



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE XOCHIMILCO CON
BASE EN LOS CRITERIOS DE LA CONVENCION
RAMSAR**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGO**

P R E S E N T A

PABLO ARTURO LÓPEZ GUIJOSA



**DIRECTOR DE TESIS:
Dr. LUIS ZAMBRANO GONZÁLEZ (2012)**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Hoja de Datos del Jurado

1-. Datos del alumno

López
Guijosa
Pablo Arturo
53603446
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
306094590

2-. Datos del tutor

Dr.
Luis
Zambrano
González

3-. Datos del sinodal 1

Dra.
Marisa
Mazari
Hiriart

4-. Datos del sinodal 2

Dra.
Irama Silvia Marisela
Núñez
Tancredi

5-. Datos del sinodal 3

Dra.
Verónica Eva
Bunge
Vivier

6-. Datos del sinodal 4

M. en C.
Elsa
Valiente
Ríos

7-. Datos del trabajo escrito

Evaluación ambiental de Xochimilco con base
en los criterios de la Convención Ramsar
74 p
2012

*“El mundo es un lugar peligroso.
No por causa de los que hacen el mal,
sino por aquellos que no hacen nada por evitarlo.”*

Albert Einstein

Agradecimientos

A mis papás quienes me impulsaron a creer en mis sueños, convertirlos en deseos y transformarlos en realidad.

A mis abuelos quienes siempre creyeron en mí.

A Omar Regalado, Suzelle Islas, Daniel A., Salvador, Fernanda Berumen, Jandy, Lya y Edna, por haber estado presentes todo este tiempo de una u otra manera y haber contribuido de manera directa en este trabajo. A Daniel Ramírez por sus consejos e interés en este tema y proceso, además de su ayuda directa y sus ánimos. A Rodrigo G. por haberme impulsado a seguir adelante y no rendirme en este proceso. Esta tesis también es tuya.

A Luis Zambrano por darme la oportunidad de involucrarme en este proyecto y haber estado presente brindándome su apoyo durante la realización de este trabajo. A Marisa Mazari, Verónica Bunge, Elsa Valiente e Irama Núñez por sus correcciones y observaciones. Al laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología. A Karen Levy por su tiempo, a Fernando Cordova, Ángel Merlo, Alejandro Meléndez, Armando Tovar, Maya Sathya, Martha Almazán, Horacio Mena, Abi y Clara Ojeda por haberme explicado sus visiones sobre el sitio y los posibles problemas que enfrenta el mismo, así como haberme proporcionado ayuda en forma de datos, correcciones y mucha paciencia.

A los Montessori con quienes compartí esta experiencia tan gratificante y por dejarme formar parte de su taller.

A compañeros, maestros y amigos de la Facultad de Ciencias de la UNAM y de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad de Helsinki que me ayudaron a tener un enfoque diferente, una perspectiva más amplia sobre los procesos que regulan la vida y las interconexiones que existen en el mundo entre las distintas ciencias y su importancia para poder lograr un cambio.

A las personas con las cuales tuve el honor de interactuar para llevar a cabo esta investigación: chinamperos, pescadores, investigadores y habitantes de Xochimilco. Sin ellos no hubiera sido posible concretar el este trabajo.

A todos aquellos que me permitieron compartir con ellos esta experiencia y apoyarme aunque muchas veces no me entendieran.

Índice

	Página
Resumen	7
Introducción	8
Hipótesis	13
Objetivos	13
Objetivo general	13
Objetivos particulares	13
Sitio de Estudio	13
Método	16
Resultados	18
Criterio 1. Ejemplo representativo, raro o único de humedal natural o casi natural	18
Chinampas	22
Criterio 2. Sustento de especies Vulnerables, en Peligro o en Peligro Crítico	30
<i>Ambystoma mexicanum</i>	31
<i>Rana tlaloci</i>	31
<i>Rana montezumae</i>	32
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	32
<i>Thamnophis scaliger</i>	33
<i>Pituophis deppei</i>	33
<i>Anas platyrhynchos diaza</i>	33
Encuestas	34
Matriz de sensibilidad	36
Criterio 4. Sustento de especies vegetales y/o animales cuando se encuentran en una etapa crítica de su ciclo biológico	37
<i>Ambystoma mexicanum</i>	37
Aves	42
Criterio 7. Sustenta una proporción significativa de las subespecies, especies o familias de peces autóctonas	44

<i>Chirostoma humboldtianum</i>	45
<i>Algansea tincella</i>	46
Base de datos	46
Discusión	47
Importancia cultural	47
Chinampas	49
Especies endémicas amenazadas	50
Ajolotes	51
Aves	54
Peces	55
Conclusión	57
Literatura Consultada	58
Anexo I	67
Anexo II	68
Anexo III	69
Anexo IV	74

Resumen

El Sistema Lacustre Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco es un ecosistema que en la actualidad se enfrenta a diversos problemas. Como parte de las acciones para que el sitio se conserve, en 1987 fue declarado como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO y en 2004 como sitio de importancia internacional por Ramsar. Este último nombramiento tuvo sus fundamentos en cuatro criterios: 1) ser un ejemplo representativo, raro o único de humedal natural o casi natural, 2) ser sustento de especies Vulnerables, en Peligro o en Peligro Crítico, 3) sustentar especies vegetales y/o animales cuando se encuentran en una etapa crítica de su ciclo biológico, y 4) sustentar una proporción significativa de las subespecies, especies o familias de peces autóctonas. En este trabajo se evaluó el sitio con base en estos criterios para saber cuáles de sus atributos están presentes, conocer cómo se encuentran (conservados, deteriorados o ausentes) y generar mecanismos para evitar su pérdida. Se realizó una investigación de gabinete para cada uno de los criterios tomando como base el contexto internacional. Los resultados arrojaron que algunos de los datos que se utilizaron para sustentar los criterios no corresponden con lo observado en la zona y por lo tanto, la designación de Xochimilco como un sitio Ramsar no está funcionando como un instrumento de conservación. Por ello se debe plantear una actualización de la Ficha Informativa Ramsar con base en nuevos datos, modificando así los atributos con los que son sustentados los criterios que hacen del área un sitio Ramsar. Además debe evaluarse las medidas que faltan para ampliar, fortalecer o restablecer las funciones y valores del humedal que pudieran estar presentes, o en caso de estar ausentes, plantear la retirada o la reducción de los límites de la zona denominada Ramsar.

Palabras clave: Xochimilco, Ramsar, UNESCO, chinampas, *Ambystoma mexicanum*, cuenca de México.

Introducción

La zona lacustre de Xochimilco representa una gran riqueza natural con valor económico, cultural y científico. Las chinampas, el agua y las especies endémicas que existen en este sitio son parte de la rica herencia biológica y cultural de nuestro país (Zambrano, *et al.*, 2012). Esto ha despertado el interés de académicos y autoridades a lo largo de muchos años. Por ello este sitio se ha estudiado desde diversas perspectivas: biológica, antropológica, productiva, social e incluso política. No obstante, cuando en la actualidad se habla de Xochimilco, normalmente se hace referencia a la parte estética, recreativa y turística que es mundialmente conocida por el folclor mexicano que representa, es decir, las trajineras. Xochimilco también puede ser estudiado como el ecosistema que es: un humedal que actualmente representa los remanentes de lo que hasta hace no más de cinco siglos fuera una compleja cuenca endorreica producto de la actividad volcánica de la zona conocida como Eje Neovolcánico Transmexicano. Ésta es llamada cuenca de México y originalmente en ella se encontraba un sistema lacustre formado por cinco lagos: Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco. Xochimilco se ubica en el extremo sur de ésta en una región identificada como subcuenca Xochimilco-Chalco (González-Pozo, 2010).

Xochimilco tuvo ocupación humana desde hace aproximadamente nueve mil años y para mediados del siglo XV d.C., fue cuando presentó su mayor desarrollo con la expansión del imperio azteca. Tras la llegada y conquista de los españoles quienes, según escribió el Barón de Humboldt, trataron al agua como si fuera un enemigo (Legorreta, 2006), los lagos que cubrían la cuenca de México fueron rápidamente secados y transformados en tierra firme, siendo el Lago de Xochimilco un fragmento actual de lo que alguna vez fue esta cuenca (González-Pozo, 2010). “Estas obras se proyectaron principalmente para controlar los riesgos de inundación de la capital y otros asentamientos en el valle, situación que se presentaba en temporadas de precipitaciones pluviales más copiosas que de ordinario, sin consideración a los efectos que los cambios en el sistema hidrológico pudiesen tener en la subcuenca” (González-Pozo, 2011).

Hoy en día, Xochimilco se ve amenazado por la expansión urbana descontrolada y desordenada de la ciudad de México. Como consecuencia, la presencia de un ecosistema que provee de servicios a sus habitantes corre peligro. Por ello se han propuesto medidas para salvaguardar a este sitio de importancia internacional, ya sea desde el punto de vista hidrológico, biológico, agronómico, económico, social o cultural. Dos de las principales herramientas con las que se cuenta en términos de conservación son dos nombramientos internacionales en los cuales se declara la importancia de Xochimilco. El

primero fue asignado en 1987 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en el que se declara al Centro Histórico de la Ciudad de México y a la Zona Chinampera de Xochimilco como Patrimonio Cultural de la Humanidad (UNESCO World Heritage List, 2012). El segundo nombramiento fue asignado en 2004 por la Convención Ramsar al Sistema Lacustre Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco como un humedal representativo cuya importancia es prioritaria en términos de conservación (Ramsar List, 2012; Anexo I).

“La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional o Convención de Ramsar es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos” (Ramsar, 2012). De acuerdo con la Convención llevada a cabo en el año 1971 en Ramsar, Irán, los humedales que se seleccionen para ser incluidos en la lista deberán cumplir con lo siguiente: basar su importancia internacional en términos ecológicos, botánicos, zoológicos, limnológicos o hidrológicos. También deben ser consideradas las funciones ecológicas de los humedales, sus valores culturales, económicos, científicos y recreativos, además de reconocérseles como un recurso internacional puesto que diversas rutas de aves migratorias atraviesan fronteras. Asimismo, cada país que participe en la Convención deberá elaborar y aplicar su planificación de manera que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la lista y, en la medida de lo posible, el uso racional de todos los humedales de su territorio. Cada país también deberá informarse, lo antes posible, sobre las modificaciones de las condiciones ecológicas de los humedales en su territorio y de los incluidos en la lista, y que se hayan además producido o pudieran producirse como consecuencia del desarrollo tecnológico, de la contaminación o de cualquier otra intervención del hombre (Artículos 2 y 3) (Ramsar, 1971).

En el mundo existen 2005 sitios incluidos en la Lista de Sitios de Importancia Internacional Ramsar. Estos ocupan una superficie de 192'819,251 hectáreas repartidas en 160 países (Ramsar List, 2012). Esto indica que el promedio de superficie de cada sitio es de 96,169.20 hectáreas. El promedio de sitios con los que cuenta cada una de las partes contratantes es de 12.53 y el promedio de superficie de sitios Ramsar con los que cuenta cada parte asciende a 1'205,120.32 hectáreas. Actualmente, México cuenta con 133 sitios Ramsar que ocupan 8'428,267 hectáreas. Esto representa el 4.37% de la superficie total de sitios Ramsar a nivel mundial. Por ello, se ubica en el segundo lugar a nivel mundial en número de sitios declarados, sólo después del Reino Unido con 169 sitios y 1'275,681 hectáreas.

Para que cualquier sitio en el mundo pueda ser declarado como sitio Ramsar o de Importancia Internacional, la Convención propone nueve criterios para la evaluación de los humedales (Tabla 1).

Criterios para la Identificación de Humedales de Importancia Internacional		
Grupo A - Sitios que comprenden tipos de humedales representativos, raros o únicos		Criterio 1: Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si contiene un ejemplo representativo, raro o único de un tipo de humedal natural o casi natural hallado dentro de la región biogeográfica apropiada.
Grupo B – Sitios de importancia internacional para conservar la diversidad biológica	Criterios basados en especies y comunidades ecológicas	Criterio 2: Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta especies vulnerables, en peligro o en peligro crítico, o comunidades ecológicas amenazadas.
		Criterio 3: Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta poblaciones de especies vegetales y/o animales importantes para mantener la diversidad biológica de una región biogeográfica determinada.
		Criterio 4: Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta especies vegetales y/o animales cuando se encuentran en una etapa crítica de su ciclo biológico, o les ofrece refugio cuando prevalecen condiciones adversas.
	Criterios específicos basados en aves acuáticas	Criterio 5: Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta de manera regular una población de 20.000 o más aves acuáticas.
		Criterio 6: Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta de manera regular el 1% de los individuos de una población de una especie o subespecie de aves acuáticas.
	Criterios específicos basados en peces	Criterio 7: Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta una proporción significativa de las subespecies, especies o familias de peces autóctonas, etapas del ciclo biológico, interacciones de especies y/o poblaciones que son representativas de los beneficios y/o los valores de los humedales y contribuye de esa manera a la diversidad biológica del mundo.
		Criterio 8: Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si es una fuente de alimentación importante para peces, es una zona de desove, un área de desarrollo y crecimiento y/o una ruta migratoria de la que dependen las existencias de peces dentro o fuera del humedal.
	Criterios específicos basados en otros taxones	Criterio 9: Un humedal deberá considerarse de importancia internacional si sustenta habitualmente el 1% de los individuos de la población de una especie o subespecie dependiente de los humedales que sea una especie animal no aviaria.

Tabla 1. Criterios de la Convención Ramsar. Documento Informativo Ramsar No. 5, 2009

Sin embargo, en el año 2004 cuando se declaró a Xochimilco como sitio Ramsar, únicamente eran ocho los criterios. Xochimilco cumplió con cuatro de ellos y su justificación se detalla a continuación:

- Criterio 1. Humedal representativo. Constituye un ecosistema representativo en la cuenca de México, remanente del gran lago que la caracterizaba, donde temporalmente se fusionaban los lagos de Xochimilco, Chalco, Xaltocan, Zumpango y Tenochtitlán con el lago de Texcoco. Actualmente, el sistema se reduce a una serie de canales, apantles (acequias), lagunas permanentes y otras de temporal que forman un área natural de descarga del flujo subterráneo, y proporcionan agua a partir de un acuífero. Asimismo, el sistema funciona como regulador de flujos a nivel local y regional. El humedal de Xochimilco se caracteriza por la presencia de estructuras para cultivo desde épocas prehispánicas denominadas chinampas, las cuales le otorgan una relevancia histórico-cultural.
- Criterio 2. La zona lacustre representa un ecosistema importante para el mantenimiento de la biodiversidad del Distrito Federal y/o del valle de México. Se registran seis especies endémicas y 20 especies bajo alguna categoría de riesgo según la NOM-059-ECOL-2001 (D.O.F., 2002); 10 Bajo Protección Especial; 8 Amenazadas y dos en Peligro de Extinción. Flora: *Nymphaea mexicana* Ninfa (amenazada), *Cupressus lusitanica* Cedro blanco (sujeta a protección especial/ introducida), *Erythrina coralloides* Colorín (amenazada), Fauna: *Ambystoma mexicanum* Ajolote (sujeta a protección especial y endémica; vulnerable (UICN, 2003)), *Ambystoma velasci* Ajolote tigre de meseta (sujeta a protección especial); *Rana tlaloci* Rana de Tláloc (peligro de extinción y endémica); *Rana montezumae* Rana de Moctezuma (sujeta a protección especial y endémica); *Phrynosoma orbiculare* Lagartija cornuda de montaña (amenazada y endémica), *Sceloporus grammicus* Lagartija escamosa de mezquite (sujeta a protección especial); *Thamnophis eques* Culebra listonada (amenazada); *Thamnophis scaliger* Culebra listonada de montaña (amenazada y endémica); *Kinosternon hirtipes* Tortuga casquito (sujeta a protección especial); *Pituophis deppei* Cincuate (amenazada y endémica); *Crotalus molossus* Cascabel cola negra (sujeta a protección especial); *Anas platyrhynchos diaza* Pato mexicano (amenazada y endémica); *Ardea herodias* Garza morena (sujeta a protección especial); *Accipiter striatus* Gavilán pecho rojo (sujeta a protección especial); *Rallus limicola* Rascón limícola (sujeta a protección especial).
- Criterio 4. Sitio de sustento o refugio de especies de flora y/o fauna importantes. En él se localizan poblaciones del anfibio neotónico conocido como ajolote (*Ambystoma mexicanum*). Constituye uno de los sitios más importantes dentro del Distrito Federal para el refugio de especies de aves locales y migratorias, como algunas especies de patos (*Anas* spp.) y garzas (*Egretta* spp.); asimismo es sitio de alimentación y descanso de especies como *Ardea herodias* y *Actitis macularia*. Debido al deterioro de las áreas naturales en el Distrito Federal, los humedales constituyen un hábitat

importante (en ocasiones único) para la reproducción de especies residentes, como es el caso de *Podiceps nigricolis*, cuyo primer reporte de reproducción para el Distrito Federal fue en esta zona. Otro caso es el de *Anas discors*, especie migratoria que se reproduce en el área desde 1986; además de otras especies cuyos únicos registros para el Distrito Federal son en esta zona, como el caso de *Jacana spinosa*. También se encuentran presentes algunas especies de las cuales se desconocen datos sobre su reproducción, como el caso de *Phrynosoma orbiculare*, lagartija endémica o *Tamnophis scaliger*, culebra que se encuentra amenazada. La protección del área es necesaria para realizar estudios detallados y proponer acciones de conservación. En el caso de los mamíferos, representa sitios de refugio y alimentación para especies como la musaraña (*Cryptotis parva*), el murciélago (*Mormoops megalophyla*) y para otras que dependen de los cuerpos de agua para su mantenimiento, como el tlacuache (*Didelphis virginiana*), único marsupial en la cuenca de México y el cacomixtle (*Bassariscus astutus*). Los invertebrados, organismos asociados a este ecosistema, constituyen, la mayor parte del año, una fuente de alimento importante para muchas especies de reptiles, aves y mamíferos.

- Criterio 7. El sitio presenta dos especies de peces endémicos: *Chirostoma humboldtianum*, charal del valle de México, apreciado desde hace décadas en la gastronomía mexicana; y *Algansea tincella*, relicto de cuatro especies ya extintas perteneciente al orden de los ciprínidos (Aranda, 2004).

Actualmente existen numerosos estudios de índole científica realizados por distintas instituciones a nivel mundial sobre Xochimilco. Este trabajo se basa en algunos de ellos para revisar los datos presentados en la Ficha Informativa Ramsar (FIR) de Xochimilco y así llevar a cabo la evaluación ambiental de los criterios. Por ello, los datos que sustentan este trabajo fueron obtenidos principalmente mediante una revisión de gabinete.

Para que Xochimilco siga poseyendo los atributos que, desde el punto de vista de la Convención Ramsar, lo hacen un humedal importante a nivel internacional, es necesario saber cuáles de estos atributos están presentes en el sitio, conocer cómo se encuentran (conservados, deteriorados o ausentes) y generar mecanismos para evitar su pérdida. A medida que conozcamos las características relevantes presentes en el sitio, podremos saber hacia dónde deben ir enfocadas nuestras acciones de conservación. Estas características también nos indicarán los nuevos retos a los que el humedal se enfrenta para que el ecosistema prevalezca para las futuras generaciones. Cabe recordar que Xochimilco aporta beneficios en la calidad de vida no sólo para la región sino para toda la ciudad de México.

Hipótesis

Si los criterios con los que se denominó a Xochimilco como un sitio de importancia internacional por Ramsar siguen vigentes, entonces Ramsar está funcionando como un instrumento de conservación en el humedal de Xochimilco.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el sitio Ramsar Sistema Lacustre “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” con base en los criterios que lo identifican como un Humedal de Importancia Internacional.

Objetivos particulares

- Conocer si existe una tendencia en el cambio de uso de suelo que reduce las zonas destinadas a la práctica de la agricultura tradicional, convirtiéndolas en zonas urbanas.
- Establecer la presencia o ausencia de las especies endémicas y bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la Lista Roja de UICN.
- Conocer si Xochimilco cumple con los requerimientos bióticos y abióticos para sustentar poblaciones de *Ambystoma mexicanum*.
- Conocer el número de especies de aves que existen en Xochimilco así como su origen y tipo de hábitat.
- Determinar la presencia o ausencia de las especies endémicas de peces del sitio.

Sitio de Estudio

La delegación política de Xochimilco se localiza en la parte centro-sureste del Distrito Federal, México. Tiene una superficie de 12,257 hectáreas de las

cuales el 67.3% se considera suelo de conservación ecológica¹ (UNESCO, 2005). Colinda al Norte y Este con las delegaciones políticas Iztapalapa y Tláhuac y al Noreste con las de Coyoacán y Tlalpan (Figura 1).

El Sistema Lacustre “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, está ubicado en las porciones centro y norte de Xochimilco. El polígono denominado como sitio Ramsar coincide con el mismo que fue denominado como Zona Sujeta a Conservación Ecológica Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco. Este sitio fue declarado Área Natural Protegida por Decreto Presidencial (D.O.F., 1986). A su vez, este polígono se encuentra dentro del área denominada Patrimonio Cultural de la Humanidad que corresponde con la Zona de Monumentos Históricos. Las coordenadas geográficas extremas del polígono Ramsar son 19° 15' 11" y 19° 19' 15" Latitud Norte y 99° 00' 58" y 99° 07' 08" Longitud Oeste. La coordenada central aproximada es 19°17' Latitud Norte 099°04' Longitud Oeste. El sitio abarca un área total de 2,657 hectáreas y su altitud promedio es de 2,240 msnm (Figura 2; Aranda, 2004).



Figura 1. Ubicación espacial de Xochimilco en los Estados Unidos Mexicanos y dentro del Distrito Federal. Elaboración propia.

¹ Por Suelo de Conservación se entiende: patrimonio natural del cual depende la sobrevivencia y bienestar de las generaciones futuras del Distrito Federal, ya que esta zona proporcionando bienes y servicios ambientales que permiten la viabilidad de la Ciudad, entre los que se encuentran: la captación e infiltración de agua al manto acuífero, la regulación del clima, el mejoramiento de la calidad del aire, hábitat para la biodiversidad, oportunidades para la educación, investigación y recreación, producción de alimentos y materias primas, entre otros (Corena, 2012).

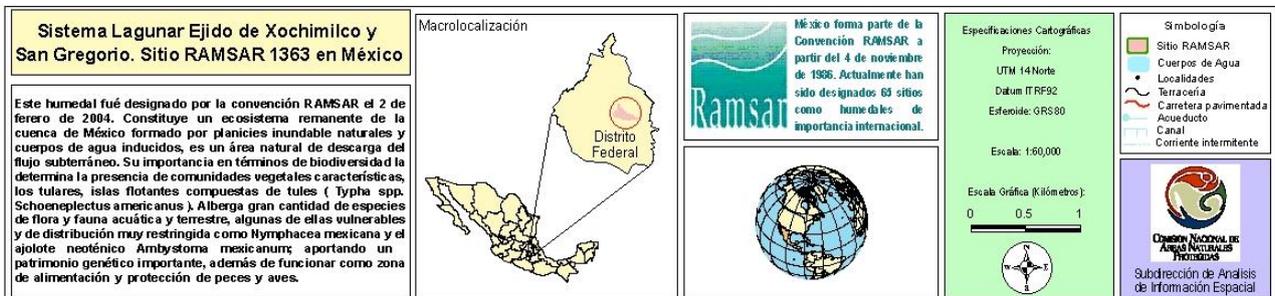
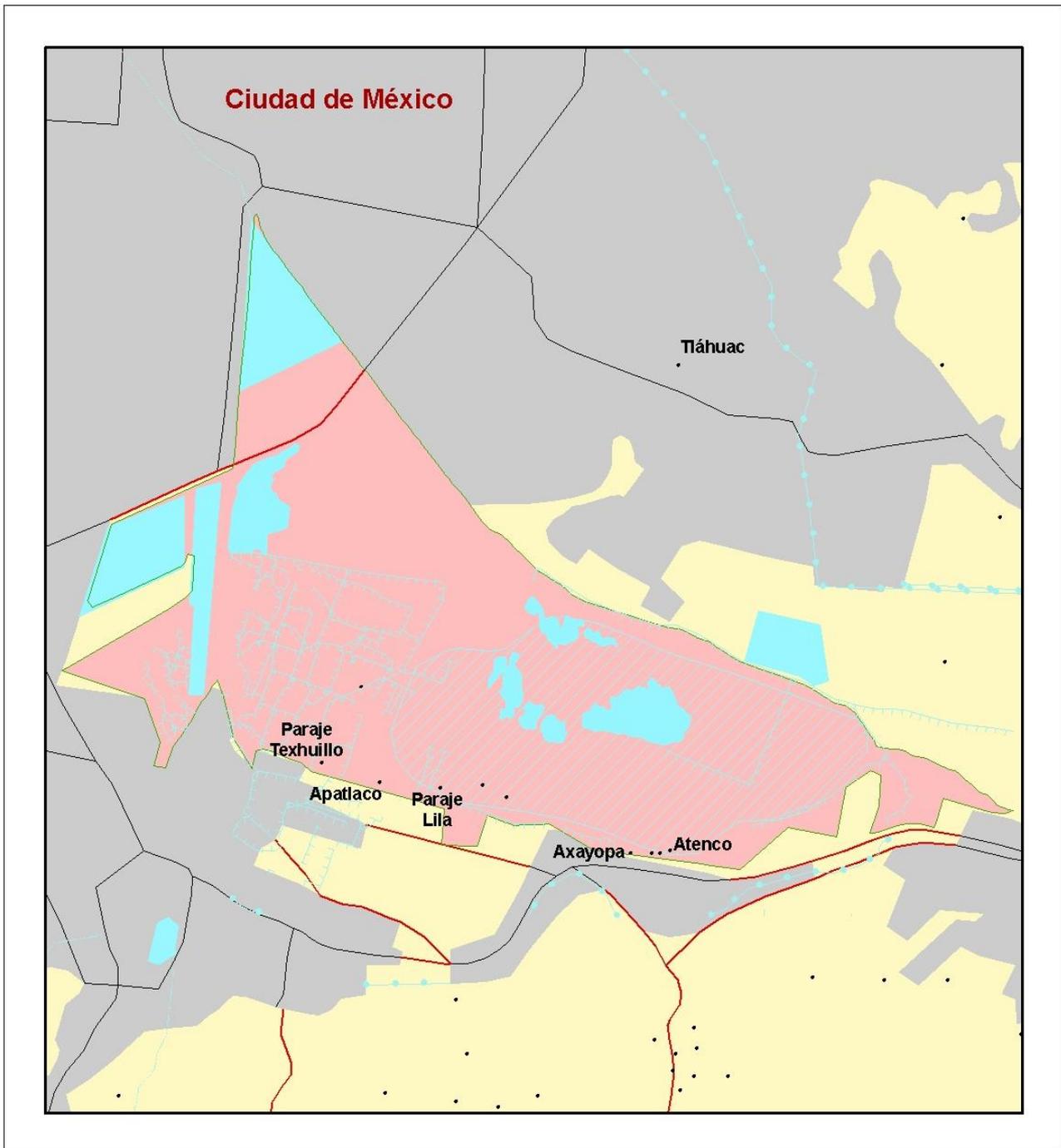


Figura 2. Polígono del sitio Ramsar número 1363 Sistema Lacustre “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” (Ramsar, 2012).

Método

Se revisaron los cuatro criterios con los que se incluyó a Xochimilco en la lista de sitios Ramsar y los atributos que los justifican. Para evaluar la vigencia de los atributos mencionados en cada criterio se tomaron en cuenta algunas características descritas a continuación.

Para el análisis del **Criterio 1** se tomaron en cuenta las consideraciones culturales por las cuales Xochimilco fue declarado Patrimonio de la Humanidad por parte de la UNESCO. Se llevó a cabo una investigación bibliográfica sobre los fundamentos que así lo consideran, además de una revisión histórica en términos de instrumentos de política ambiental desde la proclamación de su importancia por parte del gobierno de México hasta la actualidad.

También se examinaron datos sobre la extensión de la zona agrícola tradicional y se incluyó un análisis sobre la calidad de las chinampas realizado en el Ejido de San Gregorio por González-Pozo en 2010 mediante el mapa que lleva por nombre Índice de Condición Física (González-Pozo, 2010). La información que provee este mapa ayuda a entender la situación en la que se encuentran los atributos por los que el sitio merece su denominación de importancia cultural a nivel mundial. Este mapa se vectorizó utilizando el programa Adobe Illustrator CS2. También se homogenizaron los colores que indicaban la calidad de distintas áreas (rojo: malo, anaranjado: deficiente, amarillo: aceptable, verde: bueno, blanco: sin datos) y posteriormente con el programa Image J se contó el número de píxeles de cada uno de los colores que conformaban la imagen para saber así los porcentajes de las distintas categorías de calidad de las chinampas.

Para analizar el **Criterio 2**, se restringió el número de especies del sitio de estudio a aquellas especies animales que en la FIR se mencionan como endémicas del sitio y bajo alguna categoría de riesgo. Para ello se revisó la situación en la que se encuentran las distintas poblaciones de estos animales de acuerdo con la Lista Roja de la UICN al año 2012. Se tomaron en cuenta las categorías de la Lista Roja debido a que en los lineamientos para la aplicación de los criterios, propuestos en la actualización más reciente de la FIR, se menciona que pueden tomarse en cuenta la legislación o programas de manejo nacionales así como el contexto internacional. Éste último consta de la Lista Roja de la UICN o el apéndice CITES y los Apéndices de la CEM (Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres) (Ramsar, 2012).

Las especies analizadas fueron las siguientes: *Ambystoma mexicanum*, *Rana tlaloci*, *Rana montezumae*, *Phrynosoma orbiculare*, *Thamnophis scaliger*, *Pituophis deppei* y *Anas platyrhynchos diaza*. También se revisó la distribución reportada sobre estas especies para saber si son endémicas para el sitio de estudio o si se distribuyen en un intervalo más amplio.

Para complementar este análisis, se verificó la presencia/ausencia de estas especies mediante únicamente 15 encuestas que fueron utilizadas como respaldo a la información bibliográfica. Estas fueron aplicadas a cinco chinamperos, cinco pescadores y cinco investigadores de la zona lacustre comprendida dentro del polígono del que forma parte el sitio Ramsar ya que estos tres grupos de personas están muy familiarizados con el sitio. Esta encuesta (Anexo II) consistió en dos preguntas de contenido las cuales fueron elaboradas con la ayuda del etnobotánico Juan Blancas quien trabaja en el Jardín Botánico de la UNAM, para saber si los encuestados a), conocían a la especie, y b), si la habían observado en los últimos 10 años. Las especies que se les mostraron a los encuestados mediante fotografías a color impresas en tarjetas de trabajo blancas y con nombres comunes, fueron las siguientes (Anexo III):

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1) <i>Rana montezumae</i> | 6) <i>Anas platyrhynchos diaza</i> |
| 2) <i>Ambystoma mexicanum</i> | 7) <i>Lampropeltis triangulum</i> |
| 3) <i>Pituophis deppei</i> | 8) <i>Ardea herodias</i> |
| 4) <i>Phrynosoma orbiculare</i> | 9) <i>Podiceps nigricolis</i> |
| 5) <i>Thamnophis scaliger</i> | 10) <i>Oreochromis niloticus</i> |

El cuestionario se realizó incluyendo tres categorías de preguntas: de introducción para generar un ambiente de confianza con los encuestados; cerradas y de contenido para obtener la información deseada; y de control para conocer el margen de error de las respuestas por los encuestados (Del Castillo, 2007). Como parte de estas últimas, se presentó a la especie *Lampropeltis triangulum* (falsa coralillo) como especie control cuya ocurrencia se ubica en la zona norte del país y a las especies *Ardea herodias*, *Podiceps nigricolis* y *Oreochromis niloticus* que se distribuyen en el sitio de estudio.

Posteriormente se ubicaron las especies con las que se trabajó dentro de la matriz de sensibilidad propuesta por Watts, Humphrey, Griffiths, Quine y Ray en 2005. En ella se señalan las especies sobre las que son prioritarios los esfuerzos de conservación. Esta matriz se realizó tomando en cuenta los requerimientos de hábitat y la habilidad de dispersión de las especies. Para la primera característica se revisaron las descripciones de la especie dadas por la UICN. En ellas, aparece una sección llamada “hábitat y ecología” para cada especie enlistada. Esta sección fue tomada como base para elaborar la matriz.

Para la segunda característica se tomó en cuenta el número de estados de la República en los que se encuentran presentes estas especies.

Para el análisis del **Criterio 4** se restringieron las especies de estudio al *Ambystoma mexicanum* y a las aves que están presentes en Xochimilco durante al menos una temporada del año. Para ello se revisaron bibliográficamente los factores abióticos y bióticos que requieren las poblaciones de ajolotes (*Ambystoma mexicanum*) para poder desarrollarse de manera adecuada y se compararon con los valores actuales promedio del Sistema Lacustre “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”. Esto con el fin de verificar si la zona aún presenta la calidad suficiente para ser albergue de esta especie endémica. También se analizó el número de especies de aves reportadas para Xochimilco de 1985 a 2005, obteniendo datos de especies residentes, migratorias e introducidas al ecosistema (Tabla 7).

El análisis del **Criterio 7** se llevó a cabo mediante una revisión bibliográfica de las características de las dos especies a las que hace referencia este criterio: los peces endémicos *Chirostoma humboldtianum* y *Algansea tincella*. También se analizaron algunos estudios realizados a partir de 2005 por estudiantes de maestría del Laboratorio de Restauración Ecológica para la elaboración de tesis. Estos resultados forman parte de una base de datos del Laboratorio y fueron obtenidos mediante la recolección de flora y fauna en distintas áreas de Xochimilco. Para analizar estos datos, se tomaron en cuenta únicamente los que corresponden a las especies de peces y así, se constató la presencia/ausencia de individuos de *Chirostoma humboldtianum* y *Algansea tincella*.

Resultados

Xochimilco es el único sitio Ramsar designado en el Distrito Federal y fue inscrito en la Lista de Importancia Internacional el 2 de febrero de 2004, siendo el sitio número 1,363 en el listado. Cuenta con una superficie de 2,657 hectáreas, representando así el 0.00138% de la superficie total de humedales Ramsar en el mundo y el 0.03152% con respecto a la superficie de humedales Ramsar en México.

A continuación se describe lo evaluado para cada criterio:

Criterio 1. Ejemplo representativo, raro o único de humedal natural o casi natural

La cuenca de México, por su característica endorreica, fue originalmente un sistema de valles y lagos en su interior. Ésta ocupa un área de aproximadamente 9,600 km² (Izazola, 2001). Sus características ambientales generaron una serie de hábitat como las costas salobres, suelos aluviales y pantanosos, suelos aluviales someros, suelos aluviales elevados, piedemonte bajo, medio y alto, así como el ambiente montañoso. Estas características convirtieron al sitio en un área con una alta heterogenidad ambiental (Merlín-Uribe, 2009).

La zona lacustre original de la cuenca de México abarcaba 1,500 km². Todos los lagos estaban interconectados y drenaban en el Lago de Texcoco, sin embargo en sequías extremas estaban separados entre sí. Los lagos del norte (Zumpango, Xaltocan y Texcoco) eran salinos mientras que los del sur (Xochimilco y Chalco) eran de agua dulce (Bojorquez *et al.*, 2000). Lo que coloquialmente se conoce como “Lago de Xochimilco”, o de acuerdo con la Convención Ramsar Sistema Lacustre “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, representa, junto con los lagos de Zumpango, Texcoco y Chalco, reminiscencias de los lagos de la cuenca de México (Figura 3). La desaparición de algunos lagos así como la reducción de las superficies de los demás, se debió principalmente a la infraestructura destinada a impedir las inundaciones en la ciudad de México. También contribuyó la presión de la mancha urbana (Valek-Valdés, 2000; Contreras, 2012).

Xochimilco ejemplifica una zona ambientalmente valiosa como zona de descarga natural donde el flujo de agua subterránea emerge como manantiales en la superficie del terreno y en el lecho de los cuerpos de agua (Durazo y Farvolden, 1989), lo que da origen a una variedad de procesos ambientales relacionados con el flujo del agua subterránea (Ángeles-Serrano, 2008). La excelente calidad de agua de las descargas naturales en la subcuenca Xochimilco-Chalco, se conservó hasta mediados del siglo XX (Durazo y Farvolden 1989). Sin embargo, tras haberse agotado los manantiales que alimentaban a Xochimilco y para evitar el desecamiento del lago y los canales, se comenzó a aportar al sitio de agua tratada proveniente de las plantas de tratamiento de Cerro de la Estrella en Iztapalapa, San Luis Tlaxialtemalco en Xochimilco y San Lorenzo, en Tláhuac (UNESCO, 2006). Este reemplazo de las recargas naturales por agua de mala calidad, aunado a las descargas clandestinas de agua doméstica que aumentan con la urbanización del sitio (Larregui, 2004), ha sido un factor de cambio en la calidad de agua de Xochimilco. Además, hay indicios de que existe un creciente deterioro de la calidad del agua subterránea que se extrae y que es potencialmente dañina a la salud de la población (Ángeles-Serrano *et al.*, 2008). Debido a estos cambios, la necesidad de monitorear la calidad del agua en los mantos freáticos y de investigar fuentes potenciales de contaminación, es cada vez más urgente (Mazari-Hiriart y MacKay, 1993).

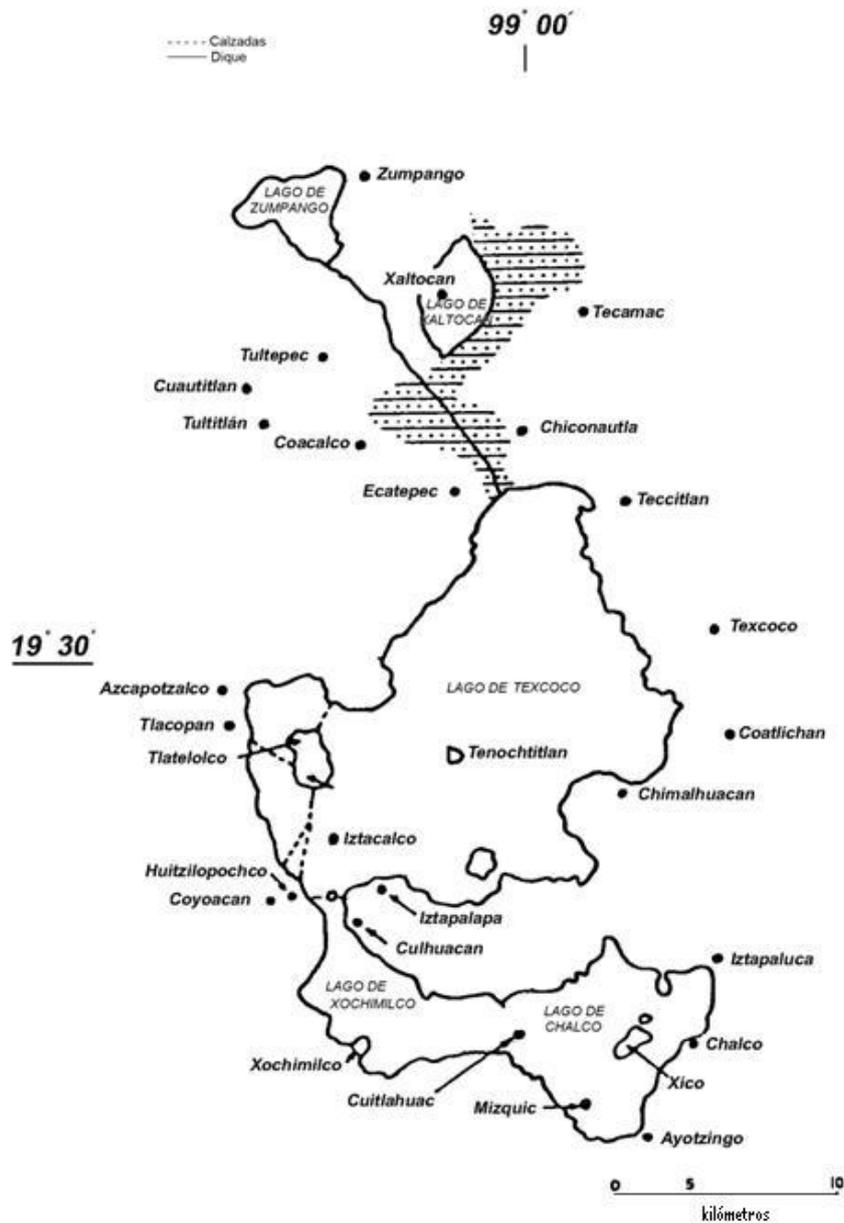


Figura 3. La cuenca de México, alrededor del año 1500: áreas lacustres y pueblos principales. Modificado de Rojas-Rabiela, 1998.

Como parte de los resultados del análisis de este criterio, se mencionan aquellos elementos del marco internacional que hacen referencia a la preservación del sitio como un bien cultural y natural. En 1936 Xochimilco fue declarado Zona Típica y Pintoresca (Delgadillo, 2009), figura que en tiempos del presidente Lázaro Cárdenas del Río pretendía proteger el patrimonio cultural y ambiental así como mejorar las condiciones del pueblo (se construyeron un mercado, escuelas y vialidades). El 4 de diciembre de 1986 se decretó Zona de Monumentos Históricos en conjunto con Tláhuac y Milpa Alta, abarcando una superficie total de 89.63 km² (D.O.F., 1986) bajo el fundamento de que la zona representa sitios de interés histórico, de avances técnicos, sociales y económicos, además de que posee agua subterránea que ha

suministrado de agua a la ciudad de México (Aranda, 2004). Posteriormente y una vez que la importancia de la zona fue declarada por el gobierno mexicano, Xochimilco fue inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial como parte integral del bien Centro Histórico de la Ciudad de México y Xochimilco bajo los criterios culturales (I) (II) (IV) y (V) de la UNESCO. En términos generales, dichos criterios se describen a continuación:

- (I) Representar una obra maestra del genio creativo humano.
- (II) Testimoniar un importante intercambio de valores humanos a lo largo de un periodo de tiempo o dentro de un área cultural del mundo, en el desarrollo de la arquitectura o tecnología, artes monumentales, urbanismo o diseño paisajístico.
- (IV) Ofrecer un ejemplo eminente de un tipo de edificio, conjunto arquitectónico o tecnológico o paisaje, que ilustre una etapa significativa de la historia humana.
- (V) Ser un ejemplo eminente de una tradición de asentamiento humano, utilización del mar o de la tierra, que sea representativa de una cultura (o culturas), o de la interacción humana con el medio ambiente especialmente cuando éste se vuelva vulnerable frente al impacto de cambios irreversibles (UNESCO, 2008).

El último criterio, (V), es el que identifica a Xochimilco en la evaluación elaborada en 1987 por el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios ICOMOS, como: "...un ejemplo destacado de la utilización de las tierras en la zona lacustre del valle de México, representativo de una cultura que es vulnerable debido a mutaciones irreversibles" (UNESCO, 2006). "Como consecuencia, el Gobierno del Distrito Federal publicó el Plan de Rescate Ecológico de Xochimilco en el año de 1989, con el objetivo de revertir la degradación ecológica propiciada por la sobreexplotación del sistema de acuíferos, incentivar la producción agrícola, contribuir a la ampliación de espacios verdes y de recreación para la zona con lo cual se expropiaron más de mil hectáreas para tal fin (Meléndez-Herrada y Romero, 2006).

En 1992, Xochimilco se decretó como Zona Sujeta a Conservación Ecológica debido a su necesidad de protección, conservación, mejoramiento, preservación y restauración de sus condiciones ambientales (D.O.F., 1992). No obstante, durante esa década se aplicaron distintos programas que privilegiaron la realización de obra pública (mercado, zona deportiva, embarcadero y lago artificial), en lugar de recuperar las chinampas y la actividad agrícola lacustre, y de enfrentar los hundimientos de suelo diferenciales generados por el exceso de extracción de agua del subsuelo, la

contaminación de canales de agua y el avance de los asentamientos irregulares (Delgadillo, 2009).

Sin embargo, es hasta 2004 cuando el sitio se incluye dentro de la Lista de Humedales de Importancia Internacional de la Convención Ramsar, con lo que adquirió la denominación de “Sistema Lacustre Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, logrando una clara y fuerte connotación de conservación para la biodiversidad” (Meléndez-Herrada y Romero, 2006).

Chinampas

Desde el punto de vista tecnológico, las chinampas son una forma de suelo artificial construido con estacas, lodo y céspedes, sobre ciénegas de poca profundidad, y cuyo uso es predominantemente agrícola (UNESCO, 2006). En otras partes del mundo existieron también sistemas agrícolas similares como los campos elevados prehispánicos de Bolivia, Perú, Guyana, Suriname y Venezuela que fueron construidos en tierras bajas susceptibles a inundaciones. No obstante, en la actualidad éstos sólo son paisajes culturales *fósiles* ya que no son cultivados, a diferencia de las chinampas de Xochimilco. Además, las chinampas se construyeron a manera de ganar espacio de cultivo al lago, lo cual es un logro análogo con algunos sitios en los Países Bajos² aunque por razones obvias de contexto cultural, ambiental y de uso, no son comparables directamente con Xochimilco (UNESCO, 2006).

De acuerdo con la UNESCO, existen tres sitios que comparten características con la zona chinampera de Xochimilco:

1. El Marais Audomarois en Francia (Figura 4) es una zona cenegosa en la región de Nord Pas-de-Calais en la que se practica la agricultura a través de 700 km de canales construidos alrededor del siglo IX d.C.



Figura 4. Paisaje del Marais Audomarois en el Parque Natural Regional Caps et Marais d'Opale, Francia. Tomado de: <http://www.tourisme-saintomer.com/vis-mar.htm>

² “Droogmakerij de Beemster” y “Schokland y alrededores”, ambos sitios en Holanda e inscritos en la Lista de Patrimonio Mundial.

2. Los jardines flotantes del Lago Dal situados al pie de las montañas de Zaberwan en Cachemira. El sistema utilizado es muy similar al de las chinampas, con la diferencia de que los *jardines* no se asientan en el fondo del lago sino que se mueven como balsas.
3. Las Terrazas de Arroz en Filipinas (inscritas como Patrimonio de la Humanidad en 1995), donde el sistema agrícola necesita constante atención y uso para poder sobrevivir (UNESCO, 2006).

Xochimilco, además de ser un sitio agrícola que aporta conceptos y tecnologías ancestrales en el manejo de agua, es una excelente representación del concepto de agricultura urbana como pocos sitios en el mundo contemporáneo (UNESCO, 2006). Otros espacios mexicanos comparables a Xochimilco en este sentido son Iztapalapa, en la misma cuenca de México y San Mateo Atenco en la ciénega del río Lerma al sur del Valle de Toluca. Sin embargo, éstos han perdido sus valores al haberse drenado los cuerpos de agua que los alimentaban (UNESCO, 2006). Xochimilco ha sobrevivido debido a que ha sido fundamental en la construcción de una sociedad y sobresale en la actualidad a pesar de su incorporación a la ciudad de México. Además, este tipo de humedal manejado por el ser humano es considerado uno de los sistemas agrícolas más diversos y productivos conocidos hoy en día (González-Pozo, 2010), ya que aprovecha el medio físico en su totalidad, incluyendo la flora y la fauna presentes en los humedales (Jiménez-Osornio y Gómez-Pompa, 1987).

La introducción de la agricultura en la cuenca de México trajo consigo la transformación gradual del modo de vida de sus habitantes, una transformación que facilitaría el desarrollo de sistemas de asentamientos y que culminaría con el florecimiento de las ciudades (González-Pozo, 2010). La rápida propagación del sistema de agricultura chinampera ocurrió al mismo tiempo que floreció el Imperio Azteca. Existen estudios que datan la formación masiva de chinampas entre los años 1426 y 1467 d.C. (Calnek, 1972). Además hay indicios de que las chinampas no solamente existieron en lo que ahora es Xochimilco sino también en Xaltocan, Texcoco, Iztapalapa y en una limitada zona alrededor de la capital azteca Tenochtitlán (Ávila-López, 1992).

Antes de la introducción de las especies de hortalizas europeas como el nabo, la cebolla, el cilantro, la lechuga, la zanahoria, el cilantro y el betabel, entre otros, el principal cultivo al que se destinaba la chinampa era el maíz, el cual se producía con fines de autoconsumo (Merlín-Uribe, 2009; Canabal, 1991). Sin embargo, el cultivo de otras plantas tales como jitomate, amaranto, calabaza, chía, chile, frijol, quelites (epazote, huahuzontle, romeritos) y flores de ornato, también era importantes porque eran altamente demandadas en los mercados prehispánicos (González-Pozo, 2010). El cultivo tradicional se realizaba mediante el chapín, y la disponibilidad de los productos variaba de

acuerdo a los cambios en el régimen hidrológico y la demanda que estos productos tuvieran en los mercados (Merlín-Uribe, 2009; Figura 5).



Figura 5. Uso de chapín en las chinampas.

A lo largo de la historia de México, pueden identificarse varios promotores de cambio en las condiciones biofísicas, ecológicas y socioeconómicas del entorno chinampero. Este cambio fue dado tras la invasión y conquista por los españoles, quienes tenían una tendencia a habitar ambientes secos, preferencia evidenciada con las constantes obras de drenaje de los lagos que formaban parte de la cuenca, generando cambios irreversibles en el paisaje lacustre (Valek-Valdés, 2000). Este proceso inició a principios del siglo XVII, reconfigurando así el espacio de la cuenca de México. Esto dio como resultado el inicio de la expansión de la ciudad de México y el colapso del sistema chinampero (Merlín-Uribe, 2009).

Al expandirse la ciudad de México, también aumentó la demanda de agua y a principios del siglo XX, el agua de los manantiales de Xochimilco fue dirigida por un acueducto a la ciudad. Este se construyó entre 1909 y 1914 (Porras, 2001), dejando a los pueblos que se beneficiaban del recurso sin agua para cubrir sus necesidades (Valek-Valdés, 2000). Gradualmente, algunos de los canales principales que eran vías de comunicación y transporte de mercancías, como el de la Viga y el Gran Canal, fueron rellenados o sustituidos por caminos. Sin el agua en los canales, la actividad chinampera de Iztacalco e Iztapalapa comenzó a ser abandonada y la tierra ahora ociosa, fue vendida o expropiada para uso urbano (Merlín-Uribe, 2009).

A partir de la desecación de los lagos, el territorio quedó disponible ante la creciente población, y los promotores de la urbanización se hicieron presentes. La construcción de infraestructura urbana y vías de comunicación

promovió la urbanización de la porción sur de la cuenca de México, que para mediados del siglo XX constituía el último remanente de chinampas. Los que en algún momento hubieran sido suelos agrícolas, fueron abandonados por la disponibilidad de mejores oportunidades de empleo en la ciudad. Esto dio paso a la venta legal e ilegal de terrenos que tras ser fraccionados, conformaron las colonias populares de Xochimilco (Merlín-Uribe, 2009).

La demanda de espacios de uso habitacional producto de la migración del centro de la ciudad a la periferia, ejerció fuerte presión sobre el suelo de conservación. Esta necesidad de vivienda se aprecia actualmente en la cantidad de asentamientos irregulares que hay en el sitio (Figura 6). En 2004 se calculaba que de los 518 asentamientos irregulares que se encontraban en la delegación, 11.6% estaban dentro del Área Natural Protegida (ANP) (Merlín-Uribe, 2009). La urbanización irregular no es exclusiva de la población de bajos recursos y abarca la ocupación de suelo urbano o de conservación ecológica, la violación de la normatividad urbana o del medio ambiente, y diversas formas de acceso al suelo (invasión, compraventa ilegal de tierra de propiedad ejidal, comunal o privada) (Delgadillo, 2009).



Figura 6. Asentamientos irregulares alrededor de la cuenca lechera de Xochimilco.

El impacto de la urbanización no es sólo físico: en el año 2005 sólo el 3% de la población se dedicaba a la agricultura, el 95% de las chinampas del centro de Xochimilco estaban abandonadas y varias chinampas improductivas habían sucumbido al mercado inmobiliario irregular (Delgadillo, 2009). Además, se ha visto que los cambios de uso de suelo agrícola o de humedal a uso de suelo urbano, ocurren mediante categorías transicionales que incluyen agricultura de invernaderos y abandono de las chinampas. Estos cambios son a menudo permanentes, por ello es necesaria la implementación de políticas

públicas enfocadas a proteger hábitats valiosos urgentemente (Merlín-Uribe, *et al.*, 2012).

Las plagas también han generado impactos en la zona (Filip y Dirzo, 1985). Especies como el gusano de bolsa (*Malacosoma incurvum*) que es un defoliador y el muérdago verdadero (*Cladocolea loniceroides*) que invade y parasita el tallo principal y las ramas del ahuejote, han aumentado su densidad poblacional (Corena, 2012). Esto ha causado la muerte de la vegetación arbórea, lo cual ha provocado procesos de erosión, azolvado de los canales y la degradación del paisaje chinampero y en consecuencia de los servicios ecosistémicos que ellos proveen a la ciudad (Merlín-Uribe, 2009). En Xochimilco no se atiende la problemática agrícola lacustre y las chinampas son restauradas como lo que no son: “jardines flotantes” para la recreación de turistas (Delgadillo, 2009). Esta “recuperación” y restauración de chinampas en la zona turística consiste en la siembra de ahuejotes, estacado y colocación de señalizaciones. Ello mejora en cuestiones de estética a las chinampas, sin embargo no las recupera como unidades de producción agrícola (Delgadillo, 2009).

La técnica chinampera se encuentra en un proceso de transición hacia una agricultura más tecnificada y en consecuencia hacia la urbanización del área. Este proceso está caracterizado por el aumento de la agricultura de invernaderos y el abandono de la agricultura de chinampas, lo cual ha degradado el ecosistema lacustre (Merlín-Uribe *et al.*, 2012). La actividad agrícola tradicional ya no es atractiva para una población mayoritariamente pobre. Las nuevas generaciones tampoco consideran a la agricultura como una actividad relevante (Delgadillo, 2009). Así, la importancia económica de la agricultura está disminuyendo. De hecho, la población rural que trabaja en la zona metropolitana está aumentando. Como consecuencia, los campos agrícolas han sido abandonados y remplazados por desarrollos urbanos (Bojórquez *et al.*, 2000). Consecuentemente, esta urbanización de la ciudad de México ha afectado no solamente al ecosistema sino a su legado cultural (Merlín-Uribe *et al.*, 2012).

La disminución en la productividad de aquellos terrenos aún aptos para cultivo, obliga a los chinamperos a utilizar agroquímicos en sustitución de las técnicas tradicionales, lo cual aumenta el potencial de contaminación por plaguicidas y fertilizantes (Ángeles Serrano *et al.*, 2008; Delgadillo, 2009). Principalmente, la contaminación por agroquímicos ha afectado de manera riesgosa a la calidad del agua: los pesticidas y herbicidas utilizados en la agricultura de invernaderos se lixivian directamente a los canales, lo que reduce la calidad del agua (Torres-Lima y Burns, 2002). Estos agroquímicos incluyen fertilizantes, plaguicidas, hormonas y antibióticos que, sumados a procesos de eutrofización, se manifiestan en un acelerado crecimiento de

vegetación acuática. La alta densidad de ésta dificulta la circulación en canales y reduce la capacidad de oxigenación del agua. Asimismo, se han detectado coliformes fecales en el agua del sitio (Cifuentes, *et al.*, 2002; Merlín-Uribe, 2009). La mala calidad del agua es un factor que limita la actividad agrícola tradicional ya que la chinampería requiere de agua de buena calidad a su alrededor (Delgadillo, 2009).

Se calcula que en 1999 existían 200 km de canales en Xochimilco (Parrodi, 1999). En el año 2005 se calculó que existían 176 km de canales (UNESCO, 2005), sin embargo en 2006 se calculó que en la zona de chinampas existían aproximadamente 189 km de canales (Merlín-Uribe, 2009). Respecto a la superficie chinampera, hace aproximadamente 50 años existían 70 km², mientras que hacia el año 2002 se reporta una superficie aproximada de 25 km² (Garzón-Lozano, 2002). Esta superficie continuó disminuyendo y en 2006 existían sólo 22 km² ó 2,200 ha (UNESCO, 2006) de las cuales una gran proporción mostraba tendencias a un cambio de uso de suelo (Merlín-Uribe, 2009). De acuerdo con la UNESCO (2006), la superficie chinampera pierde cada año aproximadamente 29.6 ha. La tendencia a drenar o rellenar los últimos cuerpos de agua es un proceso activo cuyo principal objetivo es recuperar o extender la superficie para fines agrícolas o urbanos (Valek-Valdés, 2000). Mediante este proceso se han fusionado las chinampas, perdiendo así uno de sus principales elementos, los canales. La consecuente escasez de sedimento y vías de transporte han limitado el uso del chapín, sustituyéndolo por sistemas y métodos de germinación modernos (Merlín-Uribe, 2009).

Otro aspecto que dificulta la conservación del suelo chinampero es la existencia de grupos con afinidades políticas que usan el Suelo de Conservación y su cambio de uso como bandera política, promoviendo asentamientos irregulares y su consecuente regularización (Merlín-Uribe, 2009). La compleja problemática que se deriva del impacto de la urbanización, del abandono de la actividad agrícola tradicional y de las contradictorias y limitadas políticas públicas carentes de un eje de transversalidad que se han impulsado para conservar este territorio, paradójicamente han contribuido a su destrucción. Ello ha implicado la pérdida de las actividades rurales en favor de las actividades turísticas, recreativas y urbanas (Delgadillo, 2009).

En el estudio llevado a cabo en 2010 por González y colaboradores, se determinó la condición de las chinampas. El sitio de estudio se ubicó en San Gregorio Atlapulco donde aún se conservan rasgos de la chinampería tradicional, además de ser una de las zonas mejor conservadas y más productivas (Figura 7).



Figura 7. Fotografía satelital de la superficie representada en el mapa de González-Pozo el día 28 de diciembre de 2009. Obtenido de Google Earth.

Se analizaron 18 ha de las aproximadamente 300 ha que tiene este ejido. Esto corresponde al 0.67% de la superficie total del sitio Ramsar. Asimismo, se procuró que los canales estuvieran lo suficientemente comunicados y para ello se escogió un paraje ubicado, por un lado, al sur de la confluencia entre los canales de El Bordo y San Sebastián, y por otro, colindando con el Canal Nacional. En estos estudios se obtuvieron diversos mapas en los cuales se hacía énfasis en algún aspecto en específico. El mapa que corresponde al Índice de Condición Física fue obtenido mediante el porcentaje de número de cauces navegables, el porcentaje de árboles sanos y las características de los bordes respecto de su condición óptima (González-Pozo, 2010; Figura 8).

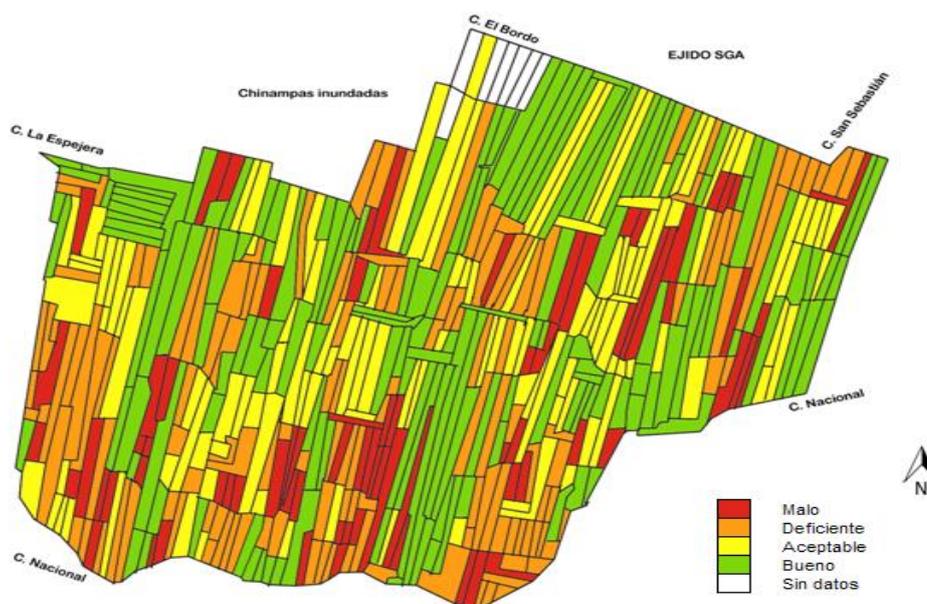


Figura 8. Índice de la condición física de las chinampas de Xochimilco (Modificado de González-Pozo, 2010).

Mediante el conteo de píxeles de cada color se obtuvo la siguiente tabla:

Color	Categoría	No. de píxeles	Porcentaje
Rojo	Malo	17,854	12%
Naranja	Deficiente	35,600	23%
Amarillo	Aceptable	36,364	24%
Verde	Bueno	58,328	38%
Blanco	Sin datos	4,340	3%

Tabla 2. Porcentaje de superficie coloreada en el mapa con respecto a cada categoría.

Debido a la carencia de datos suficientes para evaluar a todo el sitio con este mismo método, se extrapolaron estos datos a toda la superficie chinampera de la que se tiene registro hacia el año 2006 (2,200 ha) y se realizó una determinación rápida del estado actual de las mismas. De acuerdo con los resultados, aproximadamente 770 ha están comprendidas dentro de las categorías malo y deficiente, mientras que 1,364 ha quedan como bueno o aceptable.

A pesar de que en este remanente aún se puede ver la forma y aspecto general que tenían las antiguas chinampas, el proceso de sustitución de éstas y su entorno comienza a manifestarse. La influencia de la agricultura de invernaderos de poblados circundantes ha generado en los agricultores una preferencia hacia este tipo de cultivo. La razón aparente de esto es la retribución económica que genera la producción, además de que ésta puede ser mediada por un control eficiente de las variables biofísicas, el uso de agroquímicos, insumos y capital externo (Merlín-Urbe, 2009). Posiblemente como parte de esta influencia, los chinamperos han comenzado a incorporar a su técnica tradicional elementos de agricultura industrial. Es común ver elementos modernos como motobombas para riego, plásticos agrícolas, agroquímicos, sistemas de fumigación mecanizados y uso de semillas mejoradas (Merlín-Urbe, 2009).

En la actualidad, el sistema de agricultura de invernaderos es la segunda actividad agrícola de la delegación Xochimilco. En toda su extensión, para el año 2005 existían 2,058 invernaderos lo cual representaba el 88.6% del total en el D.F. Estos están dispersos en toda la delegación y la cifra continúa incrementándose (Merlín-Urbe, 2009). Este cambio tecnológico ha favorecido a la agricultura con aportes positivos en términos de rendimientos y disminución de mano de obra, la diversificación de actividades agrícolas y el fomento de la agricultura como medio para preservar el suelo de conservación, sin embargo también tuvo impactos negativos ya que aparentemente no resolvió la

problemática ambiental, sino que además generó una desvinculación del agricultor con el significado cultural de las chinampas (Merlín-Uribe, 2009).

La mayoría de los cambios de uso de suelo que ocurren en Xochimilco, afectan a los servicios ecosistémicos que este humedal proporciona a la ciudad de México. Estos son: suministro de alimentos, calidad del aire, condiciones favorables de clima, productividad del suelo, prevención de inundaciones, suministro de agua, lazos culturales de la población local, valores estéticos y de recreación (De Groot *et al.*, 2002). Por lo tanto, entender el cambio de uso de suelo en Xochimilco es fundamental para predecir los cambios en los servicios ambientales que pueden afectar a toda la ciudad (Merlín-Uribe *et al.*, 2012).

Criterio 2. Sustento de especies Vulnerables, en Peligro o en Peligro Crítico

La Lista Roja de UICN presenta la siguiente estructura de categorías en las que se incluyen diferentes especies (Figura 9).

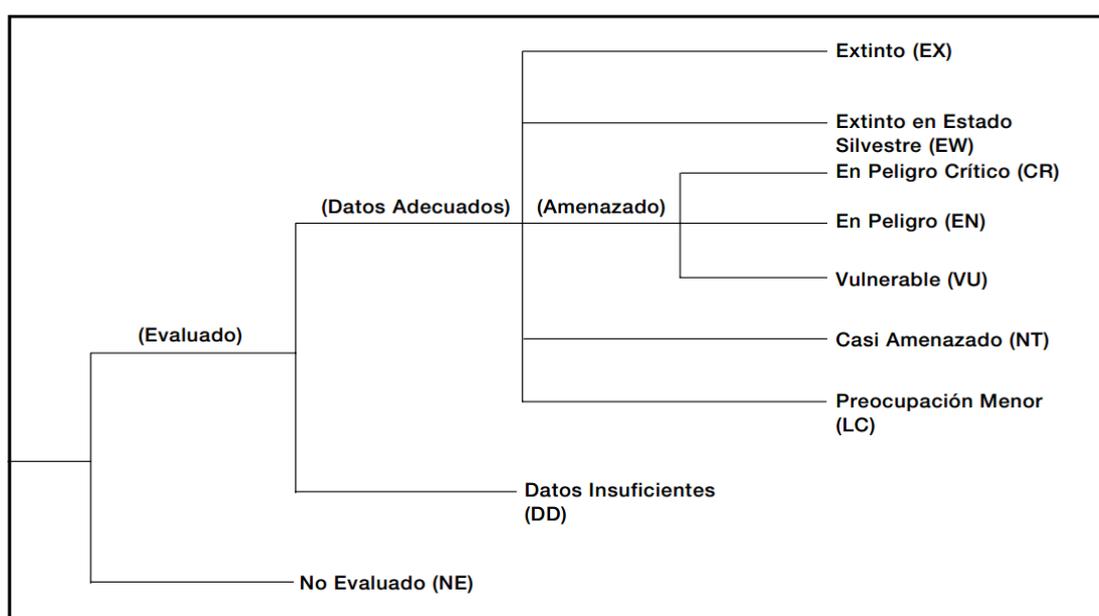


Figura 9. Estructura de las categorías de UICN

La extinción es un proceso estocástico. Así, adjudicar a un taxón una categoría de alto riesgo de extinción implica una mayor expectativa de extinción y, dentro del margen de tiempo considerado, es de esperar que se extinga un mayor número de taxones incluidos en una categoría mayor de amenaza, que aquellos que se encuentran en una menor (en ausencia de actividades efectivas de conservación). Todas las categorías de la Lista Roja de UICN son incluyentes, es decir, los taxones clasificados como en Peligro Crítico se suponen como Vulnerables y en Peligro, y todos aquellos que se encuentran

como en Peligro lo están también como Vulnerables. Estas tres categorías se consideran como “Amenazadas” (UICN, 2001).

A continuación se presentan los resultados de este análisis, los cuales se basan en las siete diferentes especies que se revisaron:

Ambystoma mexicanum

El ajolote *Ambystoma mexicanum*, es una especie que continúa presente en algunos de los canales de Xochimilco. Sin embargo, sus poblaciones han disminuido drásticamente en los últimos 10 años (Contreras *et al.*, 2009). De acuerdo con la UICN, la especie se encuentra en Peligro Crítico desde el año 2006, pasando por una serie de categorías previas que van desde 1986 cuando se le consideró como una especie Rara por el Centro de Monitoreo de Conservación de la UICN y Vulnerable de 1996 a 2004 (Zambrano *et al.*, 2007). Entre las principales amenazas que presenta el hábitat de estos anfibios, están la desecación y la contaminación del sistema de canales y lagos de Xochimilco y Chalco como resultado de la urbanización de la zona. La especie también se captura con fines medicinales, así como para ser vendido como mascota, aunque existe la probabilidad de que en la actualidad los animales que son mascotas provengan ya de poblaciones cautivas (Sciences-Hernández *et al.*, 2006).

Otra gran amenaza es la presencia de dos especies exóticas de peces introducidas al sistema lacustre como parte de un programa gubernamental de acuicultura durante la segunda mitad del siglo pasado (Zambrano *et al.*, 2010). Estas especies son la carpa (*Cyprinus carpio*) y la tilapia común (*Oreochromis niloticus*), cuyas poblaciones han aumentado drásticamente en los últimos años (Zambrano, 2005). La carpa afecta indirectamente al ajolote por la alteración de factores físicos como la turbidez, mientras que ambas especies afectan al ajolote de forma directa mediante la competencia por alimento (Valiente, 2006; Valiente, 2010). Estos peces han afectado a los ajolotes debido a que ambas ocupan un nicho más grande que el del ajolote (Zambrano, 2005).

Rana tlaloci

Esta especie fue nombrada en honor a Tláloc, dios azteca del agua, la lluvia y el trueno. Fue descrita por Hillis y Frost (1985) y el holotipo que utilizaron fue una hembra adulta colectada en Xochimilco en marzo de 1981. Comúnmente se le conoce como Rana Tláloc y su distribución histórica se reporta para toda la cuenca de México, sin embargo, los autores mencionan que para ese año la especie se encontraba únicamente en Xochimilco. También se reportaba que la especie podría estar en peligro de extinción debido a la contaminación de su hábitat y al crecimiento de la ciudad de México. Ya para 1994 se consideraba como una especie que estaba extinta, esto es, 10 años antes de que fuera

incluida dentro de los criterios para denominar a Xochimilco como un sitio Ramsar (Santos-Barrera *et al.*, 2004).

De acuerdo con Carrillo (2006), la especie *Rana tlaloci* se encuentra extinta. No existen fotografías de calidad disponibles que puedan servir como referencia visual de la especie, y la única imagen que se pudo obtener (D. Hillis, comunicación personal, 4 de abril de 2012), es de calidad muy precaria (Anexo IV). Además no ha aparecido en los muestreos realizados por parte del Laboratorio de Restauración Ecológica y no existen especímenes en las colecciones biológicas del Instituto de Biología de la UNAM. Tampoco se han reportado avistamientos de individuos de esta especie desde que la misma fue descrita en 1985. Cabe mencionar que su nombre científico actualizado es *Lithobates tlaloci* y de acuerdo con la UICN es una especie catalogada como en Peligro Crítico debido a que su presencia ocurre en una zona menor a 100 km². El crecimiento rápido e intenso de la metrópoli, con su alta tasa de urbanización, ha provocado la desaparición del hábitat adecuado conocido para esta especie. Su posible distribución está severamente fragmentada y hay una constante disminución en el alcance y la calidad de su hábitat alrededor de la ciudad de México (Santos-Barrera y Flores-Villela, 2004).

Rana montezumae

La especie *Lithobates montezumae* o *Rana montezumae* como se cita en la FIR, es una especie que se encuentra catalogada en la categoría de Preocupación Menor en la Lista Roja de la UICN. Esta especie está presente en el extremo este de Jalisco y Michoacán y continúa por el Este a través del Estado de México, Distrito Federal, Morelos y Tlaxcala, y hacia el Norte por Hidalgo y Querétaro, y al Sur por San Luis Potosí. Recientemente, se ha observado que sus poblaciones han declinado. La desecación y la alteración de las condiciones ecológicas originales pueden afectar a las poblaciones de esta especie, sin embargo, parece ser resistente a un grado de degradación del hábitat ya que se encuentra a menudo cerca de los asentamientos humanos (Santos-Barrera y Flores-Villela, 2011).

Phrynosoma orbiculare

La especie *Phrynosoma orbiculare* o lagartija cornuda de montaña, se encuentra dentro de la Lista Roja de la UICN en la categoría de Preocupación Menor debido a su amplio rango de distribución y sus grandes números poblacionales; su tendencia poblacional es estable. La principal amenaza de la que es objeto es la fragmentación de su hábitat por el cambio en el uso de suelo. No obstante, esto no parece afectar lo suficiente a las poblaciones de esta especie como para incluirla en una categoría de riesgo mayor (Mendoza-Quijano *et al.*, 2007).

Esta especie está muy extendida en México: desde el Sur de Chihuahua y Sinaloa, a lo largo de Durango, Coahuila, Zacatecas, Jalisco, Aguascalientes, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Guanajuato, Estado de México, Distrito Federal, Morelos, y desde el Centro al Este por Veracruz, Puebla, Tlaxcala y al oeste de Guerrero. Sin embargo, se necesitan más estudios de la taxonomía, distribución, abundancia, ecología y amenazas para esta especie. Las poblaciones deben ser monitoreadas para registrar los cambios en su abundancia y distribución (Mendoza-Quijano *et al.*, 2007).

Thamnophis scaliger

Especie comúnmente conocida como culebra listonada de montaña, se encuentra en la categoría de Vulnerable desde 2007, de acuerdo con la UICN. Esto se debe a su baja tasa de ocurrencia y a la disminución de su hábitat. Esta especie es endémica de la zona centro de México. Se ha registrado en Michoacán, Aguascalientes, Estado de México y Distrito Federal, y su número poblacional presenta una tendencia al decremento (Canseco-Márquez *et al.*, 2007).

La especie está asociada con arroyos y pequeños cañones en praderas semiáridas secas, matorrales y bosques del género *Quercus* spp. Se puede encontrar en hábitat secundarios, incluyendo las zonas agrícolas, tales como pastizales para el ganado. Está amenazada por la conversión de grandes extensiones de hábitat para el uso agrícola. En la actualidad hay una necesidad de establecer áreas protegidas para esta especie y se necesitan más investigaciones sobre la ecología e historia natural de esta especie” (Canseco-Márquez *et al.*, 2007).

Pituophis deppei

Popularmente conocida como cincuate, esta especie se encuentra en la categoría de Preocupación Menor en vista de su amplia distribución en México, su presunta gran población y de la escasa probabilidad de que ésta disminuya lo suficientemente rápido como para incluirla en una categoría más amenazada. Esta especie es endémica de México y se presenta en los estados de Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Querétaro, Veracruz, Zacatecas y Distrito Federal. Habita en los bosques de pino y encino, matorral, praderas, tierras de cultivo, plantaciones principalmente de maíz, áreas suburbanas y urbanas (Hammerson *et al.*, 2007).

Anas platyrhynchos diaza

Existe un debate en el que no se define si el pato mexicano corresponde a *Anas platyrhynchos diaza* (siendo una subespecie de la especie *Anas platyrhynchos*) o a *Anas diazi* (como especie). Esta discusión existe desde 1945 (Pérez-Arteaga *et al.*, 2002). De acuerdo con las resoluciones propuestas

en 2010 (específicamente en la 2010-B-6) por la Unión Americana de Ornitólogos (AOU), una autoridad aceptada para nombrar a las aves, no se reconoce a la especie *Anas diaza* como tal (AOU, 2010), sin embargo, en este trabajo se reconocen ambos nombres, haciendo referencia al pato mexicano.

En 2002, Pérez-Arteaga y colaboradores analizaron las tendencias poblacionales del pato mexicano (*Anas diazi*) desde 1960 hasta el 2000. Mediante este análisis se evidenció un aumento en la tendencia poblacional total de la especie en México, enfocándose principalmente a zonas del Altiplano Central. Las poblaciones de esta ave parecen estar aumentando con la disponibilidad de hábitat agrícola, ya que esto proporciona una mayor disponibilidad de recursos alimenticios y de hábitat a la especie. Las prácticas agrícolas han desplazado a la vegetación natural de diversos sitios con cultivos, y los estanques naturales se han modificado. Al parecer esto ha sido beneficioso para las poblaciones de patos mexicanos, que aprovechan los humedales modificados como sitios de reproducción (Pérez-Arteaga *et al.*, 2002).

En la Lista Roja de UICN, la especie *Anas diazi* no aparece como evaluada, sin embargo, sí se presentan reportes sobre la especie *Anas platyrhynchos*. Su rango de distribución es muy amplio alrededor del mundo, por lo que de acuerdo con la clasificación de los criterios propuestos por esta organización, se encuentra en la categoría de Preocupación Menor desde 2004 (BirdLife International, 2009).

Encuestas

Los resultados de las encuestas son los siguientes:

- Pregunta 1: ¿Conoce usted a este animal?
- Pregunta 2: ¿Lo ha visto en Xochimilco en los últimos 10 años?

El número de encuestados fue n=15

Especie	Pregunta 1 Afirmaciones	Porcentaje	Pregunta 2 Afirmaciones	Porcentaje
<i>Rana montezumae</i>	12	80%	8	53%
<i>Ambystoma mexicanum</i>	15	100%	11	73%
<i>Pituophis deppei</i>	14	93%	11	73%
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	14	93%	7	47%
<i>Thamnophis scaliger</i>	13	87%	11	73%

<i>Anas platyrhynchos diaza</i>	15	100%	14	93%
<i>Oreochromis niloticus</i>	15	100%	15	100%
<i>Ardea herodias</i>	15	100%	15	100%
<i>Podiceps nigricolis</i>	12	80%	6	40%
<i>Lampropeltis triangulum</i>	14	93%	5	33%

Tabla 3. Resultados de las encuestas.

Los números totales corresponden a quienes han visto o conocen a las diferentes especies mostradas. El porcentaje indica la cantidad de personas que respondieron de manera afirmativa a las preguntas. El 33% de los encuestados afirmaron haber visto a la especie que se utilizó como control (falsa coralillo) en los canales de Xochimilco, mientras que algunas de las especies cuya presencia en el sitio ha sido verificada por estudios previos, no han sido vistas por el 60% de las personas que se encuentran relacionadas con el sitio.

Con base en la revisión bibliográfica y las encuestas, a continuación se presenta una tabla con los datos obtenidos sobre la presencia/ausencia de estas especies.

Especie	Presente	Ausente	Comentarios
<i>Ambystoma mexicanum</i>	•		En Peligro Crítico, todavía presente en el ecosistema. Es endémico únicamente para Xochimilco y la gente lo ha visto, aunque cada vez menos (Zambrano <i>et al.</i> , 2010).
<i>Rana tlaloci</i>		•	En Peligro Crítico aunque no se ha encontrado en los muestreos ni hay registros de individuos. Se supone endémica para Xochimilco y está posiblemente extinta (Carrillo, 2006).
<i>Rana montezumae</i>	•		En Preocupación Menor, presente tanto en Xochimilco como en diferentes lugares de la región central de México (Santos-Barrera <i>et al.</i> , 2004). Los pobladores de Xochimilco conocen a esta especie.
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	•		En Preocupación Menor. Presente en Xochimilco aunque no es endémica ni se encuentra en peligro de extinción (Mendoza-Quijano <i>et al.</i> , 2007). Solamente 47% de los encuestados lo ha observado en el sitio.
<i>Thamnophis</i>	•		Especie Vulnerable presente en Xochimilco y en cuatro estados de la zona centro de México

<i>scaliger</i>			(Canseco-Márquez <i>et al.</i> , 2007). La gente también la ha visto.
<i>Pituophis deppei</i>	•		En Preocupación Menor, endémica de México (Hammerson <i>et al.</i> , 2007). Esta es una especie que la gente de Xochimilco conoce muy bien e incluso la llegan a matar para protegerse y no ahuyentar al turismo en caso de que se detecte su presencia.
<i>Anas platyrhynchos diaza</i>	•		En Preocupación Menor (Bird Life International, 2009), distribuido no solamente en Xochimilco donde es muy común, sino en muchas partes de la zona centro de México. En estudios recientes se ha visto un aumento en su tamaño poblacional.

Tabla 4. Presencia/ausencia de las especies analizadas.

Matriz de sensibilidad

K. Watts, J. W. Humphrey, M. Griffiths, C. Quine y D. Ray (2005), proponen una matriz en la cual se indica la sensibilidad de las especies a la fragmentación. Ésta se basa en diferencias simples de requerimientos de área de hábitat y la habilidad de dispersión de las especies. Las especies propias de Xochimilco pueden clasificarse dentro de la matriz y así identificar sobre cuáles conviene llevar a cabo esfuerzos de conservación. Las especies que la FIR menciona como endémicas y en algún tipo de riesgo, fueron clasificadas en esta matriz tomando en cuenta el número de estados en los que se ha observado, además de los requerimientos de hábitat que para cada una de ellas se menciona en la Lista Roja de UICN.

Existe una gran variedad de explicaciones sobre por qué algunas especies tienen rangos geográficos más extensos que otras. Una de las más comunes es la variación en la habilidad de dispersión de las especies (Lester *et al.*, 2007). En el caso de las especies evaluadas en Xochimilco, se encontró que muchas estaban presentes no sólo en el sitio sino en gran parte de México. Esto sugiere que son especies con una gran habilidad de dispersión.

Respecto a los requerimientos de hábitat, los datos que provee en algunos casos la UICN para cada especie son deficientes. Sin embargo, se revisaron cuáles son los hábitats que ocupan las diferentes especies y su tendencia actual (a aumentar o a disminuir) tanto en el sitio como en todo el país. Cabe mencionar que para cada especie de fauna, el hábitat contiene diferentes atributos. Por ejemplo, mientras que para algunas aves los peces como la carpa y la tilapia constituyen parte de su alimento, para los ajolotes éstos constituyen un factor limitante para su desarrollo debido a que compiten por recursos. Del mismo modo, el agua puede no ser tan importante para

algunas serpientes terrestres, mientras que para los anfibios constituye una parte esencial en su desarrollo.

El modelo que se realizó tomando en cuenta requerimientos de hábitat y habilidad de dispersión (Figura 10), muestra de manera gráfica cuáles son las especies más afectadas por el proceso de fragmentación de ecosistemas que conlleva a las extinciones de las mismas. Con base en ello, las especies: *Ambystoma mexicanum*, *Lithobates tlaloci* y *Tamnophis scaliger* son las más afectadas por la fragmentación en Xochimilco (considerando la posibilidad de que esta última aún exista) y por lo tanto sobre las que habría que prestar mayor atención.

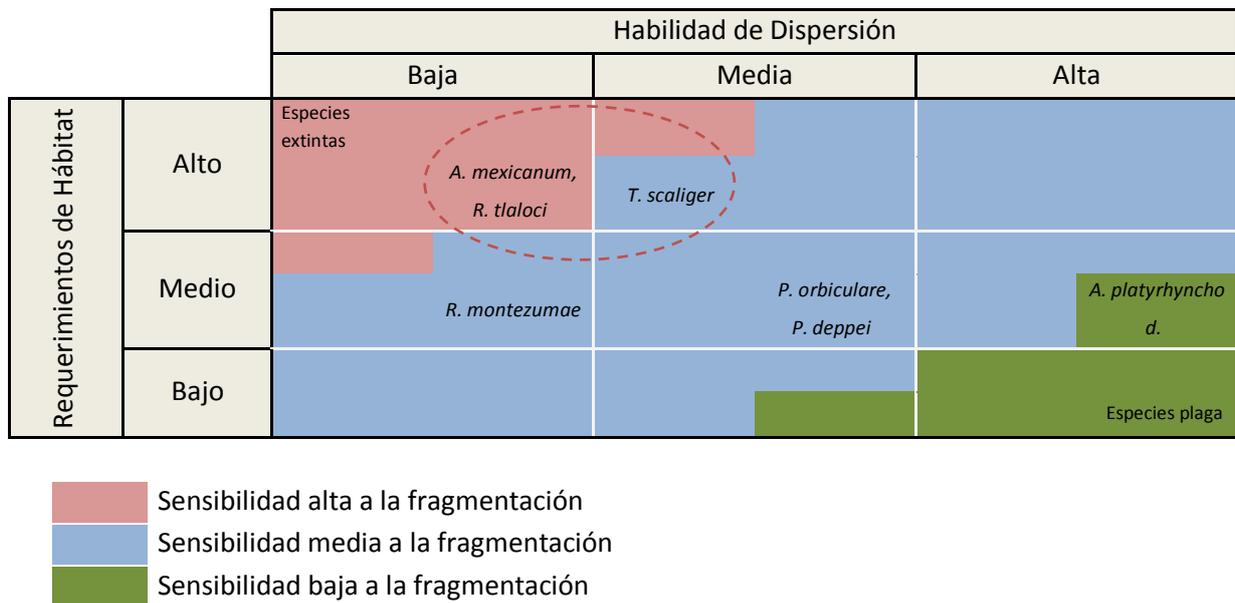


Figura 10. Matriz que indica la sensibilidad de las especies a la fragmentación de su hábitat. Modificada de Watts *et al.*, 2005.

No obstante, esto no representa que las demás especies no deban ser protegidas o que no haya también otras especies que cuenten con las mismas características.

Criterio 4. Sustento de especies vegetales y/o animales cuando se encuentran en una etapa crítica de su ciclo biológico

Ambystoma mexicanum

Las poblaciones de ajolote están disminuyendo dramáticamente. En una estimación reciente se calcula que la densidad poblacional disminuyó de 6,000 individuos por km² en 1998 a 100 individuos por km² en 2008 (Contreras *et al.*, 2009; Figura 11).

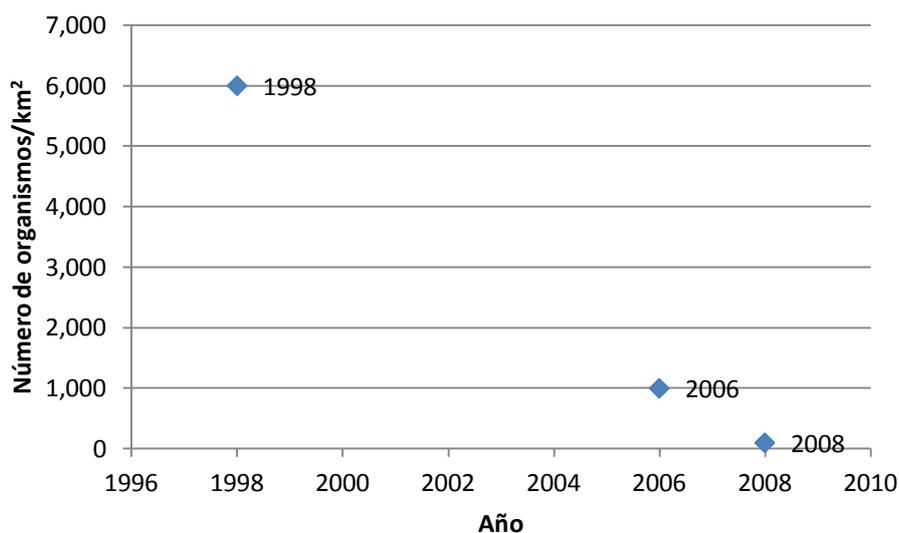


Figura 11. Número de individuos de *Ambystoma mexicanum* por área a lo largo del tiempo. Tomado de Contreras *et al.*, 2009.

Además, de acuerdo con los modelos de distribución potencial de esta especie, sólo existen 11 sitios donde aún se puede encontrar, los cuales no están conectados entre sí y abarcan pequeños parches (Contreras *et al.*, 2009; Figura 12). Entre las posibles causas de esta baja poblacional, está la posible ausencia en el ecosistema de los requerimientos bióticos y abióticos necesarios para que los ajolotes puedan sobrevivir y reproducirse exitosamente.

Las condiciones óptimas para que Xochimilco funcione como sustento de *Ambystoma mexicanum* se mencionan a continuación:

Abióticos

- Temperatura. El óptimo es de 16 a 20°C (Valiente, 2006), aunque al estar en 10°C se favorece su reproducción (Marín, 2007). En Xochimilco, la temperatura es de 14.7°C en temporada de secas y de 20°C en temporada de lluvias (Contreras, 2012).
- Oxígeno: Requieren de agua muy oxigenada principalmente en estados larvarios pues es determinante para su desarrollo y supervivencia. Si las concentraciones de oxígeno aumentan, el desarrollo a partir del huevo es más rápido (Valiente, 2006). En Xochimilco, durante el período de secas, las concentraciones de Oxígeno son superiores a los 3mg/L, sin embargo estos valores disminuyen a 2mg/L durante el periodo de lluvias (Contreras, 2012).
- pH. *Ambystoma mexicanum* requiere de un pH de entre 7.6 y 7.9 (Marín, 2007). No obstante en período de secas el pH es básico (9.11-9.62), mientras que en el de lluvias el pH se acidifica en 1.5 unidades,

acercándose al límite máximo de lo que requiere el ajolote para sobrevivir.

Bióticos

- Alimentación. Las larvas de ajolote se alimentan de crustáceos, larvas de insectos, caracoles, anfípodos y zooplancton (Valiente, 2006). Los adultos se alimentan de larvas de insectos, frigánidos, larvas de efémeras y de quironómidos, lombrices, pequeños crustáceos y renacuajos de rana (Marín, 2007). Todos estos animales están presentes en el ecosistema.
- Densidad poblacional. La mayor densidad se presenta en el estadio larvario. A mayor densidad poblacional se presenta un crecimiento más lento por lo que la fase larvaria se prolonga por más tiempo lo que aumenta la vulnerabilidad ante depredadores. Además, altas densidades poblacionales generan mayor competencia entre individuos (Marín, 2007).
- Especies vegetales. En condiciones de laboratorio se ha visto que prefiere dos especies de plantas acuáticas para ovopositar: lirio acuático *Eichhornia crassipes* y elodea *Egeria densa*. La primera proporciona proteínas al momento de que accidentalmente las larvas ingieren su alimento ubicado en las raíces de las plantas. La segunda presenta una alta producción de oxígeno. Ambas funcionan como refugio y tienen muchas especies asociadas a sus raíces, lo que facilita la obtención de alimento. Estas dos especies vegetales están presentes en Xochimilco (Marín, 2007).

Sin embargo, las condiciones ambientales de Xochimilco no son uniformes en todo el sitio debido a los diferentes tipos de uso de suelo. Esto genera una heterogeneidad en las condiciones bióticas y abióticas del ecosistema.

Contreras (2012) propuso cinco zonas en las cuales se puede dividir Xochimilco. Estas fueron definidas de la siguiente manera:

1. Chinampera, uso tradicional de la tierra sin agroquímicos;
2. Urbana, uso habitacional con drenajes irregulares;
3. Turística, presencia de invernaderos y turismo;
4. Chinampera-urbana, zona de transición entre un uso agrícola y una menor densidad habitacional; y
5. Chinampera-tecnificada, algunos invernaderos y agricultura a cielo abierto con gran uso de agroquímicos y maquinaria.

En éste análisis, reporta que la zona chinampera es la que presenta condiciones más favorables para el mantenimiento de la biodiversidad. Esto

refuerza lo dicho por Contreras (2009), quien sugiere que el uso de suelo influye en la distribución del ajolote ya que todos los individuos que encontraron se localizaron en las áreas chinamperas. Las zonas urbana y turística presentaron altas concentraciones de nitratos y amonios (Contreras, 2012; Tabla 5).

	Temporada	Urbana	Turística
Nitratos NO₃ mg/L	Secas	3.35	10.12
	Lluvias	3.93	3.39
Amonio NH₄ mg/L	Secas	0.65	1.5
	Lluvias	4.34	1.42

Tabla 5. Cantidades de Nitratos y Amonio en dos zonas de Xochimilco. Tomado de Contreras, 2012.

Las zonas chinampera urbana y chinampera tecnificada fueron las menos favorables, encontrando altos valores de conductividad, sólidos disueltos y fosfatos que limitaron la presencia de especies de peces y su salud (Tabla 6) (Contreras, 2012). Estas condiciones también pueden limitar la presencia de otras especies como el ajolote.

	Temporada	Chinampera-Urbana	Chinampera Tecnificada
Sólidos Disueltos g/L	Secas	1.79	1.71
	Lluvias	0.77	1.34
Conductividad mS/cm	Secas	2.14	2.03
	Lluvias	1.11	1.71
PO₄ mg/L	Secas	8.39	1.63
	Lluvias	12.22	17.97

Tabla 6. Condiciones físico-químicas de dos zonas de Xochimilco. Tomado de Contreras, 2012.

La calidad deficiente del agua puede ser un factor que genere enfermedades en los ajolotes y los canales de Xochimilco han sido contaminados y perturbados a lo largo del tiempo principalmente por actividades antrópicas (Sciences-Hernández *et al.*, 2006; Valiente, 2006). La estructura poblacional sugiere que los estadios más vulnerables ocurren cuando el ajolote no ha cumplido todavía un año, es decir en la etapa larvaria (Valiente, 2006). Pero los pocos organismos que llegan a la fase adulta son presa fácil de la colecta furtiva. La posición del ajolote en la red trófica es de depredador activo. Esto lo hace vulnerable puesto que es de los primeros en sufrir cualquier cambio en el sistema acuático como la introducción de una especie o la desaparición de algún eslabón en la cadena trófica por contaminación o depredación (Zambrano, 2005).

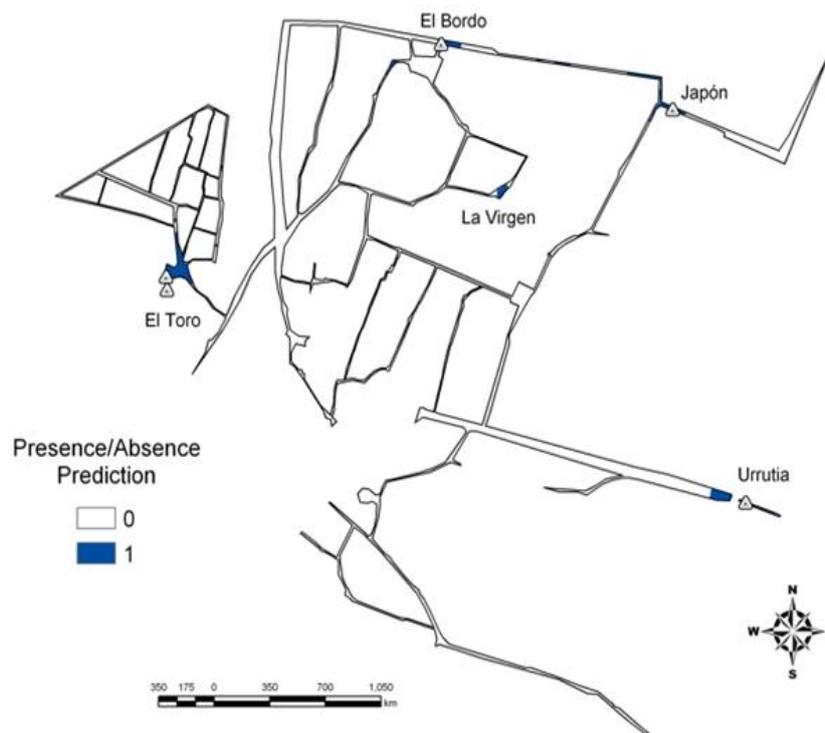


Figura 12. Mapa de distribución potencial de ajolotes en los canales de Xochimilco que muestra una distribución fragmentada. Tomado de Contreras *et al.*, 2009.

Los ajolotes son apreciados en la gastronomía por su sabor. Además se dice popularmente que pueden curar muchas enfermedades, desde resfriados comunes hasta reumatismo, aunque de ello no existe evidencia, y el consumo como tal está disminuyendo pues son los adultos mayores quienes hacen esta práctica. No obstante, el ajolote se vende mucho en el mercado negro a pesar de que su venta no está permitida pues se trata una especie en Peligro de Extinción y está Bajo Protección Especial (Sciences-Hernández *et al.*, 2006).

Los estudios ecológicos sobre el funcionamiento de las redes tróficas en la columna de agua de Xochimilco son escasos (Zambrano, 2005). Las especies introducidas de peces en el ecosistema desempeñan un papel muy importante en este aspecto. En 1955 se introdujo al ecosistema la lobina (*Micropterus salmoides*). Entre 1970 y 1976 se introdujeron la trucha (*Salmo gairdineri* y *Salvelinus fontinalis*) y el pez cola de espada (*Xiphophorus helleri*) (Rojas-Rabiela, 1998; Valiente, 2006). Otras dos especies exóticas, la carpa común (*Cyprinus carpio*) y la tilapia (*Oreochromis niloticus*), fueron introducidas en Xochimilco por parte del Gobierno Federal mediante el Programa Nacional de Acuicultura; sin embargo, ahora dominan al ecosistema en términos de biomasa representando el 98% de los vertebrados (Valiente, 2006). Durante el mismo periodo se observó una reducción dramática en las poblaciones silvestres de ajolotes (Zambrano *et al.*, 2010). Respecto a las especies

exóticas, principalmente en la carpa, se ha observado que su introducción trajo consigo cambios importantes en las cadenas tróficas, además de que estos peces reducen la cantidad de plantas acuáticas indispensables para la ovoposición de los ajolotes (Sciences-Hernández *et al.*, 2006).

“A pesar de que los ajolotes son capaces de sobrevivir en condiciones inadecuadas por períodos cortos de tiempo, lo cual podría ser considerado como una ventaja para la dispersión, un análisis de la red trófica isotópica sugiere una alta fidelidad a los rangos de hábitat, misma que da lugar a una movilidad reducida. Por lo tanto, la distribución fragmentada que se observa puede tener múltiples implicaciones para la persistencia a largo plazo de la especie. Al final, todas estas consecuencias reducen el tamaño de la población efectiva³, por lo que la especie se vuelve más propensa a la extinción por eventos estocásticos” (Contreras, 2009).

Aves

Las aves forman el grupo de vertebrados más abundante de Xochimilco. Sin embargo, el sitio no necesariamente coincide con las necesidades de las aves ya que las chinampas y canales pueden satisfacerlas de una manera limitada en cuanto a alimentación, sitio de descanso y sitio de anidación (Meléndez, 2005). Los trabajos realizados en materia de diversidad ornitológica en Xochimilco son muy escasos. En 1985 se elaboró un estudio sobre las especies encontradas en las zonas con una mayor diversidad ornitológica (Hernández-Rivera y Meléndez-Herrada, 1985). En este trabajo se reportaron 160 especies y se dieron datos de abundancia y sus variaciones a lo largo del año, dando pauta a los primeros registros organizados de especies residentes y migratorias, además de las especies exóticas. De este trabajo derivan 22 especies, las cuales Hernández y Meléndez catalogan como las más comunes para el humedal de Xochimilco (Meléndez, 2005). Ellas son, por orden alfabético, las siguientes:

Agelaius phoeniceus, Bubulcus ibis, Buteo jamaicensis, Carpodacus mexicanus, Columbina inca, Charadrius vociferus, Dendroica coronata, Falco sparverius, Gallinula chloropus, Geothlypis trichas, Guiraca caerulea, Hirundo rustica, Lanius ludovicianus, Melospiza melodia, Oxyura jamaicensis, Passer domesticus, Picoides scalaris, Pipilo fuscus, Quiscalus mexicanus, Sturnella magna, Toxostoma curvirostre, y Tyrannus vociferans.

Considerando las especies que se han registrado recientemente, donde muchas de ellas aun no han sido publicadas, el total de aves llega a 193 especies pertenecientes a 46 familias. Si se toma en cuenta que en 1993 se

³ Población efectiva: total de individuos reproductivos de una población.

reportan 320 especies para el Distrito Federal, entonces ha sido corroborada la presencia del 60% de ellas en Xochimilco. El mayor grupo lo forman las 109 (57%) especies residentes para México, mientras que las 84 (43%) especies restantes presentan condiciones migratorias (Figura 13; Meléndez, 2005).

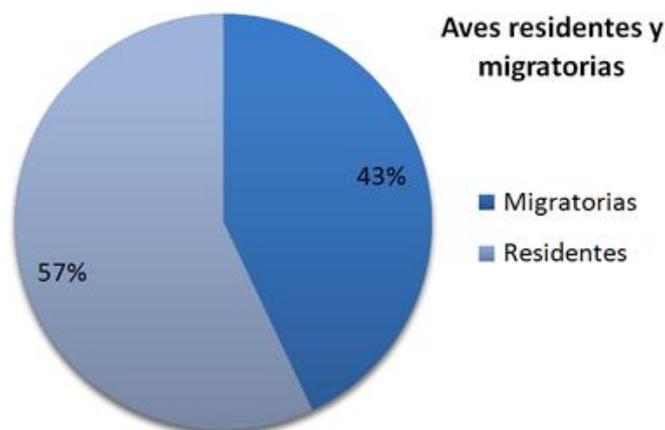


Figura 13. Porcentaje de especies de aves residentes y migratorias en Xochimilco.

En el “Proyecto para la Identificación Participativa de un Plan de Rehabilitación Integral del Patrimonio Cultural de Xochimilco” publicado por la UNESCO en 2005 hay un capítulo en el que Meléndez-Herrada presenta las características de la avifauna en Xochimilco. En éste divide en cuatro categorías a las aves presentes y las describe (Tabla 7).

Tipo de aves	Descripción
Aves acuáticas	<p>Los lagos, canales y sitios inundados o cenagosos son los ambientes que más singularidad ornitológica le dan a Xochimilco: 78 (40%) especies de aves dependen de esos ambientes acuáticos. Del total de estas especies consideradas acuáticas, 32 (41%) son residentes, mientras que 46 (59%) son especies que presentan condiciones migratorias.</p> <p>Las aves acuáticas que anidan en Xochimilco dependen de aguas someras y tulares para construir sus nidos. Sin embargo, otras aves dependen de árboles como el ahuejote. También hay especies que anidan en el suelo desnudo de la vegetación en los cuerpos de agua, lo cual implica un riesgo considerable debido a que un repentino aumento del nivel del agua puede acabar con los nidos.</p> <p>Los sitios de alimentación son de primordial importancia. Las especies piscívoras y las que se alimentan de vegetación acuática e invertebrados del sedimento pasan una buena parte de su tiempo en búsqueda de alimento. Sin embargo, aquellos sitios que pueden ser de descanso, no son tomados en cuenta y por lo tanto, los disturbios causados frecuentemente por las personas ahuyentan a las aves.</p>
Aves terrestres	<p>Las 115 especies terrestres o que no necesariamente dependen del ambiente acuático para subsistir forman un grupo muy heterogéneo. Destacan dos familias por su mayor número de especies, Tyranidae con</p>

	15 y Emberizidae con 42; ambas congregan el 28% del total de las especies para Xochimilco pero forman el 46% de las especies terrestres. Los cultivos que se llevan a cabo favorecen o limitan a las especies que van en busca de alimento, refugio o sitios de anidación.
Aves plaga	Como tales se consideran a aquellas que entran en conflicto con los intereses del ser humano. En Xochimilco se consideran aves plaga a aquellas que atacan los cultivos como el zanate (<i>Quiscalus mexicanus</i>) y todos los tordos, y aquellas especies piscívoras, como el pelícano blanco (<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>) y las garzas (Familia Ardeidae). Estas últimas son indeseables por los pescadores que aún extraen peces de los canales y lagos.
Especies introducidas	En Xochimilco se han observado especies que no corresponden a su avifauna nativa y migratoria. Entre las especies que se han arraigado no sólo en Xochimilco sino en todo el Distrito Federal se encuentran la paloma doméstica (<i>Columba livia</i>), el estornino pinto (<i>Sturnus vulgaris</i>) y el gorrión casero (<i>Passer domesticus</i>). Destacan varias especies de psitácidos que se supone debieron haber escapado de cautiverio. La garza ganadera (<i>Bubulcus ibis</i>) tampoco es nativa de América. Entre las rapaces se puede mencionar el caso de la aguililla rojinegra (<i>Parabuteo unicinctus</i>) que es muy utilizada por “cetreros” y que es muy probable que la gran mayoría de los individuos observados se hayan escapado de cautiverio. Otras especies como el canario (<i>Serinus canaria</i>) y el periquito australiano (<i>Melanopsita cyaneata</i>), aunque han sido observadas, no han prosperado en vida libre al igual que otras especies consideradas como mascotas (Meléndez-Herrada, 2005).

Tabla 7. Aves de Xochimilco.

No existe ninguna ave que sea endémica de Xochimilco y solamente el mirlo dorso rufo (*Turdus rufopalliatus*) lo es para Mesoamérica.

Del total de especies registradas para Xochimilco, 84 (43%) tienen características migratorias y son de interés en las relaciones internacionales que México sostiene con fines de conservación de especies, entre ellas BirdLife Internacional, el Plan de Manejo de Aves Acuáticas de Norteamérica y Partners in Flight, entre otros planes y acuerdos de gran alcance. La introducción de peces exóticos como la carpa y la tilapia han atraído de nueva cuenta al pelícano blanco y el águila pescadora. Se hace imprescindible entonces, que dentro de los planes de manejo se incluyan a las necesidades de las aves pues son parte importante del capital natural de los habitantes del Distrito Federal (Meléndez-Herrada, 2005).

Criterio 7. Sustenta una proporción significativa de las subespecies, especies o familias de peces autóctonos

México cuenta con 375 especies dulceacuícolas de las cuales el 60% son nativas. Un notable ejemplo de este endemismo puede ser encontrado en los

peces del género *Chirostoma*, con sus 18 ó 19 especies vivientes producto del vulcanismo que se dio en el altiplano mexicano (Elías-Fernández *et al.*, 2008). No obstante, varias especies de este género han exhibido una clara tendencia a la disminución (Elías-Fernández *et al.*, 2008).

Los indígenas de la cuenca de México llamaban *iztamichin* a distintos peces que eran muy frecuentes en la ictiofauna nativa de esta región. Según algunas fuentes históricas como el código Florentino y algunas crónicas realizadas tras la conquista, tanto los *iztamichin* o pescados blancos propiamente dichos con sus variedades, como los *yacapitzáhuac* conocidos hoy como charales, eran llamados genéricamente *iztamichin* o pescados blancos (Hernández, 1959; Rojas-Rabiela, 1998). Los peces blancos propiamente dichos, son de la especie *Chirostoma humboldtianum*, especie que autores del siglo XIX registran como *Atherina humboldtiana*. Otras especies que también existían en la cuenca de México eran los *Juiles*, también considerados de acuerdo con Sahagún como peces blancos. *Algansea tincella* y *Azteculata vittata* eran los *juiles* propios de la cuenca de México. Estas especies fueron la fuente de alimentación durante siglos hasta que se vieron desplazadas por especies exóticas (Rojas-Rabiela, 1998).

En la cuenca de México, el charal y el pez blanco se consumían desde la época prehispánica y junto con otras especies conformaban la ictiofauna representativa de la región. Después de la Conquista, se construyeron obras hidráulicas que modificaron las condiciones de la zona lacustre y alteraron progresivamente el hábitat natural de estas especies, varias de las cuales desaparecieron de su hábitat, como *Chirostoma humboldtianum*. Esta especie fue exterminada del lago de Xochimilco a principios de 1950 (Álvarez y Navarro, 1957) y no ha sido reportada en años recientes en este sitio.

Chirostoma humboldtianum

Chirostoma humboldtianum es el pez blanco que tenía la más amplia distribución ya que se encontraba desde el sudeste del Altiplano Mexicano, en los lagos interiores de la cuenca de México como Xochimilco, Chimalhuacán, Texcoco, Tláhuac y la cuenca del Río Lerma, hasta el occidente del Altiplano en las lagunas de Juanacatlán, Jalisco, así como en Santa María y San Pedro Lagunillas, en el estado de Nayarit. Actualmente se reporta su presencia en el Estado de México, en cuatro cuerpos de agua: la presa Huapango, la presa Villa Victoria, el embalse Danxhó y la presa San Felipe Tiacaque o Las Tazas. También está presente en el Estado de Michoacán en la laguna de Zacapu, en el lago de Pátzcuaro y en el embalse Cointzio. A pesar de la importancia biológica, histórica y económica que presenta la especie, se han realizado pocos estudios sobre ella. Los aspectos morfológicos del género *Chirostoma* son los que han recibido mayor atención de los especialistas, aunque también se han llevado a cabo estudios sobre su ecología y distribución, sobre los

parásitos que los afectan y sobre aspectos genéticos con la finalidad de resolver problemas de identificación taxonómica y de profundizar en el conocimiento de su evolución (Blancas-Arroyo *et al.*, 2003).

Según la NOM-059-SEMARNAT-2010 *C. humboldtianum* no está Amenazada pero especies cercanas como *C. bartoni*, *C. charari* y *C. riojai* están en Peligro de Extinción, además de que la especie *C. labarcae* se encuentra Amenazada. Por ello es importante tomar medidas antes de que la recuperación de la especie sea más difícil (Elías-Fernández *et al.* 2008).

Algansea tincella

Para el caso de la especie *Algansea tincella*, los datos son escasos y se basan únicamente en su sistemática. Pertenece al orden de peces Cypriniformes, familia Cyprinidae, género *Algansea* y especie *A. tincella*. Su nombre común es pupo del Valle o *spottail chub*, en inglés. Otras especies del mismo género son: *A. aphaea*, *A. avia*, *A. barbata*, *A. lacustris*, *A. monticola* y *A. popoche*. Algunas de estas especies se encuentran presentes en diversas partes del país, sin embargo su distribución se encuentra muy restringida y muchas de ellas se encuentran como amenazadas o en peligro de extinción de acuerdo con la NOM-059-ECOL-2001 (D.O.F., 2002; Díaz-Pardo, 2002).

Base de datos

Mediante la revisión de los datos obtenidos en los muestreos realizados por el Laboratorio de Restauración Ecológica en el año 2005, las especies de peces encontradas (phylum Chordata, clase Actinopterygii) fueron las siguientes: *Chirostoma jordani* (ahora *Menidia jordani*), *Cyprinus carpio*, *Girardinichthys viviparus*, *Goodea atripinnis*, *Heterandria bimaculata*, *Oreochromis niloticus* y *Xiphophorus helleri*. En este muestreo realizado no solamente dentro del polígono Ramsar sino en algunas otras localidades, no se encontraron las dos especies que se mencionan en la FIR como endémicas y propias del sitio: *Chirostoma humboldtianum* y *Algansea tincella*.

Posteriormente, en la revisión bibliográfica se encontró que "...de las seis especies de peces nativas que estaban registradas para Xochimilco en 1900, cuatro habían desaparecido un siglo después. Dos de las cuales *Evarra bustamantei* y *Evarra eigenmanni* están extintas. *Menidia jordani* y *Girardinichthys viviparus* son las únicas especies nativas que sobreviven" (Contreras, 2012). Estos dos peces sí fueron encontrados en los muestreos realizados.

Discusión

El área natural que comprende el sitio de importancia internacional en Xochimilco, es relativamente pequeña en comparación con todos los sitios Ramsar alrededor del mundo, igual que para México. No obstante, su importancia se ve reflejada en la historia que lo sustenta, principalmente el sistema agrícola chinampero que aún se presenta y que le confirió el estatus de Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

Importancia cultural

La relevancia internacional que tiene Xochimilco es producto de una afortunada suma de valores únicos que incluye atributos naturales, históricos y culturales (Vela, 2012). Con el fin de dosificar los abusos que han causado el deterioro de ecosistemas como éste, en México se ha creado una normativa que incluye la aplicación de leyes y reglamentos que permiten la conservación de la flora y fauna silvestres así como el patrimonio cultural e histórico que presenta el sitio. Sin embargo un verdadero logro exige el reforzamiento de la cooperación en todos los niveles: local, nacional, regional y mundial (Meléndez-Herrada, 2006).

“La inscripción en la Lista del Patrimonio Mundial desempeña un papel catalizador a la hora de sensibilizar a los gobiernos y a los ciudadanos sobre la importancia de la preservación de los sitios. Esta toma de conciencia conduce a su vez a una mayor consideración y a mejoras generales en el ámbito de la protección y la conservación de los sitios del patrimonio. La producción regular de informes sobre el estado de conservación de los sitios inscritos y las inspecciones técnicas que se realizan, resultan necesarias para garantizar que el sitio conserve sus cualidades excepcionales. Además, hoy día cada vez hay más sitios que se conservan gracias a asociaciones entre el sector gubernamental y el no gubernamental, las autoridades locales y regionales, los organismos de investigación, los medios de comunicación y el sector privado” (UNESCO, 2006). Es por ello que la valoración del primer criterio tuvo sus fundamentos en dicho nombramiento.

Para que un sitio forme parte de la lista del Patrimonio Mundial, se debe seguir un proceso que consta de los siguientes pasos básicos. El primero consiste en la preparación de listas indicativas por parte de los países miembro. Estas son inventarios de los sitios que existen en su territorio los cuales consideren que tienen un valor universal excepcional. A partir de estas listas, pueden proponer la inscripción en la Lista del Patrimonio Mundial de algunos de dichos sitios. Para ello, envían sus candidaturas al Centro del Patrimonio Mundial junto con un plan detallado de gestión y protección del sitio. El Centro del Patrimonio Mundial revisa estas candidaturas y a continuación las transmite a los organismos consultivos competentes: el Consejo Internacional

de Monumentos y Sitios (ICOMOS), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y el Centro Internacional para el Estudio de la Conservación y Restauración de Bienes Culturales (ICCROM). Una vez al año, el Comité del Patrimonio Mundial (instancia intergubernamental compuesta por 21 miembros en períodos de seis años), decide qué sitios inscribir en la Lista del Patrimonio Mundial. Asimismo, examina los informes sobre el estado de conservación de los sitios inscritos y toma todas las decisiones relativas a la aplicación de la Convención.

El Comité del Patrimonio Mundial solicita a los estados parte que los sitios que propongan para su inscripción definitiva en la lista del Patrimonio Mundial cuenten con la más alta protección legal existente en el país. En el caso mexicano, la zona chinampera de Xochimilco no contaba con algún nombramiento que lo declarara como alguna clase de sitio de importancia nacional. Sin embargo, con el fin de incluir en la lista de Patrimonio de la Humanidad a dicho sitio en conjunto con el Centro Histórico de la ciudad de México, se decretó la Zona de Monumentos Históricos de las Delegaciones de Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta (D.O.F., 1986).

En una cantidad importante de sitios que pueden considerarse como de valor universal por ser obras conjuntas del hombre y la naturaleza, aparece la presencia del hombre en primer término y la naturaleza como fondo o marco de la obra humana. Por tal motivo, obras conjuntas como Xochimilco se incluyeron en el conjunto de los bienes culturales y no entre los naturales (González-Pozo, 2011). Cuando Xochimilco fue declarado como parte de la lista del Patrimonio de la Humanidad, aún no existía en el Comité del Patrimonio Mundial la designación de *Paisaje cultural*, sino hasta 1992. Xochimilco, junto con otros sitios en todo el mundo, podría caber en esta designación pues presenta la asociación de los bienes culturales y los naturales. Por ello convendría que los sitios que podrían haberse inscrito como Paisaje cultural antes de 1992, optaran ahora por apelar a ese criterio, tanto para reforzar su inscripción, como para disponer de un reconocimiento adicional y nuevos puntos de vista de apreciación. Este conjunto de factores sería útil para apoyar las tareas de protección y conservación del sitio.

Xochimilco es uno de los pocos sitios en el mundo que son al mismo tiempo sitio Ramsar y sitio Patrimonio Cultural de la Humanidad. En todo el mundo hay 50 sitios Ramsar enlistados que corresponden a 41 sitios Patrimonio de la Humanidad (Ramsar, 2012). México cuenta con cuatro de estos sitios, siendo así el país con mayor número de dichos sitios conjuntos. Aún con todo lo anterior todavía falta mucho para cumplir con los propósitos de los decretos, acuerdos y reglamentos, ya que el área ha sufrido un continuo deterioro ambiental derivado de un inadecuado uso de suelo, la presión de la mancha urbana y de asentamientos irregulares, la sobreexplotación del manto

acuífero para el abasto de la ciudad, la descarga de aguas negras residuales, el hundimiento diferencial del terreno y la pérdida de su gran diversidad biológica, entre otros tantos problemas (Meléndez-Herrada, 2006).

Chinampas

Uno de los atributos que le valió a Xochimilco su designación como sitio de Importancia Internacional por Ramsar fueron las chinampas. Sin embargo, este tipo de agricultura tradicional está desapareciendo lentamente. La cantidad de gente que practica la chinampería va disminuyendo, así como la calidad del sitio agrícola. La presión de la mancha urbana que va en aumento, así como una demanda mayor de recursos por parte de la población en una menor cantidad de tiempo, ha hecho que la gente local opte por cambiar el uso de suelo de sus propiedades, pasando de chinampas a cultivo tecnificado o invernaderos. Esto trae como consecuencia un cambio en las cualidades físico-químicas del agua en el humedal, reaccionando ante ello la biodiversidad. Cuando en el año de 1987 Xochimilco fue declarado como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, se le otorgó un valor excepcional debido a la presencia de las chinampas. Si esto se pierde, entonces la denominación de Xochimilco como un sitio Patrimonio de la Humanidad se perderá.

El mapa que realizó González-Pozo (2010), a pesar de haber sido realizado en un área en la que las chinampas se encontraban en un relativo buen estado, mostró que “poco más de la mitad de las chinampas conservan sus atributos físicos en grados aceptables o buenos y tienden a ubicarse hacia el norte de la zona, mientras que el resto arroja índices deficientes o malos y está predominantemente del lado sur, donde la ausencia de agua en los canales, los bajos niveles de sus espejos y tirantes y la relativa deforestación de ahuejotes tiende a ser mayor” (González-Pozo, 2010). Si bien ello no refleja la situación de todo el ecosistema, sí proporciona un claro ejemplo de lo que está sucediendo en Xochimilco, una tendencia al abandono de la actividad chinampera y un cambio en el uso de suelo. En cuanto al análisis de los porcentajes de las diferentes categorías de condición física de las chinampas y su extrapolación a todo el sitio, los resultados parecen estar sobre representados. Esto puede deberse a que el mapa se realizó tomando una muestra de superficie chinampera relativamente bien conservada en un determinado momento dentro del Área Natural Protegida, y no se toman en cuenta factores sociales como el uso que se les da a las chinampas o el ingreso económico que ésta actividad deja a los agricultores para saber si es sostenible o no⁴.

⁴ Para la UNESCO las chinampas se consideran como un agroecosistema sostenible debido a que permanecen por un largo plazo, promueven el mejoramiento del ambiente y de la sociedad, no agotan los recursos naturales, no perjudican a otros ecosistemas y son socioeconómicamente viables (Mata-Fernández *et al.*, 2012).

Para los españoles los lagos fueron completamente ajenos a sus concepciones económicas, arquitectónicas y sociales. Para ellos el agua se convirtió no en un recurso natural que podía ser usado, explotado y cuidado, sino en un problema que debía ser resuelto. La desaparición de los lagos de México puede relacionarse con la transformación del modo de vida prehispánico a una nueva visión que significó cambios radicales en el uso del suelo y la forma en la cual la ciudad y sus habitantes se expandieron (Valek-Valdés, 2000). “Xochimilco se ha transformado en una serie de canales que sirven de atracción turística y presentan serios problemas de contaminación y desecación. Aunque este sistema lacustre es el más preservado de los lagos de la cuenca, enfrenta severos problemas (Valek-Valdés, 2000)”.

“Cuando se habla de salvaguardar las chinampas se tiene que considerar todo el conjunto, tanto el medio ambiente natural como el creado por el hombre, incluyendo a las propias chinampas, el sistema de agricultura que se practica en ellas y la cultura chinampera que le da vida y ha permitido perpetuarlo como una práctica sostenible hasta nuestros días (González-Pozo, 2010)”.

Especies endémicas amenazadas

De las siete especies que en la FIR de Xochimilco se mencionan como especies endémicas y bajo alguna clase de amenaza, únicamente seis se encuentran presentes en el ecosistema (*Lithobates tlaloci* está ausente) y sólo dos (*Ambystoma mexicanum* y *Lithobates tlaloci*) son endémicas del área comprendida en el polígono. De acuerdo a los lineamientos de la UICN, el ajolote y la rana Tláloc se encuentran en Peligro Crítico. No obstante, la segunda especie ya se había reportado como extinta tiempo antes de la declaración de Xochimilco como sitio Ramsar. La rana Moctezuma no es endémica de Xochimilco y de acuerdo a la UICN se categoriza dentro del grupo de Preocupación Menor. *Phrynosoma orbiculare* también se encuentra en Preocupación Menor y está presente en casi todo México. *Thamnophis scaliger* está presente en diversos estados del centro de México, sin embargo se encuentra categorizada como especie Vulnerable desde el año 2007. El cincuate es un reptil que se presenta desde el norte hasta el centro de México. Su categoría es de Preocupación Menor de acuerdo con la UICN. Debido a que la especie de pato mexicano no está bien definida, puede decirse que de acuerdo con la UICN se encuentra en la categoría de Preocupación Menor.

Las especies a las que se les debería prestar una mayor atención son *Ambystoma mexicanum* y *Lithobates tlaloci* debido a que se encuentran en Peligro Crítico, además de que son endémicas de Xochimilco. A pesar de que la rana Tláloc se reporte como posiblemente extinta, valdría la pena

realizar algún estudio para saber si se encuentra verdaderamente ausente del ecosistema. La conservación de otras especies cuya ocurrencia se presente en una zona más amplia, no debería ser prioridad para Xochimilco, sin embargo, deben llevarse a cabo estudios para conocer las interacciones de dichas especies con el ecosistema, conociendo así el papel que desempeñan dentro del equilibrio del mismo. De acuerdo con la UICN, la culebra listonada de montaña o *Thamnophis scaliger* debe ser protegida dado a que está como Vulnerable.

Independientemente del debate que existe sobre la taxonomía y distribución del pato mexicano, debe prestarse también especial importancia al mismo puesto que desde la creación de la Convención de Humedales de Importancia Internacional, en el primer criterio se establece la importancia de la preservación de las aves. En el caso de Xochimilco, las grandes amenazas que se presentan para el pato mexicano son las mismas que existen para las aves en general: la pérdida de hábitat y un aumento en la contaminación que lleva a la disminución en la calidad del hábitat. En el análisis poblacional de pato mexicano llevado a cabo por Pérez-Arteaga y colaboradores, se menciona la urgencia en la necesidad de estimar el tamaño de la población actual de estos animales, además de llevar a cabo programas para el monitoreo de las poblaciones principalmente en ecosistemas degradados a lo largo de México (Pérez-Arteaga *et al.*, 2002).

El listado de especies en Xochimilco estuvo basado en reportes del INECOL en 2002. Aunque el presente estudio se realizó tomando en cuenta las especies catalogadas en la Lista Roja de UICN, también deberían considerarse otros lineamientos como el nacional. Así, valdría la pena realizar un nuevo estudio para conocer las condiciones actuales del sitio y conocer de esta manera su biodiversidad presente. Con base en ello podría replantearse la FIR, pues como se pudo observar a partir de este estudio, los datos mostrados en la justificación de este criterio no corresponden con lo que se ha reportado para el sitio. Xochimilco es el hábitat de especies Vulnerables y en Peligro Crítico, por lo que el criterio dos sí se cumple. No obstante, las condiciones en las que se encuentra el hábitat de estas especies, así como el alarmante decremento en los números poblacionales de las mismas, no deben dejarse de lado. Debe existir una visión hacia una restauración integral del ecosistema en la cual también se vea implicado el factor social. Tener especies amenazadas en un sitio no lo es todo. Deben realizarse acciones de conservación enfocadas a proteger dichas especies.

Ajolotes

Dado que una de las principales amenazas para la supervivencia de los ajolotes en los canales de Xochimilco son las especies exóticas, sería fundamental crear un programa para disminuir sus tamaños poblacionales;

principalmente aquellas con gran densidad en Xochimilco como la carpa y la tilapia que impiden la reproducción y el desarrollo del ajolote. Es por ello que deben llevarse a cabo estudios de dinámica poblacional por zona y por especies para poder tener un programa viable de restauración ecológica. También debe prestarse atención a la calidad del agua del ecosistema para así evitar el peligro a las poblaciones de ajolotes debido a los altos niveles de contaminación de su hábitat. Sciences-Hernández y colaboradores (2006) sugieren como medida de conservación un estudio de mercado sobre el valor gastronómico de la carne de ajolote, aunque esto no necesariamente sería una medida efectiva salvo que se continúe con el cultivo en granjas de esta especie, lo cual no es el objetivo de una medida de conservación *in situ*.

En una visita al campo, el señor Abel García Velazco, chinampero de Xochimilco tuvo a bien mostrar su “chinampa criadero” en el cual cultiva ajolotes para su venta. Esto lo hace de manera legal bajo permisos otorgados por la SEMARNAT. Para ello su propiedad cuenta con la denominación Predio Instalación con manejo de Vida Silvestre. Sus criaderos están ubicados dentro del ANP en una chinampa de su propiedad, la cual tiene acondicionados refugios que recrean un ambiente ideal para los ajolotes: El agua que se utiliza en el criadero proviene del canal Muyuguarda y se purifica con luz solar, plantas, gravilla (piedras en cajas para retener los sólidos) y se almacena en estanques cubiertos con geomembrana. Los ajolotes se alimentan con lombriz roja obtenida por medio de lombricomposta que se realiza en la misma chinampa. Asimismo, los animales son mantenidos en jaulas para facilitar su manejo. Una vez que el agua fue utilizada, se desecha por el canal de Atizapa. Los ajolotes se mantienen en condiciones favorables de temperatura, pH y Oxígeno disuelto que son medidas mediante “kits de colores”⁵ que le son proporcionados al señor Abel y a otros tres chinamperos que participan en este programa, mismo que cuenta con el apoyo de la SEMARNAT y la UAM-Xochimilco. A pesar de que este programa está apenas en desarrollo, se espera que los ajolotes cultivados puedan venderse como mascotas o incluso como alimento.

De manera no excluyente a esta práctica, la UNAM a través del Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología, se encuentra llevando a cabo estudios sobre los ajolotes en condiciones semi-silvestres, es decir, dentro del sitio pero siendo un ambiente controlado y con un monitoreo constante de calidad del agua. Estos estudios se han materializados en la creación de refugios para los ajolotes en los que desde 2009, se han medido

⁵ Tiras reactivas que permiten determinar el valor pH mediante almohadillas reactivas que cubren toda la gama de valores de pH, de 0 a 14. Éstas se introducen en la muestra cuyo pH se desea conocer y ocurre una reacción que resalta un color. La posición y la coloración de las almohadillas reactivas corresponden exactamente a los campos de referencia de la escala de colores brillantes. El resultado es una lectura rápida, fácil y exacta del valor pH.

las características tanto del agua como del entorno que pudieran afectar a estos animales. Los refugios constan de canales aislados mediante filtros rústicos que evitan las especies de peces exóticas, además de que las chinampas que son rodeadas por estos canales se encuentran en uso (Valiente y Zambrano, 2010). Estos se encuentran en una chinampa experimental atrás de la Isla de las Muñecas y que pertenece al señor Anastasio Santana quien coopera con la asociación civil Restauración Ecológica y Desarrollo A.C. REDES (REDES, 2012). En esta chinampa también se cultivan hortalizas fortaleciendo así la actividad chinampera tradicional (Figura 14).



Figura 14. Fotografía satelital de la chinampa Texhuiloc el día 29 de diciembre de 2009. Obtenido de Google Earth.

Los refugios tratan de llevar a un estado más favorable las condiciones del sitio mediante prácticas sustentables como la actividad chinampera tradicional, que puedan ser aceptadas fácilmente por los chinamperos. Recientemente el Laboratorio de Restauración Ecológica logró reproducir de manera natural a los ajolotes en el refugio de la estación UNAM ubicado en Cuemanco, y en la actualidad se están llevando a cabo numerosas investigaciones sobre la biología de los ajolotes así como de los beneficios que puede traer consigo la aceptación masiva de los refugios. Sin embargo, esto requiere de tiempo y de más estudios, por lo que no debe dejarse de lado el impulso de acciones que puedan beneficiar a corto plazo tanto a la biodiversidad como a la sociedad.

En cuanto a las variables que pueden modificar la calidad del agua para que los ajolotes puedan vivir de manera natural, se sugiere que la cantidad de nitratos y amonio pueden estar afectando a las poblaciones silvestres. El nitrógeno es uno de los nutrientes limitantes en todos los ecosistemas debido a

su alta tasa de asimilación y liberación a la atmósfera (Hippe *et al.*, 1994). En algunos organismos acuáticos como peces se ha observado que altas concentraciones de nitratos y amonio reducen la capacidad de transportar oxígeno en la hemoglobina y hemocianina de la sangre, además de que la exposición al amonio se ha relacionado a lesiones externas en órganos como ojos y piel (Camargo *et. al.*, 1994; Contreras, 2012). Respecto a las concentraciones de fosfatos registradas en Xochimilco, se muestra que es un sistema hipereutrofizado. Si bien en la mayoría de de los sistemas acuáticos el fósforo es una limitante debido a su escasez, las perturbaciones antropológicas (como el uso de fertilizantes y descargas de aguas residuales) suelen aumentar su concentración en el agua (Mazari-Hiriart *et al.*, 2008). Por ello, se ha observado que el agua tratada que alimenta a los canales de Xochimilco promueve el crecimiento de las comunidades algales, evidenciando su alto contenido de materia orgánica y de nutrimentos inorgánicos disueltos que les confieren el alto grado de eutroficación (UNESCO, 2005). Esto conlleva a un hábitat poco saludable para la biodiversidad nativa.

El ajolote es una especie emblemática y representativa de la cultura mexicana. Por ello, asegurar su protección y preservación en su hábitat natural debe ser prioridad en las acciones de conservación llevadas a cabo tanto por ONGs como por el mismo gobierno en sus distintos niveles. Teniendo esto como objetivo principal, no debe dejarse a un lado la conservación del sistema lacustre de Xochimilco, el cual no sólo brinda refugio y sustento a otras especies sino que además es un lugar representativo de la tradición mexicana.

Aves

El número de especies de aves presentes en Xochimilco ha aumentado a través de los años. Sin embargo, esto puede deberse a una investigación más exhaustiva realizada al respecto o a que realmente por primera vez algunas especies han llegado a asentarse en el sitio. Sin importar cuál sea la respuesta a esta interrogante, sería interesante completar la lista con todas las especies que puedan encontrarse en la literatura, buscarlas cuidadosamente en la zona y determinar cuáles están presentes y cuáles no. De esta manera, se contaría con registros temporales e históricos sobre las diferentes aves de Xochimilco, conoceríamos su situación a lo largo del tiempo, y también los riesgos que pudieran llegar a presentar.

El gran crecimiento de la ciudad de México ha promovido la desaparición tanto en cantidad como en calidad de los tres requerimientos básicos naturales para cualquier ave: alimento, agua y cobertura vegetal. Por otra parte, el uso y abuso de sustancias como pesticidas y productos químicos diversos que son vertidos en el ambiente, conlleva a la acumulación de las mismas en el cuerpo de las aves, aún más en los depredadores que se encuentran al final de la red trófica.

El valor ecológico de las aves consiste principalmente en los servicios ecosistémicos que brindan a las ciudades: son polinizadores y dispersores de semillas, colaborando así en el mantenimiento de ciertas especies vegetales; ingieren todos los días una gran cantidad de insectos y ciertos vertebrados, además sirven de alimento a otros animales por ser integrantes de la red trófica. Por ello deben considerarse medidas para su protección. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que muchas de estas especies son piscícolas, por lo que se debe ponderar qué especies se deben proteger, si al ajolote mediante la erradicación de los peces (principalmente exóticos), o a las aves que habitan el sitio y cuya supervivencia en gran parte se sustenta en la presencia de los mismos peces (conversación personal con Meléndez-Herrada y Zambrano). Este es un dilema ante el cual no existen estudios o modelos que pudieran evidenciar los efectos que tendría enfocar nuestros esfuerzos a uno u otro tipo de organismos. Sería importante realizar estos estudios para poder responder la interrogante que plantea dicho dilema.

Xochimilco es un sistema sujeto al manejo desde hace cientos de años, por lo que contar con un plan de manejo adecuado a las necesidades de una ciudad en desarrollo y expansión continua, debería ser imperante. Erradicar a todas los peces exóticos es una tarea casi imposible y no es rentable a nivel político ni social debido a los elevados costos de esta actividad. Sin embargo, un sistema de políticas que se base en la protección de un ecosistema y todos los servicios ecosistémicos que éste aporta a una ciudad tan grande como la de México, podría garantizar la permanencia en buen estado del sitio así como de sus valores. No obstante, esta no es una meta a obtener a corto o mediano plazo, sino que debe existir un cambio y aceptación gradual de las medidas de protección del sitio, mismas que deben empatar con las necesidades de la población humana que ahí habita.

Peces

Los peces mencionados en la FIR, mismos que otorgan relevancia al criterio 7, están ausentes del ecosistema lacustre de Xochimilco. *Chirostoma humboldtianum* aun está presente en otros lagos de México y para *Algansea tincella* hacen falta datos de distribución en el territorio mexicano. Esta última especie puede suponerse en Peligro de Extinción para su taxón de Género, ya que tres de las otras seis especies que lo componen están en Peligro y sus distribuciones son muy restringidas. *Chirostoma humboldtianum*, a pesar de no estar presente en Xochimilco, continúa presente en algunos otros cuerpos de agua de la zona central de México, por lo que al menos, desde una perspectiva de conservación a nivel especie, no supondría un peligro mayor de extinción. No obstante, su ausencia en el Sistema Lacustre de Xochimilco nos indica que existe algún problema ambiental o social en el sitio, mismo que sería conveniente analizar para poder garantizar la conservación de otras especies y en dado caso, su reintroducción a su sitio de origen. La ausencia de estos

peces podría deberse también a los efectos ecológicos que pudo traer consigo la introducción de la carpa y la tilapia al ecosistema. Un ejemplo de esto es el incremento en la turbidez del agua por la re-suspensión del sedimento, lo cual ha cambiado la dinámica de este cuerpo de agua. Además estas especies reducen la abundancia de especies nativas (Zambrano *et al.*, 2010).

Las otras especies que se reportan como endémicas y que estuvieron presentes en el sitio, son

- *Menidia jordani*, anteriormente conocido como *Chirostoma jordani*, es un pez pequeño endémico de la Meseta Central de México. Si bien algunas especies de esta familia han sido registradas en alguna categoría de la lista roja de la UICN, no existe aún un análisis para esta especie (Contreras, 2012).
- *Girardinichthys viviparus* es un pez pequeño que se encuentra en la categoría de Peligro Crítico por la UICN (Contreras-Balderas *et al.*, 1996) y en la categoría de riesgo como una especie en Peligro de Extinción de acuerdo con los listados de la SEMARNAT (NOM-ECOL-059-2010). Pertenece a la familia Goodeidae que agrupa a peces exclusivamente mexicanos con dimorfismo sexual. *Girardinichthys viviparus* es característica del Valle de México en los estados de México, Hidalgo y Distrito Federal. Su presencia se ha reportado en los alrededores de la ciudad de México en lagos como el de Chapultepec, Chalco, Texcoco, Zumpango y Xochimilco (Díaz-Pardo, 2002).

Sería conveniente que este criterio fuera enfocado hacia la protección de estas dos especies que aún prevalecen en el sitio y que presentan cierto grado de endemismo. Además valdría la pena realizar estudios sobre la distribución de los mismos, sus requerimientos tanto bióticos como abióticos y su reproducción.

Los problemas que enfrentan las poblaciones de peces nativos de Xochimilco son muy similares a las que sufren las poblaciones de otros grupos de vertebrados como el ajolote: la presencia de especies exóticas, la contaminación y la consecuente disminución de su hábitat. Para poder reintroducir a esas dos especies en su hábitat, se debe trabajar con la CONAGUA y las instituciones dedicadas al estudio de la biodiversidad, así como con la SEMARNAT, a fin de vigilar la normatividad en los cuerpos de agua y su explotación comercial (El Mexicano, 2009).

Conclusión

Los datos que se utilizaron para la elaboración de la FIR de Xochimilco, no corresponden con lo observado en la zona y por lo tanto, la designación de Xochimilco como un sitio Ramsar no está funcionando como un instrumento de conservación. Por ello se debe plantear una actualización de la FIR con base en nuevos datos, modificando así los atributos con los que son sustentados los criterios que hace del área un sitio Ramsar. Además deben evaluarse las medidas que hacen falta para ampliar, fortalecer o restablecer las funciones y valores del humedal que pudieran estar presentes, o en caso de estar ausentes, plantear la retirada o la reducción de los límites de la zona denominada Ramsar.

Aunque el panorama al que se enfrenta Xochimilco en términos de conservación es bastante incierto y los problemas que enfrenta la ciudad de México son abrumadores, todavía es posible actuar para detener, y a largo plazo revertir la degradación definitiva de este espacio peri-urbano. Si bien es imposible hacerlo con una completa restauración de los canales, chinampas, lagos naturales y el paisaje que dio sustento a los antiguos pobladores y tanto impresionó a los conquistadores, al menos podría lograrse un ambiente más sano y mejores condiciones de vida para sus habitantes. Aún cuando es imposible la recuperación completa de un lago que fue secándose a lo largo de 500 años como parte de procesos antrópicos y geológicos, por lo menos pueden rescatarse del deterioro y desaparición algunas partes del lago de Xochimilco así como las chinampas, un ejemplo vivo de nuestra cultura pasada. Ciertamente ésta no es una tarea fácil; por ello, entre más habitantes de la Ciudad de México conozcan su potencial, mayor oportunidad tendrán de demandar el establecimiento y continuidad de los programas enfocados a la conservación de éste y otros sitios.

Literatura Consultada

- Angeles-Serrano, G., Perevochtchikova, M. y Carrillo-Rivera, J.J. (2008) *Posibles Controles Hidrogeológicos de Impacto Ambiental por la Extracción de Agua Subterránea en Xochimilco, México*. Journal of Latin American Geography, Vol. 7, núm. 1. pp. 39-567.
- Aranda, S. M. (2004) *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Zona Lacustre "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco"*. Secretaría de Medio Ambiente, México. 13 p.
- AOU (American Ornithologists' Union) (2010) Consultado en línea el día 12 de marzo de 2012 en: http://www.aou.org/committees/nacc/proposals/prior_2010.php
- Ávila-López, R. (1992) "Arqueología de chinampas en Iztapalapa" en *Chinampas prehispánicas*. INAH, México. P.p. 81-154.
- Beatriz-Canabal, C. (1991) *Rescate de Xochimilco*. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 33 p.
- BirdLife International (2009) *Anas platyrhynchos*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 21 April 2012
- Blancas-Arroyo, G.A., Figueroa-Lucero, G., Barriga-Sosa, I. de los A. y Arredondo-Figueroa, J.L. (2003) *Aportaciones al cultivo del pez blanco *Chirostoma humboldtianum* (Pisces: Atherinopsidae)*. En Rojas-Carrillo, P.M. y Fuentes-Castellanos, D. (2003) *Historia y Avances del Cultivo de Pescado Blanco*. Instituto Nacional de la Pesca. Dirección General de Investigación en Acuicultura. México. 290 p.
- Bojorquez, T.L., Ezcurra, E., Mazari-Hiriart, M., Diaz, S., Gómez, P., Alcantar, G. y Megarejo, D. (2000) *Basin of Mexico: A History of Watershed Mismanagement*. USDA Forest Service Proceedings RMRS 13 p.
- Calnek, E. (1972) "Settlement pattern and chinampa agriculture at Tenochtitlan" en *American Antiquity*. Vol. 37, núm. 1. P.p. 104-115.
- Camargo, J.A., Alonso, A., Salamanca, A. (2005) *Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates*. Chemosphere 58, 1255-1267.

- Canseco-Márquez, L., Mendoza-Quijano, F. y Quintero-Díaz, G. (2007) *Thamnophis scaliger*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 15 March 2012.
- Carrillo, P. (2006) *Programa de Manejo del área natural protegida "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco"*. DGCONADER, México. 72 p.
- Cifuentes, E., Mazari-Hiriart, M., Carneiro, F., Bianchi, F. y González, D. (2002) *The risk of enteric diseases in Young children and environmental indicators in sentinel areas of Mexico City*. International Journal of Environmental Health Research. 12:53-62.
- Corena (2012) *Portal de la Comisión de Recursos Naturales de la Secretaría del Medio Ambiente*. Inicio. Consultado en línea el día 13 de julio de 2012 en: <http://www.sma.df.gob.mx/corena/>
- Corena (2012) *Portal de la Comisión de Recursos Naturales de la Secretaría del Medio Ambiente*. Conservación y restauración. Consultado en línea el día 13 de julio de 2012 en: http://www.sma.df.gob.mx/corena/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=76
- Contreras-Balderas, S. y Almada-Villela, P. (1996) *Girardinichthys viviparus*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 29 June 2012.
- Contreras, V. (2012) *Variables bióticas y abióticas como indicadores de heterogeneidad en el Lago de Xochimilco, Distrito Federal*. Tesis para obtener el grado de Maestría, UNAM, México. 86 p.
- Contreras, V., Martínez-Meyer E., Valiente-Riveros E. y Zambrano L. (2009) *Recent decline and potential distribution in the last remnant area of the microendemic Mexican axolotl (Ambystoma mexicanum)*. Biological Conservation. 142:2881-2885.
- D.O.F. (1986) *DECRETO por el que se declara una zona de monumentos históricos en las Delegaciones de Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta, D.F.* Diario Oficial de la Federación. 04 de diciembre de 1986.
- D.O.F. (1992) *DECLARATORIA que establece como zona prioritaria de preservación y conservación del equilibrio ecológico y se declara como área natural protegida, bajo la categoría de zona sujeta a conservación ecológica, la superficie que se indica de los ejidos de Xochimilco y San*

- Gregorio Atlapulco, D. F. Diario Oficial de la Federación. 07 de mayo de 1992.
- D.O.F. (2002) *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación. 06 de marzo de 2002.
 - D.O.F. (2010) *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010.
 - De Groot, R.S., Wilson, M.A. y Boumans, R.M. (2002) *A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services*. Ecological economics, 41 (3), 393–408.
 - Del Castillo, A.M. (2007) *Investigación de mercados*. IE Business School. Departamento de Publicaciones del IE. España, 12 p.
 - Delgadillo P, V. (2009) *Patrimonio Urbano y Turismo Cultural en la ciudad de México: Las chinampas de Xochimilco y el centro histórico*. Andamios. Vol. 6, núm. 12, pp. 69-94
 - Díaz-Pardo, E. (2002) *Girardinichthys viviparus*. Peces en riesgo de la Mesa Central de México. Laboratorio de Ictiología y Limnología, Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W039. México. D.F
 - Díaz-Pardo, E. (2002) *Algansea aphanea*. Peces en riesgo de la Mesa Central de México. Laboratorio de Ictiología y Limnología, Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Bases de datos SNIBCONABIO. Proyecto W039. México. D.F
 - Díaz Pardo, E. (2002) *Algansea barbata*. Peces en riesgo de la Mesa Central de México. Laboratorio de Ictiología y Limnología, Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Bases de datos SNIBCONABIO. Proyecto W039. México. D.F
 - Díaz Pardo, E. (2002) *Algansea popoche*. Peces en riesgo de la Mesa Central de México. Laboratorio de Ictiología y Limnología, Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Bases de datos SNIBCONABIO. Proyecto W039. México. D.F.

- Durazo, J. y Farvolden, R. N. (1989) *The groundwater regime of the Valley of Mexico from historic evidence and field observations*. Journal of Hydrology 112: 1-190.
- El Mexicano, Ciencia y Tecnología (2009) *Logran reproducción en cautiverio de peces endémicos en peligro de extinción*. Consultado en línea el día 11 de agosto de 2012 en: <http://www.oem.com.mx/elmexicano/notas/n1141532.htm>
- Elías-Fernández, G., Navarrete-Salgado, N. A., Rodríguez Robles, J. L. (2008) *Alimentación de *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes); (Pisces: Atherinopsidae) en el Estanque Jc en Soyaniquilpan, Estado de México*. Laboratorio de producción de peces e invertebrados. UNAM-FES-Iztacala. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 14(2): 129-134.
- Filip, V. y Dirzo, R. (1985) *Life table of *Malacosoma incurvum* var. *aztecum* Neumogen (Lepidoptera: Lasiocampidae) in Xochimilco, D.F. Mexico*. Folia Entomológica Mexicana 66: 31-45.
- González-Pozo, A. (2010) *Las chinampas de Xochimilco al despuntar el Siglo XXI: inicio de su catalogación*. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 279 p.
- González-Pozo, A. (2011) *Las chinampas de Xochimilco en los inicios del siglo XXI*. Consultado en línea el día 12 de marzo de 2012 en: <http://www.jornada.unam.mx/2011/01/31/eco-cara.html>
- Hammerson, G.A., Vázquez Díaz, J., Quintero Díaz, G.E. y Flores-Villela, O. (2007) *Pituophis deppei*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 15 March 2012.
- Hernández-Rivera, C y Meléndez-Herrada. (1985) *La Riqueza de aves de Xochimilco*. Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento El Hombre y su Ambiente. México, 47 p.
- Hernández, F. (1959) "*Historia natural de la Nueva España*", *Obras completas*. Tomos II y III, UNAM, México
- Hillis, D. y Frost, S. (1985) *Three new species of leopard frogs (*Rana pipiens* complex) from the Mexican plateau*. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas, EUA. 117:1-14.
- Hippe, D.J., Wangsness, D.J., Frick, E.A. y Garrett, J.W. (1994) *Water quality of the Apalachicola-Chattahoochee-Flint and Ocmulgee River basins*

related to flooding from tropical storm Alberto; pesticides in urban and agricultural watersheds; and nitrate and pesticides in ground water, Georgia, Alabama, and Florida. US Geological Survey, EUA.

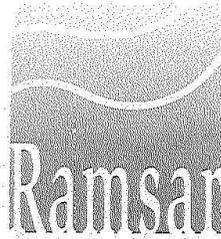
- Izazola, H. (2001) *Agua y sustentabilidad en la Ciudad de México*. Estudios Demográficos y Urbanos. 2:(16), 285-320.
- Jiménez-Osornio, J. y Gómez-Pompa, A. (1987) “*Las chinampas mexicanas*” en *Pensamiento iberoamericano*. Número 12 Julio-Diciembre. Instituto de Cooperación Iberoamericana, Madrid.
- Larregui-Nagel, E. (2004) *Convocatoria a la integración de una mesa para el diálogo por el rescate de Xochimilco y de una comisión especial que participe en su integración y trabajos*. Gaceta del Senado, N74. Consultado en línea el día 31 de octubre de 2012 en: www.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/index2.php?sesion=2004/11/09
- Legorreta, J. (2006) *El Agua y la ciudad de México. De Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI*. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 259 p.
- Lester, S.A., Ruttenberg, B.I., Gaines, S.D. y Kinlan, B.P. (2007) *The relationship between dispersal ability and geographic range size*. Ecology Letters, 10: 745–758
- Lista de humedales Ramsar (2012) Consultado en línea el día 12 de marzo de 2012 en: http://www.ramsar.org/pdf/sitelist_order.pdf
- Mata-Fernández, I., Vela-Correa, G., Rodríguez-Gamiño, M.L. y López-Blanco, J. (2012) *Deterioro ambiental en el área chinampera de San Nicolás Tetelco, Tláhuac*. Consultado en línea el día 31 de octubre de 2012 en: <http://www.jornada.unam.mx/2012/05/28/eco-f.html>
- Marín, A.I. (2007) *Preferencia de plantas para la ovoposición del Ajolote *Ambystoma mexicanum* en condiciones de laboratorio*. Tesis para obtener el grado de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 36 p.
- Mazari, M. y MacKay, D.M. (1993) *Potential for groundwater contamination in Mexico City*. Environmental Science & Technology. Vol. 27, núm. 5, pp. 794-802.
- Mazari-Hiriart, M., Ponce de León, S., López-Vidal, Y., Islas-Macías, P., Amieva-Fernández, R., Quiñones-Falconi, F. (2008) *Microbiological Implications of Periurban Agriculture and Water Reuse in Mexico City*. PLoS ONE 2 (5).

- Meléndez-Herrada, A. (2005). Capítulo III *Biodiversidad terrestre. Avifauna de Xochimilco*. En UNESCO, (2005) *Proyecto Para La Identificación Participativa De Un Plan De Rehabilitación Integral Del Patrimonio Cultural De Xochimilco*. Proyecto UNESCO-Xochimilco Ref. 912/ MEX / 3001. México. 49 p.
- Meléndez-Herrada A. y Romero, F.J. (2006) *Humedales del Centro: Aves de Xochimilco*. Ducks Unlimited A.C. 15 de Abril de 2007. Consultado en línea el día 12 de marzo de 2012 en: <http://www.dumac.org/dumac/habitat/esp/index.htm>
- Merlín-Uribe, Y. (2009) *Evaluación de dos sistemas de manejo de recursos naturales de Xochimilco con indicadores de sustentabilidad*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias, Instituto de Ecología, A.C., México. 214 p.
- Merlín-Uribe, Y., Contreras-Hernández, A., Astier-Calderón, M., Jensen, O. P., Zaragoza, R. y Zambrano, L. (2012) *Urban expansion into a protected natural area in Mexico City: alternative management scenarios*. Journal of Environmental Planning and Management DOI:10.1080/09640568.2012.683686
- Mendoza-Quijano, F., Vázquez-Díaz, J. y Quintero-Díaz, G.E. (2007) *Phrynosoma orbiculare*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 15 March 2012.
- Parrodi, O. (1999) *Conservación del ajolote (Ambistoma mexicanum) mediante su cultivo y siembra en el Parque Ecológico de Xochimilco*. Patronato del Parque Ecológico de Xochimilco AC. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J087. México D. F.
- Pérez-Arteaga, A., Gaston, K. y Kershaw, M. (2002) *Population trends and priority conservation sites for Mexican Duck Anas diazi*. Bird Conservation International, 12:35–52.
- Porras, J. (2001) *Condesa Hipódromo*. Clío, México. 77 p.
- REDES (Restauración Ecológica y Desarrollo, A.C.) (2012) *Recuperación de la Agricultura Tradicional*. Consultado en línea el día 31 de octubre de 2012 en: <http://www.redesmx.org/recuperacionagricultura.html>
- Rojas-Rabiela, T. y Pérez-Espinosa, J.G. (1998) *La cosecha del agua en la cuenca de México*. Historias Ciesas, México. 124 p.

- Santos-Barrera, G. y Flores-Villela, O. (2004) *Lithobates tlaloci*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 15 March 2012
- Santos-Barrera, G. y Flores-Villela, O. (2011) *Lithobates montezumae*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 15 March 2012.
- Sciences-Hernández, M., Soriano-López, M., Mota-Rojas, D., Vergara-Iglesias, A., Ramírez-Necochea, R., Olmos-Hernández, A., Toca-Ramírez, J., Alonso-Spilsburt, M. (2006) *The Axolotl (Ambystoma mexicanum): Factors That Limit its Production and Alternatives for its Conservation* International Journal of Zoological Research 2:4 362-368.
- Torres-Lima, P. y Burns, A. (2002) *Regional culture and urban agriculturalists of Mexico City*. Anthropologica, (44), 247–256.
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (2001) *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1*. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 33 p.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) (2005) *Proyecto Para La Identificación Participativa De Un Plan De Rehabilitación Integral Del Patrimonio Cultural De Xochimilco*. Proyecto UNESCO-Xochimilco Ref. 912/ MEX / 3001. México. 49 p.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) (2006) *Xochimilco, un proceso de gestión participativa*. UNESCO, México. 350 p.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) (2008) *The Criteria for Selection*. Consultado en línea el día 13 de julio de 2012 en: <http://whc.unesco.org/en/criteria>
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) (2012) *World Heritage List*. Consultado en línea el día 13 de julio de 2012 en: <http://whc.unesco.org/en/list>
- Valek-Valdés, G. (2000) *Agua. Reflejo de un valle en el tiempo*. Historias de la Ciencia y la Técnica. Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México. 131 p.

- Valiente Riveros, E. L. (2006) *Efecto de las especies introducidas en Xochimilco para la rehabilitación del hábitat del ajolote (Ambystoma mexicanum)*. Tesis para obtener el grado de Maestría, Instituto de Biología, UNAM. 94 p.
- Valiente, E. y Zambrano, L. (2010) *Creating refuges for the axolotl (Ambystoma mexicanum)*. *Ecological Restoration*. 28:3. 257-259.
- Vela, E. (2012) *Xochimilco, Patrimonio de la Humanidad*. *Revista Arqueología Mexicana*, Edición especial 43. México, 96 p.
- Watts K., Humphrey J. W., Griffiths M., Quine C. y Ray D. (2005) *Evaluating Biodiversity in Fragmented Landscapes: Principles*. Information Note, Forestry Commission. Edimburgo, Reino Unido. 8 p.
- Zambrano, L. y VonBertab, A. (2010) *Participatory monitoring and evaluation in an ecological restoration project in Xochimilco, a degraded wetland in Mexico City*. *Ecological Restoration*. 28:3. 343-353.
- Zambrano, L., Mosig-Reidl, P., McKay, J., Griffiths, R., Shaffer, B., Flores-Villela, O., Parra-Olea, G. y Wake, D. (2010) *Ambystoma mexicanum*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 15 March 2012.
- Zambrano, L. (2005) Capítulo II. Tema IV *Ecología en el Necton de Xochimilco*. En UNESCO, (2005). *Proyecto Para La Identificación Participativa De Un Plan De Rehabilitación Integral Del Patrimonio Cultural De Xochimilco*. Proyecto UNESCO-Xochimilco Ref. 912/ MEX / 3001. México. 49 p.
- Zambrano, L., Valiente, E. y Vander Zanden J. (2010) *Food web overlap between the native axolotl (Ambystoma mexicanum) and the exotics carp (Cyprinus carpio) and tilapia (Oreochromis niloticus)*. *Biological Invasions*. 12:3061-3069.
- Zambrano, L., Valiente-Riveros, E. L., Levy-Gálvez, K., Córdova-Tapia, F., Tovar-Garza, A., Sastré-Baez, L., Rubio-Lozano, M. S., Giménez-Héau, J., Almazán-Tejeda, M. P., Sumano-Arias, C. U., Alvarado-Hernández, M. A., López-Alcaide, S., González-Salazar, C., Mazari-Hiriart, M., Pérez-Ortíz, G., Pérez-Belmont, P., Aguilar-Ibarra, A., Contreras del Valle, M. F., Mondragón-Gaytán, V. (2012) *Programa de Análisis y Restauración del Sistema Lacustre de Xochimilco y del Ajolote. Informe Final*. Instituto de Biología, Instituto de Ecología, Laboratorio de Restauración Ecológica,

UNAM.



CONVENCIÓN SOBRE LOS HUMEDALES

(Ramsar, Irán, 1971)

Se deja constancia de que el sitio

Sistema lacustre "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco"

ha sido designado como

Humedal de Importancia Internacional

y registrado en la

Lista de Humedales de Importancia Internacional
establecida con arreglo al Artículo 2.1 de la Convención.

Este es el sitio Nro. 1363

000001

Fecha de designación *el 2 de febrero de 2004*

COTEJADO



Convención sobre los Humedales

Cuestionario

Número de Encuesta _____

Lugar de Aplicación _____

Fecha _____

1. ¿Usted nació en Xochimilco?

Si No

2. ¿Conoce a este animal?

Si (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

No (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

3. ¿Lo ha visto en Xochimilco en los últimos 10 años?

Si (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

No (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

4. ¿Cada cuánto lo ha visto?

Frecuentemente (1/semana) (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Raras veces (1/mes) (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Nunca (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

5. ¿En qué temporada?

Lluvias (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

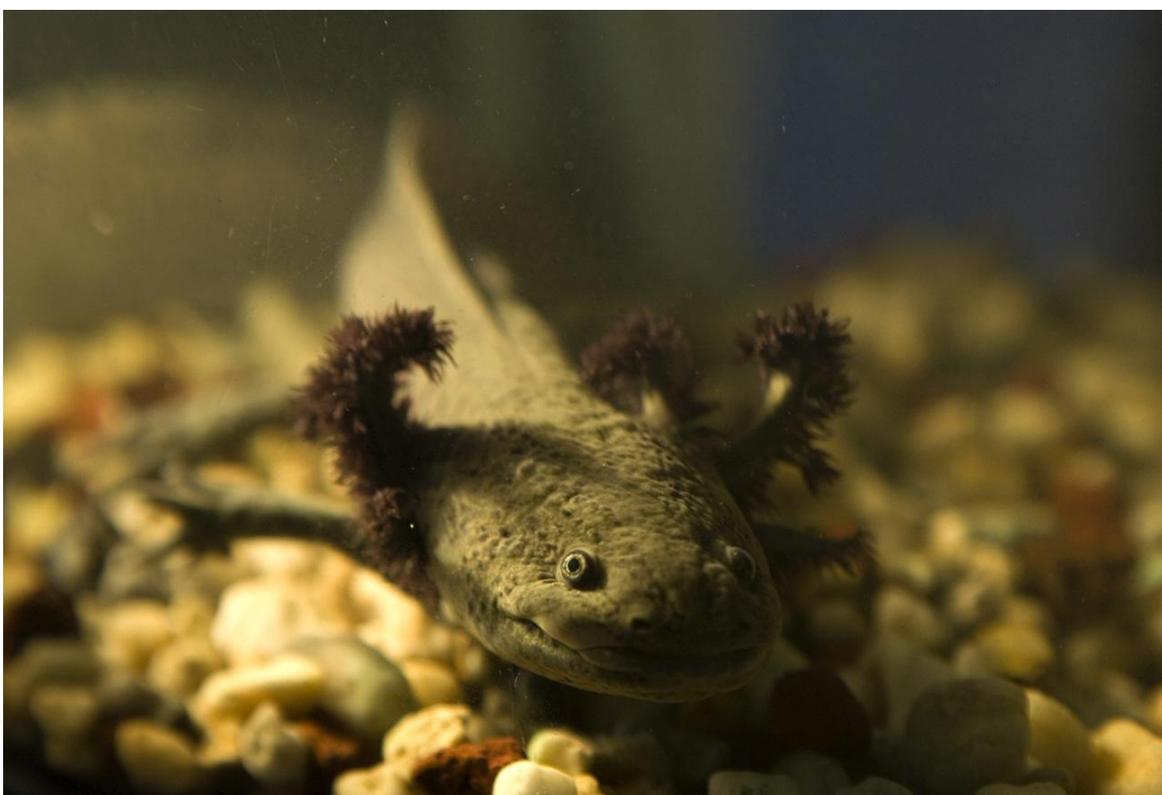
Secas (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Todo el año (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Anexo III



Rana montezumae (Lithobates montezumae)



Ambystoma mexicanum



Pituophis deppei



Phrynosoma orbiculare



Thamnophis scaliger



Anas platyrhynchos diaza



Lampropeltis triangulum



Ardea herodias

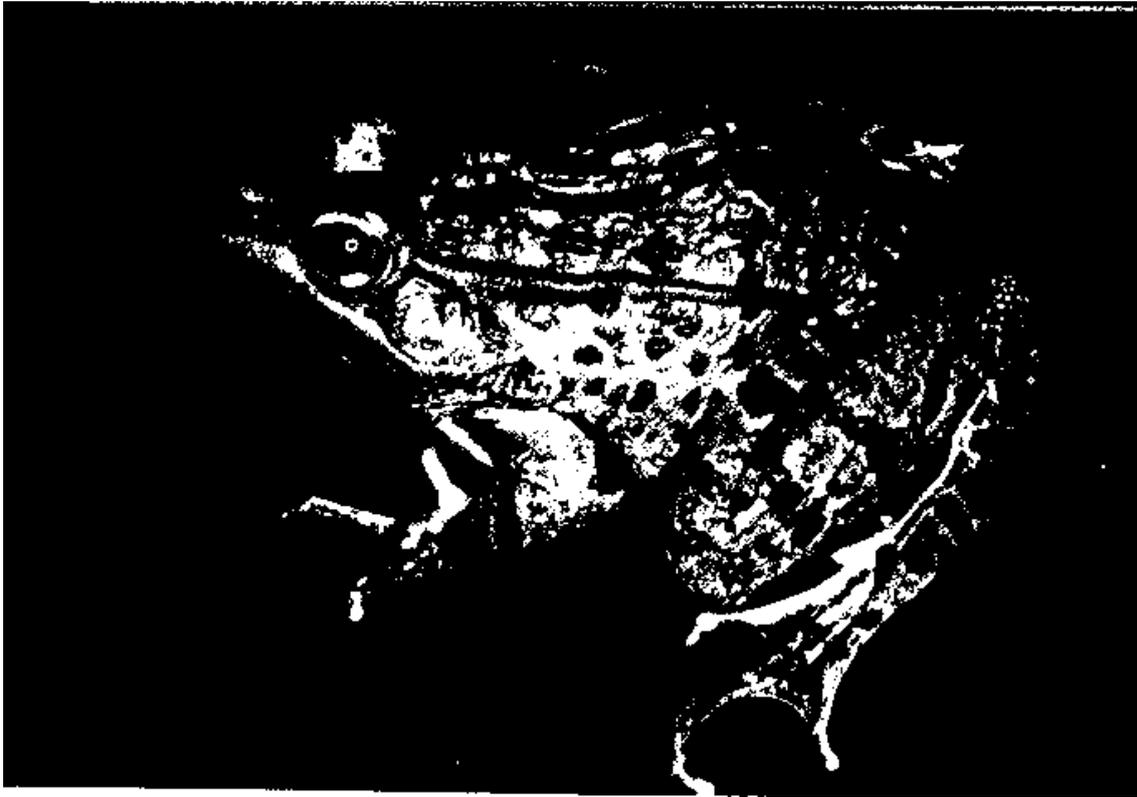


Podiceps nigricolis



Oreochromis niloticus

Anexo IV



Rana Tlálloc *Lithobates tlaloci*.