesarios para monitorear el avance necesario para la consecución de dicho objetivo dependen de la certificación específica a la que se busca acceder. Por ende, no se incluye en este trabajo un indicador para dicha condición. No obstante, es posible relacionar directamente la posibilidad de certificación con otros aspectos que sí pueden ser monitoreados, como la situación del agua en el sistema de canales.

6.2.5: Calidad, cantidad y temporalidad del recurso hídrico.

El recurso hídrico es central para el funcionamiento del sistema chinampero tradicional. Los efectos del manejo incorrecto del recurso son además resentidos de distinta manera en la producción intensiva no tradicional, como fue reportado en el siguiente testimonio oral:

“Los productores de flores son los menos vulnerables, debido a sus condiciones controladas de invernadero y sus puntos de venta fijos. A ellos no les preocupa la situación de los canales, ya que si no tienen agua pueden regar a partir de pipas”

(Representante, PRONATURA A.C., comunicación personal, 22 de octubre de 2019)

Además, como se mencionó anteriormente, la situación del agua en Xochimilco es clave en aspectos distintos a la producción, como lo es la distribución. Existe una imagen negativa de la calidad del agua de Xochimilco, ocasionada por vistas tales como la que se observa en la figura 22, lo cual impide la obtención de certificaciones de calidad, y dificulta la creación de nuevos nichos de mercado para la venta de la producción chinampera, como fue también reportado:

“Para poder acceder a ciertas certificaciones, como la agricultura orgánica, nos sería necesario contar con acceso a agua limpia. Una de las opciones para eso es el uso de riego por goteo, pero no contamos con esa técnica”

(Productor agrícola, REDES A.C., comunicación personal, 10 de diciembre de 2019)

Figura 22 Contaminación en los canales de Xochimilco



Imagen tomada de Olivares Alonso, 2015

Para medir los distintos aspectos relativos al agua, diversos indicadores pueden constituir un apoyo. En este caso, los indicadores de contexto climático (6.1) nos permiten contar con elementos para monitorear la situación a nivel de la temporalidad y cantidad. Por otro lado, la calidad del agua puede monitorearse por diversas fuentes. Existen por ejemplo esfuerzos de monitoreo por distintas instituciones científicas, pero la medición académica de características físico-químicas no es una vía práctica para ser implementada por parte de los productores, ya que expresa modificaciones graduales en el sistema que ocurren en escalas espaciales y temporales en las que los productores individuales no tienen un poder de acción.

El enfoque de proyectos como CV es la capacitación para la aplicación de ecotecnias para el manejo hídrico. La implementación de dichos sistemas se puede monitorear a partir de los indicadores de manejo del agua propuestos en la sección 6.2.2. Sin embargo, para monitorear no solo la implementación, sino también los efectos de dichas ecotecnias, se proponen los siguientes indicadores:

- No. de litros de agua obtenidos (por chinampa) a partir del sistema de captación de agua de lluvia.
- No. de litros de agua obtenidos (por chinampa) a partir del sistema de biofiltración.
- No. de litros utilizados (por chinampa) con el sistema de riego por goteo.

Para que la información sea suficientemente reactiva y genere una imagen útil para la toma de decisiones, se propone una temporalidad mensual del indicador. Por otro lado, es también necesario contar con la línea base de la utilización del agua en el caso de una parcela sin la implementación de estas ecotecnias.

6.2.6: Nichos de mercado estables y suficientes.

En la TdC se establece como objetivo del segmento 1 lograr una producción que pueda ser distribuida en cantidades suficientes para generar ingresos estables, manteniendo un sistema agrícola sustentable a nivel ambiental. Los indicadores de las secciones 6.2.1, 6.2.2 y 6.2.5 permiten evaluar la sustentabilidad del sistema. Sin embargo, para medir la viabilidad económica, es necesario evaluar el efecto que el conjunto de medidas implementadas logra sobre la distribución, que es la fase en la cual un productor obtiene sus ingresos.

A diferencia de las secciones anteriores, en este caso no se implica la estructura de producción, sino la estructura de distribución. Se plantea, no obstante, que a través de la organización cooperativa entre chinampas, se logre generar estructuras de producción-distribución que permiten acercar a los productores a sus clientes finales, aumentando así los ingresos.

Los indicadores presentados a continuación, se enfocan por un lado en la cantidad vendida, pero también en la calidad de los compradores, los cuales deben monitorearse en función de su fidelidad en la compra.

- No. de clientes (por estructura de distribución, ya sean chinampas individuales o estructuras cooperativas).
- Ganancia adquirida para cada categoría de clientes / ganancia total.

Indicador a medir a nivel de cada estructura de distribución, ya sea una chinampa individual o una estructura de varias chinampas. Para calcularlo, se proponen como categorías de clientes: Casas particulares, restaurantes, tiendas pequeñas, mercados, supermercados, central de abastos y otros.

- Proporción de ventas (masa total vendida / masa total producida).
- Fidelidad de los compradores (No. de clientes totales que compran en meses consecutivos, o bien en cierta proporción de los meses de un año / No. total de clientes).
- Fidelidad por categoría de cliente (No. de clientes por categoría de cliente que compran en meses consecutivos, o bien en cierta proporción de los meses de un año / No. total de clientes).

Es necesario que los indicadores de fidelidad sean definidos por los productores en función de sus expectativas, de manera que se evalúe el consumo con respecto a un prototipo de consumidor “adecuado”. Así, para un productor puede ser interesante contar con consumidores que compren cierto valor de su producción durante 3 o 4 meses consecutivos, o bien durante al menos la mitad de los meses que componen un año, lo cual les ayudaría a conformar una clientela constante y suficiente. El seguimiento de la calidad del consumo se vuelve entonces información de valor para la planeación de la producción.

6.3 Indicadores para el sistema hídrico del ANP

El segundo segmento de la TdC se enfoca en las acciones necesarias para mejorar la situación general del sistema hídrico, factor central de la TdC. De los tres segmentos, este es en el que las acciones de Cuencas Verdes tienen menos incidencia, ya que una gestión del agua adecuada depende en gran medida de decisiones a nivel regional, es decir a una escala más amplia que la escala de incidencia del proyecto CV.

Sólo dos acciones del proyecto CV buscan incidir de manera directa en el sistema hídrico. En primer lugar, la restauración a escala de algunas parcelas chinamperas y canales es una herramienta de movilización de la población y mejora puntual del paisaje para la realización de actividades turísticas y tránsito de cayucos y trajineras, mas no permite una mejora del sistema a escala del sistema de canales en su conjunto. Sólo la segunda de las medidas de CV se integra de manera significativa en este segmento: El manejo sustentable del agua en las producciones agrícolas.

El monitoreo de dicha medida se apoya entonces en los mismos indicadores planteados en la sección (6.2.2), los cuales se recuerdan a continuación.

6.3.1: Manejo sustentable del agua en producciones agrícolas.

- No. de chinampas que han implementado sistemas de biofiltración / No. total de chinampas participantes.
- No. de chinampas que han implementado sistemas de captación de agua de lluvia / No. total de chinampas participantes.
- No. de chinampas que han implementado sistemas de riego por goteo / No. total de chinampas participantes.
- No. de chinamperos capacitados en mantenimiento de los sistemas de manejo hídrico sustentable / No. total de chinamperos participantes.

6.4 Indicadores para el Turismo ecológico

El segmento de la TdC dedicado a la promoción del turismo ecológico (figura 23), se apoya en dos medidas de capacitación (una dirigida a la organización y la otra a la distribución de los servicios), además de las acciones de restauración ecológica.

Figura 23 Formas de ecoturismo en Xochimilco



Imágenes tomadas respectivamente de Humedalia, 2018 (paseo en cayuco) y Olintlalli, s.f. (chinampa demostrativa)

Existen voces dentro de la población de productores chinamperos que reclaman una mayor visibilidad de su actividad, tal como lo muestra la siguiente contribución recabada en entrevista personal:

“Los turistas no ven a los chinamperos. Vienen a tomar, y no ven lo que hacemos como campesinos con nuestras chinampas, para seguir las manteniendo. Pasan por los canales y no ven el esfuerzo que nosotros hacemos para seguirlos manteniendo”

(Giovani Santana, Club Yolcan, comunicación personal, 8 de diciembre de 2019)

Considerando estas percepciones y la competencia interna en la que se encuentra el ecoturismo en Xochimilco con las modalidades de turismo masivo, se identificó la colaboración entre prestadores de servicios eco-turísticos con productores agrícolas como una de las

oportunidades centrales para llegar a una mayor cantidad de visitantes, y dignificar la actividad chinampera hacia la población urbana.

Ante esta realidad, a continuación, se describen indicadores para poder dar seguimiento a la evolución de las actividades eco-turísticas.

6.4.1: Plataformas de organización entre prestadores de servicios turísticos y productores agrícolas.

El eco-turismo de Xochimilco tiene, además de la belleza paisajística y la biodiversidad, a la cultura chinampera como su mayor punto de interés. En ese sentido, se identificaron dos actividades importantes de desarrollar. Por un lado, la cooperativa Olintlalli es un ejemplo de plataformas colaborativas que pueden surgir entre el turismo y la producción, al permitir a los turistas aprender sobre el proceso agrícola de la chinampa. Por otro lado, el proyecto CV plantea capacitaciones para formar guías turísticos. Es alrededor de estos dos ejes de acción que se plantean los indicadores siguientes para dar seguimiento a la acción el proyecto:

- No. de prestadores de servicios eco-turísticos que se han integrado a plataformas agro-turísticas / No. de total de prestadores de servicios eco-turísticos participantes.
- No. total de guías formados.
- Diversificación de las actividades turísticas: No. de categorías de actividades distintas (avistamiento de aves, cultura chinampera, mitos y leyendas, aspectos culturales de la zona, aspectos naturales de la zona, campamentos, paseos eco-turísticos, etc.).

Las categorías de actividad turística requieren ser definidas previamente al proceso de monitoreo y posteriormente irse actualizando en caso de surgimiento de propuestas nuevas.

El crecimiento de las actividades eco-turísticas en Xochimilco también implica una modificación en la visión que tienen los chinamperos y los prestadores de servicios turísticos al respecto de la vocación de la zona. Para poder monitorear dicha forma de ver el sistema por parte de sus propios agentes económicos, se propone el siguiente indicador, no confinado únicamente a los participantes de CV, sino evaluable a partir de encuestas generales sobre una cantidad significativa de chinamperos y prestadores de servicios turísticos.

- Encuestas de aceptación: Valoración de las opiniones que existen entre gremios de productores y prestadores de servicios eco-turísticos con respecto al desenvolvimiento de ambas actividades en la zona.

6.4.2: Restauración ecológica.

Como medida dura, las jornadas de restauración tienen como una de sus funciones el articular a la población local en acciones concretas. La incidencia cultural de un proyecto puede monitorearse a partir de este tipo de espacios. Para ello, se proponen los siguientes indicadores de periodicidad mensual.

- No. de jornadas de restauración y limpieza realizadas.
- No. de participantes por jornada realizada.
- Lugar de residencia de los participantes (local, CDMX, regional), en proporción.
- Recurrencia de participación (No. de participantes que asisten a más de una jornada / No. total de participantes).
- No. de sitios restaurados.

6.4.3: Nichos de mercado estables y suficientes.

Al igual que con la actividad productiva agrícola, el turismo también requiere para sobrevivir de un flujo de clientes, o en este caso, visitantes. Para entablar un ciclo de aprendizaje que fomente una mejora del servicio turístico, es importante contar con un seguimiento del desempeño general de los servicios propuestos, que genere información para la realización de un análisis de los aciertos y errores de las estrategias adoptadas. Para dicho fin, se proponen los siguientes indicadores, de periodicidad mensual:

- No. de visitantes.
- Lugar de residencia de los visitantes.
- No. de visitantes foráneos (de otras regiones de México y otros países) / No. total de visitantes.
- Medio por el cual les llegó la información de la actividad (redes sociales, medios impresos, medios audiovisuales, etc.).

Los cuatro indicadores anteriores son importantes para desarrollar estrategias de difusión que lleguen a una mayor cantidad de población interesada por las actividades propuestas.

El análisis directo de la calidad del servicio proporcionado puede realizarse a través de dos fuentes distintas de información. Por un lado, un indicador cuantitativo que refleja aquellas

actividades en las cuales ha existido una participación adecuada a las expectativas de los prestadores de servicios y, por otro lado, encuestas cualitativas que reflejen la retroalimentación directa de las opiniones de los visitantes.

- No. de participantes por actividad / No. esperado de participantes.
- Encuestas de opinión de los visitantes.

6.5 El Grupo de indicadores desde los criterios ADAPT

El grupo de indicadores propuesto en las secciones anteriores consta de 45 indicadores distintos y 2 encuestas como fuentes de información. En la tabla 11 se presenta el set integrado con las medidas a las que cada indicador responde, así como con los segmentos de la Teoría del cambio correspondientes.

Se buscó que el set se adecuara a los criterios ADAPT (Silva-Villanueva, 2011), los cuales buscan garantizar que los indicadores generen información tomando en cuenta que la adaptación es un proceso y no un resultado final. A continuación, se describe el grupo de indicadores a la luz de las consideraciones ADAPT, analizando cada una de sus componentes por separado:

- A y D: Indicadores adaptativos y dinámicos: Estos dos criterios hacen referencia a que un grupo de indicadores para la adaptación debe de construirse bajo la consideración de que un sistema en adaptación se encuentra en constante modificación. Cada indicador debe ser capaz de dar cuenta de dichas evoluciones, y el sistema de gobernanza ser capaz de modificar el uso de los indicadores según la situación lo requiera.

En ese sentido, la totalidad de los indicadores propuestos en el set deben ser evaluados de manera reiterativa y con cierta periodicidad (en la descripción de algunos indicadores se señala una sugerencia de periodicidad), de manera que se logre obtener una imagen actualizada del proceso de adaptación.

Por otro lado, como se describió en la sección 3.5, la Teoría del cambio, base a partir de la cual se construyó el grupo de indicadores, no es un instrumento estático. La información obtenida a partir del monitoreo y de los distintos sucesos que ocurren en un sistema debe ser integrada en el entendimiento del proceso del cambio, lo cual modifica la Teoría del cambio, y con ella, el grupo de indicadores. Esto genera un aprendizaje de doble ciclo, en la que el proceso de M&E como primer ciclo, se complementa con un aprendizaje de ciclo más amplio, la definición actualizada del sistema sobre el cual se está trabajando.

- **A: Indicadores activos:** Este criterio hace referencia a la importancia de dar seguimiento a las acciones y no sólo a los estados de un sistema.

Como primera consideración, es necesario señalar que el set propuesto sí contiene indicadores de estado, tales como el % de especies que presentan enfermedades en el caso de los sistemas agrícolas, o la cantidad de productores organizados en estructuras productivas y de distribución; esto debido a que el monitoreo de las acciones debe ir complementado con los efectos de las mismas, en un proceso de cambio donde las acciones se plantean con ciertos fines específicos y se evalúa el avance que se tiene hacia los mismos.

El set incluye de la misma manera una gran cantidad de indicadores de acción, como los referidos a las capacitaciones, las cuales llevan a acciones de los productores y prestadores de servicios turísticos, emprendidas para mejorar sus actividades mediante procesos tales como la implementación de ecotecnias hídricas y la elaboración de bioinsumos. Por otro lado, las acciones de clientes o visitantes de los servicios turísticos también son monitoreadas. Finalmente, la restauración del humedal, como medida dura, es una acción en sí misma que refleja la dinámica social del proyecto.

- **P: Indicadores participativos:** Todos los indicadores propuestos deben ser fácilmente asimilables por la población de Xochimilco, para que puedan ser evaluados por los mismos productores y prestadores de servicios. En buena medida, el aprendizaje a partir de dichos indicadores puede resultar intuitivo, y a la vez alimentar el análisis y toma de decisiones de los implementadores de proyectos y poderes públicos.

Es importante que exista encuadre y asesoramiento en los primeros meses de la aplicación del instrumento por parte de los implementadores a los participantes, de manera que integren y apliquen las ventajas que otorga el ciclo de aprendizaje y gobernanza para la toma de decisiones en aras de avanzar hacia un sistema con mayor capacidad de adaptación.

- **T: Indicadores integrales:** Este criterio hace referencia al funcionamiento sistémico que debe cumplir un grupo de indicadores, mismo que, además de proveer información sobre el estado del sistema y las acciones que en él se realizan, debe ser también capaz de analizar las posibles causas subyacentes de la vulnerabilidad de un sistema, y de la posible mala adaptación que pudiese llegar a ocurrir.

Al tratarse de un set que parte de una TdC con visión sistémica, los indicadores integran una gran cantidad de aspectos del sistema. Por un lado, hay indicadores organizativos, tales como el seguimiento de las redes colaborativas entre productores y prestadores de servicios turísticos. Por otro lado, hay indicadores de resiliencia, tales como el seguimiento de la diversidad productiva para los agricultores y la diversidad de servicios para el sector turístico (resiliencia mediante la diversidad). Se incluyen también indicadores que buscan generar una idea del avance del potencial económico de cada actividad, tales como el seguimiento de las ventas agrícolas o la participación en actividades turísticas (seguimiento económico). Finalmente, también existen indicadores de la situación social en el SES, tal como los indicadores de percepción intergremial, mismos que pueden revelar aspectos profundos sobre las causas sociales de la vulnerabilidad en Xochimilco.

No obstante, no puede suponerse que los indicadores por sí solos generarán “información integral”, sino que esta surge a partir de la capacidad de analizar colectivamente y de manera profunda los resultados del monitoreo.

Tabla 12 Grupo de indicadores (elaboración propia)

El set se estructura como una continuación metodológica del diagrama de Teoría del cambio, el cual a su vez está asociado a las medidas propuestas por el proyecto Cuencas Verdes. La Teoría del cambio general (figura 15) fue segmentada en tres diagramas (figuras 16, 18 y 20), denominados segmentos, los cuales hacen referencia a los dos objetivos principales del proceso de cambio (impulsar la agricultura chinampera tradicional en el segmento 1 e impulsar el turismo ecológico en el segmento 3) y por otro lado, a la condición central identificada para dichos objetivos, es decir, el manejo del sistema hídrico (segmento 2). El orden de los segmentos concuerda con el orden de la matriz de servicios ambientales, ya que la numeración de los segmentos, responde respectivamente, a los tres tipos de servicios: De provisión para los sistemas agrícolas, de regulación para el sistema hídrico y culturales para el turismo ecológico. Los segmentos de la Teoría del cambio (primera columna) integran las medidas del proyecto CV expuestas en la tabla 9 (segunda columna), las cuales se expresan en la TdC como condiciones en el proceso de cambio (columna 3).

Así, cada indicador del set se adecúa a un segmento de la TdC, a una de las medidas del proyecto CV, y a una de las condiciones identificadas en los segmentos de la TdC tabla 9

Segmento de la Teoría del cambio	Medida de Cuencas Verdes (ver tabla 9)	Condiciones de la Teoría del cambio a la que se busca llegar (ver figuras 15, 16, 18 y 20)	Indicadores
Contexto climático	-	Monitoreo de la situación climática	<ol style="list-style-type: none"> 1. No. de eventos de sequía. 2. Duración máxima y promedio de las sequías (días/semanas). 3. No. de eventos de temperatura extrema. 4. Duración máxima y promedio de los eventos de temperatura extrema (días/semanas). 5. No. de inundaciones y días de precipitación excesiva. 6. Duración máxima y promedio de los eventos de precipitación excesiva (días/semanas). 7. No. de ha afectadas por las inundaciones. 8. No. de heladas. 9. Duración máxima y promedio de las heladas (días/meses).
Segmento 1: Implementación de sistemas productivos sustentables en las chinampas	Implementación de sistemas productivos sustentables en las chinampas	Aplicación de técnicas sustentables y adaptables	<ol style="list-style-type: none"> 1. % de chinamperos participantes que implementan control biológico de plagas y enfermedades. 2. % de chinamperos participantes que utilizan plaguicidas y herbicidas químicos. 3. % de chinamperos participantes que implementan bio-insumos. 4. % de especies cultivadas que muestran una proporción significativa de individuos enfermos.

<p>Segmento 1: Implementación de sistemas productivos sustentables en las chinampas</p>			<ol style="list-style-type: none"> 5. % de árboles soporte que muestran enfermedades. 6. No. de especies producidas. 7. % de especies cuya producción ha sido afectada por eventos de temperaturas extremas. 8. % de especies cuya producción ha sido afectada por eventos de precipitaciones extremas. 9. Masa de producción agrícola total (kg, toneladas). 10. Producción por trabajador (Masa total producida / No. de trabajadores agrícolas).
	<p>Uso integral del agua en el sistema chinampero</p>	<p>Manejo sustentable del agua en producciones agrícolas</p>	<p>(compartidas con el segmento 2 la TdC)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. % de chinampas participantes que implementan biofiltros. 2. % de chinampas participantes que implementan captación de agua de lluvia. 3. % de chinampas participantes que implementan riego por goteo. 4. % de chinamperos participantes capacitados en el mantenimiento de los sistemas de manejo hídrico.
	<p>Integración de la cadena productiva chinampera tradicional</p>	<p>Formación de plataformas de organización productiva</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. % de chinamperos participantes adscritos a una red colaborativa de producción / distribución.
	<p>Uso integral del agua en el sistema chinampero</p>	<p>Mejora y estabilización de la calidad, cantidad y temporalidad del recurso hídrico</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. No. de litros de agua obtenidos en el sistema de captación de agua de lluvia. 2. No. de litros obtenidos a partir del biofiltro. 3. No. de litros utilizados con el riego por goteo.
	<p>Integración de la cadena productiva</p>	<p>Expansión a nichos de mercado estables y suficientes</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. No. de clientes por estructura de distribución agrícola. 2. % de venta por categoría de clientes. 3. Proporción de venta (masa vendida / masa producida).

Segmento 1: Implementación de sistemas productivos sustentables en las chinampas	chinampera tradicional		<ol style="list-style-type: none"> 4. Fidelidad de compradores (% de clientes que compran de manera reiterativa según un nivel adecuado establecido por el productor). 5. Fidelidad por categoría de cliente (% de clientes por categoría que compran según un nivel adecuado establecido por el productor). <p>Categorías de cliente propuestas: Casas particulares, negocios de restauración, tiendas pequeñas, mercados, supermercados, central de abastos, otros.</p>
Segmento 2: Sistema hídrico del ANP	Uso integral del agua en el sistema chinampero	Manejo sustentable del agua en producciones agrícolas	<p>(compartidas con el segmento 1 la TdC)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. % de chinampas participantes que implementan biofiltros. 2. % de chinampas participantes que implementan captación de agua de lluvia. 3. % de chinampas participantes que implementan riego por goteo. 4. % de chinamperos participantes capacitados en el mantenimiento de los sistemas de manejo hídrico.
Segmento 3: Turismo ecológico	Desarrollo de turismo ecológico	Generación de plataformas de organización agro-turística	<ol style="list-style-type: none"> 1. % de prestadores de servicios ecoturísticos que se han integrado en plataformas agro-turísticas. 2. No. de guías formados. 3. Diversificación de actividades turísticas (No. de actividades). 4. Encuestas de aceptación entre actores económicos (opiniones intergrupales entre el ecoturismo y la producción agrícola).
	Restauración ambiental	Acciones directas de restauración ecológica en canales	<ol style="list-style-type: none"> 1. No. de jornadas de restauración. 2. No. de participantes por jornada de restauración. 3. Lugar de residencia de los participantes (proporción). 4. Recurrencia de la participación (% de participantes que asiste a múltiples jornadas de restauración). 5. No. de sitios restaurados.

<p>Segmento 3: Turismo ecológico</p>	<p>Desarrollo de turismo ecológico</p>	<p>Expansión a nichos de mercado estables y suficientes</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. No. de visitantes. 2. Lugar de residencia del visitante (ciudad, estado, país) 3. % de visitantes foráneos (otras regiones de México y turismo internacional). 4. Mecanismos de difusión mediante el cual llegan nuevos visitantes (redes sociales, medios impresos, medios audiovisuales etc.) 5. No. de participantes por actividad con respecto al nivel esperado. 6. Encuestas a los visitantes de valoración de los servicios prestados.
--------------------------------------	--	---	---

6.6 La resiliencia a través del grupo de indicadores

Los indicadores propuestos buscan constituirse como una fuente de información que permita generar un mejor entendimiento del ciclo de adaptación del SES de Xochimilco. En ese sentido, es importante contar con un análisis de la resiliencia socio-ecológica del sistema, misma que, como se discutió en el capítulo 2, es una componente básica para el ciclo de adaptación. Para ilustrar los puntos de apoyo a través de los cuales los indicadores propuestos permiten entender la resiliencia, se describe a continuación la relación de la diversidad, la conectividad, y los ciclos de retroalimentación, componentes básicas de un sistema resiliente, a la luz del set propuesto.

6.6.1 Diversidad y redundancia

La diversidad es probablemente la propiedad de la resiliencia que se relaciona de manera más evidente con la práctica agrícola. En el set se incluye el indicador de diversidad de la producción agrícola (No. de especies producidas), la cual es necesaria para la adaptación al cambio climático. Esto se debe a que especies distintas poseen respuestas diversas a las presiones medioambientales, de manera que una estructura productiva que maneja una alta diversidad de especies podrá adecuarse de mejor manera a la existencia de plagas, enfermedades y modificaciones climáticas debido a la mayor posibilidad de que existan individuos de ciertas especies que resistan a dichas condiciones.

Los productores ya han identificado esta realidad, como expresa el siguiente testimonio:

“Considero que nuestra mayor innovación ha sido la prueba de nuevos cultivos, que vamos probando para ver si nos funcionan. Así somos más resistentes a plagas de ciertas especies, que nosotros no controlamos mediante agroquímicos, ya que nuestra producción es agroecológica. Si se nos acaba un producto, tendremos otros”

(Productor agrícola, REDES A.C., comunicación personal, 10 de diciembre de 2019)

Por otro lado, la diversidad de especies contribuye igualmente a la existencia de redundancia, es decir, la existencia de productos distintos que ocupan partes similares del mercado o dan frutos en una estacionalidad similar. Esto permite que si alguna de estas especies ve una disminución en su viabilidad, puede cultivarse la otra en su lugar, manteniéndose así una producción constante hacia la demanda existente.

En las actividades turísticas también se busca monitorear las distintas actividades ofertadas. Esto, debido a que la existencia de una mayor diversidad de actividades turísticas en el humedal, facilita el lograr una oferta que se adecúe a las expectativas de visitantes de

distintas edades, culturas e intereses, generándose una experiencia más integral para cada uno de ellos.

6.6.2 Conectividad

La conectividad es una propiedad que, en el caso de los indicadores propuestos, busca evidenciarse a través de la puesta en relieve de ciertas interacciones existentes entre actores sociales. Las plataformas de colaboración entre productores agrícolas para la producción y comercialización, así como las plataformas agro-ecoturísticas, son tal vez los mejores ejemplos de la manera en que la conectividad social tiene el potencial de acelerar la adaptación de una población.

La conectividad potencializa la transmisión de ideas, técnicas y estrategias de producción agrícola. En el sector turístico, permite asimismo aumentar la diversidad de actividades que se pueden proponer a los visitantes, a través de la colaboración entre actores distintos cuya experiencia puede traducirse de manera distinta, desde avistamiento de fauna o visitas de chinampas hasta la organización de campamentos, por ejemplo.

Esta propiedad constituye asimismo una gran oportunidad para la integración de la chinampería en cadenas de mercado de mayor potencial económico. Al aumentar los volúmenes producidos, los chinamperos pueden empezar a buscar distribución en escalas regionales cada vez más amplias, al soportar su producto en estructuras productivas más estables, robustas y organizadas. Para ilustrar esto, se incluye el siguiente testimonio de un productor chinampero:

“Somos un grupo diversificado. Lo que no hay aquí, lo tienen ellos, entonces cada semana cada quien manda la lista de los productos que tienen listo para venta, y entonces los consumidores contactan al grupo de venta y seleccionan de lo que está, los productos que quieren.

[...]

El chiste es no competir entre nosotros, tratamos de estructurar nuestra producción en función de lo que cada quien puede producir. Hay una chinampa especializada para jitomates, otra para nopales, nosotros producimos hortalizas”

(Productor agrícola, REDES A.C., comunicación personal, 10 de diciembre de 2019)

6.6.3 Ciclos de retroalimentación

Un SES es una compleja red de acciones y reacciones que generan, a través de las relaciones entre los componentes del sistema, una gran cantidad de ciclos de retroalimentación que pueden aumentar o disminuir la estabilidad del mismo. Los

indicadores propuestos son una herramienta para dar seguimiento a ciertos ciclos identificados como cruciales en el proceso de adaptación al cambio climático.

En primer lugar, el avance hacia un sistema agrícola ecológico puede ser utilizado como argumento de venta que permita introducir los productos de la chinampa en nuevos nichos de mercado. Es muy importante el ser capaz de colocar la producción para mantener un flujo monetario estable, mismo que permitiría a los productores implementar de aún mejor manera estrategias de manejo sustentable de los cultivos, generándose así un ciclo de retroalimentación positivo.

Las certificaciones de ciertos productos son una de las herramientas que puede acelerar los flujos monetarios hacia los productores. Sin embargo, no deberían ser consideradas como la mayor de las prioridades, debido a que implementación de sistemas de manejo sustentable puede constituir en sí misma un argumento de marketing, más fácilmente alcanzable, y que además acarrearía otro tipo de ventajas para la producción.

Las técnicas sustentables de gestión del recurso hídrico, por ejemplo, permiten una mayor disponibilidad de agua en buenas condiciones para las parcelas, disminuyendo así la dependencia a la disponibilidad constante de agua de calidad y cantidad suficiente en los canales. Esto es particularmente valioso en un humedal cuyo reservorio de agua se enfrenta a grandes presiones en cuanto al nivel hídrico y la entrada de contaminantes. Una mayor autonomía hídrica puede entonces aumentar las cantidades de producción, y facilitar su venta al mejorar la calidad del agua utilizada.

En cuanto a las actividades turísticas, el grupo de indicadores permite identificar y monitorear las opiniones e impresiones de los visitantes, para adecuar sus propuestas en retroalimentación a su percepción. Cuantos más visitantes de distintas proveniencias e intereses encuentren provecho a partir de las actividades propuestas, mayor alcance logrará el desarrollo turístico, constituyéndose así un ciclo positivo de difusión del ecoturismo.

Por último, como análisis general, el grupo de indicadores y la Teoría del cambio que lo soporta plantean una modificación profunda de la tendencia en la que se encuentra el humedal de Xochimilco, adecuándose dicha tendencia a una visión basada en la integración socio-ecológica del humedal con la Ciudad de México, manteniendo sus virtudes ecosistémicas, pero fortaleciendo sus lazos con la población urbana a través de la mayor compra de los productos chinamperos, y el aumento del turismo ecológico.

Esto requiere un aumento del flujo de producción agrícola que llega a los distintos consumidores de la ciudad, y por otro lado, la modificación de la imagen que tiene hoy el humedal en la sociedad. El potencial agro-ecológico del humedal debe ser entonces aprovechado como sitio de aprendizaje y acercamiento entre la sociedad urbana y el ecosistema en una ciudad donde estos aspectos han sido complejos de implementar.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

El trabajo se cerrará con cuatro planteamientos distintos. En primer lugar, se enunciarán consideraciones finales sobre el proceso de elaboración y los resultados de la tesis. En segundo lugar, se harán señalamientos sobre las brechas conceptuales de la literatura en resiliencia y adaptación que pueden trabajarse a través de planteamientos similares al presentado en este texto. En tercer lugar, se harán recomendaciones para sacar el mayor partido a la Teoría del cambio y el grupo de indicadores asociado. Finalmente, se realizará una reflexión relativa al momento histórico que han atravesado la Ciudad de México y la humanidad en general en el 2020.

7.1 Consideraciones finales sobre los resultados y la realización de la tesis

El trabajar en temas relacionados al modelo de desarrollo social de las poblaciones peri-urbanas es un tema delicado, en el sentido de que nosotros, como personas provenientes del ámbito académico, debemos entender que no estamos aquí para dictar los comportamientos más adecuados, sino para aprender de los modos de vida y hacer sugerencias en función de los aspectos complementarios que podemos manejar de buena manera.

En ese sentido, la investigación permitió identificar al aspecto comercial como una de las áreas que podría integrar nuevas prácticas para así potencializar la viabilidad socio-económica de la actividad chinampera. La generalización de procesos de cooperación entre los distintos actores existentes podría ser una de las vías que impulsen una transformación a profundidad de la situación económica de la población de Xochimilco.

La transformación del modelo dominante de turismo es otro de los procesos clave para Xochimilco en vías de su transición hacia la adaptación. Los investigadores socio-ecológicos pueden, en ese sentido, generar puentes de cooperación con los actores en el terreno, con quienes podrían desarrollarse estrategias para impulsar la competitividad de un modelo ecológico de turismo, mientras que los poderes públicos podrían regular de manera más estricta el modelo de turismo masivo dominante en los últimos años.

Ambos aspectos conjugados tienen el potencial de no sólo mantener una armonía física entre las actividades humanas y el humedal, sino igualmente lograr modificar la concepción que rodea a los canales de Xochimilco en el imaginario colectivo de los habitantes de la

Ciudad de México, que hoy en día se enfoca en la contaminación, las muchedumbres de visitantes ingiriendo bebidas alcohólicas y las noticias de ahogados, que en todos los beneficios ambientales y riqueza cultural que compone al ecosistema altamente diverso del Área Natural Protegida – Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco.

El presente trabajo buscó hacer una propuesta metodológica para la concepción de indicadores en sistemas socio-ecológicos complejos. El grupo de indicadores propuesto puede integrarse en el proceso de gobernanza de proyectos tales como Cuencas Verdes. La metodología que llevó a dicho set necesitó de una investigación transdisciplinaria, habilidad cuya capacidad integradora es esencial para la investigación socio-ecológica, pero que implica paciencia, profundización en temas poco abordados anteriormente, y una gran voluntad de aprendizaje y escucha a los actores de terreno, particularmente a escala de zonas como Xochimilco, o de procesos como la adaptación al cambio climático, cuya complejidad es muy elevada.

Las herramientas de investigación social, como lo son las entrevistas a actores sociales, y la capacidad de identificar comportamientos e interrelaciones relevantes en los grupos humanos, es un complemento esencial al entendimiento físico de los fenómenos naturales. Grados como la Licenciatura en Ciencias de la Tierra deben trabajar en construir un currículo más sólido en estos temas, particularmente para la orientación en Ciencias Ambientales.

7.2 Vías de continuación teórico-conceptuales y metodológicas

Existen dos planteamientos surgidos en los últimos años hacia los cuales es posible construir puentes desde la literatura en resiliencia y adaptación al cambio climático, pero que no fueron desarrollados en esta tesis.

En primer lugar, la idea de las ciudades inteligentes (llamadas en inglés “*Smart Cities*”). En la literatura se le ha dado a dicho concepto un enfoque basado en la implementación urbana de sistemas de monitoreo masivo a través de sensores, redes de datos y tecnologías computacionales, con el objetivo de permitir a las ciudades funcionar de manera integrada. Chourabi y colaboradores (2012) señalan que la inteligencia de las *smart cities* provendría de una combinación de sensores (órganos sensitivos del sistema), redes de telecomunicación (nervios del sistema) y softwares (cerebro del sistema), distribuidos de manera ubicua. Chourabi y colaboradores mencionan al “medio ambiente natural” como uno de los 8 factores que caracterizan la “ciudad inteligente”, y expresan que, en el contexto

de las ciudades inteligentes, el medio ambiente debe ser protegido “con el uso de tecnología”, con la perspectiva de mantener su impacto positivo sobre la “sostenibilidad” y “habitabilidad”.

No obstante, como es notado por Colding, Barthel y Sörqvist (2019), la idea de que la tecnología puede, *per se*, aumentar la sustentabilidad del manejo y la toma de decisiones en un sistema puede ser errónea. Una de las consecuencias podría ser, según estos autores, una disminución en el impacto de las poblaciones locales desfavorecidas, o con poco acceso a las tecnologías, en la toma de decisiones locales. Por otro lado, se señala que la automatización excesiva también podría afectar negativamente la capacidad social de aprendizaje, mismo que, como se ha discutido en este trabajo, es esencial para la resiliencia, y por ende para la adaptación.

Colding y colaboradores (2019), proponen que la gestión de las *ciudades inteligentes* considere la perspectiva de la resiliencia, y en particular la propiedad de la redundancia funcional, de manera que no se dependa únicamente de herramientas digitales, sino también de la población local, para la toma de decisiones. En ese sentido, distintos proyectos tales como Resilient People, Resilient Ecosystems in Smart Cities, buscan acercar a la “ciudad inteligente” con la idea de resiliencia socio-ecológica, utilizando metodologías tales como el monitoreo de base comunitaria (Thornhill, 2019) para implicar a la población local en el aprendizaje y toma de decisiones en la gestión de cuerpos de agua urbanos. Una ciudad difícilmente puede considerarse inteligente si su gobernanza se basa en una red de información imposible de interpretar por la gente que ahí habita, ya que esta es la población cuya percepción debe resultar de importancia para la toma de decisiones.

Para poder integrar de manera eficiente a las poblaciones en la gobernanza de los SES, la conjunción entre la idea de ciudades inteligentes con estrategias de gestión comunitaria provenientes de la literatura en sistemas socio-ecológicos, podría generar vías innovadoras y adecuadas al siglo XXI, momento histórico marcado por la existencia de retos extremadamente complejos para la sostenibilidad de la humanidad, y de un avance tecnológico sin precedentes en el área de la telecomunicación, y las herramientas de monitoreo que dicha área trae consigo.

El segundo planteamiento teórico interesante para continuar con la línea de trabajo de esta tesis, se sitúa en la línea de la idea de servicios ecosistémicos, empleada en la

construcción, segmentación y análisis de la TdC. Los SE son un marco conceptual que ha sido empleado de innumerables maneras en los últimos 15 años, no obstante, dicho marco no ha sido exento de críticas.

Se ha considerado, por ejemplo, que los servicios ecosistémicos habrían fallado en evaluar de manera correcta los aspectos culturales de la relación entre la sociedad y su entorno natural, fortaleciendo un enfoque instrumental en el cual la naturaleza no sería más que un reservorio de recursos. Estas críticas llevaron a la introducción, en 2017, del concepto de las “Contribuciones de la Naturaleza a la Gente”, cuyo acrónimo NCP se debe a sus siglas en inglés: Nature’s Contributions to People (Pascual et al., 2017).

Las NCP buscan ser un marco distinto a los SE, que permita integrar de mejor manera visiones del mundo distintas a la occidental, y ser más fácilmente asimilable por culturas distintas. Asimismo, busca ser un enfoque plástico, que varíe de manera más fácil según el contexto en el que se aplica, y cuyas categorías de análisis no sean discretas, sino borrosas y acumulables. Finalmente, este enfoque busca dar mayor cabida a valores relacionales, tales como la cohesión social, las identidades colectivas y los valores socio-culturales de cada población.

En ese sentido, la aplicación del enfoque NCP podría ser un complemento interesante para profundizar trabajos sobre AbE en contextos como el de Xochimilco, que se han constituido a partir de una rica historia cultural y se encuentran en la interfaz entre distintas formas de ver el mundo. La valorización de las características culturales de los canales de Xochimilco puede, en efecto, ser de vital importancia en la búsqueda de implicar a la población del área metropolitana en la conservación del ecosistema. Enfoques que otorguen mayor importancia a la transversalidad de los aspectos culturales del sistema socio-ecológico podrían permitir plantear los aspectos más complejos de la situación con mayor claridad, coadyuvando así a una integración más efectiva de la población en el proceso adaptativo.

Por otro lado, es importante volver a resaltar que hay problemáticas que, para ser integradas a los planes de gestión, deben ser evaluados y abordadas en escalas de decisión mayores a la que fue tocada en este trabajo. Es notoria la incapacidad que han tenido las políticas gubernamentales para atajar el problema de Xochimilco en su integralidad, de ahí que sea justificable el emprender trabajos de evaluación de dichas políticas, para lo cual planteamientos metodológicos similares al propuesto en esta tesis podrían resultar de utilidad.

Algunas de las fallas que deberían ser corregidas desde el sector público son evidentes en testimonios como los siguientes:

“En Xochimilco falta cohesión social porque llegan muchos recursos y la distribución es desigual. Hay organizaciones que bajan recursos sin ejecutar trabajo. Hay problemas con la tenencia de la tierra, no existen títulos de propiedad, no hay un parcelado claro. Hay 2 ejidos, y conflictos de gobernanza entre ellos y dentro de los mismos”

(Representante, PRONATURA A.C., comunicación personal, 22 de octubre de 2019)

“Se les da mucho apoyo a unos cuantos productores. Es importante hacer una mejor distribución de los fondos, y un seguimiento del aprovechamiento. Hay inversión que sólo se bota. Los que reciben el apoyo, suelen ser los que ya tienen chinampas grandes y varios trabajadores. De esa manera, ellos tienen más tiempo para pedir los apoyos, y son los que siempre los reciben”

(Productor agrícola, REDES A.C., comunicación personal, 10 de diciembre de 2019)

7.3 Recomendaciones para la aplicación del set propuesto

La ACC es un proceso específico a los contextos en que se desarrolla, de ahí que los aspectos operativos y la adecuada inclusión en la toma de decisiones de instrumentos como el propuesto en la presente tesis constituye un reto en sí mismo que debe ser analizado a profundidad por los implementadores y los participantes de cada proyecto.

El instrumento presentado requiere de esfuerzos coordinados para poder constituir un apoyo efectivo en el proceso de cambio que un SES como el humedal de Xochimilco necesita. En ese sentido, se identificaron los siguientes aspectos operativos que deben ser planificados e implementados de forma transparente y reiterativa para así encausar de la mejor manera las energías de las que dispone el sistema chinampero hacia la adaptación:

1. **Selección**, a partir de los 46 indicadores propuestos, de un subconjunto que se adecúe a las necesidades particulares de cada uno de los proyectos y casos particulares.
2. En el caso de los sitios eco-turísticos, es importante el **diseño personalizado de encuestas** de opinión a los visitantes.
3. **Cálculo y medición de líneas base** para el monitoreo, las cuales tienen como objetivo facilitar la evaluación de la situación actual con respecto a los estados anteriores del sistema.

4. Selección personalizada de **plazos y periodicidades de aplicación** de los indicadores. Según lo que se requiera medir en cada sistema agrícola o turístico, así como dependiendo de las posibilidades operativas de medición, debe optimizarse el proceso de monitoreo y el flujo de información que de él se obtiene.
5. Fortalecimiento de las capacidades de **análisis** de los datos obtenidos, para así poder integrar los resultados en la toma de decisiones.
6. Aprendizaje sobre los **modos de colaboración entre implementadores de proyectos y los participantes** de dichos proyectos, de manera que el proceso de adaptación sea conducido por los habitantes según sus perspectivas y necesidades, y los implementadores jueguen un rol de facilitadores donde se les permita proveer recomendaciones desde su perspectiva.

Finalmente, es importante considerar que el diseño de un grupo de indicadores construido a partir de una Teoría del cambio responde a una gobernanza ambiental basada en el seguimiento constante de los proyectos. El grupo de indicadores presentado no busca generar información para la evaluación final de un proyecto, sino un conjunto de datos que al analizarse permita construir una base de información para integrarse en el proceso de toma de decisiones, contribuyendo así al desarrollo de las actividades en el sistema chinampero, y aumentando los beneficios para productores y prestadores de servicios turísticos en las condiciones actuales y futuras en el contexto del cambio climático.

Asimismo, tal y como recomiendan Oberlack y colaboradores (2019), es importante que los actores que aplican esta clase de instrumentos, tanto desde la planeación como desde la acción adaptativa, conozcan, se apropien y ayuden a actualizar con el tiempo la Teoría del cambio, catalizando así el encuentro de ideas y visiones reflexivas y críticas del sistema, y su posible evolución hacia un futuro con mayor capacidad de adaptación.

7.4 Reflexiones sobre la tesis en el contexto internacional actual

Al iniciar mi proyecto de tesis, hace poco menos de un año, el 2019 avanzaba apaciblemente, apuntando hacia la llegada de una nueva década, en el mismo contexto de gran aceleración mundial, cambio climático y explotación de los sistemas naturales en el que nos encontramos desde hace ya varios decenios. Ahora, al escribir estas líneas, la humanidad enfrenta un evento inesperado, de aquellos que en cualquier momento pueden surgir en un sistema complejo, y que tienen el potencial de llevar a un sistema de un estado de equilibrio a otro: Una pandemia.

El SARS-CoV-2, y su enfermedad asociada COVID-19 ha hecho entrar a la economía global en un período de pausa, que todo parece indicar que será sucedido por un complejo período de recesión económica y consecuencias sociales a nivel global. Nuestro país no ha sido la excepción, y enfrenta una propagación crítica del patógeno.

En las líneas introductorias del presente trabajo, al presentar los aspectos teóricos que rodean el concepto de los Sistemas Socio-Ecológicos, se mencionó la interdependencia entre las distintas escalas que existen en un sistema, y el hecho de que todo fenómeno local puede tener consecuencias globales, así como todo proceso global, puede modificar dinámicas locales. La pandemia constituye un ejemplo paradigmático de esto.

Procesos de expansión urbana desmedida y relaciones de explotación excesiva sobre la fauna silvestre que ocurrieron en Asia Oriental, en la provincia china de Wuhan, llevaron a través de una serie de sucesos, a una pandemia mundial que introdujo a la humanidad entera en un limbo lleno de incertidumbre para el futuro. Sociedades enteras están obligadas a confinarse en sus casas para ralentizar la propagación de un virus que a la hora en la que escribo estas líneas ha provocado casi un millón de decesos a nivel mundial.

Figura 24 Sanitización en los canales de Xochimilco, mayo de 2020



Imagen tomada de Cruz, 2020

En la Ciudad de México, la sociedad ha pasado por diversos períodos de confinamiento más o menos estricto, deteniendo gran parte de los negocios no esenciales, y en ese contexto, las cadenas de producción esenciales, entre las cuales destaca la cadena el sector alimentario, se han vuelto fundamentales para mantener el marco en el cual vive y

se sostiene la sociedad. Los productos agropecuarios no han dejado de llegar a los consumidores, y los trabajadores agrícolas, incluido los chinamperos de Xochimilco, han tenido que proseguir sus actividades cotidianas.

No obstante, la situación que enfrentamos no forma parte de la cotidianidad de nuestra historia, sino un sobresalto, y el mismo gobierno se ha visto obligado a emprender acciones extraordinarias como la sanitización de las áreas chinamperas (figura 24), y el fortalecimiento de apoyos económicos (Heraldo de México, 2020) y en especie (Stettin, 2020) a los chinamperos, así como a los prestadores de servicios turísticos masivos (Tenorio, 2020).

Más allá de la eficiencia que tengan estas medidas para lograr mantener efectivamente el funcionamiento de la actividad chinampera, estos anuncios representan expresiones de resiliencia del SES ante eventos inesperados.

Formas de resiliencia más cercanas a las descritas en este trabajo también surgieron en forma de redes de producción y distribución a domicilio por parte de los productores chinamperos (figura 25), cuyo objetivo es mantener el flujo de ingresos y amortiguar así los efectos de la crisis económica para los productores, limitando a la vez los riesgos de propagación del virus (Pérez, 2020).

Figura 25 Productor de hortalizas para distribución en tiempos de pandemia. San Gregorio Atlapulco



Imagen tomada de Pérez, 2020

La presente tesis se inscribe en un contexto histórico en el cual eventos climáticos, sociales, económicos y sanitarios de influencia parecida a la de la crisis del COVID, podrían volverse más comunes y profundos. Las sociedades necesitan urgentemente desarrollar capacidad de adaptación, en todas sus escalas, niveles y sectores. Hoy Xochimilco se enfrenta como puede a la pandemia de COVID, y a la vez a la dura realidad a la que lo han arrinconado los distintos procesos históricos en los que se desarrolla la urbanización de la Ciudad de México. Múltiples iniciativas surgen buscando mantener en vida a la chinampería y su paisaje, y muchas veces sin buscarlo directamente, contribuyen en gran medida a la preservación de la resiliencia urbana y de la capacidad de adaptación en Xochimilco, y a nivel de toda la metrópoli de la Ciudad de México.

Figura 26 Canasta agrícola distribuida en el contexto de crisis sanitaria



Imagen tomada de Pérez, 2020

Una vez pasada la crisis, cuando hayamos llegado a una nueva etapa de nuestra historia, será necesario que los gobiernos, las poblaciones y sus procesos de toma de decisiones en nuestras ciudades, logren asimilar la importancia que tendrá la capacidad de adaptación en el contexto del cambio climático, e integren nuevas formas de toma de decisiones desde abajo. Para lograrlo, sitios como Xochimilco seguirán funcionando como laboratorios vivos

para progresar hacia una sociedad más sustentable, recordándonos que, incluso en los tiempos de crisis más profunda, la vida y la resiliencia pueden encontrarse en una canasta de hortalizas (figura 26).

Referencias

- Agard, J., & Schipper, L. (2014). *Glosario IPCC Cambio climático 2014 - Impactos, adaptación y vulnerabilidad*.
- Alatríste, O. (2005). Xochimilco. Aspectos histórico-culturales. *Boletín Del CELE-UNAM*, 7, 119–139. Retrieved from <http://www.revistadecires.cepe.unam.mx/articulos/art7-6.pdf>
- Allen, M., Babiker, M., Chen, Y., Taylor, M., Tschakert Australia, P., Waisman, H., ... Waterfield, T. (2018). Global Warming of 1.5°C. Summary for Policy Makers. In *Aromar Revi*.
- Allen, M., Pauline, O., Solecki, W., Aragón-Durand, F., Cramer, W., Hmphreys, S., ... Zickfeld, K. (2018). Framing and Context. In *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*, (p. 46). <https://doi.org/10.1192/bjp.112.483.211-a>
- Anderson, A. (2005). *The Community Builder's Approach to Theory of Change*. Retrieved from www.theoryofchange.org
- Andrade, A. (2018, March 20). Tianquiskilitl, un mercado orgánico de chinamperos. *Chilango*. Retrieved from <https://www.chilango.com/comida/tianquiskilitl-mercado-organico/>
- Béné, C., Newsham, A., Davies, M., Ulrichs, M., & Godfrey-Wood, R. (2014). Resilience, poverty and development. *Journal of International Development*, 26(5), 598–623. <https://doi.org/10.1002/jid.2992>
- Berkes, F. (2003). Alternatives to conventional management: Lessons from small-scale fisheries. *Environments*, 31(1), 5–20.
- Bours, D., McGinn, C., & Pringle, P. (2014). *Guidance note 3: Theory of change approach to climate adaptation planning*. (February), 12. Retrieved from <https://ukcip.ouce.ox.ac.uk/wp-content/PDFs/MandE-Guidance-Note3.pdf>
- Boyle, M., Kay, J. J., & Pond, B. (2001). Monitoring in support of policy: an adaptive ecosystem approach. *Encyclopedia of Global Environmental Change*, 4, 116–137. Retrieved from <https://www.med.uottawa.ca/sim/data/assets/documents/monitor.pdf>
- Calderón-Contreras, R., & Baggio, J. (2017). Socioecosistemas y resiliencia. fundamentos para un marco analítico. In R. Calderón-Contreras (Ed.), *Los Sistemas Socioecológicos y su Resiliencia: Casos de Estudio* (1st ed., pp. 23–38). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/321194367_Socioecosistemas_y_resiliencia_fundamentos_para_un_marco_analitico
- Calderón-Contreras, R., & Quiroz-Rosas, L. E. (2017). Analysing scale, quality and diversity of green infrastructure and the provision of Urban Ecosystem Services: A case from Mexico City.

- Ecosystem Services*, 23, 127–137. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.12.004>
- Calderón-Contreras, R., & White, C. S. (2019). Access as the Means for Understanding Social-Ecological Resilience: Bridging Analytical Frameworks. *Society and Natural Resources*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/08941920.2019.1597233>
- Campbell, F. C. (Flake C. . (2008). *Elements of metallurgy and engineering alloys*. Retrieved from https://www.asminternational.org/bestsellers-/journal_content/56/10192/05224G/PUBLICATION
- Carr, E. R. (2019). Properties and projects: Reconciling resilience and transformation for adaptation and development. *World Development*, 122, 70–84. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.05.011>
- Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J. R., Mellouli, S., Nahon, K., ... Scholl, H. J. (2012). Understanding smart cities: An integrative framework. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2289–2297. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2012.615>
- CICC. (2012). *Adaptación al cambio climático en México: Visión, elementos y criterios para la toma de decisiones*. Ciudad de México.
- Clauzel, C. (2009). Entre croissance urbaine et valorisation patrimoniale : avenir agricole des Chinampas de Xochimilco (Mexique). *Cahiers Agricultures*, 18(4), 323–328. Retrieved from <http://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/30805/30565>
- Clauzel, C. (2010). Concilier enjeux économiques, environnementaux et patrimoniaux. Un pari impossible pour les chinampas de Xochimilco (Mexique) ? *Collection EDYTEM. Cahiers de Géographie*, 10(1), 127–138. <https://doi.org/10.3406/edyte.2010.1121>
- Colding, J., Barthel, S., Sörqvist, P. (2019). Wicked Problems of Smart Cities. *Smart Cities*, 2(4), 512–521.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), & Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SEDEMA). (2016). *La biodiversidad en la Ciudad de México Vol. III* (1st ed.; CONABIO & SEDENA, eds.). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/315643741>
- Cordero, D., & Lhumeau, A. (2012). *Adaptación basada en Ecosistemas, una respuesta al cambio climático | UICN*. Retrieved from <https://www.iucn.org/es/content/adaptación-basada-en-ecosistemas-una-respuesta-al-cambio-climático>
- Cote, M., & Nightingale, A. J. (2012). Resilience thinking meets social theory: Situating social change in socio-ecological systems (SES) research. *Progress in Human Geography*, 36(4), 475–489. <https://doi.org/10.1177/0309132511425708>
- Cram, S., Sommer, I., Cotler, H., Morales, L. M., & Carmona, E. (2008). Identification of the potential soil environmental services in the urban landscape of Mexico City. *Investigaciones Geográficas*, 66, 81–104.
- Cretny, R. (2014). Resilience for Whom? Emerging Critical Geographies of Socio-ecological Resilience. *Geography Compass*, 8(9), 627–640. <https://doi.org/10.1111/gec3.12154>
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). A place-based

- model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18(4), 598–606. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2008.07.013>
- Davidson, D. J. (2010). The Applicability of the Concept of Resilience to Social Systems: Some Sources of Optimism and Nagging Doubts. *Society & Natural Resources*, 23(12), 1135–1149. <https://doi.org/10.1080/08941921003652940>
- Davoudi, S., Crawford, J., & Mehmood, A. (2009). *Planning for Climate Change: Strategies for Mitigation and Adaptation for Spatial Planners | Request PDF*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/261937294_Planning_for_Climate_Change_Strategies_for_Mitigation_and_Adaptation_for_Spatial_Planners
- Fabinyi, M., Evans, L., & Foale, S. J. (2014). Social-ecological systems, social diversity, and power: Insights from anthropology and political ecology. *Ecology and Society*, 19(4). <https://doi.org/10.5751/ES-07029-190428>
- FAO. (2018). *El sistema agrícola chinampero de la Ciudad de México es un SIPAM* (p. 1). p. 1. Ciudad de México: FAO.
- Féito, D., & García, E. (2018, February 7). De la chinampa a tu plato. *Máspormás*. Retrieved from <https://www.maspormas.com/especiales/productos-chinampas-en-la-cdmx/>
- Fick, S., & Hijmans, R. (2017). Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. Retrieved December 17, 2019, from International Journal of Climatology website: <http://worldclim.org/version2>
- Figueroa, M., Salazar, M., Venancio, F., & Rubio, G. (2017). *Evaluación de las Plantas de Tratamiento de aguas residuales de la Cuenca Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta (CXTyMA)*. Ciudad de México.
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253–267. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2006.04.002>
- Gaxiola, M. (2019, June). De la Chinampa a tu cocina, proyectos de agricultores mexicanos en línea. *MXCITY*. Retrieved from <https://mxcity.mx/2019/06/la-chinampa-cocina-conoce-proyecto-los-agricultores-xochimilco/>
- Gobierno de la Ciudad de México. (n.d.). Alcaldías — Datos CDMX. Retrieved May 3, 2020, from Datos Abiertos Ciudad de México website: <https://datos.cdmx.gob.mx/explore/dataset/alcaldias/export/?refine.nomgeo=Xochimilco&location=9,19.32072,-99.15261>
- Gobierno de la Ciudad de México. Aviso por el que se da a conocer el programa de manejo del Área Natural Protegida, con categoría de zona sujeta a conservación ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, Pub. L. No. No. 269, Gaceta Oficial de la Ciudad de México pp. 27 (2018).
- Gobierno de México. (n.d.). Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático. Retrieved September 18, 2019, from <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/adaptacion-al-cambio-climatico-91027>
- González-Pozo, A. (2016). *Las Chinampas: Patrimonio Mundial de la Ciudad de México*. Ciudad de

México: Universidad Autónoma Metropolitana.

- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2013). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4*. Retrieved from www.cices.eu
- Hauge, S., Biggs, R., Schlüter, M., Schoon, M., Bohensky, E., Cundill, G., ... Moberg, F. (2014). *Applying resilience thinking*. 1–20.
- Hayhoe, K., Edmonds, J., Kopp, R. E., LeGrande, A. N., Sanderson, B. M., Wehner, M. F., & Wuebbles, D. J. (2017). *Ch. 4: Climate Models, Scenarios, and Projections. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I*.
<https://doi.org/10.7930/J0WH2N54>
- Heraldo de México. (2020). Productores en Xochimilco podrán obtener créditos de 10 mil pesos: José Carlos Acosta. Retrieved May 27, 2020, from Herald de México website:
<https://heraldodemexico.com.mx/cdmx/coronavirus-emergencia-sanitaria-plan-emergencia-economia-prestamos-productores-agricultura-xochimilco-cdmx-jose-carlos-acosta/>
- Hobson, K., Mayne, R., & Hamilton, J. (2014). A step by step guide to Monitoring and Evaluation. *Evaloc*, 1–60.
- Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Source: Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1973), 1–23. Retrieved from
<http://www.jstor.org/stable/2096802>
<http://www.jstor.org/page/info/about/policies/terms.jsp>
<http://www.jstor.org>
- Holling, C. S. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4, 390–405. <https://doi.org/10.1007/s10021-00>
- Holling, C. S., & Meffe, G. K. (1996). Command and control and the pathology of natural resource management. *Conservation Biology*, 10(2), 328–337. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10020328.x>
- Humedalia. (n.d.). Actividades para la conservación. Retrieved from
<https://www.humedalia.org/ecoturismo>
- I. Sudmeier-Rieux, K. (2014). Resilience – an emerging paradigm of danger or of hope? *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 23(1), 67–80.
<https://doi.org/10.1108/DPM-12-2012-0143>
- Ibarra, A. A., Zambrano, L., Valiente, E. L., & Ramos-Bueno, A. (2013). Enhancing the potential value of environmental services in urban wetlands: An agro-ecosystem approach. *Cities*, 31, 438–443. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2012.08.002>
- Independent Evaluation Group WB. (n.d.). What is Monitoring and Evaluation.
<https://doi.org/10.5860/choice.43sup-0537>
- INECC. (2017). Anomalías (deltas de cambio) de 4 modelos de circulación general. Retrieved January 2, 2020, from <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/deltas-de-cambio-anomalias-de-4-modelos-de-circulacion-global>
- INECC. (2018). *Diseño e implementación de medidas de adaptación al cambio climático en México. Resumen informativo*. Retrieved from <https://cambioclimatico.gob.mx/sexta-comunicacion/material/adaptacion.pdf>

- INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de la Ciudad de México 2017. *Anuario Estadístico y Geográfico de Los Estados Unidos Mexicanos*, 506. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2006.04.080>
- IPCC. (2013). *Ficha informativa del IPCC: ¿Qué es el IPCC?* (p. 2). p. 2. Retrieved from www.ipcc.ch
- Jerneck, A., & Olsson, L. (2008). Adaptation and the poor: development, resilience and transition. *Climate Policy*, 8(2), 170–182. <https://doi.org/10.3763/cpol.2007.0434>
- Jiménez, L. (2002). La Sostenibilidad Como Proceso De Equilibrio Dinamico Y Adaptacion Al Cambio. *ICE Desarrollo Sostenible*, 800, 65–84.
- Jordan, A., Huitema, D., Van Asselt, H., Rayner, T., & Berkhout, F. (2010). Climate change policy in the european union: Confronting the dilemmas of mitigation and adaptation? In *Climate Change Policy in the European Union: Confronting the Dilemmas of Mitigation and Adaptation?* <https://doi.org/10.1017/CBO9781139042772>
- Kaloustian, N., & Diab, Y. (2015). Effects of urbanization on the urban heat island in Beirut. *Urban Climate*, 14, 154–165. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.06.004>
- Landázuri, G. (2012). Tierra, identidad y dinámica productiva en las chinampas de San Gregorio Atlapulco, México. *Chronica Mundi. La Tierra y La Identidad En México*, 3–4(I–II), 87–104. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/313903304>
- Le Treut, H., Cubasch, U., & Allen, M. (2005). Historical Overview of Climate Change Science. *Notes*, 16.
- Lerner, A. M., & Eakin, H. (2011). An obsolete dichotomy? Rethinking the rural–urban interface in terms of food security and production in the global south. *The Geographical Journal*, 177(4), 311–320. [https://doi.org/10.1111/J.1475-4959.2010.00394.X@10.1111/\(ISSN\)1475-4762.SECURITY-OF-GEOGRAPHY](https://doi.org/10.1111/J.1475-4959.2010.00394.X@10.1111/(ISSN)1475-4762.SECURITY-OF-GEOGRAPHY)
- McNeill, J. R. (2014). *The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945 (English Edition) eBook: J. R. McNeill: Amazon.es: Tienda Kindle* (1st ed.). Retrieved from <https://www.amazon.es/Great-Acceleration-J-R-McNeill-ebook/dp/B01CYR5S6C>
- McPhearson, T., Hamstead, Z. A., & Kremer, P. (2014). Urban ecosystem services for resilience planning and management in New York City. *Ambio*, 43(4), 502–515. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0509-8>
- Meerow, S., & Newell, J. P. (2015). Resilience and Complexity: A Bibliometric Review and Prospects for Industrial Ecology. *Journal of Industrial Ecology*, 19(2), 236–251. <https://doi.org/10.1111/jiec.12252>
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- Merlín-Uribe, Y., Contreras-Hernández, A., Astier-Calderón, M., Jensen, O. P., Zaragoza, R., & Zambrano, L. (2013). Urban expansion into a protected natural area in Mexico City: Alternative management scenarios. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(3), 398–411. <https://doi.org/10.1080/09640568.2012.683686>
- Merlín-Uribe, Y., González-Esquível, C. E., Contreras-Hernández, A., Zambrano, L., Moreno-Casasola, P., & Astier, M. (2013). Environmental and socio-economic sustainability of

- chinampas (raised beds) in Xochimilco, Mexico City. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 11(3), 216–233. <https://doi.org/10.1080/14735903.2012.726128>
- Mitchell, T., & Harris, K. (2012). *Background Note Resilience: A risk management approach*. Retrieved from www.odi.org.uk
- Nadasdy, P. E. (2007). *Adaptive Co-Management and the Gospel of Resilience*. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/Adaptive-Co-Management-and-the-Gospel-of-Resilience-Nadasdy/d408755da61e8f46688c4d3a35d82240d54cb95a>
- Narchi, N. (2013). Deterioro Ambiental en Xochimilco: Lecciones para el cambio climático global. *Veredas, Revista Del Pensamiento Sociológico*, 177–197. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/235699826_Deterioro_Ambiental_en_Xochimilco_Lecciones_para_el_cambio_climatico_global
- Nelson, D. R., Adger, N., & Brown, K. (2007). Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework. *Annual Review of Environment and Resources*, 32(1), 395–419. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.051807.090348>
- Oberlack, C., Schneider, F., Herweg, K., Messerli, P., Tribaldos, T., Breu, T., ... Zimmermann, A. (2019). Theories of change in sustainability science: Understanding how change happens. *Gaia*, 28(2), 106–111. <https://doi.org/10.14512/gaia.28.2.8>
- OCDE. (2002). *Glossary of Key Terms in Evaluation and Results Based Management*. <https://doi.org/10.1787/9789264034921-en-fr>
- Olivares Alonso, E. (2015). Canales de Xochimilco, en riesgo por la descarga de aguas negras, indica estudio. *La Jornada*, p. 39. Retrieved from <https://www.jornada.com.mx/2015/06/19/sociedad/039n1soc>
- PAOT. (2015). Sistema de Información Geográfica Participativo de la Zona Lacustre de Xochimilco. Retrieved May 3, 2020, from <http://200.38.34.20/index.php>
- Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M., ... Yagi, N. (2017, June 1). Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 26–27, pp. 7–16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006>
- Pérez, D. (2020). Por Covid-19, chinamperos de Xochimilco llevarán sus verduras a domicilio. Retrieved May 27, 2020, from El Universal website: <https://www.eluniversal.com.mx/metropoli/cdmx/coronavirus-chinamperos-de-xochimilco-llevaran-sus-verduras-domicilio>
- Pronatura. (2018). *Cuencas Verdes. Adaptándonos al Futuro* (p. 1). p. 1. Retrieved from <http://iki-alliance.mx/wp-content/uploads/FactSheet-Cuencas-Verdes.pdf>
- Quiñonez-Amézquita, C. T. de los M. (2005). *Chinampas y chinamperos: los horticultores de San Juan Tezompa*. Universidad Iberoamericana.
- Redes A.C. (2016). Venta de productos de la chinampa. Retrieved December 2, 2019, from 2016 website: <http://www.redesmx.org/servicios.html#horta>
- Revollo-Fernández, D. A. (2015). Does Money Fly? The Economic Value of Migratory Birdwatching in Xochimilco, Mexico. *Modern Economy*, 06(06), 643–663.

<https://doi.org/10.4236/me.2015.66061>

- Rittel, H., & Webber, M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), 155–169.
- Rodríguez, A. (2017). *Proceso de Adaptación al Cambio Climático*. Retrieved from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/264957/Proceso_adaptativo_al_cambio_climatico.pdf
- Rojas, R., Velázquez, J., Balcorta, H. C., Castillo, J. A., Orozco, J. G., Amezcua, P., ... Mendoza, A. M. (2012). *Xochimilco - Libro Blanco*. Ciudad de México: SEDEMA.
- Ruz-Varas, N., & González-Pozo, A. (2016). El sistema agrícola Chinampero. In *Las chinampas: Patrimonio mundial de la Ciudad de México* (pp. 13–17). Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Saltijeral, J. (n.d.). El Chinampero, Xochimilco, CDMX. Retrieved from <http://www.mercadoalternativodetlalpan.com/elchinampero.html>
- Sánchez, E. (2019, October 21). Fomentan comercio agrícola responsable en Xochimilco. *Excelsior*. Retrieved from <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/fomentan-comercio-agricola-responsable-en-xochimilco/1343084#view-1>
- Schröter, D. (2004). *Global change vulnerability - assessing the European human-environment system*. Potsdam: ATEAM Consortium.
- Schröter, D., Polsky, C., & Patt, A. G. (2005). Assessing vulnerabilities to the effects of global change: An eight step approach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 10(4), 573–595. <https://doi.org/10.1007/s11027-005-6135-9>
- Silva-Villanueva, P. (2011). Learning to ADAPT: Monitoring and evaluation approaches in climate change adaptation and disaster risk reduction – challenges , gaps and ways forward. *SCR Discussion Paper 9*, 1–49. Retrieved from [http://mobile.opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/123456789/2509/Learning to ADAPT.pdf?sequence=1](http://mobile.opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/123456789/2509/Learning%20to%20ADAPT.pdf?sequence=1)
- Sosa, I. (2019). Pega escasez a Xochimilco. *Reforma*. Retrieved from <https://www.reforma.com/aplicacioneslibre/articuloamp/default.aspx?id=1654059>
- STAP. (2017). *Strengthening Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation*. Washington, D.C.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... Linn, M. (2015). *Planetary boundaries : Guiding human development on a changing planet*. (January).
- Stettin, C. (2020). Chinamperos de Xochimilco reciben apoyos en especie. Retrieved May 27, 2020, from Milenio website: <https://www.milenio.com/politica/xochimilco-chinamperos-reciben-apoyos-en-especie>
- Stouffer, R. J., Manabe, S., & Vinnikov, K. Y. (1994). Model assessment of the role of natural variability in recent global warming. *Nature*, 367(6464), 634–636. <https://doi.org/10.1038/367634a0>
- Tanner, T., Lewis, D., Wrathall, D., Bronen, R., Cradock-Henry, N., Huq, S., ... Thomalla, F. (2015).

- Livelihood resilience in the face of climate change. *Nature Climate Change*, 5(1), 23–26.
<https://doi.org/10.1038/nclimate2431>
- Tenorio, G. (2020). La alcaldía Xochimilco entregó apoyo económico a trabajadores del sector turístico afectados por pandemia Covid-19. Retrieved May 27, 2020, from Periódico Leo website: <http://periodicoleo.com/alcaldias/2020/05/15/la-alcaldia-xochimilco-entrego-apoyo-economico-a-trabajadores-del-sector-turistico-afectados-por-pandemia-covid-19/>
- Termeer, C., Dewulf, A., & Breeman, G. (2012). Governance of Wicked Climate Adaptation Problems. In J. Knieling & W. Leal (Eds.), *Climate Change Governance* (pp. 27–39).
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199560530.013.0031>
- Terrones, M. E. (2006). Xochimilco sin arquetipo. Historia de una integración urbana acelerada en el siglo XX. *Scripta Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 218(37). Retrieved from http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-218-37.htm#_edn55
- The World Bank. (2019). World Development Indicators - People. Retrieved March 11, 2020, from Featured Indicators website: <http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/themes/people.html#population>
- Thornhill, I. (2019). Resilient People, Resilient Ecosystems in Smart Cities (RESPIRES). Retrieved November 11, 2020, from Researchgate website:
<https://www.researchgate.net/project/Resilient-People-Resilient-Ecosystems-in-Smart-Cities-RESPIRES>
- Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matsone, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensene, L., ... Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14), 8074–8079. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>
- Uitto, J. I., Puri, J., & van den Berg, R. D. (2017). Evaluating Climate Change Action for Sustainable Development: Introduction. In *Evaluating Climate Change Action for Sustainable Development*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43702-6_1
- UNFCCC. (2019). Timeline. 25 Years of Effort and Achievement. Retrieved September 16, 2019, from <https://unfccc.int/timeline/>
- Valiente, E., Tovar, A., González, H., Eslava-Sandoval, D., & Zambrano, L. (2010). Creating refuges for the axolotl (*ambystoma mexicanum*). *Ecological Restoration*, 28(3), 257–259.
<https://doi.org/10.3368/er.28.3.257>
- Walker, B., Gunderson, L. H., Kinzig, A., Folke, C., Carpenter, S., & Schultz, L. (2006). A Handful of Heuristics and Some Propositions for Understanding Resilience. *Ecology and Society*, 11(1), 13.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2).
<https://doi.org/10.5751/ES-00650-090205>
- Webster, D. (2002). On the Edge: Shaping the Future of Peri-urban East Asia. *Shorenstein APARC*. Retrieved from https://aparc.fsi.stanford.edu/publications/on_the_edge_shaping_the_future_of_periurban_east_asia

- Weichselgartner, J., & Kelman, I. (2015). Geographies of resilience: Challenges and opportunities of a descriptive concept. *Progress in Human Geography*, 39(3), 249–267. <https://doi.org/10.1177/0309132513518834>
- Weiss, C. H. (1995). Nothing as Practical as Good Theory: Exploring Theory-Based Evaluation for Comprehensive Community Initiatives for Children and Families. In J. Connell, A. Kubisch, L. Schorr, & C. Weiss (Eds.), *New Approaches to Evaluating Community Initiatives: Concepts, Methods, and Contexts* (1st ed., pp. 65–92). Washington, DC: The Aspen Institute.
- Wigley, T. M. L., & Raper, S. C. B. (1990). Natural variability of the climate system and detection of the greenhouse effect. *Nature*, 344(6264), 324–327. <https://doi.org/10.1038/344324a0>
- Wu, J., & Wu, T. (2013). *Ecological Resilience as a Foundation for Urban Design and Sustainability*. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5341-9_10

Anexo I

Entrevista a Pronatura.

Martes 22 de octubre de 2019

1. ¿En qué va el proyecto Cuencas Verdes actualmente?
2. ¿Cómo han adquirido los productores esta clase de conocimientos empíricos?
¿Hay alguna vía de entrada de información, se la comparten entre ellos?
3. ¿Se plantea que la chinampa sea perenne?
4. ¿Han identificado cuál es la razón de que los productores no se constituyan uniones, o alguna asociación de chinamperos? ¿Han logrado encontrar razones subyacentes de esto?
5. Fuera de la poca organización entre chinamperos, ¿cuál es la estructura de organización comunitaria en Xochimilco?
6. ¿Las decisiones que sí llegan a ser tomadas por las asambleas ejidales suelen tener repercusión en el poder político?
7. ¿Aparte del tema del agua, qué otros aspectos consideraron prioritarios los productores?
8. ¿Cuál es el mercado ideal de los chinamperos?
9. ¿Cuántas de las medidas propuestas se plantea implementar CV?
10. Aparte de la información que les dieron sobre el cambio climático, ¿Saben ustedes con datos precisos si han sido detectados cambios estadísticamente significativos en las variables climáticas de Xochimilco en las últimas décadas?
11. ¿Qué servicios ecosistémicos han identificado en Xochimilco?
12. ¿Qué tan conscientes son los productores chinamperos sobre las problemáticas ambientales?
13. En mi tesis me estoy apoyando en la metodología de la Teoría del cambio, entonces me gustaría conocer cómo ubicarían ustedes a su proyecto en una Teoría del

cambio. Básicamente, a qué quiere contribuir el proyecto CV, en qué proceso de cambio buscaría idealmente insertarse CV.

Siguiendo esto, ¿Cuál dirían que es la situación “ideal” deseable a la que quiere contribuir CV?

14. ¿Hay manera de definir una situación “ideal” de Xochimilco?
15. En esta situación ideal de Xochimilco, ¿En qué línea(s) específica(s) busca apoyar CV?
16. Obviamente, hay algunos supuestos que subyacen el hecho de que CV realmente vaya lograr lo que propone, porque si no podría resultar en algo efímero, y lo que buscan es que no sea efímero, sino que algo se mantenga. ¿Qué tienen que suponer que va a pasar, más allá de lo que ustedes proponen e implementen para que se logre? ¿Qué actitudes deberían de tomar los políticos y los chinamperos, y qué situaciones tendrían que cumplirse para que se logren los objetivos?
17. ¿Ha sido homogénea la respuesta de los 20 productores al proyecto? ¿La respuesta ha sido positiva o ha habido resistencia?
18. ¿Le entrarán los 20 chinamperos?
19. ¿Cómo van a decidir en qué capacitar a los productores?
20. ¿De dónde se obtendrá el conocimiento para realizar las capacitaciones?
21. ¿Cómo es la operacionalización del proyecto?

Anexo II

Entrevista a productores

Sección de caracterización

Población:

- Cantidad de agricultores. Categoría (Trabajadores permanentes, jornaleros).
- Proveniencia de los chinamperos y jornaleros.
- ¿Cuál es el régimen de propiedad de la chinampa?
- Tiempo/Generaciones que han vivido en Xochimilco.
- Tiempo/Generaciones que llevan cultivando chinampas.
- Edad
- Género

Chinampa:

- ¿De qué tamaño es la chinampa?
- ¿Cuáles son las principales producciones de la chinampa?
- ¿Qué cantidad de producto comercializa la chinampa?
- ¿Dónde comercializa la chinampa?
- ¿Desde cuándo existe la chinampa?

Condiciones de comercialización:

- ¿Comercializan solos o en asociación con otras chinampas?
- ¿Es constante la demanda o tiene altibajos?
- ¿Piensas seguir en esta actividad por mucho tiempo?
- ¿Por qué?
- ¿Los ingresos generados por la actividad chinampera te han sido suficientes para tu día a día o te has visto obligado a buscar ingresos complementarios?
- A partir de tu experiencia, ¿crees que a la mayoría de los chinamperos les va bien o mal?
- ¿Qué piensas que te serviría para que tu producción mejore?

Aquí se presenta la Matriz de Servicios Ecosistémicos. Se va describiendo y se pregunta al chinampero si está de acuerdo, si agregaría algo, etc.

- Enlistar impresiones
- ¿A quién le toca apoyar más para mejorar la situación? ¿A los Investigadores, asociaciones, gobierno, ejidatarios en general?
- ¿De qué manera?

Aquí se saca la muestra la gráfica preliminar de TdC y se desarrolla una explicación sobre dicha visión. Se contrasta con lo que los chinamperos piensan.

Sección percepción sobre el cambio climático

- ¿Cómo has sentido la temperatura en el área? ¿Ha cambiado?
- ¿Cómo has sentido la lluvia? ¿Ha cambiado?
- ¿Tu producción ha sido afectada por estos cambios? Si sí, ¿Ha mejorado o empeorado a partir de estos cambios?
- ¿Has modificado algo en tu proceso de producción para responder a los cambios que has observado?
- ¿Has visto que otros chinamperos implementen cambios que tú no has implementado?
- ¿Qué hace falta para que puedan hacer frente de mejor manera a estos problemas?