



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y
CULTURAL DE UNA ESPECIE
ENDÉMICA DE AJOLOTE (*Ambystoma
dumerilii*) DEL LAGO DE PÁTZCUARO,
MICHOACÁN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
BIÓLOGO

PRESENTA:
TZINTIA VELARDE MENDOZA

DIRECTOR DE TESIS:
ARTURO ARGUETA VILLAMAR



2011



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 de alumno

Velarde

Mendoza

Tzintia

777 363 7755

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

40500581-3

2. Datos del tutor

Dr.

Arturo

Argueta

Villamar

3. Datos del sinodal 1

Dra.

Ruth Cecilia

Vanegas

Pérez

4. Datos del sinodal 2

Dr.

Luis

Zambrano

González

5. Datos del sinodal 3

M. en C.

Carlos

Álvarez

Del Castillo

6. Datos del sinodal 4

Dr.

Luis Humberto

Escalera Vázquez

7. Datos del trabajo escrito

Importancia ecológica y cultural de una especie endémica de ajolote (*A. dumerilii*) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán.

101 p

2011

ÍNDICE

DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTOS.....	6
RESUMEN	7
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. ANTECEDENTES	8
1.1.1. EL <i>ACHÓJKI</i>	8
1.1.2. HISTORIA CIENTÍFICA.....	8
1.1.3. LA FAMILIA AMBYSTOMATIDAE.....	9
1.1.4. LA NEOTENIA.....	10
1.1.5. UTILIZACIÓN POR PARTE DE LOS <i>P'URHÉPECHA</i>	11
1.1.6. ESTUDIOS PREVIOS.....	12
1.1.7. ESTADO DE CONSERVACIÓN	12
1.2. APROXIMACIÓN ETNOECOLÓGICA.....	13
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	16
2. OBJETIVOS.....	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1. SITIO DE ESTUDIO.....	19
3. 2. ESPECIE DE ESTUDIO	22
3.3. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	24
3.3.1. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN.....	24
3.3.2. VISITAS AL SITIO DE ESTUDIO.....	25
3.3.3. ANÁLISIS DE DATOS.....	26
4. RESULTADOS.....	26
4.1. COSMOVISIÓN.....	27

4.1.1. HISTORIA <i>P'URHÉPECHA</i>	27
4.1.2. POBLACIÓN.....	28
4.1.3. RELACIÓN DE LOS <i>P'URHÉPECHA</i> CON LA NATURALEZA	29
4.1.4. ETNOZOOLOGÍA <i>P'URHÉ</i>	31
4.2. UTILIDAD Y ASPECTOS CULTURALES DEL <i>ACHÓJKI</i>	32
4.2.1. TAXONOMÍA Y ANATOMÍA.....	32
4.2.2. HISTORIA DEL AJOLOTE EN MÉXICO.....	33
4.2.3. PETROGRABADO	37
4.2.4. USO ALIMENTARIO.....	38
4.2.5. USO MEDICINAL	40
4.2.6. ENTREVISTAS	40
4.3. AMBIENTE Y ATRIBUTOS ECOLÓGICOS	44
4.3.1. HÁBITAT.....	44
4.3.1.1. VEGETACIÓN	44
4.3.1.2. FAUNA	46
4.3.2. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	47
4.3.2.1. EUTROFIZACIÓN	47
4.3.2.2. REDUCCIÓN DEL NIVEL DEL LAGO.....	50
4.3.2.3. INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS	52
4.3.2.4. EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS	55
4.3.2.5. PESCA	56
4.3.2.6. CLIMA	58
4.3.3. ASPECTOS BIOLÓGICOS DEL <i>ACHÓJKI</i>	59
4.3.3.1. ALIMENTACIÓN DEL ACHOQUE.....	59
4.3.3.2. RELACIONES TRÓFICAS EN EL LAGO DE PÁTZCUARO.....	60
4.3.4. CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ESPECIE	62
4.3.4.1. CULTIVO <i>EX SITU</i> : LA UMA <i>JIMBANI ERANDI</i>	62
4.3.4.2. CENTRO DE CULTIVO <i>EX SITU</i> <i>JIMBANI TZIPEKUA</i>	63
4.3.4.3. CULTIVO <i>IN SITU</i> : LA UMA <i>DUMERILII</i>	69

5. DISCUSIONES.....	70
5.1. CAUSAS DE LA DISMINUCIÓN DEL ACHOQUE	71
5.1.1. PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD EN ANFIBIOS.....	71
5.1.2 DISMINUCIÓN DEL ACHÓJKI	76
5.1.3. EVOLUCIÓN Y VARIABILIDAD	78
5.2. MANEJO Y CONSERVACIÓN.....	80
5.2.1. COMPARACIÓN ENTRE LAS CONSERVACIONES <i>IN SITU</i> Y <i>EX SITU</i>	80
5.2.1.1. CONSERVACIÓN <i>IN SITU</i> :.....	80
5.2.1.2. CONSERVACIÓN <i>EX SITU</i> :	81
5.3. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS S PARA LA CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LA ESPECIE... 83	
5.3.1. ESTUDIOS.....	83
5.3.2. RECUPERACIÓN DEL LAGO DE PÁTZCUARO	84
5.3.3. ESTABLECIMIENTO DE UMAs Y CENTROS DE CULTIVO	86
5.3.4. REINTRODUCCIÓN DEL ACHOQUE AL LAGO	87
5.3.5. DIFUSIÓN DE INFORMACIÓN	88
6. CONCLUSIONES.....	90
LITERATURA CITADA.....	93
ANEXOS	102
ANEXO I: ENTREVISTA TIPO	102

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a las personas más importantes en mi vida: Mi mamá, Nelly Mendoza, mi hija, Elisa Mendoza y mi abuelita, Josefina Salgado. Ustedes son las personas que más quiero y amo. Para ustedes es mi trabajo y mi vida.

También dedico este trabajo a mi familia. Raul, Xochitl, Eréndira, Chepina, Victoria, Xihuitl, Tlalli, Cuauhtémoc, Elisa, Xinemi, Nelli, Cuitlahuac, José Clemente, Isabella, Aitor, Nacho, Felicitas y Enrique. Agradezco su apoyo y espero que siempre seamos tan unidos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo otorgado por mi asesor, el Doctor Argueta, su gran paciencia fue imprescindible y espero seguir su ejemplo.

Agradezco las observaciones, correcciones y tiempo dedicado a la lectura de este trabajo por parte de los miembros del jurado, la Dra. Cecilia Vanegas, el M. en C. Luis Humberto Escalera, el M. en C. Carlos Álvarez y el Dr. Luis Zambrano.

Agradezco a Fernando Bahena, Lucía Salgado y Fernando Bahena Salgado, por su apoyo y hospitalidad.

Agradezco a la Lic. Victoria, Paola, Mauricio, las mojas dominicas de la estación *Jimbari Erandi*, al Sr. Enrique Soto, al Sr. Gerardo León, al M. en C. Daniel Hernández y la gente del lago por su apoyo.

También agradezco a todos mis amigos. Espero estar siempre para ustedes, aprecio mucho nuestra amistad, no perdamos el contacto.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es conocer la importancia ecológica y cultural del *achójki* (*Ambystoma dumerilii*) en el lago de Pátzcuaro. El *achójki* es una salamandra de la familia Ambystomatidae que habita en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Es una especie neoténica y endémica del Lago que se considera amenazada y se encuentra en las listas nacionales e internacionales de conservación. El *achójki* es un carnívoro generalista que probablemente tenga competencia interespecífica con la chegua (*Alloophorus robustus*), el pescado blanco (*Chirostoma estor*) y la lobina negra (*Micropterus salmoides*). Para los *p'urhépecha* tiene dos atributos utilitarios, en el ámbito alimentario, se utiliza como caldo o dorado por su alto contenido proteínico y en el ámbito medicinal, se utiliza para el tratamiento de enfermedades respiratorias y como proveedor de energía para niños y mujeres en períodos de lactancia. Este trabajo se dividió en dos rubros, el ecológico y el cultural, para lo cual se realizó una búsqueda bibliográfica y visitas al campo, en las cuales se hicieron 42 entrevistas abiertas y visitas a los sitios de cultivo. La mayoría de los pobladores entrevistados conoce al achoque, lo ha utilizado y piensa que ha disminuido por diversas razones. Las causas que han contribuido a la disminución de la especie son: la eutrofización del lago, la disminución del nivel de agua, la introducción de especies exóticas, la sobreexplotación de recursos y el cambio climático. Existen tres sitios de cultivo dedicados al cuidado y reproducción de la especie: las UMAs Jimbani Erandi y Dumerilii, así como el centro de cultivo Jimbani Tzípekua. Se propone que se realice un programa de apoyo para la supervivencia de la especie, mediante el aprovechamiento sustentable que le dan estos sitios de cultivo.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. EL ACHÓJKI

El ajolote (*Ambystoma dumerilii* Dugès 1870) es una especie de salamandra perteneciente a la familia Ambystomatidae, que a su vez está incluida en el orden Urodela.

La especie de interés en este estudio es el *achójki* o ajolote de Pátzcuaro, que no debe confundirse con otras especies de salamandras que en México se conocen con el mismo nombre genérico de “ajolote” (Ortega, 2000), entre ellas, la más conocida y con mayor número de estudios publicados es *Ambystoma mexicanum*, que habita en el lago de Xochimilco, pero existen 31 especies del género *Ambystoma* (Frost *et al.*, 2006; IUCN, 2009; Larson, 1996) distribuidas en Norteamérica, desde el sureste de Alaska al límite sur del Altiplano mexicano (Duellman y Trueb, 1986).

El ajolote del lago de Pátzcuaro es conocido por los *p'urhépecha* como *achójki* (Argueta, 2008), achoque (Argueta, 2008; Huacuz, 2002; Pérez-Saldaña *et al.*, 2006; Shaffer *et al.*, 2004), achoqui o marías (Huacuz, 2002). En el presente trabajo se utilizarán indistintamente los nombres *achójki* o achoque.

1.1.2. HISTORIA CIENTÍFICA

En término anfibio fue propuesto por Linneo en 1758 (*Systema Naturae*, Ed. 10, 1 en Frost, 2009), considerado un taxón heterogéneo que incluía anfibios y varios peces. En 1825 Gray propuso el grupo compuesto por tres taxa: Anura, Caudata y Gymnophiona, tal como lo conocemos hoy.

Una de las primeras referencias del *axólotl* en el mundo científico es la de Francisco Hernández, en el siglo XVI. Hernández hace una descripción del ajolote, probablemente basada en referencias orales. Lo considera una especie de cocodrilo y pone especial importancia en su uso en la gastronomía. No hace ningún comentario de la relación que éste tiene con los indígenas (Hernández en Moreno, 1969).

Por su parte, la especie *A. dumerilli* fue descubierta al mundo científico por Cuvier en 1807 pero es hasta 1870 cuando se describe por primera vez por Alfredo Dugés, un importante “científico de la transición”, es decir, antidarwinista-darwinista (Argueta, 2009) que consideró al achoque como miembro del género *Siredon* y lo nombra *Siredon dumerillii* (La Naturaleza, 1:241) en honor a Auguste Duméri, posteriormente Dunn lo clasificó como *Bathysiredon dumerillii* (Naturae, 36:1) y en 1958 Tihen consideró dentro del género *Ambystoma dumerili*, (Florida State Mas., 3:3) (Duellman, 1961).

1.1.3. LA FAMILIA AMBYSTOMATIDAE

La familia Ambystomatidae tiene fertilización interna vía espermatóforo (Duellman y Trueb, 1986). La aleta caudal, en la larva, se extiende hasta más allá de las extremidades posteriores para formar una aleta dorsal en el cuerpo que se reduce a un pliegue en las formas adultas neoténicas (Casas-Andreu, 1979).

Tienen una amplia variedad de hábitat acuáticos, desde el pastizal semidesértico hasta los bosques boreales de coníferas (Frost, 2006). Por lo que se deduce que son especies diversas, adaptables y tienen la capacidad de sobrevivir bajo condiciones distintas de temperatura y humedad.

Duellman reporta 30 especies vivas de la familia Ambystomatidae, contenidas en dos géneros, *Ambystoma* y *Rhyacosiredon* (Duellman y Trueb, 1986). En la

actualidad se considera que existen 31 especies contenidas sólo en el género *Ambystoma* (Frost *et al.*, 2006; IUCN, 2009; Larson, 1996).

1.1.4. LA NEOTENIA

El achoque resulta interesante desde el punto de vista biológico por presentar características de neotenia (Duellman, 1986; Ortega, 2000).

Para poder comprender el fenómeno de neotenia, es necesario entender qué es la metamorfosis. La metamorfosis implica una serie de cambios abruptos estructurales, fisiológicos, bioquímicos y de comportamiento, durante los cuales todos los tejidos del cuerpo, excepto los reproductivos, se ven afectados, involucra la regresión de estructuras y funciones que son importantes sólo en la larva, la transformación de estructuras larvarias en una forma más beneficiosa para el adulto (Duellman y Trueb, 1986; Martin y Gordon, 1995).

La neotenia se define como un fenómeno que consiste en adquirir la madurez sexual mientras se mantiene la morfología externa larvaria, algunos autores sostienen que la neotenia es la reproducción de larvas vía retraso del desarrollo somático (Duellman, 1986; Martin y Gordon, 1995).

Los organismos neoténicos son capaces de reproducirse en estado larval pero también pueden sufrir metamorfosis si las condiciones de alimentación o del medio cambian (Hickman, 1984).

Existen dos tipos de neotenia, la facultativa y la obligada. En la facultativa, los individuos se transforman por condiciones ambientales, mientras que en la obligada, no ocurre metamorfosis en su hábitat natural (Duellman y Trueb, 1986), aunque se ha reportado metamorfosis inducida en laboratorio (Brandon, 1976).

En México hay cinco salamandras que presentan neotenia obligada: *A. andersoni*, del lago de Zacapu, Michoacan, *A. dumerilii*, del lago de Pátzcuaro, *A. mexicanum*, del lago de Xochimilco, *A. taylori*, de la laguna de Alchichica, Puebla y *A. tigrinum*, de varias lagunas al este de Puebla (Ortega, 2000).

Algunos autores señalan la metamorfosis no ocurre en las salamandras neoténicas por insensibilidad de los tejidos a la hormona tiroidea (TRH), por lo tanto es incapaz de liberar la hormona estimulante de la tiroides (TSH), que activa la liberación de tiroxina de la glándula tiroides (Harris, 1956 en Duellman y Trueb, 1986 y Martin y Gordon, 1995). Esto se ha comprobado para *Ambystoma mexicanum*, *Necturus*, *Proteus* y *Amphiuma*.

1.1.5. UTILIZACIÓN POR PARTE DE LOS P'URHÉPECHA

Históricamente, en México los ajolotes están relacionados con dos de las civilizaciones más importantes del Altiplano mexicano, la *p'urhépecha* y la mexicana, las cuales le han dado una connotación religiosa (Moreno, 1969), medicinal y alimentaria (Argueta, 2008, Huacuz, 2002; Pérez-Saldaña *et al.*, 2006).

En la región de Pátzcuaro, el ajolote se utiliza como alimento por tener un alto contenido energético (Huacuz, 2002), como medicina, en tratamientos de vías respiratorias y asma (Argueta, 2008; Huacuz, 2002; Pérez-Saldaña *et al.*, 2006; Shaffer *et al.*, 2008).

La utilización del *achójki* le ha conferido una demanda, que ocasiona su venta en los mercados de Pátzcuaro y Quiroga para la elaboración de diferentes platillos, (Huacuz, 2002), dato verificado por Arturo Argueta y Oswaldo Alvarado en 2009 durante varias visitas al mercado de Pátzcuaro (Argueta y Alvarado, comunicación personal, 2009).

1.1.6. ESTUDIOS PREVIOS

A pesar de la importancia que tiene el *achójki* para los pobladores de la ribera del lago de Pátzcuaro, sólo se han publicado dos trabajos que se especializan en el *achójki*, el primero fue publicado en el 2002 por Huacuz, de la Universidad de Michoacán (UMSNH) y trata de la historia de vida, manejo y conservación de la especie, el segundo trabajo fue publicado en el 2006 por las monjas dominicas de clausura de la estación biológica *Jimhani Erandi*, se centra en el manejo en condiciones de cautiverio dentro de la estación.

Los estudios sobre la dieta del achoque en vida silvestre son mínimos, se sabe que puede alimentarse de crustáceos, insectos y moluscos (Brandon, 1970 en Huacuz, 2002) pero sólo se ha encontrado al acocil *Cambarellus montezumae* en el análisis de los contenidos estomacales en adultos y se carece de información sobre la alimentación de las larvas y lo juveniles. En cautiverio se alimentan de pulgas de agua, lombrices, crustáceos, acociles y peces pequeños (Pérez-Saldaña *et al.*, 2006).

1.1.7. ESTADO DE CONSERVACIÓN

El achoque es una especie endémica del lago de Pátzcuaro (Casas-Andreu *et al.*, 2004; Huacuz, 2002; NOM059-SEMARNAT-2001; Pérez-Saldaña *et al.*, 2006; Shaffer *et al.*, 2004), esto quiere decir que sólo habita en este lago. La relevancia de conservar esta especie radica en que, al extinguirse localmente, se extingue globalmente.

La población de la especie se encuentra en un estado de conservación bastante desfavorable debido a la reducción de su hábitat y reducción de la calidad del agua (Chacón, 2000; Orbe-Mendoza y Acevedo-García, 2002), cambio de uso de suelo en la ribera del lago (Frías *et al.*, 2010), introducción de especies exóticas (Orbe-Mendoza *et al.*, 2002; Frías *et al.*, 2010), la desecación del lago de

Pátzcuaro (Chacón, 2000; Chacón, 2002, Ángel-Hurtado *et al.*, 2005), eutrofización (Argueta y Castilleja, 2008; Gómez-Tagle, 2002) y cambios globales (Frías *et al.*, 2010), temas que se discutirán en este trabajo.

El estado de conservación de la especie se refleja en las listas nacionales e internacionales de especies amenazadas: está incluida en el anexo II de CITES, que incluye a las especies cuyo comercio debe controlarse (CITES, 2009); es considerada una especie sujeta a protección especial en la Norma Oficial Mexicana (NOM-ECOL-059); se encuentra en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) como una especie en peligro crítico (IUCN, 2009), y se considera una especie en riesgo en el Fondo Mundial para la Vida Silvestre (WWF, 2007).

1.2. APROXIMACIÓN ETNOECOLÓGICA

Este trabajo tiene sus cimientos en dos disciplinas distintas que se han articulado interdisciplinariamente: la biología y la antropología. Los estudios sobre la naturaleza y la cultura convergen en una disciplina llamada etnobiología, que conjunta las ciencias naturales y las sociales.

El término *etnobiología* fue acuñado en 1936 por Castetter, y es considerada como rama de la biología (Argueta, 1988), el término fue introducido en México hasta el año 1940 por Maldonado-Koerdell, aunque antes de esa fecha ya se habían realizado en este país estudios de carácter etnobotánico y etnozoológico (Argueta, 1988).

La etnobiología estudia e interpreta el manejo, la utilización, el conocimiento y el significado cultural que los elementos de la flora y la fauna, así como las relaciones que dichos elementos, tienen para una cultura específica (Barrera, 1977 en Argueta, 2008).

La etnobiología engloba cuatro principales ramas, la etnobotánica, que estudia la relación de los pueblos con las plantas (Toledo *et al.*, 1995); la etnozoología, la relación con los animales (Grebe, 1984); la etnomicología, la relación con los hongos (Estrada-Martínez *et al.*, 2009) y la etnoecología. En este estudio se aborda la etnozoología y la etnoecología.

La etnoecología se define como el estudio interdisciplinario de los sistemas de conocimiento, prácticas, y creencias de los diferentes grupos humanos sobre su ambiente (Toledo, 2002 en Reyes y Martí, 2007). Esta disciplina ha buscado entender y promover el papel de los sistemas locales de conocimiento ecológico en la conservación y el desarrollo (Reyes y Martí, 2007).

La etnoecología es el estudio de las relaciones entre el *kosmos* (creencias y representaciones simbólicas), el *corpus* (conocimiento ambiental), y la *praxis* (los comportamientos que llevan a la apropiación de la naturaleza) (Toledo y Argueta, 1992).

En sus inicios, las investigaciones en etnoecología se centraron en la clasificación de los elementos del ambiente por grupos indígenas y los sistemas de conocimiento que dichos grupos tenían para el mantenimiento de los recursos (Reyes y Martí, 2007). La etnoecología actual estudia el conocimiento ecológico local como una forma compleja de adaptación y modificación del hábitat, fruto del proceso de relación entre cultura y naturaleza (Berkes *et al.*, 2000 en Reyes y Martí, 2007).

La perspectiva etnoecológica sitúa a las comunidades rurales en el centro de la intersección socioecológica, es decir, como una entidad tensada por las fuerzas de la naturaleza y de la sociedad (Toledo, 2001). Entonces, de acuerdo a Toledo, las comunidades rurales son una parte productiva de la sociedad que se apropia de

los recursos naturales, representados por los ecosistemas, mediante actividades agropecuarias, forestales y pesqueras (Toledo, 2001).

Argueta considera la perspectiva de la “ecología biológica” como ciencia básica para el estudio de las interrelaciones entre los elementos del ecosistema (Argueta, 2008). Toledo por su parte, considera la ecología humana como una disciplina que intenta descubrir y describir la articulación entre los modos de producción y los ecosistemas (Toledo *et al.*, 1976 en Argueta, 2008).

De acuerdo a Pujol (1977), uno de los campos de investigación de la etnozología es el conocimiento que los hombres tienen sobre los animales, sobre sus sistemas clasificatorios, a través del tiempo, vistos por las etnias con su propia psicología.

Beaucage (1990) considera que el desarrollo de la etnociencia tiene tres fases. La primera trató de catalogar empíricamente un conjunto de plantas conocidas por una población determinada, y buscó la identificación botánica y el análisis de sus propiedades químicas. En la segunda fase, la cultura tuvo una mayor importancia y la tercera pone en relieve la integración del saber tradicional en sistemas de clasificación, a los que se reconoce una función semejante a los elaborados por las ciencias naturales modernas.

En el presente trabajo, se propuso la integración del conocimiento que los *p'urhépecha* tienen respecto al ajolote y conjuntar este saber con los aportes de la ecología básica de acuerdo con la propuesta de Beaucage.

A lo largo de su historia, los *p'urhépecha* han sido partícipes de la producción de un conocimiento elaborado, dicho conocimiento es evidencia de una mayor complejidad cultural, que implica un alto grado de información. El concepto de complejidad cultural alude a la diferenciación de roles y status y a la creciente separación y especialización de áreas y sistemas de interacción social. Cuando

más compleja es una sociedad esperamos encontrar una mayor autonomía de los diferentes sistemas (Archetti, 1992).

El sistema de clasificación biológica *p'urhépecha* y occidental es una convergencia, ya que tienen principios totalmente distintos, por un lado las ciencias occidentales se construyen con requisitos de generalización, verificación, sistematicidad y predicción y sus estándares de evaluación, entre otros, mientras que el conocimiento tradicional es más minucioso y amplio (Argueta, 2010).

La clasificación de la naturaleza es un reflejo del análisis y la atenta observación de la misma. En Mesoamérica, la observación de la naturaleza y la explicación de fenómenos naturales son factores ligados a la religión. En este sentido, los saberes tradicionales son equiparables al concepto de ciencia occidental (Broda, 1991 en Castilleja, 2010).

1.3. JUSTIFICACIÓN

El lago de Pátzcuaro constituye el único hábitat del *achójki* y está enfrentando cambios culturales y ambientales que repercuten en las poblaciones nativas y en la relación de éstas con los pueblos que habitan en la ribera del lago.

Desde hace aproximadamente 30 años, la población de achoques se ha visto amenazada por diversos factores locales como la introducción de especies exóticas (Santos-Barrera, 2004; Santos-Barrera y García-Aguayo, 2006), la contaminación (Argueta y Castilleja, 2008), la desecación del lago de Pátzcuaro (Chacón, 2002, Ángel-Hurtado *et al.*, 2005), factores globales como el cambio climático y el aumento en la frecuencia de enfermedades (Amos y Balmford, 2001; Collins y Storfer, 2003).

La especie *A. dumerilii* está considerada bajo algún criterio de amenaza en los listados de CITES, NOM-ECOL-059 y la IUCN. Esto le confiere una urgencia para ser preservada y estudiada.

El presente trabajo pretende generar información relevante para conocer las relaciones entre la biología y ecología del achoque con la importancia cultural que se le ha dado históricamente por parte del pueblo *p'urhépecha* en el lago de Pátzcuaro. No hay estudios publicados de este tipo para esta especie, por lo que este trabajo es pionero en el tema.

Es necesario desarrollar métodos y tecnologías que permitan llevar a cabo un plan de manejo *in situ* de la especie. Con esto, aumenta la probabilidad supervivencia de la especie y se preservan los usos que la población le da. Además, de manera indirecta, se conservan otras especies y procesos ecológicos.

2. OBJETIVOS

El objetivo general del presente trabajo es conocer la importancia ecológica y cultural del *achójki* (*Ambystoma dumerilii*) en el lago de Pátzcuaro, Michoacán, así como revisar las propuestas para su conservación.

Los objetivos específicos son:

1. Realizar un registro de la cosmovisión que los pobladores tienen en torno al *achójki*.
2. Conocer la utilidad que se le da al *achójki* en el lago de Pátzcuaro.
3. Conocer los atributos ecológicos del *achójki* en el ecosistema lacustre, así como sus relaciones con las demás especies del lago.
4. Hacer una revisión de las propuestas para su conservación *in situ* y *ex situ*, así como para su manejo y aprovechamiento por los pobladores locales.
5. Contribuir al conocimiento y concientización de los pobladores y la academia para impedir que el *achójki* llegue a su extinción.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. SITIO DE ESTUDIO

El lago de Pátzcuaro (Fig. 1) se ubica en la región sur del Altiplano Mexicano, en las coordenadas 19°31' y 19°42' N, 101°32' y 101°43' O (Barrera-Bassols, 1986; INEGI, 2003; Orbe-Mendoza y Acevedo-García, 1999) en la parte centro norte del Estado de Michoacán, pertenece a la subcuenca Pátzcuaro-Cuitzeo y Lago de Yuriria, que a su vez pertenece a la región hidrológica Lerma Santiago (INEGI, 2003). Dentro de los municipios ribereños más importantes se encuentran: Erongarícuaro, Pátzcuaro, Quiroga y Tzintzuntzan.



Fig. 1. Vista panorámica del Lago de Pátzcuaro desde el mirador de la ciudad de Pátzcuaro. Fotografía de Bahena (2010).

Está delimitado en sus extremos por diversas sierras que lo circundan completamente (Barrera-Bassols, 1986), esto le confiere la característica de cuenca cerrada o endorréica (Barrera-Bassols, 1986; Martínez-Sifuentes, 2002; Orbe-Mendoza y Acevedo-García, 2002), por lo que no existe corriente superficial

alguna que, proveniente del exterior, alimente al lago o permita la salida de sus aguas (Barrera-Bassols, 1986).

El lago de Pátzcuaro es abastecido por manantiales que afloran en su interior y escorrentías superficiales de arroyos formados durante la temporada lluviosa que pueden provenir de la Meseta Tarasca y escurrir subterráneamente o de la zona de altitud media de su cuenca, no cuenta con ríos tributarios importantes (Chacón, 2002).

Colinda al oriente con la Cuenca del Río Grande de Morelia, al poniente con el Río Lerma y al sur con la Cuenca del Lago de Zirahuen. (Huacuz, 2002, Orbe-Mendoza, 2002).

El lago de Pátzcuaro tiene forma de "C" (Fig. 2), con tres prolongaciones, la de mayor profundidad es el Seno de Quiroga, el Seno de Ihuatzio tiene menor profundidad y el Seno de Erongarícuaro es de menor extensión (Barrera-Bassols, 1986; Chacón, 2002).

Posee una longitud máxima de 18.7 km, una anchura máxima de 5.85 km y una anchura media de 4.2 km en el centro (Barrera-Bassols, 1986), en esta zona del centro se encuentran las islas distribuidas principalmente en la región centro-sur del lago.

Anteriormente existían en el interior ocho islas y actualmente la más grande de ellas está conectada a tierra firme por un camino de terracería, mientras otras dos se encuentran separadas por pantanos y angostos canales artificiales (Huacuz, 2002), con el paso del tiempo, el descenso del nivel del agua en el lago ha ocasionado que las islas dejen de tener su condición de aislamiento y se conviertan en una prolongación de la tierra, por lo que hoy solamente existen cinco islas.

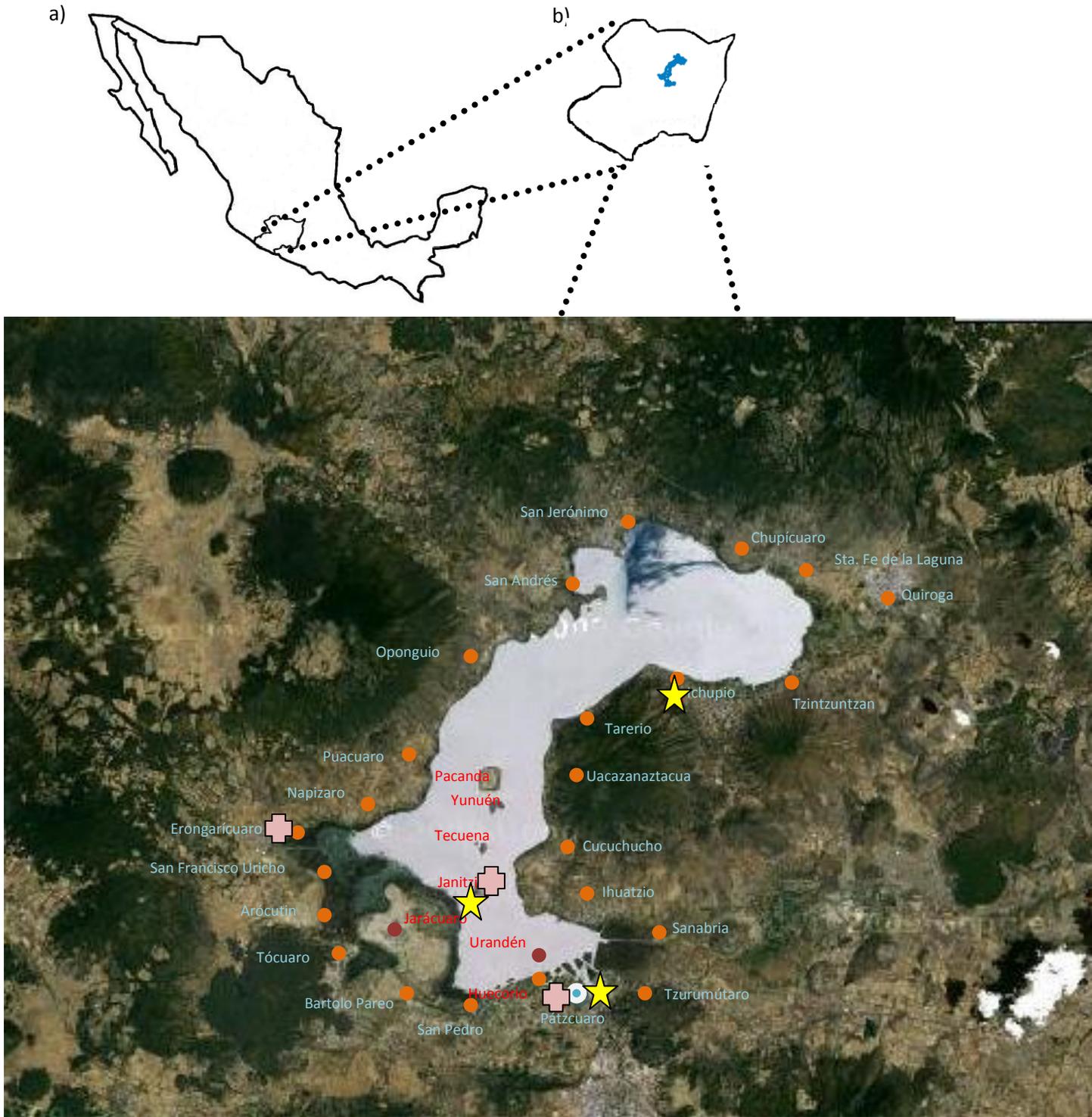


Fig. 2. (a) Mapa de México, extraído a partir de INEGI (2005b), (b) Mapa de Michoacán en donde se muestra la ubicación del lago de Pátzcuaro y (c) Vista satelital del lago de Pátzcuaro, modificada a partir del mapa de google en marzo de 2010. Los sitios donde se realizaron las entrevistas están marcados con una cruz y los sitios donde se ubican los tres sitios de cultivo, se pueden observar con una estrella.

El área del espejo del lago puede variar, ya que depende de las aportaciones y usos que se dan a tanto a sus fuentes de abastecimiento, como al agua del propio lago, así como de las condiciones climatológicas, de evaporación y las extracciones que se realizan (NOM-036-PESC-2007). Orbe-Mendoza señala que mide 97.5 km² (Orbe- Mendoza, 2002) y Barrera Bassols, sostiene que mide 111 km² (Barrera-Bassols, 1986). Esta variación puede deberse a la temporada de medición o al cambio en el nivel de agua en el lago.

La fuente principal de agua en el lago es la precipitación pluvial (NOM-036-PESC-2007), por lo que las variaciones de nivel son continuas. El primer registro del nivel del lago indica que está a 2035.80 msnm (De Buen, 1944 en Orbe-Mendoza y Acevedo-García, 2002; Chacón *et al*, 1991 en Huacuz, 2002), sin embargo, Bernal-Brooks realizó la corrección a 2040.8 msnm en 1998 (Orbe-Mendoza y Acevedo-García, 2002).

La precipitación pluvial permite que el lago reciba aproximadamente 1000 mm³ anuales, de los cuales 800 mm³ se pierden por evapotranspiración, esto significa un aporte real al lago de aproximadamente 200 mm³ (Barrera-Bassols, 1986).

La pesquería y el turismo constituyen dos importantes fuentes de ingreso para los habitantes de la isla de Janitzio, la razón principal del turismo es su condición de isla, esta condición tiene una tendencia a la desaparición por su cercanía con la tierra firme, por lo que los pobladores de la isla perderían una de las fuentes de ingreso, que, aunado a la disminución de la cantidad de peces y especies de peces, constituyen un serio problema.

3. 2. ESPECIE DE ESTUDIO

El *achójki* (*Ambystoma dumerilii* Dugès, 1870) es una especie endémica del lago de Pátzcuaro (Shaffer *et al.*, 2008; Pérez-Saldaña *et al.*, 2006). Fue descubierta al

mundo científico por Cuvier en 1807 y descrita como *Siredon dumerilii* por Dugès en 1870 (Fig. 3).

La descripción de Dugès (1870) fue la siguiente: Color general de un rojo violeta mezclado de pardo; mucho más claro en las partes inferiores y aún algunas veces la garganta y el pecho blancos; costados con manchas blanquecinas; agallas negras; membrana natatoria naciendo como a la mitad del dorso, de un negro violado: en el macho comienza entre los hombros. Manos semipalmeadas, o más bien con palmeaduras recurrentes; patas palmeadas. Cabeza y dorso cubierto de puntos hundidos formados por las aberturas de las glándulas de la piel, que secretan un humor latescente, amargo y de mal olor; cabeza como gibosa en la región posterior (Corrales *et al.*, 1990).



Fig. 3. *Ambystoma dumerilii*. (Fotografía de Velarde, 2010)

Clasificación taxonómica de *A. dumerilii*:

Dominio: Eukarya

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Clase: Amphibia

Orden: Urodela

Familia: Ambystomatidae

Género: *Ambystoma*

Especie: *Ambystoma dumerilii* (Dugès, 1870)

3.3. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

En el presente trabajo se abordan dos rubros principales, el ecológico y el cultural, para lo cual se llevan a cabo dos procedimientos: una revisión bibliográfica y visitas al sitio de estudio.

3.3.1. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

Para el primer procedimiento, se buscó la información relacionada con el lago de Pátzcuaro, los *p'urhépecha* y *Ambystoma dumerilii*, así como la relación que hay entre ellos.

Las fuentes bibliográficas de las que se extrajo la información fueron principalmente libros y publicaciones periódicas de revistas nacionales e internacionales. Se buscó información en el Instituto de Investigaciones Antropológicas, la Biblioteca Central y la Facultad de Ciencias, de la UNAM.

Se realizaron consultas en internet de páginas de acceso público, como la del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), las página de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), la página de Servicios de Información para la Gestión Ambiental de la Cuenca del Lago e Pátzcuaro (SIGAPATZ), entre otras.

También se consultaron artículos de revistas científicas a través de la Red de la UNAM, tales como *Hidrobiológica*, *Heredity*, *Copeia*, *Ciencia Ergo Sum*, *Diversity and Distributions*, *Bulletin of the American Museum of Natural History*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *Conservation Genetics* y el *Journal of Herpetology*.

3.3.2. VISITAS AL SITIO DE ESTUDIO

Se realizaron tres visitas al sitio de estudio con el objetivo de corroborar datos, realizar entrevistas y reconocer los sitios de cultivo del achoque, la primera en febrero, la segunda en abril y la última en agosto del 2010.

En las visitas al sitio, se realizaron 42 entrevistas abiertas en el mercado de Pátzcuaro, la isla de Janitzio y el poblado de Erongarícuaro. Las entrevistas abiertas son técnicas de obtención de información derivadas de la interlocución y de la observación directa, por lo que no se tuvo un formato específico de encuesta, pero si se trabajó con preguntas previamente planteadas (ver Anexo 1) para guiar las respuestas y poder aplicar la estadística necesaria, la cual fue en todos los casos, de carácter descriptivo.

La variable que definió la selección del entrevistado fue su lugar de origen o residencia, se eligieron personas originarias o que vivían en la región de Pátzcuaro, principalmente en la ribera e islas y que estuvieran dispuestas a ser entrevistados.

También se realizaron visitas a dos Unidades de Manejo Ambiental de achoques, la estación biológica *Jimbari Erandi*, ubicada en el convento de monjas dominicas de clausura y la UMA *Dumerilii*, ubicada en el municipio de Ichupio, en la ribera del lago de Pátzcuaro y a un centro de cultivo ubicado en la isla de Janitzio llamado *Jimbari Tzipecua*, que es también una unidad de manejo ambiental en proceso de

declaración oficial. El motivo de estas visitas fue (1) conocer la especie en vivo; (2) Conocer los métodos de cultivo del achoque; (3) conocer la situación de la especie, cuántos individuos existen y en qué condiciones se encuentran para definir la viabilidad de un proyecto de conservación que unifique a los tres centros de crianza del achoque.

Se realizó una visita al petrograbado del achoque, ubicado en la isla de Janitzio y al CRIP de Pátzcuaro (Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Pátzcuaro), en el cual se entrevistó al director del centro, el M. en C. Daniel Hernández y a un técnico, el Sr. Gerardo León, quien ha dedicado muchos esfuerzos para la conservación del achoque.

3.3.3. ANÁLISIS DE DATOS

Con la información obtenida, se realizó un análisis de la situación histórica y actual del lago y cómo ésta repercute en el achójki y en la percepción de esta especie por parte de los pobladores de la ribera del lago de Pátzcuaro.

Las gráficas se realizaron con el programa Excel en su totalidad. Las larvas fueron medidas con una referencia de 1 cm, se les tomó una foto y fueron analizadas con el programa ImageTool, versión 3.0, ya que esta técnica es menos agresiva que la medición con vernier al no requerir contacto con los individuos.

Para definir el estado de conservación de las áreas en la ribera del lago, se utilizó un mapa satelital del Google maps, extraído en marzo de 2011, se consideró un área de 5 km alrededor del lago y se dividió el lago en 4 cuadrantes, con la ayuda del programa Image Tool, se tomaron las medidas de los polígonos correspondientes a las zonas visiblemente conservadas y a las que se ven deterioradas.

4. RESULTADOS

4.1. COSMOVISIÓN

4.1.1. HISTORIA P'URHÉPECHA

Sahagún planteó el gentilicio de “tarascos” pero este pueblo se llama a sí mismo *p'urhépecha*, y cada uno de sus integrantes es un *p'urhé* o *p'uré* que significa gente o persona (Argueta, 2008; INEGI, 2004); lo cual implica una identificación, que los diferencia de los otros pueblos. Sentirse poseedores de algo los impulsa a conservar aquello que poseen para sus hijos y nietos, por ello es importante el sentido de pertenencia de un pueblo.

El origen del pueblo *p'urhé* es aún incierto, lo único que se sabe con certeza es que sus ancestros son una mezcla de grupos chichimecas, nahuas y pretarascos, denominados Chichimeca-Uanacaze, que provenían de la laguna de Zacapu (Argueta, 2010). En esta laguna, hay otra especie de ajolote (*Ambystoma andersoni*), que también es neoténica, probablemente los antecesores de los *p'urhépecha* ya tenían una relación con el ajolote antes llegar a su actual territorio.

Existen evidencias de vida humana sedentaria con actividad agrícola desde hace aproximadamente 3500 años, sugeridas por la presencia de polen de maíz en los sedimentos lacustres (Watts y Bradbury, 1982 en Toledo y Argueta, 1992). Esto denota (1) un arraigo cultural, al ser un pueblo antiguo que ha permanecido por casi cuatro milenios y (2) conocimiento del entorno, porque en ese tiempo, los antecesores de los *p'urhé* ya cultivaban el maíz, seguramente también aprovechaban los recursos pesqueros y de la sierra, incluyendo al achoque.

El registro más importante de la historia de los *p'urhépecha* que permanece en la actualidad es la Relación de Michoacán, en ella se narran los acontecimientos ocurridos para la formación del pueblo *p'urhé*. Se relata cómo llegaron los chichimecas a la ribera del lago de Pátzcuaro y establecieron su poderío por medio de alianzas matrimoniales y guerras en el siglo XII (De Alcalá, 2000).

4.1.2. POBLACIÓN

En la época prehispánica, los *p'urhépecha* se asentaron en cuatro regiones, una de ellas fue la cuenca del Lago de Pátzcuaro, que constituyó el centro del Estado Tarasco (Toledo y Argueta, 1992). Esto brinda al lago una importancia generada por su geografía y los recursos que de ahí se obtenían.

Casi todos los asentamientos humanos actuales de la región del Lago de Pátzcuaro ya existían en la época prehispánica, evidencia clara de ello son los nombres de las poblaciones, casi todos están en idioma *p'urhé*.

La proporción indígena en relación a la mestiza en esta zona es de 19%, que supera el promedio nacional (7%) y es casi seis veces el promedio estatal (3%), por lo que se infiere que es una zona con alto grado de riqueza indígena (INEGI, 2005a), aunque los principales asentamientos en la cuenca no son mayoritariamente indígenas, como Pátzcuaro, Erongarícuaro y Tzintzuntzan.

Esta información es relevante para el achoque en términos de que la mayoría de las poblaciones indígenas tienen costumbres, usos y aprovechamiento de los recursos que data de tiempo atrás, por lo que se espera una relación con el achoque de varios siglos.

En México, las zonas lacustres tienen una gran relevancia, dos de las más importantes culturas crecieron alrededor de lagos: la mexicana y la *p'urhé*. Los lagos constituyeron una fuente alimentos y suministro de agua, lo que permitió el

establecimiento de las poblaciones. En épocas precolombinas, los *p'urhépecha* rivalizaron con los mexica principalmente.

Había más de 25 lagos distribuidos en el eje neovolcánico (Toledo y Argueta, 1992), actualmente la mayoría enfrenta problemas de desecación y eutroficación, acrecentados por acciones antropogénicas, tienen una tendencia a la desaparición, lo que afectará fuertemente a los pueblos.

Desde hace varias décadas, el Lago de Pátzcuaro ha constituido un centro turístico de importancia a nivel nacional y que permanece en nuestros días, lo cual ha sido perjudicial en términos ambientales, sin embargo puede hacer un giro para la recuperación del lago.

4.1.3. RELACIÓN DE LOS P'URHÉPECHA CON LA NATURALEZA

Para la mayoría de las culturas en el mundo, la naturaleza tiene un atributo sagrado, consideran que las entidades naturales tienen un espíritu o alma y con las cuales mantienen una relación cercana, por lo que gracias a ello estas culturas han conservado sus recursos naturales a través de las generaciones.

Desafortunadamente, este atributo se ha perdido a través de los años en las culturas occidentalizadas, debido a la globalización y a la introducción de nuevas tecnologías que nos alejan cada vez más de la naturaleza.

En la cosmovisión de los *p'urhépecha*, existen entidades con una connotación religiosa en casi todos los ámbitos naturales. El agua, por ejemplo, es considerada sagrada, tiene carácter animado y conlleva un sentido de fertilidad (Argueta y Castilleja, 2008).

No es de extrañarse que el agua tenga la categoría de sagrado, puesto que el humano y sus cosechas dependen de ella. Además, si se considera que en el

estado de Michoacán hay 1,434 cuerpos de agua dulce (Martínez-Sifuentes, 2002), se espera que sus habitantes tengan una estrecha relación con el agua.

El Lago de Pátzcuaro constituye uno de los cuerpos de agua de mayor importancia, por su extensión, su historia y porque es una fuente de alimentos. Los habitantes de la ribera del lago han sabido convivir con los recursos desde hace al menos 800 años, durante este tiempo han creado un conjunto de saberes en torno al lago que les han permitido sobrevivir.

El lago les ha provisto de sustento, tierras de cultivo y de pastoreo para el ganado, pesca, barro, madera, tule y chuspata (Castilleja *et al.*, 2003). Por lo que el conocimiento es reflejo de la convivencia con el ambiente.

Existen evidencias de que en épocas prehispánicas, los pobladores de la ribera del lago se dedicaban a diversas actividades, tales como la caza, la pesca y la recolección, esto favoreció el mantenimiento del equilibrio ecológico (Castilleja *et al.*, 2003). Estas actividades prevalecen en la actualidad pero se han introducido nuevas tecnologías que no necesariamente favorecen la conservación de los ecosistemas.

Para los *p'urhépecha*, hay tres principales dioses, el creador es llamado *Tata Kuerap'ri*, Velásquez dice que es el dios más poderoso en la tierra tarasca y ha creado al hombre, los animales, las plantas, los mares y la tierra misma, al sol, a la luna, al cielo y las estrellas (Velásquez, 1947 en Argueta, 2008).

En la cosmovisión *p'urhépecha*, *Tata Kuerap'ri* tiene dos hijos que son complementarios, el dios *Tata Jurhiata* (Padre Sol), dios del día y de las actividades diurnas y la diosa *Nana Kutsi* (Madre Luna), diosa de la noche que vigila las actividades nocturnas (Argueta, 2008). Ambos dioses denotan una complementariedad, muy característica de algunas culturas prehispánicas, en las que se identifica el lado femenino como nocturno y el masculino como diurno.

La dualidad del sol y la luna conecta a los humanos con la naturaleza. Como investigadores sobre la biodiversidad y la conservación de esta región, debemos darle más importancia a estos conceptos ya que pueden articularse con las tareas de conservación de la naturaleza.

4.1.4. ETNOZOOLOGÍA P'URHÉ

Las clasificaciones biológicas tradicionales se componen de algunas categorías centrales fundadas sobre criterios morfológicos generales (p. ej., árbol, ave, pez) y de otras categorías periféricas establecidas desde un punto de vista esencialmente práctico (p. ej., leña, quelites, ganado) (Hunn, 1982 en Baucage, 1990).

La clasificación *p'urhé* constituye entonces una excepción a este arreglo tradicional, ya que ellos dividen al universo con ambas categorías propuestas por Hunn. La clasificación *p'urhé* se basa tanto en aspectos morfológicos, como prácticos. De acuerdo a Baucage, la practicidad en las clasificaciones tradicionales no se limita a la dimensión utilitaria, en cambio, incluye las relaciones en el campo sobrenatural.

Un ejemplo de ello se encuentra en los anélidos e insectos, clasificados en el grupo *anháparahakua no jukaricha*, bajo la condición de animales que no tienen columna vertebral ni huesos (Argueta, 2008), se puede observar que es una clasificación meramente morfológica pero hay otras clasificaciones que se basan en aspectos prácticos en el sentido de practicidad propuesto por Baucage, p. ej., los animales se mueven, comen y tienen ojos (aspecto morfológico), pero también tienen “destino” y muchos también “gusto” (aspecto práctico) (Argueta, 2008).

La taxonomía *p'urhé* además es muy interesante desde el punto de vista antropológico porque tiene muchas similitudes con la taxonomía científica,

principalmente en la división del universo y el agrupamiento de las especies de acuerdo a ciertas características.

4.2. UTILIDAD Y ASPECTOS CULTURALES DEL *ACHÓJKI*

El género *Ambystoma* se distribuye en el norte del continente americano (Frost, 2009). Considerando que las civilizaciones más importantes se han desarrollado en las cercanías de los cuerpos de agua, sería evidente pensar en la relación inherente entre estos anfibios y los pueblos de esta región pero existen muy pocos estudios que analicen la relación entre las salamandras ambystomátidas y los seres humanos.

El caso más conocido y documentado es el del *axólotl* (*A. mexicanum*) y para esta especie si se tienen diversos estudios que analizan su relación con el hombre, pero es la única especie para la que se tienen estudios publicados de este tipo.

4.2.1. TAXONOMÍA Y ANATOMÍA

Es importante señalar que los *p'urhépecha* son uno de los pocos grupos indígenas en México que incluyen en el sistema de clasificación de los seres vivos, a los anfibios como un grupo separado dentro de los vertebrados.

El término ***echerirhu ka itsirhu anapuecha*** se utiliza para designar a los anfibios, proviene de *echeri*: “tierra”, *itsi*: “agua”, *anapu*: “originario de”. Incluye a los animales que son tanto de la tierra como del agua y que comparten los dos medios de vida (Argueta, 2008).

El género *Ambystoma* está presente en casi todos los tipos de vegetación del lago y sus alrededores, existen tres especies que están incluidas tanto en la clasificación científica como en la *p'urhé*. Hay dos ajolotes de tierra, el *Urhukata*

(*A. tigrinum velasci*) y el *Urhukata echeriri* (*A. amblycephalum*) y uno de agua, el *Achójki* (*A. dumerili dumerili*) (Argueta, 2008).

El término *achójki* probablemente proviene del vocablo *ach-o*, *atsí-* que significa lodo, cieno o renacuajo (Swadesh, 1969), término que se relaciona con su morfología y también con su conducta, ya que suele estar en el fondo del lago, en donde hay lodo.

4.2.2. HISTORIA DEL AJOLOTE EN MÉXICO

La especie de *Ambystoma* más conocida en México es el *axólotl* (*A. mexicanum*), esto se debe probablemente a la estrecha relación cultural que esta especie tiene con la cultura mexicana, relación que data de tiempos precolombinos y aún permanece en el lago de Xochimilco. Además, esta especie se ha utilizado en muchos estudios fisiológicos, ya que, al igual que *A. dumerilii*, presenta la característica de la neotenia.

La importancia del *axólotl* para los mexicanos radica, además del uso pragmático como alimento y en su conexión religiosa, ya que está relacionado con el dios Xólotl. Uno de los documentos más antiguos aún conservados que hacen mención del *axólotl* es la Historia General de las cosas de la Nueva España, escrita por Bernardino de Sahagún a principios del siglo XVI. Hace referencia a los ajolotes en el libro undécimo, capítulo III, titulado: de los renacuajos y otras sabandijas que comen estos naturales.

Sahagún dice lo siguiente:

Hay unos animalejos en el agua que se llaman axolotl, tienen pies y manos como lagartijas, y tienen cola como anguila y el cuerpo: también tienen muy ancha la boca, y barbas en el pescuezo, es muy bueno de comer, y es la comida de los señores.

A partir de este fragmento, se puede inferir (1) que los mexicas conocían al axólotl, (2) que la relación de los mexicas con los ajolotes era tan fuerte, que Sahagún los menciona en su libro, (3) que se utilizaban como alimento y (4) que no cualquier persona ingería el ajolote, era una carne apreciada que era reservada para la aristocracia mexica.

Xólotl era un dios monstruoso a causa del nacimiento gemelar (Ortega, 2000), este precepto probablemente ha acompañado al *axólotl*, ya que tradicionalmente se le ha considerado monstruo de agua.

En la Historia General de las cosas de la Nueva España, Sahagún también realiza una descripción del origen de la luna y en él se puede observar la importancia que el ajolote tenía para los mexicas.

A continuación, se realiza una síntesis del relato:

En el principio de los tiempos, los dioses se reunieron en Teotihuacán, el dios Tecuciztécatl, que era el dios precioso, decidió sacrificarse para alumbrar el mundo y los dioses decidieron que también Nanaoatzin, el dios buboso, sería sacrificado. Una vez encendida la hoguera de sacrificio, Tecuciztecatl tuvo miedo de entrar en ella, y entró Nanaoatzin en primer lugar, y posteriormente, Tecuciztecatl. El primero se convirtió en sol, y el segundo en luna, pues los dioses le arrojaron un conejo para ofuscar su resplandor. Posteriormente los dioses debían sacrificarse para que el sol pudiese resucitar y moverse. El viento fue el encargado de sacrificar a los dioses pero hubo uno que rehusaba la muerte, este dios era Xólotl, quien se dio a la huida, primero se escondió entre los maizales y se convirtió en maíz de dos cañas que se conoce como *xólotl*, fue hallado y entonces volvió a huir y se escondió entre los magueyes, se convirtió en maguey de dos cuerpos que se llama *mexólotl*, de nuevo fue visto y huyó, se metió en el

agua y se convirtió en *axólotl*, ahí le tomaron y le mataron, entonces el sol pudo moverse (Sahagún, 1830).

A partir de este relato, puede observarse que el *axólotl* tuvo una importancia cultural al estar relacionado con un dios, que no era cualquier dios, era el hermano gemelo de Quetzalcóatl (Flores Farfán, 2003), que aparece como paje o siervo de su hermano (Dakin, 2004) y se transforma en seres anormales o dobles.

Xólotl es entonces el dios de los gemelos y los monstruos. Para los nahuas, hay siete seres vivos que tienen en su nombre la raíz *-xolotl*: *méxolotl* (maguey doble), *milacaxólotl* (caña de maíz doble), *xoloitzcuintli* (perro), *huexólotl* (guajolote) *tlakaxólotl* (bisonte) *xollotl* (pájaro color amarillo) y *axólotl* (ajolote) (Moreno, 1969; Montemayor, 2007).

Para los dos primeros nombres mencionados, se hace alusión a su condición gemelar, a causa de mutaciones espontáneas; para el perro, a su condición juguetona y servil; en el caso del guajolote, el bisonte y el ajolote, probablemente se haga alusión a sus deformidades en el sentido estético.

Esta raíz también está presente en las palabras *nenexólotl* (bufón), *siuaxólotl* (muñeca), *texolotl* (tejolote) *xolochahui* (doblar, plegarse, arrugarse por la edad), *xolopiyotl* (imbecilidad, tontería), *xolopihtic* (travieso) *xolcopini* (escapar) *xolotl* (tragón, comelón) y *xolopihyot* (cuento, mentira) (Moreno, 1969; Montemayor, 2007).

El verbo escapar, el sustantivo mentira y el adjetivo tragón o comelón pudiesen estar relacionados con el *axólotl*, en el sentido de la observación de su comportamiento, por su capacidad de metamorfosis, sus hábitos alimentarios y posición en la red trófica. Entonces, si estos conceptos están relacionados, se abre la posibilidad de un amplio conocimiento de la especie por parte de los antiguos nahuas, que sabían de su capacidad de metamorfosis, a pesar de ser una especie neoténica.

También se tiene un registro de Mendieta basado en fray Andrés de Olmos que sostiene que Xólotl fue al “infierno” por hueso y ceniza de muertos pasados para darlos al resto de los dioses desterrados. Entonces los dioses se sacrificaron sacándose sangre de todo el cuerpo y al cuarto día nació un niño y al otro cuarto día, una niña y los dieron a criar al Xolotl (Moreno, 1969).

No existen textos publicados que relaten alguna leyenda del achoque, sin embargo Enrique Soto, director de cultura del municipio de Pátzcuaro conoció a un señor de Jarácuaro que le narró la siguiente historia, por lo que será la primera vez que se publique.

“Hace muchos años, en la antigüedad, había un dios muy malvado, siempre presumía y hacía cosas malas a los hombres y a los dioses. Entonces, los dioses decidieron deshacerse de él de una vez y lo enviarían al inframundo para que de ahí no pudiese salir y jamás volviera a molestarlos. Sin que se dieran cuenta, el dios los escuchó y en la peregrinación de los aztecas a la tierra prometida (Tenochtitlan), el dios iba pasando por el lago de Pátzcuaro y decidió esconderse ahí para que no lo encontraran, entonces fue como surgió el achoque” (Enrique Soto, comunicación personal, 2010).

De esta narración se puede deducir que el achoque es una especie importante porque se deriva de un dios y que es un poco elusivo, se esconde, lo cual se traduce en la realidad, el achoque vive en el fondo del lago y su piel tiene una combinación de colores que le permiten camuflarse perfectamente, además de tener poco movimiento. Además, también los *p'urhépecha* observan la transformación del achoque, a pesar de ser una especie neoténica.

No se ha estudiado si los nombres *achójki* y *axólotl* tienen una conexión lingüística, es decir, si una palabra se deriva de la otra, pero se puede observar la similitud. La cultura mexicana y la *p'urhé* estuvieron estrechamente relacionadas.

4.2.3. PETROGRABADO

Los niños Luis Uriel Hernández Tovar y Héctor Camarena Campos estaban jugando en un terreno baldío al lado de una casa abandonada. Entonces, encontraron unos dibujos en las piedras, no les pareció algo extraño, puesto que en Janitzio es muy común encontrar grabados en las piedras, de hecho la gente utiliza petrograbados para la construcción de sus casas. Ver Fig. 4.



Fig. 4. Fotos del petrograbado de achoque en la isla de Janitzio, tomadas por Arturo Argueta.

Posteriormente, la Maestra en Arqueología Lilian Tatiana Gómez Mussenth, que realizó un registro de petrograbados de todas las islas de Pátzcuaro, se sorprendió al encontrar una en especial, la del achoque, porque es la única representación zoomorfa que ha encontrado en esa zona.

El autor de este petrograbado realizó una obra única, puesto que utilizó un borde de la roca para hacer el dorso del achoque, también utilizó de manera muy acertada la forma de la roca. Se puede notar que había observado muy bien a los achoques por que pudo detallar las patas palmeadas, las branquias y los ojos.

El petrograbado es una pieza muy interesante y denota de manera vehemente la importancia que ha tenido el achoque para los pobladores de Janitzio y toda la zona del lago de Pátzcuaro, importancia que tal vez ha existido desde hace muchos siglos y que permanece en nuestros días.

Lo anterior nos deja algunas dudas, ¿Por qué la figura del achoque era merecedora de la eternidad? ¿Por qué no el pescado blanco o el murciélago? ¿La atenta observación y enorme conocimiento del achoque por parte del autor sería un caso aislado o un reflejo del conocimiento de la sociedad?

De acuerdo a la M. en A. Gómez-Mussenth, existen varias razones de la existencia del petrograbado, (1) pudo ser un animal importante en su dieta debido a su alto contenido nutricional y a sus cualidades medicinales, (2) la pesca y la caza eran importantes en la economía de la isla, (3) pudo haber sido considerado como un dios o (4) la piedra en donde está el petrograbado fue utilizada para ritos propiciatorios a la buena pesca (Gómez-Mussenth, comunicación personal, 2010).

4.2.4. USO ALIMENTARIO

Los informantes que han consumido el *achójki* como alimento, sostienen que su sabor es muy bueno, algunos dicen que es parecido al pescado, otros piensan que el sabor se parece al del pollo. Lo cierto es que este anfibio tiene un uso alimentario por su alto nivel de proteínas (Huacuz, 2002).

Si se compara el anca de rana con el muslo de pollo, se puede observar que la rana tiene menos calorías, muy poca grasa, menos colesterol, más calcio, tiene un alto contenido de potasio y en general, más minerales. Tiene casi las mismas vitaminas (tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, Vit. B12 y Vit. D), es rica en ácido fólico y retinol y no tiene ácido ascórbico (USDA National Nutrient Database) En general, es un alimento sano y con buen aporte proteínico y de minerales.

Respecto al achoque, es claro que su uso culinario se ha perdido, entonces también se están perdiendo todos los conocimientos que giran en torno a él, por eso es importante realizar un recetario para que, cuando la población de achoques se llegue a recuperar, se le pueda dar un uso en la cocina de manera sustentable.

A continuación, se mencionan tres recetas obtenidas a partir de las entrevistas realizadas en febrero de 2010. La receta más común, que la mayoría de las mujeres entrevistadas menciona, es el caldo de achoque.

“Caldo de achoque”

Se prepara como pescado, se hace un caldo a base de cilantro, jitomate, cebolla y ajo. Se mezcla o licúa y se pone al fuego hasta que hierva, entonces se agrega el achoque y las verduras de preferencia, p. ej., zanahorias o papas.

Señora Elvira García, Erongarícuaro.

“Achoque ogado”

Poner una cacerola con un poco de aceite, ahí echar la cebolla a que se dore. Después echar agua y cuando hierva, echar el achoque. Picar jitomate con cilantro y echarlo a la cacerola. Esto debe hacerse en poco agua para que quede la “vitamina” del achoque.

Señora Xóchitl, Pátzcuaro.

“Achoque dorado”

En una sartén, se pone aceite, cebolla o ajo hasta que se acitrone y se agrega el achoque hasta que se dore. Se puede acompañar con salsa picante.

Anónimo.

4.2.5. USO MEDICINAL

Se utiliza en forma de jarabe para tratar afecciones de las vías respiratorias, como tos, gripa y neumonía, para dar vitalidad a adultos mayores, para niños “éticos” y personas con anemia y problemas asociados con la desnutrición.

A las mujeres parturientas o que acaban de parir, se les da caldo de achoque con atole todos los días para que se “alivien”. También lo utilizan las mujeres en período de lactancia.

También se le utiliza para curar la tristeza y en general, es un energizante y revitalizante por su gran aporte de proteínas.

Los resultados obtenidos para el tratamiento de estas afecciones, deben ser buenos para validar su uso en la actualidad y para fomentar el desarrollo de proyectos de conservación *ex situ* para poder fabricar el jarabe de achoque.

4.2.6. ENTREVISTAS

Se realizaron 42 entrevistas abiertas. El 73.5% de los entrevistados fueron personas adultas de entre 20 y 85 años aproximadamente. El resto, fueron niños de entre 7 y 12 años aproximadamente.

Se realizaron entrevistas abiertas porque a partir de este tipo de entrevista, surge información más compleja y complementaria al trabajo sin perder las vivencias y cosmovisión que el entrevistado guarda en torno al achoque. Además, el

entrevistado puede revelar más información si está conversando que si se siente nervioso ante una serie de preguntas.

Se tuvo un acceso predominante a las personas indígenas que hablaban español. De los adultos entrevistados, el 64% eran indígenas y el resto, mestizos. Para fines de este trabajo, se analizan las entrevistas de adultos únicamente y posteriormente se realiza una comparación con los niños.

En la página 31 se mencionó que en la clasificación de la naturaleza por parte de los *purhépecha*, se utiliza el término *echerirhu ka itsirhu anapuecha* para designar a los anfibios. Sin embargo, cuando se realizaron las entrevistas, se encontró que la mayoría de las personas entrevistadas no sabe qué es, algunas incluso lo consideran pez. Sólo el 15% de los entrevistados clasifica al achoque como un anfibio y de este porcentaje, la mayoría es de origen mestizo, por lo que los indígenas entrevistados desconocían este tipo de clasificación.

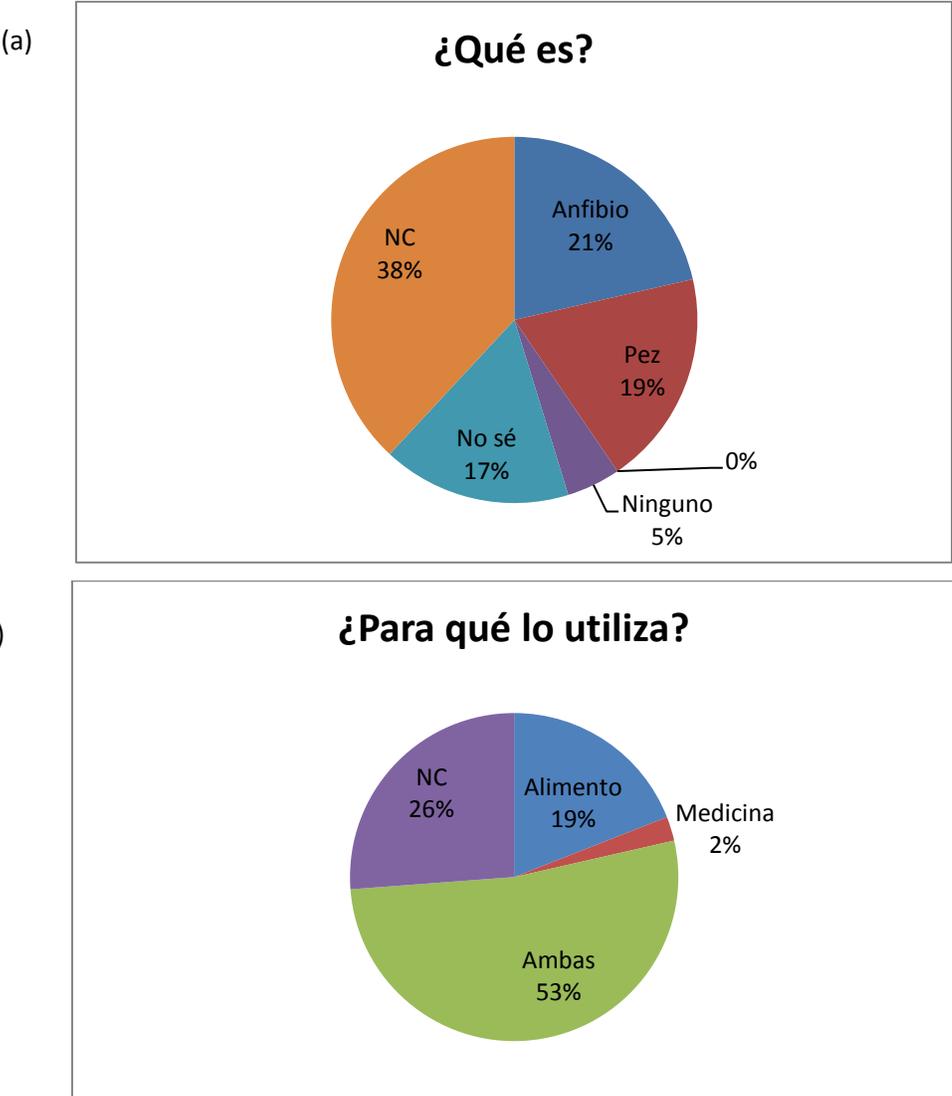
Este resultado puede estar vinculado a la falta de conocimientos sobre el idioma por parte del entrevistador y al lugar donde se realizaron las entrevistas, pero también podría estar ligado a una falta de conocimientos en torno al achoque por parte del entrevistado, por ello es necesario realizar pláticas informativas del achoque, de sus características y su situación actual, así como las acciones requeridas para su conservación.

La mayoría de las personas (77%) conocen los usos del ajolote y lo utilizan o utilizaban como alimento y medicina (50%), pero es más utilizado como alimento que como medicina. Por lo tanto, la relación del hombre con el ajolote está relacionada con la practicidad y la efectividad que el ajolote ha tenido en la población por sus propiedades nutricionales.

Todos los entrevistados coinciden en que la población de la especie ha disminuido, algunos consideran que este fenómeno ha sucedido desde hace

aproximadamente 30 años, otros consideran que la disminución es más reciente, de cuatro a cinco años. Cuando se preguntaron las causas de la disminución del achójki, la mayoría de los entrevistados (27%) consideró que se debe a la carpa herbívora (*Cyprinus carpio*).

La segunda causa de su disminución, de acuerdo a los pobladores entrevistados, es la contaminación (15%), principalmente ocasionada por la descarga de aguas de desecho en el lago. El 22% contestó que no sabía y el 36% no contestó (Ver Fig. 5).



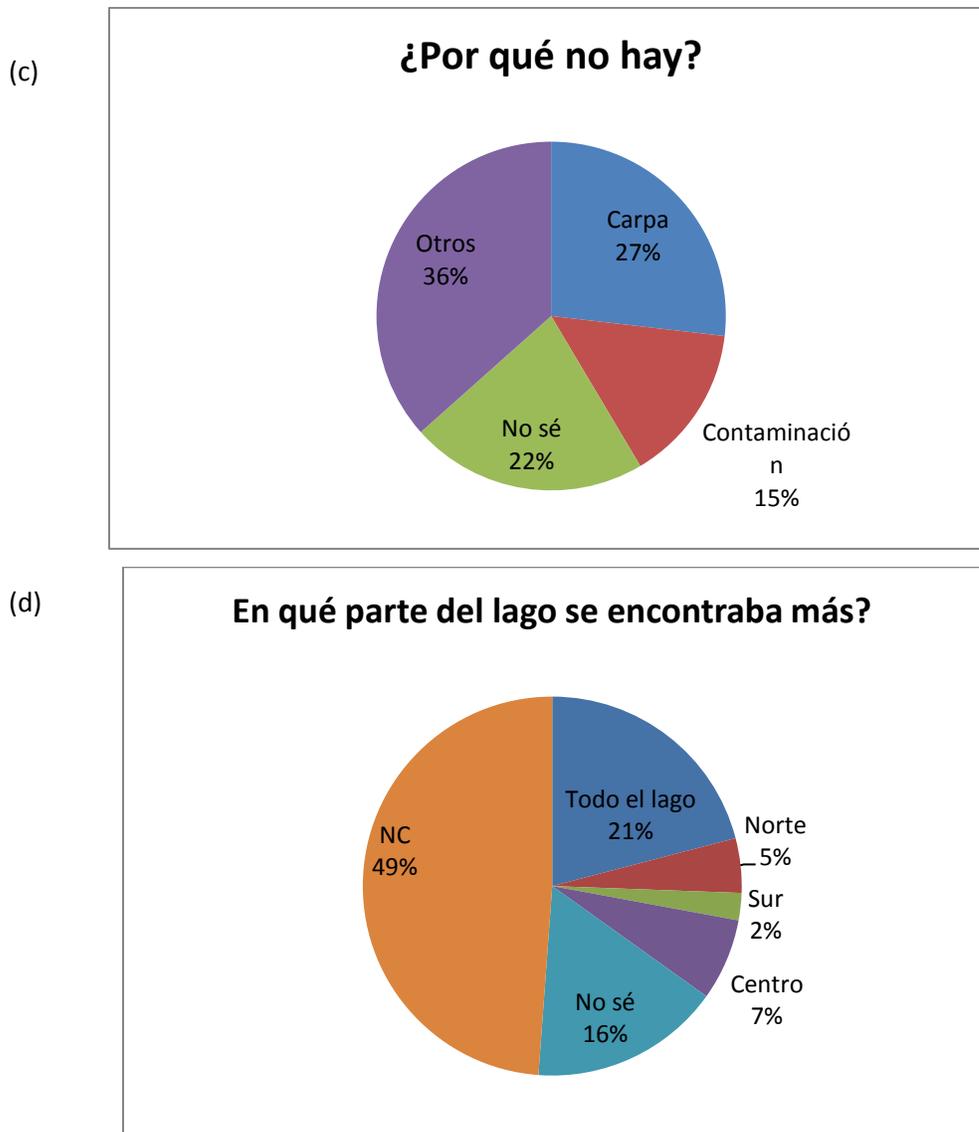


Fig 5. (a) Colocación taxonómica del *achójkii* según los entrevistados; (b) Uso del *achójkii* por los pobladores de la ribera del lago de Pátzcuaro; (c) Principales causas de disminución del *achójkii* en el lago de Pátzcuaro y (d) Distribución del *achójkii* en el lago de Pátzcuaro, de acuerdo a las entrevistas.

Hay un mayor desacuerdo en cuanto a la distribución del *achójkii* dentro del lago, el 21% piensa que se distribuye de manera uniforme en todo el lago, el 7%, considera que en el centro, principalmente cerca de Uacasanastacua y de la isla de Jarácuaro. El 5% piensa que al norte y el 2%, al sur, el 16% de los entrevistados lo desconoce y el 49% no contestó (Ver Fig. 5).

Ya que el achoque ha disminuido desde hace unos años, se esperaría que los niños no lo conociesen, pero la mayoría (78%) de los niños entrevistados ha oído por lo menos hablar de este anfibio, ya sea por sus padres, porque lo han visto mientras lo venden en el mercado, por el cultivo de achoque que tienen las monjas o en algún restaurante.

El 33% de los niños lo ha utilizado como alimento y el 67% no contestó, probablemente nunca lo han utilizado. Ninguno de los niños entrevistados pudo contestar qué es, en qué parte del lago se encontraba o si ha disminuido.

4.3. AMBIENTE Y ATRIBUTOS ECOLÓGICOS

4.3.1. HÁBITAT

Michoacán está dentro de dos grandes provincias fisiográficas, la Altiplanicie Mexicana y el Eje Neovolcánico (Argueta, 2008; Barrera-Bassols, 1986; Huacuz, 2002), por lo que la diversidad de especies es alta, así como el número de endemismos, por lo que le convierte en una zona estratégica para la conservación de las especies.

4.3.1.1. VEGETACIÓN

La cuenca del lago de Pátzcuaro está ubicada dentro de la Región Fitogeográfica Mesoamericana de Montaña, considerada como zona de influencia, transición de los reinos florísticos Holártico y Neotropical (Rzedowski, 1981).

El lago de Pátzcuaro debe su diversidad a varios factores, que actúan a nivel de comunidad. La diversidad responde a eventos de especiación y dispersión únicos, regionales e históricos, así como a eventos ambientales locales, como la depredación y la competencia (Berlanga-Robles *et al.*, 2002).

Los ecosistemas naturales del Lago incluyen fitoplacton (Aguilar, 2005) y cuatro comunidades de hidrófitas: las hidrófitas emergentes, las hidrófitas de hojas flotantes, las hidrófitas sumergidas y las hidrófitas libremente flotadoras (Lot y Novelo, 1988).

Las hidrófitas emergentes son las más comunes en el lago, están presentes tanto en la franja costera, como en la inundada permanentemente, hasta 4 m de profundidad. Sobresalen los tulares y chuspatales; las hidrófitas de hojas flotantes tienen elementos que están arraigados al suelo, hay dos especies, *Nymphaea mexicana* y *Potamogeton illinoensis*; las hidrófitas sumergidas también son muy comunes, principalmente en la porción sur, representadas por elementos arraigados al suelo lacustre, *Potamogeton latifolius*, *Najas guadalupensis*, *Ceratophyllum demersum* y *Utricularia gibba*; y las hidrófitas libremente flotadoras, se distribuyen en los Senos de Erongarícuaro e Ihuatzio la especie más común es el lirio acuático, *Eichornia crassipes* (Caballero, 1981 en Barrera-Bassols, 1986).

El fitoplancton está representado por 78 especies, dentro de las más comunes se encuentran: *Monorahidium sp.*, *Melosira granulata*, *Epithemia turgida*, *E. zebra*, *Navicula pupula* y *Tetraedria gigas* (Aguilar, 2005).

La vegetación acuática es abundante en la zona litoral del lago (Orbe-Mendoza *et al.*, 2002), ha sido localizada hasta 7 m de profundidad en aguas transparentes (Caballero *et al.*, 1981 en Huacuz, 2002). Las líneas de la ribera del lago son dominadas por vegetación emergente y las del centro, por macrófitas sumergidas y flotadoras (Orbe-Mendoza y Acevedo-García, 1995 en Orbe-Mendoza *et al.*, 2002).

La vegetación del lago de Pátzcuaro tiene una influencia en la conservación del achoque porque los anfibios necesitan sitios de oviposición seguros, sombreados y fijos al suelo para que no sean susceptibles a las corrientes, estas

características han provocado que los achoques elijan las plantas acuáticas como sitios de reproducción, oviposición, crianza y alimentación. Esto se puede aplicar tanto para el achoque, como para la mayoría de las especies de peces, algunas de ellas con importancia comercial.

No hay estudios de la vegetación que el achoque utiliza en vida silvestre para ovipositar, pero en el centro de cultivo Jimbani Tzipekua se utilizan las especies de algas *Ceratophyllum demersum* y *Egeria densa*, la primera es nativa del Lago de Pátzcuaro (Lot y Novelo, 1988), la segunda proviene de Sudamérica, por lo que probablemente en vida silvestre, el achoque utiliza *C. demersum* para ovipositar.

La presencia y tipo de plantas en el lago se definen por factores físicos y biológicos, pero también por la influencia humana. Los asentamientos alrededor del lago han ocasionado un desequilibrio en el ecosistema, las zonas donde hay mayor aporte de aguas negras y sedimento, afectan a la vegetación acuática y esto tiene un efecto en la calidad del hábitat, de esta manera, en zonas más afectadas, se espera encontrar especies de plantas resistentes o invasoras como el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y en zonas más conservadas, se espera encontrar las plantas endémicas. Por lo tanto, se debe considerar el tipo de vegetación para hacer una reintroducción de la especie.

4.3.1.2. FAUNA

El zooplancton constituye una de las comunidades más importantes de los ecosistemas acuáticos en general, el lago de Pátzcuaro no es la excepción. El zooplancton en el lago está constituido principalmente por organismos pertenecientes al phylum Rotifera (92.17%) (Téllez y Motte, 1980 en Chacón, 1991), en cantidades menos representativas están los phyla Nematoda y Arthropoda (clases Copepoda, Branchiopoda, Ostracoda, Insecta, Arachnida) (Saavedra, 1982; Pedraza, 1994; Huacuz, 2002).

Las especies de rotíferos más abundantes son *Keratella cochlearis* y *K. stipitata*, también destaca en abundancia el cladóceros *Bosmina longirostris*. De la clase Insecta hay larvas pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Odonata, Hemiptera, Trichoptera, Coleoptera, Diptera, Lepidoptera y Neuroptera (Aguilar, 2005).

El bentos está compuesto casi en su totalidad por oligoquetos (*Limnodrilus*, que constituye el 78.5%), hirudíneos (*Erpobdella*, *Hellobdella* y *Placobdella*, 15.6%) crustáceos (*Cambarellus*, 0.2%) y los dípteros Chironomidae y Chaoboridae, así como Porifera y Gasteropoda. (Saavedra, 1982; Pedraza, 1994).

En el perifiton se encuentran animales de los phyla Coelenterata, Platyhelminthes, Nematoda, Bryozoa, Annelida, Mollusca, Arthropoda y Chordata. Los cordados presentes en el lago son peces, anfibios, reptiles y aves (Huacuz, 2002; Pedraza, 1994; Saavedra, 1982).

Hay 10 especies nativas de peces y cinco introducidas, dentro de las nativas se encuentran el pescado blanco (*Chirostoma estor*), los charales (*Chirostoma sp.*), la chegua (*Alloophorus robustus*), los tiros (*Goodea atripinnis*) y la acúmara (*Algansea lacustris*). Las especies introducidas son las carpas, la trucha, y la mojarra (Orbe-Mendoza *et al.*, 2002).

4.3.2. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

4.3.2.1. EUTROFIZACIÓN

La región de Pátzcuaro ha tenido presiones ambientales ocasionadas por los asentamientos humanos. Existen 25 poblados en la ribera del lago y 5 en las islas. Las riberas norte y oeste están ocupadas por poblaciones indígenas con mayor índice de monolingüismo (Toledo y Argueta, 1992), mientras que las riberas este y

sur son las más expuestas al cambio, con menores porcentajes de población indígena y mayores niveles de densidad poblacional.

La población de los cuatro municipios en los que está el lago de Pátzcuaro, ha aumentado 22% en los últimos 20 años (INEGI 1990; INEGI, 2010), esto tiene un efecto en el lago, porque aumenta la demanda alimentaria, por lo tanto también se incrementa la superficie agrícola, entonces aumenta la deforestación de las montañas cercanas y por lo tanto, disminuye la superficie forestal y esto incrementa el azolve.

Se considera que la cuenca se encuentra dañada en un 60% por la magnitud de las zonas erosionadas (Gómez-Tagle, 2002), esto ocasiona un aumento en el sedimento y cuando estos sedimentos se depositan en el lago, producen azolvamiento. El azolve también contribuye a la eutrofización del lago y confiere un problema grave que debe ser resuelto a la brevedad, porque afecta la calidad del hábitat de las especies en el Lago.

Con base en un mapa satelital de Pátzcuaro, se realizó un porcentaje estimado de alteración por actividades humanas. Se obtuvo que en la parte noroeste, el 54% del área se encuentra alterada; en la parte noreste, el 46% está alterada; en la parte sureste, el 60% y en la parte suroeste, el 86%. Estos datos son un simple estimado para observar el estado de conservación del lago a grandes rasgos.

El aumento de la población en la ribera del lago se está dando de una manera no sustentable, las obras de agua potable, drenaje y alcantarillado disminuyen las fuentes de abastecimiento y aumentan la descarga de aguas negras (Argueta y Castilleja, 2008), esto tiene una repercusión en la disminución del nivel de agua del lago y contribuye a la eutrofización.

De acuerdo a Chacón, los asentamientos que aportan mayor sedimentación en el lago son: Erongarícuaro, Uricho y Jarácuaro (Chacón, 2002). Se recomienda

realizar un estudio concreto de los poblados con mayor aporte de sedimentos para hacer un programa de reducción o reciclaje.

El área sur de la ribera del lago generalmente es más somera y tiene áreas pantanosas más extensivas (Orbe-Mendoza *et al.*, 2002). La presencia excesiva de cubierta vegetal impide en parte la navegación y los movimientos de corrientes superficiales, sobre todo en la región de Erongarícuaro (Chacón, 2002). Al norte del lago de Pátzcuaro el agua es más clara y oxigenada (Aguilar, 2005).

Las áreas con contribución de aguas residuales y sedimento pesado de los asentamientos alrededor del lago proveen un hábitat de menor calidad (Orbe-Mendoza y Acevedo-García, 2002), la tasa de productividad primaria aportada por el fitoplancton es mucho menor en el sur ($255.5 \text{ mgC/m}^2/\text{día}$) que en la región norte ($492.4 \text{ mgC/m}^2/\text{día}$) debido a la limitación de luz por parte de los sólidos suspendidos en el medio acuático (Chacón, 2002).

Algunas bacterias y macroinvertebrados pueden ser indicadores de la calidad del ambiente. Cerca de Pátzcuaro y Janitzio, la proporción de bacterias muestra cantidades significativas de excretas animales en el lago. En áreas con menor influencia urbana, donde había vegetación sumergida abundante, la comunidad de macroinvertebrados bénticos presenta alta diversidad biótica. En regiones contaminadas, los oligoquetos constituyen el 94% de los organismos, ya que son tolerantes a materia orgánica (Rosas *et al.*, 1985).

La visibilidad disminuyó de 2 a 0.35 m a lo largo de 50 años, esto principalmente causado por la presencia de sólidos suspendidos, que aumentaron de 19.5 mg/L en 1993 a 51.1 en 2000 (Chacón, 2000); la salinidad aumentó de 427 mg en 1909, 660 mg en 1950 a 1815 mg en 1981 (García *et al.*, 1953 en Huacuz, 2002). La conductividad aumentó de $450 \mu\text{mhos/cm}^2$ en 1977 (Cuevas y Mendivil en Orbe-Mendoza y Acevedo-García, 2002) a 1103 en 2001 (Huacuz, 2002).

También entran al sistema contaminantes derivados principalmente de fertilizantes utilizados en las tierras de cultivo. Altas concentraciones de nitratos y amonio son tóxicas y reducen su desempeño en concentraciones sub-letales (Camargo et al., 2004 en Contreras *et al.*, 2009) porque los anfibios tienen intercambio de gases en la piel.

Para realizar un plan de manejo de la especie, es necesario considerar que la calidad y el nivel de agua dentro del lago de Pátzcuaro es diferente y depende de la zona donde se encuentre.

4.3.2.2. REDUCCIÓN DEL NIVEL DEL LAGO

El primer registro batimétrico del lago fue realizado por De Buen en 1944, él registró profundidades máximas de 15 m (Huacuz, 2002). Posteriormente, en 1986 Barrera-Bassols realizó otro estudio, él concluyó que el lago tiene profundidades máximas en la zona norte de 10.25 m y mínimas en la zona sur de 0.15 m (Chacón, 2002). En 12 años registró una pérdida de 2.6 m esto representa una pérdida de 39.8% del volumen (Chacón, 2002).

La profundidad media del lago de Pátzcuaro es de 4.9 m. y el volumen total del lago fue estimado en un total de 628.4 millones de metros cúbicos (Chacón *et al.* 1989 en Huacuz, 2002).

Como se observa en la gráfica de la figura 6, el nivel del agua del espejo del lago disminuyó de 15 metros en 1944 (De Buen, 1944 en Huacuz, 2002) a 12 metros en 1992 y 10.25 en el 2000 (Chacón, 2002) y 10 metros en 2005 (Ángel-Hurtado *et al.*, 2005).

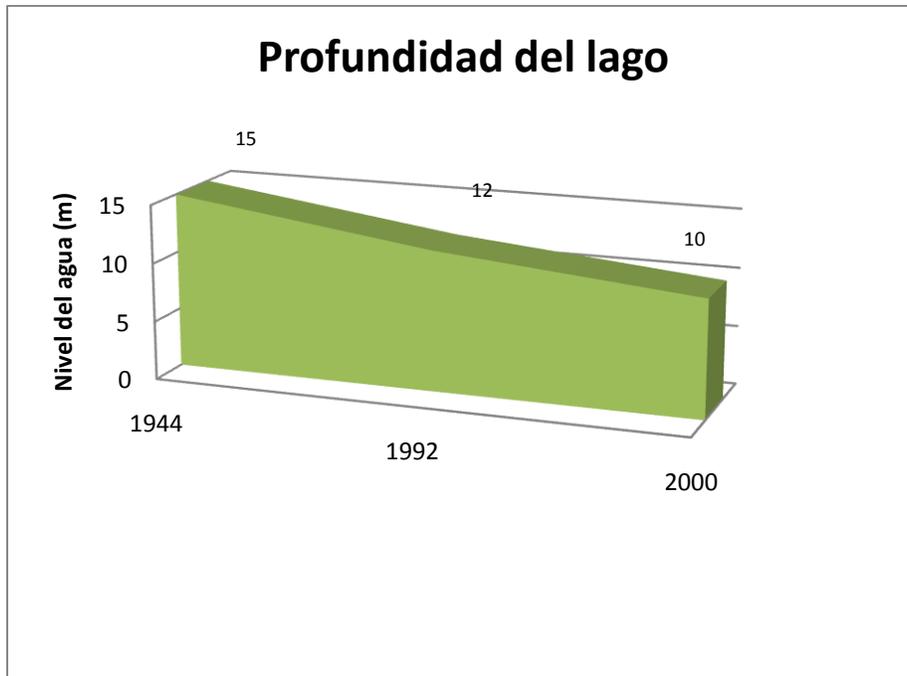


Fig. 6. Profundidad del agua en el lago, a partir de Chacón, 2002 y De Buen, 1944, en Huacuz, 2002.

El volumen total del lago fue estimado en 628.4 millones de metros cúbicos en 1989 (Chacón *et al.*, 1989 en Huacuz, 2002) y en el 2002 disminuyó a 250 millones de metros cúbicos (Chacón, 2002). El área total del espejo del lago era de 11,873 ha en 1974 y disminuyó a 9,757 ha en 2001 (Gómez-Tagle *et al.*, 2002). Ver Fig. 6.

Esto representa una disminución del 32% en la profundidad del lago, del 40% en el volumen y del 18% en el área, lo cual probablemente se debe una alta tasa de evaporación (Chacón, 2002) y una posible disminución en los ingresos de agua por parte de la cuenca (Chacón, 2002 y Gómez-Tagle *et al.*, 2002), así como a el alto grado de erosión (Gómez-Tagle *et al.*, 2002).

La disminución del nivel del lago se evidencia claramente al observar sitios que anteriormente eran islas, como es el caso de Urandén y Jarácuaro. Esto es crítico

para la conservación del achoque. Su único hábitat está disminuyendo a tasas alarmantes.

Además, la disminución en la profundidad en el lago probablemente ha cambiado la ubicación de este anfibio, considerando que suele habitar en profundidades de 2 a 5 metros y que el nivel del lago ha decrecido aproximadamente 5 metros, entonces en vez de ubicarse en profundidades promedio de 2035 a 2038 msnm, ahora se esperaría encontrarlo a profundidades de 2031 a 2034 msnm.

4.3.2.3. INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS

La introducción de especies exóticas confiere uno de los impactos antropogénicos más importantes en ecosistemas acuáticos y contribuye a la reducción de las poblaciones nativas (Walston y Mullin, 2007).

En el caso del lago de Pátzcuaro, esta aseveración ha sido muy evidente, ya que las especies exóticas, en especial la trucha y la carpa, han tenido un alto impacto en el ecosistema y los efectos de su introducción podrían ser fatales para las especies nativas, en especial para el achoque. Las introducciones de peces tienen efectos adversos en anfibios, tanto a nivel de comunidad como poblacional (Walston y Mullin, 2007) debido a que los peces introducidos pueden ser competidores y depredadores de anfibios (Tyler *et al.*, 1998 en Walston y Mullin, 2007).

Analicemos el caso del lago de Pátzcuaro. A principios del siglo XX se introdujo en el Lago de Pátzcuaro, la lobina negra o trucha (*Micropterus salmoides*) en 1933 (Orbe-Mendoza *et al.*, 2002). En la década de los setenta, se introdujeron la tilapia o mojarra (*Oreochromis aureus*) (Rosas, 1976 en Orbe-Mendoza *et al.*, 2002), la carpa (*Cyprinus carpio*) y la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) (Berlanga, 2002).

La lobina es una de las especies introducidas que interactúa con la chegua, los charales y el pez blanco en el sentido de la competencia, ya que todos son carnívoros. La carpa y la tilapia tienen otra relación de competencia con el tiro, el choromu y la acúmara, pues todos ellos son omnívoros.

La relación de depredación es más difícil de determinar, pero se espera que la carpa se alimente de muchas de las especies que habitan en el lago. Además, la carpa tiene otros efectos en el ecosistema, como la generación de agua turbia con altos niveles de sólidos suspendidos y con pocas macrófitas e invertebrados epibénticos, en contraste con los cuerpos de agua libres de carpa, que tienen aguas claras y abundancia de invertebrados y macrófitas (Zambrano *et al.*, 1999).

La carpa también tiene un efecto en el achoque, aunque no tiene una competencia interespecífica por presas, porque se alimenta de detritus orgánico principalmente, pero tiene un efecto en los sitios de ovoposición del achoque.

Además, las carpas adultas son bentívoras, es decir, se alimentan en los sedimentos y succionan el lodo del fondo del cuerpo de agua y expulsándolo selectivamente, esta alteración puede tener un efecto en la presencia del alimento que el achoque utiliza y también aumenta la turbulencia del lago, por lo que el achoque no encuentra a sus presas.

La introducción de especies exóticas ha alterado el sistema ecológico, las especies más tolerantes a la desecación del lago y a la turbulencia son las que han tenido un aumento poblacional, principalmente la carpa, mientras que las especies nativas tienen un fuerte decremento.

La carpa podría también depredar los huevos de otras especies, incluyendo al achoque y así crear otra presión en el ecosistema. Las especies nativas han reducido su número poblacional, mientras que las exóticas han aumentado paulatinamente.

La persistencia es la habilidad para mantener al menos un mínimo del nivel de viabilidad reproductiva y reclutamiento, en presencia de un depredador introducido (Hoffman *et al.*, 2004). Si las especies nativas aún tienen permanencia, es un buen indicador de su capacidad de sobrevivencia, pero si se sigue ejerciendo presión sobre ellas, quizá lleguen a la extinción.

Sin embargo, hay especies que tienen requerimientos de historia de vida y atributos de comportamiento que incrementan los riesgos asociados con la depredación y comprometen su habilidad para mantener las poblaciones viables, estas especies no son capaces de persistir en la presencia de peces (Sih, 1987; Kats *et al.*, 1988; Pilliod y Peterson, 2001 en Hoffman *et al.*, 2004). Es imprescindible realizar estudios que permitan conocer la persistencia de las especies en el lago de Pátzcuaro.

La carpa es una de las especies más invasivas a nivel global, por lo que los científicos se han preocupado por entender sus mecanismos de sobrevivencia y los efectos que la carpa tiene sobre las poblaciones nativas. Walston y Mullin (2007) realizaron un experimento con la salamandra *Ambystoma texanum*, removiendo los peces en un lago artificial. Los resultados sugieren que las comunidades de anfibios son capaces de recuperarse de las perturbaciones ambientales, ya que hubo un aumento en la diversidad de anfibios, así como un incremento en el éxito reproductivo y prolongación en el período larvario (Walston y Mullin, 2007).

Este experimento demuestra que el impacto de la introducción de peces puede ser revertido. Se sugiere que se realicen estudios similares en la población de achoques en el lago de Pátzcuaro, así como en las demás especies animales. De esta manera podríamos saber si el impacto de la carpa en el lago puede ser reversible.

Hoffman *et al.* (2004) realizaron otro experimento de remoción de peces en un lago donde habitaba *Ambystoma gracile*. Antes de la remoción, la salamandra era predominantemente nocturna y se localizaba en el área superficial cercana a la orilla. Después de la remoción de peces, *A. gracile* aumentó en número, especialmente durante el día y en las áreas profundas y lejanas a la orilla. La salamandra adaptó su comportamiento a la presencia de peces introducidos y fue capaz de recuperarse de los efectos de la remoción de éstos (Hoffman *et al.*, 2004).

Con base en estos experimentos, se puede suponer que la remoción de especies exóticas de peces en el lago de Pátzcuaro tendría un efecto positivo en *A. dumerilii*, la población podría recuperarse del decaimiento poblacional que ha tenido en los últimos años.

La ictiofauna del lago se considera una comunidad transicional que no ha llegado al equilibrio por la introducción de especies exóticas y la extinción de especies nativas (Berlanga-Robles *et al.*, 2002).

4.3.2.4. EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS

Los *p'urhépecha* tenían diversos oficios que involucraban actividades en las que se aprovechaban los recursos, tales como la alfarería, la metalurgia, la plumaria, la lapidaria y la albañilería (Castilleja *et al.*, 2003), estas actividades constituyen la evidencia del conocimiento tradicional y son además, actividades que tienen un impacto menos nocivo en el ecosistema.

Desde hace casi cinco siglos, se llevó a cabo una introducción de nuevas especies en el sector agropecuario para uso alimentario principalmente. Con ello, también se introdujeron nuevas tecnologías, que provocaron el aumento de la explotación de recursos.

La introducción del ganado provocó un impacto tanto en el aprovechamiento de recursos lacustres, como en el cambio de uso de suelo de los bosques, los cuales se reducen para crear pastizales aptos para el ganado y para la fabricación de viviendas. Esto tiene una repercusión en el ambiente y ejerce presión en las poblaciones nativas.

4.3.2.5. PESCA

La importancia de la pesca radica en que es probablemente la actividad económica más importante que se lleva a cabo en la ribera del lago de Pátzcuaro, o por lo menos así era antes de la introducción de las especies exóticas y la disminución de las nativas.

La pesca también es una actividad estrechamente relacionada con el achoque por ser una especie pescada, pero también porque la salud del ecosistema en general repercute de manera directa en la población de achoques.

La pesca es una actividad ancestral, tradicional y artesanal que ha perdurado desde el origen de los asentamientos humanos en la ribera del lago hasta la actualidad. Las técnicas de pesca se han conservado porque han pasado de generación en generación y han sido elaboradas de manera específica debido al conocimiento detallado que los pescadores tienen de la conducta y hábitos de los peces (Argueta, 2008).

En el lago de Pátzcuaro hay entre 513 y 850 pescadores activos durante todo el año que capturan y/o colectan las especies existentes de acuerdo con su disponibilidad, accesibilidad y demanda en el mercado (CRIP-Pátzcuaro, 2006 en NOM-036-PESC-2007).

Los pescadores se distribuyen en organizaciones pesqueras. En el lago hay 27 uniones de Pescadores, de éstas, 17 están agrupadas en la “Unión de Uniones de

Pescadores del Lago de Pátzcuaro” (Orbe-Mendoza *et al.*, 2002). Las principales organizaciones que capturan peces en el lago son Pacanda, Tata Vasco y Purépechas, de acuerdo al total de toneladas capturadas entre 1987 y 2000 (Huacuz, 2002).

La captura se compone de cinco familias de peces representadas, distribuidas en 13 especies, de las cuales 10 son nativas y tres introducidas, esto quiere decir que es una pesquería multiespecífica (Orbe-Mendoza y Acevedo, 2002). La producción pesquera presenta dos temporadas, la temporada alta abarca los meses de enero a junio y la temporada baja ocurre de julio a diciembre (Orbe-Mendoza *et al.*, 2002).

Los charales y el pescado blanco constituyen las pesquerías principales en el lago (Rojas-Carrillo, 2006). Las especies de *Chirostoma* son las más representativas de la fauna piscícola en el lago (Berlanga-Robles *et al.*, 2002). Desafortunadamente, estas especies muestran una clara tendencia a la baja en su producción, en 2003 el volumen de captura disminuyó 37 veces con respecto a 1985, lo que señala un cuadro de sobreexplotación de estos recursos.

En menor medida, el achoque forma parte de la pesquería del lago, pero en forma especial, por encargo como alimento y medicina.

La captura de peces ha tenido una notable disminución. La mayor producción pesquera en los últimos años se registró en 1988, año en el que hubo una captura total anual de 5,261 toneladas métricas. A partir de entonces, la producción ha descendido enormemente, a tal grado que en 1998 se registró una captura de sólo 406.6 toneladas métricas (Orbe-Mendoza *et al.*, 2002) y en el año 2000 descendió a la alarmante cantidad de sólo 10 ton (Huacuz, 2002).

Es importante mencionar que los datos de las pesquerías son sólo una aproximación, ya que en el Lago de Pátzcuaro existe un subregistro de la

pesquería del 90% aproximadamente (Hernández-Montaño, comunicación personal, 2010).

Los programas de recuperación de especies en el lago de Pátzcuaro, han tenido un enfoque académico en términos de la conservación de especies, pero no han tomado en cuenta que en el lago de Pátzcuaro la mayoría de los asentamientos son muy antiguos y que los pescadores tienen siglos de conocimientos y han implementado técnicas que les han funcionado todo este tiempo, los actores involucrados en las políticas públicas deberían analizar la situación de los pescadores en lugar de implementar sistemas de veda que en la actualidad sólo sirven para que la carpa siga aumentando su población y las especies nativas sigan disminuyendo.

Debería apoyarse la pesca de manera sustentable para que, tanto los pescadores tengan un sustento, como las especies de peces recuperen su tamaño y densidad poblacional y de esta manera, se puedan conservar las especies.

4.3.2.6. CLIMA

El clima predominante en el municipio de Pátzcuaro es templado subhúmedo con lluvias en verano C (w2) en el 99.5% de la superficie, aunque también existe el semifrío subhúmedo con lluvias en verano, C (E)(w2) en el 0.5% de la superficie del municipio (Cuaderno estadístico municipal Pátzcuaro, 2003).

La oscilación térmica está comprendida entre los 7 y 14 ° C, la temperatura promedio anual es de 16.4 ° C y la precipitación anual de 1041.2 mm (García 1988 en Castilleja *et al.*, 2003). Las aguas del lago carecen de una estratificación térmica (Barrera-Bassols, 1986).

En los años 1982 y 1983 se registran temperaturas muy bajas que podrían ser una de las causas de la poca incidencia de choques, mientras que en 1987 se

registra una temperatura máxima en julio (Normales climatológicas 1971-2000, Servicio Meteorológico Nacional), que coincide con el pico máximo de captura anual del achoque.

El patrón de la curva de captura del achoque coincide a grandes rasgos con la de todas las especies capturadas en el lago. Esta curva también podría deberse a algún tipo de implementación en el registro para esos años o a fluctuaciones estocásticas o a factores intrínsecos de la especie o de todo el ecosistema lacustre.

4.3.3. ASPECTOS BIOLÓGICOS DEL *ACHÓJKI*

4.3.3.1. ALIMENTACIÓN DEL ACHOQUE

Desafortunadamente no existe suficiente información acerca de los hábitos alimentarios de *A. dumerilii*, los datos existentes sólo proveen una lista de los probables artículos consumidos en su dieta, derivados de observaciones.

Se sabe que las salamandras ambistomátidas son carnívoras generalistas que se alimentan del zooplancton, insectos acuáticos y larvas de anfibios pequeños (Tate y Petranka, 2004). Seleccionan su presa basándose en varios parámetros como la talla, el patrón de movimiento y los valores nutritivos (Schwenk, 2000 en Cortés-Pérez, 2003) y su principal tipo de captura es la succión (Duellman y Trueb, 1986).

Debido a que otras especies del género en su estado larvario se alimentan de plancton (Chaparro-Herrera, 2007; Cortés-Pérez, 2003), se esperaría que *Ambystoma dumerilii* también base su dieta en este tipo de alimento. El grupo más abundante de zooplancton es el de los rotíferos, seguido por copépodos, cladóceros y larvas de insectos (Aguilar, 2005). Se esperaría que el achoque sea consumidor de plancton.

En la literatura, se encontró que *A. dumerilii* puede alimentarse de plancton, crustáceos, insectos, moluscos, peces pequeños, gusanos y renacuajos (Brandon, 1970; Orbe-Mendoza y Acevedo-García, 2002). Entonces, podría pensarse que el achoque es una especie generalista y que es uno de los depredadores más importantes del lago.

Sin embargo, Huacuz analizó los contenidos estomacales de 27 individuos adultos y sólo encontró organismos y partes de acociles (*Cambarellus montezumae*) (Huacuz, 2002).

Éste es el único estudio publicado sobre la dieta de esta especie. Si el achoque sólo se alimenta de acociles, sería una evidencia de especialización pero hay que tomar en cuenta que es una muestra muy pequeña y que se analizaron organismos que fueron atrapados en redes de pesca, por lo que los resultados encontrados podrían deberse a aspectos conductuales, temporales o variaciones regionales en el lago.

Esto tiene relevancia, tanto para la reproducción de organismos *in situ* y *ex situ*, como para su futura reintroducción en el lago. Desafortunadamente, la población de *A. dumerilii* en el lago está tan mermada, que ya no se pueden hacer estudios de contenidos estomacales. Se deben hacer estudios menos invasivos que permitan conocer las preferencias alimentarias y la dieta común de los achoques en el lago.

4.3.3.2. RELACIONES TRÓFICAS EN EL LAGO DE PÁTZCUARO

La red trófica del lago de Pátzcuaro, considerando sólo lo que consumen los peces (por ser de importancia comercial y relevancia para este estudio por sus interacciones ecológicas), se puede observar en la Fig. 7.

La dieta del achoque coincide con la del pescado blanco (*C. estor*) y la de la chegua, las dos especies se alimentan de zooplancton, invertebrados bénticos y peces pequeños. La lobina negra (*M. salmoides*) se alimenta de invertebrados bénticos y peces pequeños.

Como se mencionó anteriormente, el zooplancton está compuesto casi en su totalidad por los rotíferos *Keratella cochlearis* y *K. stipitata* y el cladóceros *Bosmina longirostris* (Aguilar, 2005). El bentos se compone principalmente por el oligoqueto *Limnodrilus* (78.5%), los hirudíneos *Erpobdella*, *Hellobdella* y *Placobdella* y el crustáceo *Cambarellus*.

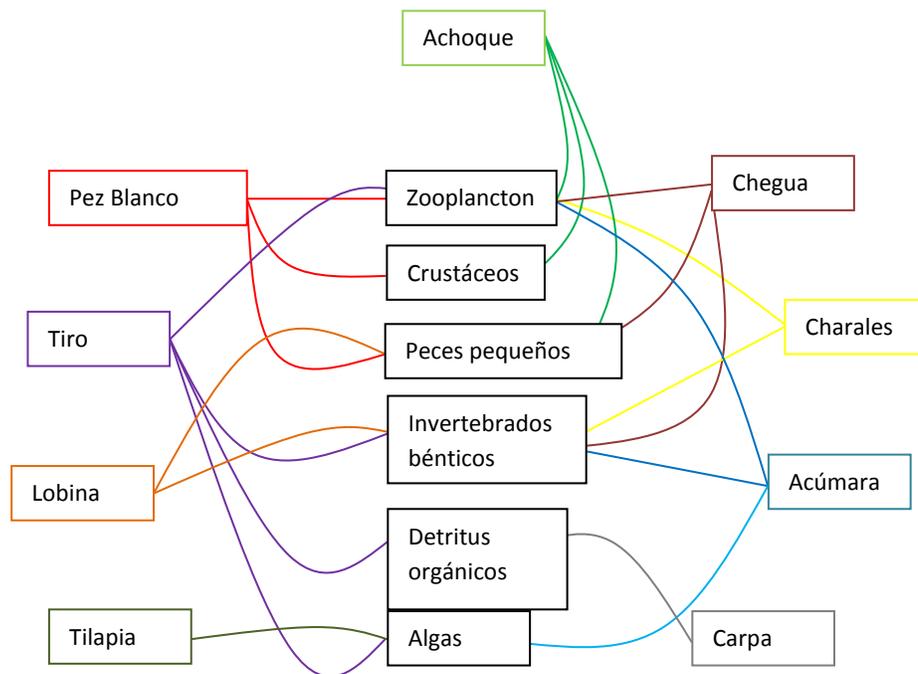


Fig. 7 Interacciones ecológicas de los peces en el Lago de Pátzcuaro

Se espera que exista una competencia interespecífica entre la chegua, el pescado blanco, la lobina negra y el achoque por estas especies principalmente. Está reportada en la bibliografía la competencia entre la lobina negra y el pescado blanco (Huacuz, 2002).

No hay estudios que relacionen los hábitos alimentarios del achoque, el pescado y la chegua, sería muy interesante desde el punto de vista de los nichos ecológicos, ya que las tres son especies nativas del lago que convivieron durante muchos años y en la actualidad sus poblaciones se han visto disminuidas, también sería interesante conocer si la lobina negra ha ocupado sus sitios en la red trófica del ecosistema lacustre.

4.3.4. CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ESPECIE

La conservación de la especie en la actualidad sólo puede darse con una finalidad de aprovechamiento sustentable y la forma más eficiente para realizar esto, es mediante el modelo de las UMA's, por tres motivos principales: primero, es una fuente de ingresos para los pobladores, segundo, evita la sustracción ilegal de los achoques en estado silvestre y tercero, evita pérdida de variabilidad genética a largo plazo al tener varias subpoblaciones de la especie.

Ya existen dos unidades exclusivas para el manejo de *A. dumerilii*, la primera es la UMA *Jimbani Erandi*, localizada en el convento Pátzcuaro y recientemente se registró la UMA *Dumerilii*, en Ichupio, en el municipio de Tzintzuntzan. También hay un sitio de manejo de la especie que aún no tiene el registro de UMA, pero que está en trámite y que se llama *Jimbani Tzipecua*, localizada en la isla de Janitzio.

4.3.4.1. CULTIVO EX SITU: LA UMA JIMBANI ERANDI

La comunidad de monjas dominicas de clausura elabora desde hace más de cien años el “jarabe de achoque”. Los pescadores ribereños que habitan en la región eran los proveedores de achoques, pero ante la disminución de este anfibio en el lago, decidieron crear un centro de cultivo de achoques.

La estación biológica para el estudio integral y aprovechamiento sustentable *Jimbani Erandi* está constituida como UMA y el objetivo es cultivar el *achójki*. En las instalaciones del convento se hace un reporte diario de la biometría, estado de salud, características morfológicas y enfermedades de los ajolotes. También se forman unidades reproductoras formadas por dos o tres hembras y un macho. Se reportan las fechas de ocurrencia de los desoves, eclosiones y se cuentan los huevos por desove. Después se da seguimiento al crecimiento de las larvas, se registra la talla y a partir de los tres meses de edad, se pesa y mide a cada individuo.

En la UMA se lograron 41 desoves hasta el 2006. Se está trabajando actualmente con la generación filial 3 (F3) (Pérez-Saldaña *et al.*, 2006). La UMA *Jimbani Erandi* existe al día de hoy, mediados del 2011 y sigue trabajando y logrando la ovoposición, fertilización y reproducción del *achójki*.

4.3.4.2. CENTRO DE CULTIVO EX SITU *JIMBANI TZIPEKUA*

Aún no está registrado como UMA, pero se están haciendo los trámites necesarios para ello. Está dirigido, supervisado y atendido por la Sra. Ma. Victoria Gabriel Vargas y su sobrina Paola Silvestre Gabriel. Se encuentra en la isla de Janitzio. Los achoques se encuentran en acuarios y estanques, como los que se muestran en la Fig. 8.



Fig 8. Estanques de achoques en la futura UMA *Jimbani Tzipecua*, en la isla de Janitzio

En abril del 2009 llegaron a este sitio 700 crías de *achójki* de un mes de edad provenientes del CRIP-Pátzcuaro. Han tenido algunos problemas de saqueo por parte de otros pobladores de la isla, de depredación por parte de los pájaros, de infecciones y rompimiento de tinas. Actualmente tienen 77 individuos adultos. Ver Fig. 9.

A pesar de los problemas que este centro ha tenido, permanece gracias a los esfuerzos de sus cuidadoras, especialmente de Paola Silvestre, una joven de 15 años. Se necesitan más jóvenes entusiastas como ella para poder preservar la especie, personas que estén interesadas en rescatar el achoque, dispuestas a dar su tiempo y unir esfuerzos y biólogos dedicados al estudio y cuidado de la especie.



Fig. 9. Ejemplar macho de *Ambystoma dumerilii* de 13 meses de edad en la futura UMA *Jimhani Tzipecua*

Recientemente, hubo cinco oviposiciones, entre junio y julio del 2010. El primero de septiembre del mismo año pude realizar un conteo y medición de los individuos eclosionados (Ver Fig. 10). Se contabilizó un total de 628 individuos vivos con tallas diversas, que van desde los 0.8 hasta los 1.8 cm de longitud total de cabeza a cola, el promedio de longitud de las larvas es de 1.01 cm. Las larvas se mantienen en agua de la llave directa, sin tratamiento ni solución salina agregada.



Fig. 10 Larvas de achoque

Como se puede apreciar en la figura 11, se tiene registrado en la bibliografía que la reproducción de los achoques en vida silvestre ocurre en los meses de invierno, los desoves generalmente suceden entre marzo y abril (Pérez-Saldaña *et al.*, 2007), aunque puede ocurrir en diciembre y está relacionado con la disminución de la lluvia y el incremento gradual de la temperatura del aire (Brandon, 1969; Baird, 1970 en Zapata, 2007).

Por esta razón, fue extraño que se haya dado un evento de desove de estas hembras en junio y julio, por lo que a partir de tal hecho incontrovertible realice un análisis de las temporadas de reproducción de 10 especies del género *Ambystoma* (Fig. 11), para las cuales se encontró información disponible.

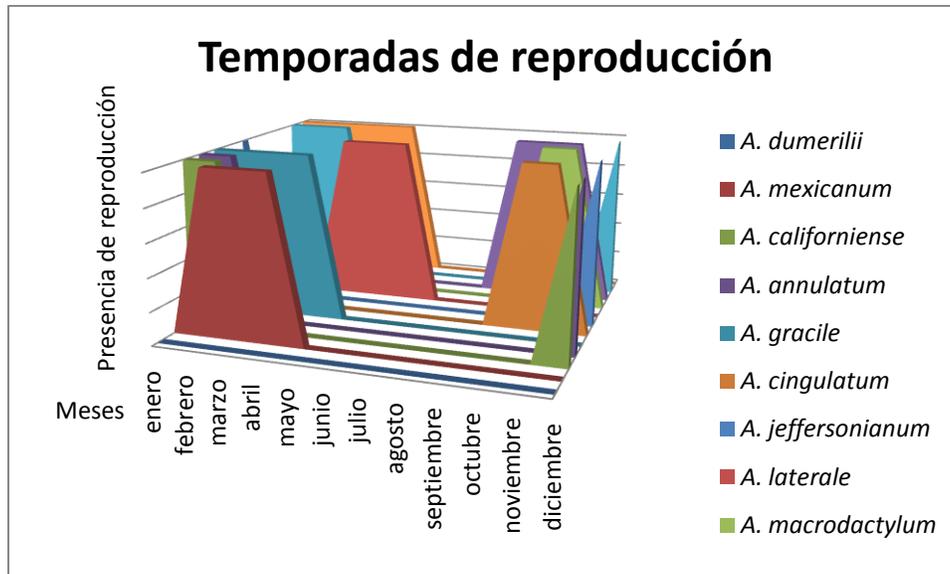


Fig. 11. Temporadas de reproducción de algunas especies del género *Ambystoma*. A partir de Lannoo, 2005.

Como se puede observar en la figura 11, las especies analizadas no llevan a cabo su reproducción los meses de verano, no hay ninguna que se reproduzca en julio ni agosto y sólo *A. laterale* se reproduce en junio (Lannoo, 2005), con lo que se confirma que la mayoría de las especies se reproducen en los meses de invierno.

¿Qué es lo que puede permitir explicar la eclosión de individuos en verano? La respuesta, aunque requiere mayores verificaciones, puede encontrarse en el registro climático. Las temperaturas en este año fueron inusualmente bajas.

Se realizó un análisis del clima registrado en la estación Pátzcuaro del servicio climatológico de la Comisión Nacional del Agua. El promedio diario de las temperaturas encontradas en el registro climático de 1973 al 2005 se comparó con el del 2010 por cada mes, tal como se señala en la figura 12.

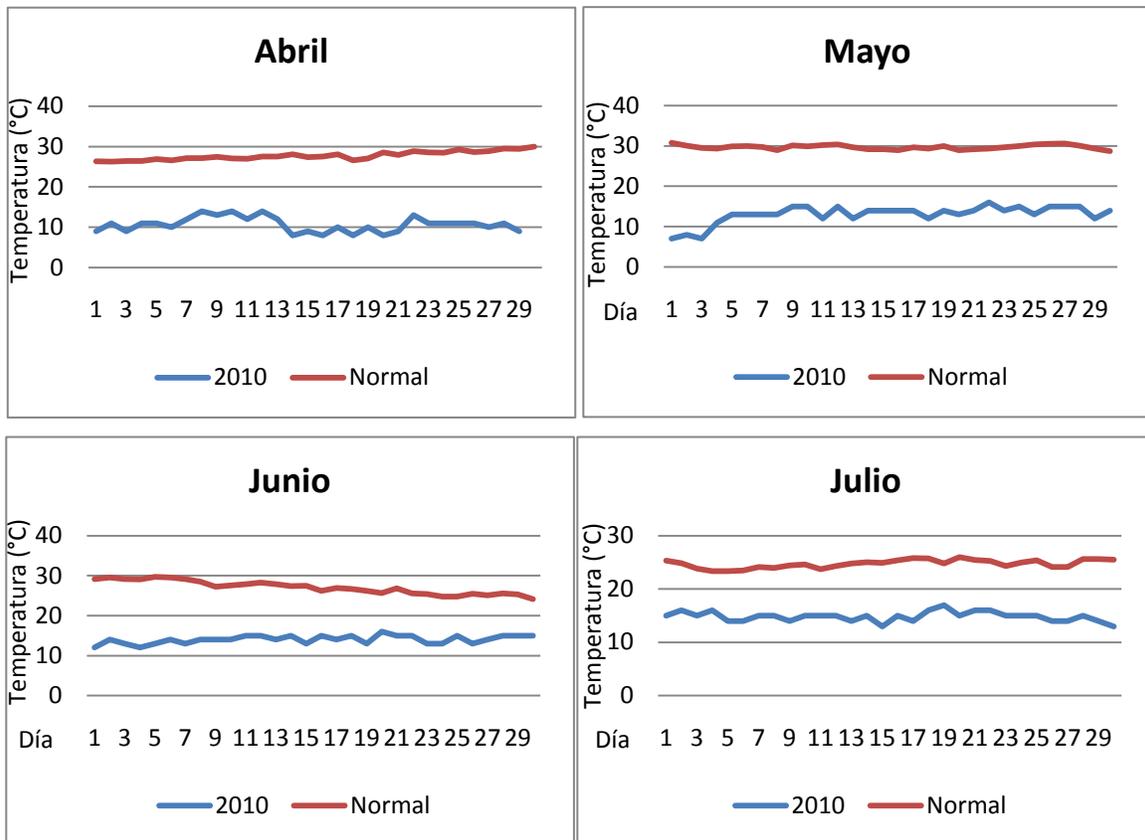


Fig. 12. Comparación del registro climático del 2010 con respecto a los valores normales (determinados a partir del promedio diario de las temperaturas encontradas en el registro climático de 1973 al 2005) para los meses de abril, mayo junio y julio.

Se encontró que la comparación entre los valores de temperatura del año 2010 respecto a los normales para los meses de abril, mayo, junio y julio muestran una diferencia significativa ($P < 0.0001$). La media de temperatura para el año 2010 es de 13.36°C , mientras que la media de temperatura normal es de 26.65°C .

Probablemente este patrón de bajas temperaturas, que es más parecido al de invierno en años normales sea la causa de la eclosión de los individuos en verano, pero deja algunas preguntas abiertas, ¿será una facultad que le confiera al *achójki* una mayor adaptación al ambiente o es más bien una respuesta al estrés inducido por el cambio climático?, ¿será un mecanismo de adaptación a un ambiente *in situ*?

El cambio climático está ocasionando un aumento en la temperatura. A través de la historia evolutiva de los anfibios, la temperatura ha tenido fluctuaciones y los anfibios han podido enfrentarlas, pero ahora el cambio se está dando con mayor velocidad y las altas temperaturas les confieren mayor propensión a ser infectados por parásitos.

4.3.4.3. CULTIVO *IN SITU*: LA UMA DUMERILII

La Unidad *Dumerilii* es muy reciente, obtuvo su registro en abril de 2010 y apenas se empiezan los trabajos necesarios para la producción de achoques, sin embargo, ya se tiene un plan de manejo estructurado y encaminado a la conservación de la especie y del conocimiento tradicional.

La UMA *Dumerilii* pretende contribuir al rescate del conocimiento tradicional asociado al manejo, explotación y uso de los recursos pesqueros mediante el intercambio de información entre conocimientos tradicionales y académicos sobre el manejo de los recursos pesqueros y acuáticos, congruentes con la conservación biológica de las especies, el aprovechamiento tradicional de los recursos y el desarrollo social en las comunidades ribereñas del Lago de Pátzcuaro (Argueta, Escalera y Pérez, comunicación Personal, 2010).

Para lograr este objetivo, la UMA desarrolla una granja piloto comunitaria para la producción de achoque, establecida en la ribera del lago, de esta manera se tendrá una producción estable de achoque que garantice la permanencia de esta especie, se conservará también el conocimiento tradicional asociado a la especie y se aprovechará la especie para contribuir al desarrollo comunitario.

La unidad piloto de producción de achoque tiene tres fases, la primera es la larval, esta es la más crítica porque existe mayor mortandad de individuos y requieren alimento vivo (en la UMA existe un proyecto de producción de alimento, pero también hay suministro de zooplancton obtenido del lago).



Fig. 13. Estanques en la UMA *Dumerilii*.

La segunda fase es la de crecimiento, la cual se llevará a cabo en jaulas dentro de un estanque exterior (ver Fig. 13) y los alimentos, como acociles, charales y otros peces, se obtendrán del lago, las lombrices se obtendrán a partir de lombricomposta.

La tercera es la fase de reproducción, se aislarán los reproductores y se llevarán a acuarios separados, cuando ocurra el desove, se recogerán los huevos y se mantendrán en una incubadora hasta que eclosionen.

5. DISCUSIONES

5.1. CAUSAS DE LA DISMINUCIÓN DEL ACHOQUE

5.1.1. PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD EN ANFIBIOS

La pérdida de biodiversidad es un fenómeno de gran importancia en el mundo, existe un gran número de especies que están experimentando un enorme decaimiento en sus poblaciones. Uno de los casos más críticos es el de los anfibios, que están disminuyendo a nivel global a tasas sin precedentes (Storfer *et al.*, 2009).

A partir de la década de los ochenta, los herpetólogos describieron grandes disminuciones y extinciones de anfibios (Collins y Storfer, 2003). Se piensa que los anfibios son los vertebrados más vulnerables en la actualidad (Storfer *et al.*, 2009), esto se debe a que las tasas de extinción de los anfibios exceden las previas por más de 200 veces que en las décadas pasadas (Roelants *et al.*, 2007).

Los anfibios poseen ciertas características que los hacen más susceptibles a los cambios estocásticos ambientales, su ciclo de vida que generalmente incluye fase larvaria acuática y adulta terrestre y su respiración por medio de la piel permeable (Storfer *et al.*, 2009) les confieren un mayor riesgo.

Los cambios del ambiente hacen más probable que los anfibios sean afectados por contaminantes y otras sustancias disueltas en el agua y en el suelo y aumentan el riesgo de infecciones. Por tales características los anfibios se consideran buenos indicadores de la calidad del ambiente.

Para darse una idea del estado de conservación de los anfibios, hay que ver la lista roja de especies de la IUCN. Se estima que hay 6,260 especies de anfibios

en el mundo, sólo el 37% de los anfibios están bajo una categoría de poca preocupación, mientras que el 63%, deben conservarse. Para el 24%, no hay suficientes datos, pero se cree que éstas también son especies amenazadas. La familia Ambystomatidae es la segunda con mayor número de especies amenazadas en México (IUCN, 2008).

México se encuentra entre los 17 países megadiversos (PNUMA, 2011), una de las razones de su gran diversidad es la biogeografía y uno de los centros más importantes de endemismos dentro del país, es el Eje Volcánico Transversal (Pátzcuaro está dentro de esta región geográfica). Ocupa el quinto lugar en diversidad de anfibios (IUCN, 2011).

Alrededor del 60% de las especies de anfibios, se encuentran bajo algún criterio de amenaza; el 27%, son de menor preocupación y para el 13%, no hay suficientes datos (Santos-Barrera *et al.*, 2004). Dentro de las especies amenazadas, se encuentra el achoque.

La extinción es un proceso natural, algunos autores sugieren que en las poblaciones de anfibios existen fluctuaciones y extinciones naturales a lo largo del tiempo (Pechman y Wilbur, 1994 en Santos-Barrera, 2004) pero también hay que considerar que las disminuciones de anfibios en la actualidad tienen causas antropogénicas, que se explicarán más adelante.

Las razones de la alarmante disminución en las poblaciones de anfibios son muy variadas. Collins y Storfer han separado los factores en dos casos. Los de tipo I se consideran simples o históricos en la naturaleza, incluyen alteración y degradación del hábitat, sobreexplotación para uso comercial o alimenticio e invasión de especies exóticas que compiten o depredan anfibios nativos y los del tipo II se consideran enigmáticos, incluyen el surgimiento de enfermedades infecciosas, cambio climático global y contaminantes ambientales (Collins y Storfer, 2003). El

cambio de uso de suelo representa la amenaza más importante para las especies mexicanas, seguido por las enfermedades infecciosas (Frías-Álvarez *et al.*, 2010).

La radiación UV tipo B afecta a los anfibios y se ha demostrado que en las salamandras, la tasa de sobrevivencia de las larvas se reduce significativamente conforme aumenta la intensidad de la radiación (Calfee *et al.*, 2006). La sensibilidad a la radiación UV-B puede variar con el estado de desarrollo, el estado larvario tiene un mayor riesgo. (Blaustein *et al.*, 1995 en Calfee, 2006).

El efecto de la radiación UV-B no ha sido comprobado aún para *A. dumerilii*, pero se espera que las especies neotenas obligadas desarrollen problemas asociados con la radiación UV-B, como enfermedades y mortandad, al estar expuestas a la radiación. Esto debe considerarse en los proyectos de reproducción.

La contaminación química es otra causa importante de disminución de anfibios en México, el uso de pesticidas y fertilizantes ha ocasionado el aumento de los niveles de contaminación en el agua (Frías-Álvarez *et al.*, 2010). En el caso del lago de Pátzcuaro, por su condición de cuenca endorreica, los contaminantes seguramente se mezclan con el agua que desciende hacia el lago y se acumulan en él, lo que confiere otra causa de disminución del achoque que no ha sido probada, pero es altamente posible.

Las enfermedades infecciosas constituyen un problema que ha existido siempre pero que en los últimos años se ha vuelto crítico. Las infecciones ocasionadas por bacterias son algo común en los anfibios, se ha documentado la presencia de las bacterias *Pseudomonas spp.* en *A. mexicanum* (Negrete y Romero, 1999) y *Aeromonas spp.*, que causa la enfermedad de las piernas rojas. También se tiene documentado la presencia del hongo *Saprolegnia* y algunos helmintos (Santos-Barrera, 2004).

Estos parásitos pueden llegar a ocasionar la muerte de algunos individuos, pero hay dos enfermedades que están disminuyendo poblaciones enteras de anfibios, la primera es causada por un virus y la segunda y más importante, por la cantidad de individuos afectados, es producida por un hongo.

En la década de los noventa se encontraron anfibios muertos en estanques libres de contaminantes y agentes infecciosos. En 1993 se detectaron individuos muertos de *Ambystoma tigrinum*, entonces se estudió la causa y concluyeron que el causante había sido un Iridovirus, ahora conocido como ranavirus (Daszak *et al.*, 1999 en Santos-Barrera, 2004). Se han encontrado muertes por este virus en Norteamérica, Europa, Australia, Sudamérica y China (Santos-Barrera, 2004). No se han reportado muertes de *A. dumerilli* por esta causa.

En los últimos años, el hongo patógeno del filo Quitridiomycetes, orden Chytridiales, que recibe el nombre de *Batrachochytrium dendrobatidis*, ha ocasionado una enfermedad infecciosa que juega un papel importante en la disminución de las poblaciones de anfibios. La diversidad mundial de anfibios está amenazada debido a la alta virulencia de la quitridiomycosis y al gran número de hospederos potenciales (Lips *et al.*, 2006).

Este hongo infecta la piel y las partes queratinizadas de los anfibios, principalmente anuros (Santos-Barrera, 2004), causa la muerte y la subsecuente reducción de biodiversidad en familias de ranas y salamandras (Lips *et al.*, 2006).

Existen registros de que este hongo tiene una distribución altitudinal preferente en bosques montanos, en un intervalo que va de 1,000 a 1,500 ó 1,800 m (Santos-Barrera, 2004). Pátzcuaro se encuentra en una zona boscosa, a los 2,000 msnm, por lo que se reduce la probabilidad de invasión de ese hongo en esta zona, pero también se debe considerar que gran parte de las disminuciones de anfibios en América Latina ocurren en áreas con elevación mayor a 600 m (Young *et al.*, 2001 en Lips *et al.*, 2004), como es el caso de Pátzcuaro.

B. dendrobatidis proviene de África y se ha dispersado prácticamente en todo el mundo, se tienen registros de este hongo en África, América, Europa y Australia (Santos-Barrera, 2004).

Desafortunadamente, entre los años 2000 y 2003, Lips y colaboradores encontraron individuos de ranas con rasgos de infección por el hongo, que más tarde se identificó como *B. dendrobatidis*. Los individuos infectados fueron encontrados en regiones poco perturbadas de los bosques mesófilos y de encino de los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Lips *et al.*, 2004). Posteriormente, en el 2008, Frías y colaboradores reportaron la presencia de *B. dendrobatidis* en 16 especies mexicanas, incluidas cinco especies del género *Ambystoma*: *Ambystoma altamirani*, *A. granulatum*, *A. mexicanum*, *A. rivulare*, *A. velasci*. (Frías-Álvarez *et al.*, 2008 en Frías-Álvarez *et al.*, 2010).

La presencia del hongo pone en peligro a todos los anfibios del país. Probablemente existan otras poblaciones de anfibios que han sido infectadas por este hongo (Lips *et al.*, 2004), pero faltan estudios publicados que lo confirmen. Se debe tener mucho cuidado con los achoques conservados mediante cultivo, porque al estar más animales en contacto, el hongo puede propagarse con mayor facilidad.

La condición de especie endémica del achoque le confiere una mayor necesidad de conservación, porque si es invadida por alguna enfermedad infecciosa que afecte a toda la población, la especie se extinguiría en estado salvaje.

La disminución de anfibios es particularmente preocupante porque se piensa que son especies indicadoras de la salud del ambiente (Collins y Storfer, 2003). Por lo tanto, se podría inferir que el ecosistema en el que los anfibios han disminuido, se encuentra también en un estado crítico.

Ante las evidencias de disminución de anfibios a nivel mundial, se deben incrementar medidas inmediatas para su conservación, que incluyan el monitoreo de las poblaciones y estudios de la influencia del cambio climático en la propagación de enfermedades en los anfibios.

Las organizaciones internacionales de conservación deben enfatizar sus esfuerzos para proteger a las especies endémicas en peligro, como el achoque y los ambientes naturales con altos índices de diversidad y endemismos, como era el lago de Pátzcuaro antes de la introducción de especies exóticas.

5.1.2 DISMINUCIÓN DEL ACHÓJKI

No es posible determinar cuánto tiempo tiene la disminución del achoque, hay quienes dicen que desde que introdujeron la carpa, otros sostienen que desde hace 30 o 40 años, algunos piensan que desde el temblor de 1985, otros sostienen que desde hace aproximadamente cinco años y los más optimistas, que éste es el primer año que no hay achoques.

Desafortunadamente, no existen datos publicados del número de individuos en la población de achoques del lago, en la actualidad, este estudio sería algo difícil de realizar, pues la población de achoques es tan escasa, que las probabilidades de captura son muy reducidas.

Entonces, los únicos datos que se acercan a la medida de la población están en el registro de capturas del CRIP-Pátzcuaro, que no deben considerarse como un reflejo directo de la población de la especie, si no, como una evidencia de la disminución de la especie.

Las 25 organizaciones pesqueras que capturaron *achójki*, registraron un total de 27,592 ton de achoque en 13 años. Si se considera que cada achoque pesa 126

gr (Huacuz, 2002), estaríamos hablando de casi 219 millones de individuos, cifra que deja dudas de la certeza de los datos.

Sorprende la caída abrupta del año 1989, no es algo común entre las poblaciones de anfibios, así que probablemente esto se seba a un error en el registro.

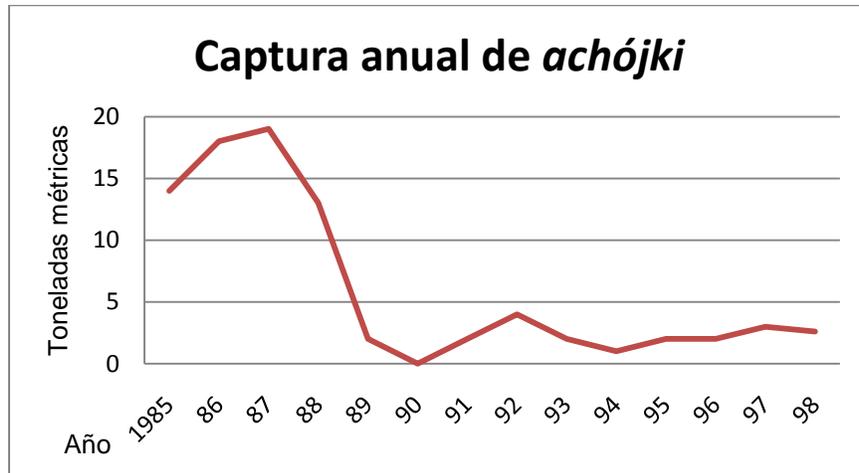


Fig. 14. Registro de captura anual de *A. dumerilii* en el lago de Pátzcuaro (Tomado de Orbe-Mendoza *et al.*, 2002)

A pesar de que la captura del *achójki* se debe principalmente a la pesca incidental, los pobladores y pescadores de la ribera del lago solían sacar cubetas llenas de este anfibio. Ahora no se encuentran con regularidad.

Las causas de la disminución del *achójki* son varias, entre ellas, la introducción de especies exóticas, la contaminación por descarga de aguas residuales, el azolve ocasionado principalmente por la deforestación de la cuenca, la sobreexplotación pesquera, el efecto del dragado, etc.

La disminución del achoque también se refleja en su precio, las mujeres entrevistadas en el mercado de Pátzcuaro (tanto las vendedoras, como la consumidoras), sostienen que antes (hace aproximadamente 30 años) el achoque costaba dos pesos, ahora el precio ha ascendido a \$50 (algunos informantes han

reportado precio de hasta \$200), aunque algunos pobladores de la ribera del lago, afirman que la especie que venden no es *A. dumerilii*, la traen de un lugar cercano, probablemente la laguna de Zacapu o algunos cuerpos de agua del Valle del Lerma.

La importancia cultural que se le da al *achójki* permanece a pesar de las serias amenazas que está enfrentando la especie. Las principales causas de la disminución de la población son producto directo o indirecto de la actividad antropogénica.

Las especies nativas de peces del Lago de Pátzcuaro tienen una mayor importancia económica e impacto social que el achoque, por lo que si se conservan estas poblaciones de peces, se conserva el ajolote.

Las vendedoras de pescado en el mercado de Pátzcuaro, cuyos maridos antes eran pescadores, ahora son revendedoras, compran el pescado y lo venden en sus pequeños canastos en el mercado. La disminución de las especies importantes para la pesquería tiene un impacto fuerte y directo en toda la población, pero especialmente en los pescadores en cantidades moderadas, ahora los únicos que pescan son los que tienen chinchorro grande.

5.1.3. EVOLUCIÓN Y VARIABILIDAD

Las especies que han sufrido un cuello de botella genético tienen menor variabilidad genética y son susceptibles a problemas asociados con depresión endogámica (Amos y Balmford, 2001). Cuando una población se lleva al límite de la extinción y se mantiene por muchas generaciones, una gran proporción de la variabilidad neutral de la especie puede ser erosionada por pérdida de alelos (Amos y Balmford, 2001).

Debido a que el Lago de Pátzcuaro tiene nuevas condiciones ambientales causadas por la influencia antrópica, es necesario detectar las reducciones

poblacionales antes de que la variación genérica sea reducida (Spear *et al.*, 2006), en especial ante la alarmante caída del número poblacional de los anfibios.

Los lagos se consideran hábitat insulares, por lo tanto la diversidad es el resultado de un equilibrio entre las tasas contemporáneas de colonización y extinción (Magnuso, 1976 en Berlanga Robles, 1993). La introducción de especies exóticas como la lobina y la carpa, ejerce un cambio en las especies nativas, algunas de ellas tienen una tendencia a la extinción.

Se ha comprobado que la trucha causa reducciones de poblaciones de salamandras en sitios donde han sido introducidas y las especies de *Ambystoma* generalmente sobreviven muy poco cuando los peces están presentes (Spear *et al.*, 2006).

La reducción de la densidad poblacional del achoque produce aislamiento, que tiene dos efectos, la competencia intraespecífica y la dificultad para encontrar pareja, que reduce el flujo génico y aumenta el riesgo de extinción por eventos estocásticos (Contreras *et al.*, 2009).

5.2. MANEJO Y CONSERVACIÓN

5.2.1. COMPARACIÓN ENTRE LAS CONSERVACIONES *IN SITU* Y *EX SITU*

La población de achoques ha disminuido tanto, que es necesario realizar acciones encaminadas a su conservación, ésta puede lograrse de dos maneras, *in situ* o *ex situ*. Ambos métodos tienen ventajas y desventajas que se analizarán a continuación.

5.2.1.1. CONSERVACIÓN *IN SITU*:

La conservación *in situ* implica mantener la especie en su ambiente natural (Weber, 1986).

VENTAJAS

La población se encuentra expuesta a las condiciones climáticas que presenta el lago, que usualmente son temperaturas muy bajas en invierno y templadas en verano. Por lo que la población se encuentra en condiciones naturales y cuando se realiza una reintroducción, hay una menor mortandad por este concepto. La especie pone en funcionamiento todos los mecanismos que le permiten sobrevivir ante las presiones que le impone el ambiente.

El costo del proyecto es menor, comparado con la conservación *ex situ*, puesto que no se necesitan peceras o estanques, alimento ni oxigenación y recambio de agua. Sólo se necesita vigilancia y registros de las condiciones en las que se encuentran los individuos.

Hay mayor viabilidad genética, si es que los individuos introducidos conviven espacialmente con los que habitan en el lago. Estos últimos son poseedores de

los genes que les han permitido sobrevivir, y cuando procrean estos sobrevivientes, ocurre descendencia con modificación (Marone et al., 2002). Además, la mezcla entre individuos introducidos y existentes, permiten el aumento del número poblacional y la existencia de un flujo genético.

DESVENTAJAS

Los achoques estarían expuestos en cierta medida a las condiciones adversas del lago.

Se pierde control de los individuos, se pueden reproducir entre hermanos, puede existir canibalismo y las enfermedades se pueden propagar con mayor facilidad si no son tratadas a tiempo.

5.2.1.2. CONSERVACIÓN *EX SITU*:

La conservación *ex situ* involucra la extracción de la especie de su hábitat natural para mantenerla artificialmente (Weber, 1986).

VENTAJAS

Como se ha dicho anteriormente, el lago se encuentra con altos niveles de contaminación, eutrofización y azolve que imponen una presión para los organismos que ahí habitan, por lo que habría una gran mortandad de individuos si se introducen en el lago, especialmente en los primeros estados larvarios. Entonces, la conservación *ex situ* surge como una opción válida para este caso, porque se tiene bajo control la calidad del agua.

Es más fácil tener control de los individuos, en términos de los registros de talla y peso y en cuanto a la reproducción (se debe evitar reproducción con semejantes, entonces los individuos de cada pecera se tienen identificados, y se realiza un

árbol genealógico, sólo se procede a reproducir a los que son genéticamente lejanos y de esta manera, se evita la endogamia).

Hay especies de peces que han ocasionado la disminución de la especie, principalmente la carpa. El achoque no estaría expuesto a este problema.

Se reducen riesgos de enfermedades, ya que los individuos son monitoreados constantemente y si tienen alguna enfermedad o parásito, puede ser removido inmediatamente, antes de que se extienda a los demás achoques.

En cautiverio, los ajolotes se reproducen prácticamente durante todo el año, mientras que los de vida silvestre lo hacen principalmente durante los meses de invierno (Ver Fig. 11).

Las especies de *Ambystoma* tienen las puestas de huevos más numerosas entre los anfibios: *A. mexicanum* más de 1,000 huevos por puesta y *A. tigrinum*, 5,000 (Duellman y Trueb, 1986) en condiciones de laboratorio. Entonces, se espera que las puestas en estas condiciones sean más numerosas y el número poblacional de la especie puede aumentar en poco tiempo.

Este tipo de conservación implica un banco de germoplasma de la especie, lo que asegura permanentemente la variabilidad genética del *achóiki* aunque la población en el lago se extinga.

DESVENTAJAS

Los individuos están adaptados a una serie de condiciones ambientales distintas a las naturales, no tienen cambios abruptos de temperatura, ni son parte de la red trófica, por lo que pueden perder habilidades que les ayudan a sobrevivir, como esconderse, reducir su motilidad, etc.

Hay una provisión constante de alimento, por lo que no deben esforzarse por conseguirlo ni desarrollar estrategias de captura de alimento.

Los individuos de achoque mantenidos en cautiverio han estado expuestos a evolución, pero bajo condiciones no naturales, por lo que los genes seleccionados, tal vez no sean los mismos que les permiten sobrevivir en su ambiente natural. Esto podría crear una presión de selección que debe valorarse al momento de hacer la reintroducción.

5.3. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LA ESPECIE.

Es de vital importancia realizar acciones concretas encaminadas a la conservación del achoque mediante el desarrollo de una estrategia de manejo y aprovechamiento sustentable en diálogo y comunicación permanente con los pobladores ribereños, puesto que son ellos excelentes conocedores de este anfibio y de la fauna del Lago de Pátzcuaro.

Si el achoque es visto como un recurso que debe utilizarse de manera sustentable, los pobladores de la ribera del lago de Pátzcuaro pueden contribuir a la preservación de la especie para seguir obteniendo sus beneficios en un futuro. Por eso se deben impulsar acciones encaminadas a la conservación con atento cuidado a la cultura local.

Para poder recuperar la población de la especie, es necesario realizar trabajos en diversos ámbitos e involucrar a los habitantes de la ribera del lago y sus islas, a los académicos y a las instituciones involucradas, especialmente el IMTA, los municipios, la SEMARNAT, la CONABIO y el gobierno del Estado de Michoacán.

5.3.1. ESTUDIOS

Se requieren más estudios que permitan realizar un plan de manejo adecuado de la especie, pues no son muchas las personas que se han dedicado a estudiar al *achójki*. También son necesarios los estudios enfocados a la historia de vida de la especie, sus estrategias de reproducción, conducta, alimentación, lugar en las redes tróficas, fisiología, estrategias de sobrevivencia, comportamiento ante otras especies como la carpa, embriología, desarrollo, así como datos estadísticos de población *in situ* y porcentaje de sobrevivientes por ovoposición, entre muchos otros.

Un cultivo adecuado del *achójki* en el lago de Pátzcuaro requiere estudios de tipo ecológico pero también es necesario conocer la cultura *p'urhé*. De esta manera se puede hacer un modelo de conservación que interrelacione el conocimiento local con el conocimiento académico.

5.3.2. RECUPERACIÓN DEL LAGO DE PÁTZCUARO

Una de las primeras acciones sería realizar una campaña de difusión de información a los pobladores de la ribera del lago, en la cual se debe explicar la información básica de la especie, las amenazas, los usos y la importancia de su permanencia en el lago para que cuando se realice la reintroducción, ellos puedan fomentar la reproducción y puedan sustituir la sobreexplotación por el aprovechamiento sustentable.

Al mismo tiempo, se deben impulsar los proyectos que ya existen para la conservación del achoque mediante la reproducción *in situ* y *ex situ*, procurando la formación y preservación de UMAs comunitarias de pobladores locales para garantizar un reservorio genético de la especie.

En la actualidad, el lago se encuentra en condiciones adversas para la crianza de achoques, los principales problemas son dos, la eutrofización del lago y la presencia de la carpa (*Cyprinus carpio*)

Se debe hacer una campaña para reducir o erradicar la población de carpa, ya que ésta es la más agresiva con el ecosistema y, sin duda alguna, una de las causas de la reducción poblacional de las especies nativas. Afortunadamente el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, en coordinación con entidades federales y del estado de Michoacán, lleva a cabo actualmente tanto un censo de la población de carpa como una Campaña para la Erradicación de Especies Exóticas.

Existen estrategias para la erradicación de la carpa, entre ellas la inducción de genes de fatalidad, la inmunocontracepción, que activa un gen que bloquea la reproducción cuando el hospedero es infectado con un virus, el control biológico con un virus (*Rhabdovirus carpio*) y control físico con barreras, pesca selectiva, trampas y manipulación del nivel de agua.

En mi opinión, la estrategia que podría funcionar en el lago por el momento sería el fomento a la captura selectiva, hacer una especie de competencia a nivel nacional de pesca, para que de esta manera se incrementaren los ingresos de los pobladores y se reduzca la población de las carpas.

Se ha comprobado que las salamandras *Ambystoma* son capaces de recuperarse después de la introducción de especies exóticas. Es por eso que se requieren acciones inmediatas, tanto en cuanto a la limpieza del lago, como en la eliminación de las especies exóticas que irrumpen el equilibrio del ecosistema.

Para reducir los niveles de eutrofización en el lago, es necesario realizar tres acciones: primero, se debe hacer una campaña de reforestación de la cuenca, para reducir los niveles de azolvamiento que llegan al lago y crear nuevas formas de sustento económico de los pobladores de la ribera.

Segundo, se deben apoyar los proyectos que ya existen en el lago para el tratamiento de aguas residuales, para disminuir la descarga de desechos en el lago. También se debe propiciar el uso de compostas y reducción de basura entre los pobladores de la ribera del lago.

Tercero, se deben realizar campañas de descontaminación del lago mediante tecnologías limpias y sustentables, como la introducción de microorganismos eficientes.

5.3.3. ESTABLECIMIENTO DE UMAs Y CENTROS DE CULTIVO

La manera más eficiente de conservación del achoque son las UMAs, lo ideal es que estos sitios estén bajo el resguardo y protección de personas de las comunidades de la ribera del lago. De esta manera, se le puede dar un aprovechamiento sustentable y se conservará el germoplasma de la especie a largo plazo.

Es necesario apoyar a las personas que tienen una relación con el achoque, principalmente aquéllas que cuidan a los individuos dentro de las UMAs. La capacitación de técnicos de manejo debe ir encaminada al tipo y cantidad de alimento, identificación de individuos, estrategias de reproducción, tratamiento de enfermedades, cuidado y limpieza de los contenedores, etc.

Para ello, es necesario el apoyo técnico de académicos especializados en el cuidado de estos anfibios, que estén dispuestos a dialogar con los actores de las UMAs para realizar juntos un plan de manejo que involucre tanto aspectos académicos, como culturales.

Es necesario tener un pie de cría de achoques en estas UMAs, que provean de individuos para liberar en los manantiales una vez que las crías alcancen un

tamaño que les confiera mayores probabilidades de sobrevivir o que lleguen a la etapa de reproductores.

Además de la provisión de individuos al lago, el pie de cría es importante para poder llevar a cabo cruces entre organismos genéticamente distantes que estén identificados para aumentar de esta manera la variabilidad genética de la especie.

5.3.4. REINTRODUCCIÓN DEL ACHOQUE AL LAGO

No hay algún proyecto de reintroducción del achoque por parte de las autoridades competentes, por lo que se deben hacer convenios interinstitucionales, con el apoyo de científicos y técnicos. También se deben proteger las áreas en las que se va a realizar el cultivo *in situ*.

Mientras el lago adquiere condiciones que permitan la recuperación de las especies nativas, se debe comenzar con proyectos de reintroducción, es necesario identificar lugares con bajo índice de contaminación y libre de especies exóticas que constituya un refugio para el achoque y posteriormente, para las demás especies nativas del lago, de manera tal que se haga un ambiente cada vez más parecido al lago antes de la introducción de especies exóticas y la contaminación.

Debe tomarse en cuenta que las salamandras necesitan agua clara para detectar a sus presas (Abrahams y Kattenfeld, 1997 en Contreras *et al.*, 2009), entonces, debido a la turbulencia, se reduce la capacidad supervivencia de los achoques. Por lo que se deben encontrar sitios de buena calidad y con pocos niveles de eutrofización y materia orgánica suspendida.

Estos sitios, por ahora son los manantiales. Existe un sitio en Urandén que puede ser utilizado como sitio piloto para la introducción de una población de achoques. El manantial que será piloto en la conservación del achoque *in situ* deberá contar

con personas especializadas y enfocadas sólo al cuidado de los achoques, tener las condiciones para realizar cuidados intensivos de los individuos, evitar contagio de enfermedades, canibalismo, inanición y hacinamiento

El cultivo en peceras crea condiciones artificiales y no se seleccionan los organismos con las características genéticas que mejor les permiten sobrevivir a su ambiente natural. Entonces, el cultivo de achoques a largo plazo podría producir una pérdida de los genes que les permiten sobrevivir en su ambiente natural y ésta pérdida sería irreversible si ya no se capturan nuevos individuos en el lago que les provean variabilidad genética. Por lo tanto, se debería hacer una búsqueda extensiva de achoques en vida silvestre.

La pérdida de genes adaptados al medio natural, puede tener una respuesta adversa en los achoques introducidos, por lo que se debe considerar que van a reducir su número poblacional cuando se introduzcan en el nuevo ambiente.

Cuando los ajolotes logren adaptarse a las condiciones de los manantiales en el lago, se podría comenzar a hacer reintroducciones de las otras especies en el lago, con atenta observación y cuidado de las redes tróficas, hay que hacer esfuerzos por las especies de uso comercial para que a largo plazo, puedan restablecerse las pesquerías.

5.3.5. DIFUSIÓN DE INFORMACIÓN

Es necesario realizar campañas de difusión de información para que las personas que habitan en las islas y la ribera del lago (1) tengan conocimiento de que existe el achoque, especialmente los niños, (2) conozcan los riesgos que está enfrentado la especie, (3) sepan que el achoque tiene una importancia cultural y ecológica, (4) estén enterados de las medidas que se están llevando a cabo para rescatar a la especie, (5) entiendan que es el principio de la recuperación de la pesca en el lago, y que a largo plazo, se podrían recuperar las especies de interés comercial.

La única oportunidad que tienen los jóvenes para conocer al achoque son los centros de cultivo, por eso es necesario organizar visitas de los jóvenes y niños de las escuelas primarias y secundarias, a los centros de cultivo.

6. CONCLUSIONES

La población de achoques ha tenido una gran disminución, esto es un hecho comprobado y fue producido por diversas acciones, realizadas todas de manera directa e indirecta por el efecto de la intervención humana. Por lo tanto, depende también de la acción humana tratar de revertir su efecto en el ecosistema.

Aunada a la disminución sobre el achoques, está la disminución del conocimiento cultural en torno a la especie. A juzgar por las evidencias encontradas, en tiempos prehispánicos el achoque tuvo una importancia cultural muy grande, a nivel de los seres divinos, pero esto se ha ido perdiendo a través de los años.

Aún permanecen los conocimientos del achoque y de su utilidad, pero los poseedores del conocimiento son generalmente personas mayores que si utilizaron al achoque como medicina y como alimento.

Sin embargo, los jóvenes y los niños no han tenido la oportunidad de conocer al achoque en estado silvestre, los pocos que lo conocen, lo hacen gracias a los centros de cultivo. La difusión de información debe estar enfocada a los niños y jóvenes, para que puedan conocer, utilizar y apreciar a la especie, especialmente en un futuro, cuando se reintroduzca la especie al lago.

La recuperación de la especie debe proveer beneficios económicos a la sociedad, ya que ellos son los responsables directos del manejo de la especie a largo plazo, por ello se debe hacer un trabajo amplio de toma de conciencia, tanto para los pobladores de la ribera del lago, como para las personas involucradas en la toma de decisiones de la región.

Probablemente, la tradición oral se esté perdiendo por falta de uso pragmático. El único uso que se le da en la actualidad es el medicinal en forma de jarabe, el cual

es elaborado por las monjas, pero algunos señalan que es inaccesible para una buena parte de la población, principalmente indígena, debido a su costo.

A pesar de todo, se puede decir que la importancia cultural aún permanece entre los pobladores de la ribera del lago, pero no sucede lo mismo con la importancia ecológica, el achoque ya no tiene inferencia en las redes tróficas del lago y su nicho ecológico, probablemente ya ha sido cubierto por otras especies.

Desafortunadamente, las poblaciones que enfrentan cuellos de botella, tienen una pérdida de variabilidad genética que puede ser irreversible a largo plazo, sin embargo, la única oportunidad que tiene el achoque para poder permanecer, por ahora, es el cultivo *in situ*.

Es necesario realizar estudios de la condición poblacional de los achoques en vida silvestre, para conocer (1) la población de achoques existentes en vida silvestre, (2) la viabilidad de la población, (3) las condiciones de salud de los individuos encontrados, (4) dónde se encuentran, ya que estas zonas serán las ideales para su repoblamiento, (5) cuáles son las características físicas y genéticas que les han permitido sobrevivir, (6) determinar las necesidades de la población, (7) Se deben hacer cálculos y experimentos *ex situ* para conocer el efecto que tendrá la reintroducción del achoque en el lago, puesto que probablemente ya hay especies que han ocupado su nicho ecológico, (8) se deben hacer estudios de la reproducción, sus temporadas y condiciones y (9) es necesario realizar experimentos de optimización de recursos para los achoques en cautiverio, principalmente en el sentido de crecimiento, alimentación y reproducción.

Aunque se encuentra en situación de peligro extremo, afortunadamente la especie no se ha extinguido aún, por lo que se requiere realizar acciones concretas e inmediatas encaminadas a la conservación del achoque, que permitan aumentar su probabilidad de supervivencia a largo plazo.

La problemática del lago no sólo involucra a biólogos que traten de evitar la disminución de las poblaciones y resolver la alteración ecológica del lago, es una situación crítica que involucra a casi todos los sectores de la población.

Es necesario el establecimiento de un plan de manejo a corto, mediano y largo plazo con un enfoque inter y transdisciplinario, que involucre las necesidades de la especie, de las comunidades que manejan los recursos, y de las instancias gubernamentales y académicas.

Existen proyectos de recuperación de la cuenca que ya se están realizando. Lo interesante sería unir los esfuerzos para poder completar con éxito las metas establecidas.

Este proyecto debe realizarse mediante un diálogo con los actores involucrados, que son los que finalmente determinarán la preservación o la extinción de la especie.

Desafortunadamente, falta unificación entre las personas que están cultivando al achoque, por lo que debe hacerse un diálogo entre estas personas para permitir un flujo de información y un flujo genético entre los organismos de la especie cultivada.

Las personas que han utilizado el achoque como medicina, creen firmemente que les ayuda, esto puede ayudar a la conservación. Si lo conservan, puede servirles como medicina y alimento en un futuro. Esto es clave para la preservación de la especie, porque si la conservan, podrán seguirla utilizando a largo plazo. Debe implementarse el cultivo del achoque para seguir utilizándolo como alimento

LITERATURA CITADA

- Aguilar, J. A. 2005. *Composición nutricia del plancton del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México*. Tesis profesional, Facultad de Química, UNAM, 91 pp.
- Amos W. y A. Balmford. 2001. When does conservation genetics matter? *Heredity*, 87: 257–265.
- Ángel-Hurtado, J. L., E. Urquiza Marín, C. Domínguez Sánchez, R. Guzmán Rodríguez. 2005. *Actividades realizadas para la recuperación de la cuenca del lago de Pátzcuaro*. 1º Foro Académico de la DES de Ingenierías y Arquitectura de la UMSNH. Morelia, México. pp. 51-60.
- Archetti, E. 1992. *El mundo social y simbólico del cuy*. Ed. Centro de Planificación y Estudios Sociales (CEPLAES), Quito. 167 pp.
- Argueta, A. 1988. Etnobiología y civilización mesoamericana. *México indígena*, 4 (24): 17-23.
- Argueta, A. 2008. *Los Saberes P'urhépecha Los animales y el diálogo con la naturaleza*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Universidad Nacional Autónoma de México, Gobierno del Estado de Michoacán, Universidad intercultural indígena de Michoacán, Casa Juan Pablo y Programa de Naciones Unidas para el Ambiente. México. 249 pp.
- Argueta, A. 2009. *El darwinismo en Iberoamérica. Bolivia y México*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC. y Editorial Los Libros de la Catarata, España, 348 pp.
- Argueta, A. 2010. El diálogo de saberes, una utopía realista, en: Argueta, A., E. Corona, M., Eduardo y P. Hersch (coordinadores). *Saberes locales y diálogo de saberes*. México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM; Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro-Morelos, Proyecto Compartiendo saberes, Fonciyct 55295, 2010. 546 pp.
- Argueta, A. y A. Castilleja. 2008. El agua entre los *p'urhépecha* de Michoacán. *Cultura y Representaciones Sociales* 2 (4): 64-87.

- Barrera-Bassols, N. 1986. *La cuenca del Lago de Pátzcuaro, Michoacán: aproximación al análisis de una región natural*. Tesis profesional. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, UNAM, 393pp.
- Beaucage, P. 1990. El bestiario mágico. Categorización del mundo animal por los nahuas de la Sierra Norte de Puebla (México). *Recherches Amériidiennes au Québec*, 20 (3-4): 3-18.
- Berlanga Robles, C. A. 1993. *Contribución al conocimiento de las comunidades de peces del Lago de Pátzcuaro, Michoacán*. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Berlanga-Robles, C., J. Madrid-Vera y A. Ruiz-Luna. 2002. Fish abundance and trophic structure from the commercial catch in Lake Patzcuaro, Mexico. *Hydrobiologia* 467: 117–122.
- Brandon, R. 1976. Spontaneous and Induced Metamorphosis of *Ambystoma dumerilii* (Dugès), a Paedogenetic Mexican Salamander, under Laboratory Conditions. *Herpetologica* 32 (4): 429-438.
- Calfee, R., C. Bridges y E. Edward. 2006. Sensitivity of Two Salamander (*Ambystoma*) Species to Ultraviolet Radiation. *Journal of Herpetology*, 40 (1): 35–42.
- Casas-Andreu, G. y J. McCoy. 1979. *Anfibios y reptiles de México. Claves ilustradas para su identificación*. Ed. Limusa, México. 87 pp.
- Casas-Andreu. G., Cruz-Aviña, G. y Aguilar.Miguel, X. 2004. Un regalo poco conocido de México al mundo: el ajolote o *axolotl* (*Ambystoma*: Caudata: Amphibia). Con algunas notas sobre la crítica situación de sus poblaciones. *Ciencia Ergo Sum* 10 (3): 304-308.
- Castilleja, A., E. Espinosa, J. L. Curiel, M. G. Botello, M. Hernández, M. Primo Durán, P. Camacho, R. Luft, R. Goded, R. Espinosa y S. García. 2003. *Programa Emergente para el Desarrollo Regional*.
- Castilleja, A. 2010. *Sistemas de conocimiento en competencia: un estudio en pueblos purépecha* En: Argueta Villamar, Arturo; Corona-M., Eduardo y Hersch, Paul (coordinadores). *Saberes locales y diálogo de saberes*, México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM;

- Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro-Morelos, Proyecto Compartiendo saberes, Fonciacyt 55295, 2010. 546 pp.
- T. A. Chacón T.A, C. Rosas Monge y M. B. Rendón López. 2000. *Calidad del agua e hidrodinámica en la zona sur de Patzcuaro, Michoacan*. Informe para el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).
- Chacón, A. 2002. *Impacto ambiental del dragado en el lago de Pátzcuaro. Aportes al proyecto Pátzcuaro*. Estudios, propuestas y avances para la restauración del Lago de Pátzcuaro. Versión en línea.
- Chaparro-Herrera, D. J. 2007. *Biología de la alimentación de Ambystoma mexicanum: implicaciones para su conservación*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México, D. F., 85 pp.
- Collins, J., A. Storfer. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and distributions* 9, 89-98.
- Contreras, V., E. Martínez-Meyer, E. Valiente y L. Zambrano 2009. Recent decline and potential distribution in the last remnant area of the microendemic Mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *Biological Conservation* 142: 2881–2885.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). 2009. Apéndices I, II y III. Lima.
- Corrales-Ayala, R., E. Beltrán, A. Jáuregui de Cervantes y R. Cruz Arvea. 1990. *Alfredo Dugès*. Gobierno del estado de Guanajuato. 1ra ed. México. pp. 171-174.
- Cortés-Pérez, S. 2003. *Hábitos alimentarios de Ambystoma rosaceum (Caudata: Ambystomatidae) en la sierra Tarahumara, Chihuahua*. Tesis profesional, FEZ Iztacala, UNAM, México, D.F., 76 pp.
- Dakin, K. 2004. "El *Xolotl* mesoamericano: ¿una metáfora de transformación yutonahua?" en *La metáfora en Mesoamérica*. Montes de Oca, M. (editora). Instituto de Investigaciones Filológicas, UNAM, México, p. 193-223.

- De Alcalá, J. 2000. Relación de las ceremonias y ritos y población y gobernación de los indios de la Provincia de Michoacán, Franco, M. (coord.), C. Martínez y C. Molina, El Colegio de Michoacán, Gobierno del Estado de Michoacán, México. 685 pp.
- Duellman, W. 1961. The Amphibians and Reptiles of Michoacan, Mexico. *Publications of the Museum of Natural History, University of Kansas* 15 (1): 1-148.
- Duellman, W. E. y L. Trueb. 1986. *Biology of amphibians*. McGraw-Hill, Nueva York, 670 pp.
- Edwards , E. y P. Martin. 1955. Further Notes on Birds of the Lake Patzcuaro Region, Mexico. *The Auk*, 72 (2): 174-178.
- Estrada-Martínez, E. G. Guzmán, D. Cibrián y R. Ortega. 2009. Contribución al conocimiento etnomicológico de los hongos comestibles silvestres de mercados regionales y comunidades de la Sierra Nevada (México). *Interciencia* 34 (1): 25-33.
- Flores-Farfán, J. A., C. Ramírez Celestino (ilust.). 2003. *Axólotl. El ajolote*. Ediciones Era. Primera edición. México. 39 pp.
- Frías-Álvarez, P., J. Zúñiga-Vega y Flores-Villela, O. 2010. A general assessment of the conservation status and decline trends of Mexican amphibians. *Biodiversity Conservation* 19:3699–3742
- Frost, D. R. 2009. *Amphibian Species of the World: an online reference*. Versión 5.3 (12 Febrero, 2009).
- Frost, D., T. Grant, J. N. Faivovich, R.H. Bain, A. Haas, C. Haddad, R. De Sa, A. Channing, M. Wilkinson, S. Donnellan, C. Raxworthy, J. A. Campbell, B. L. Blotto, P. Moler, R. C. Drewes, R. A. Nussbaum, J. D. Lynch, D. M. Green y W. C. Wheeler. 2006. The Amphibian Tree of Life. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, No. 297, 370, Nueva York, pp., 71.
- Gómez-Tagle Rojas, A., Y. Chávez-Huerta, A. Gómez-Tagle Chávez y H. Zepeda. 2002. *Diagnóstico de los suelos de la cuenca del Lago de Pátzcuaro*. Proyecto Pátzcuaro.

- Grebe, M. E. 1984. Etnozoología andina: Concepciones e interacciones del hombre andino con la fauna altiplánica. *Estudios Atacameños*, 7: 335-347.
- Hickman, C., L. Roberts y F. Hickman. 1984. *Integrated Principles of Zoology*: Seventh Edition. Times Mirror/Mosby College Publishing. St. Louis, Toronto. 1065 pp.
- Hoffman, R. L., G. L. Larson y B. Samora. 2004. Responses of *Ambystoma gracile* to the Removal of Introduced Nonnative Fish from a Mountain Lake. *Journal of Herpetology*, 38 (4): 578–585.
- Huacuz, D. 2002. *Programa de Conservación y Manejo de Ambystoma dumerilii El achoque del lago de Pátzcuaro*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales. Morelia, Michoacán. 138 pp.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1990. *Censo General de Población y Vivienda*. Versión en línea
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2003. *Cuaderno estadístico Municipal. Pátzcuaro, Michoacán de Ocampo* (versión en línea).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2004. *La Población Hablante de Lengua Indígena de Michoacán de Ocampo México*. 140 pp.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005a. *Conteo de Población y Vivienda, 2005* (versión en línea).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005b. *Marco Geoestadístico nacional* (versión en línea).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. *Censo General de Población y Vivienda* (versión en línea).
- International Union for Conservation of Nature IUCN. 2011. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2009. www.iucnredlist.org. Citada en marzo del 2011.
- Lannoo, M.J. 2005. *Amphibian Declines: The Conservation Status of U.S. Amphibians*. University of California Press, Berkeley, California. 1094 pp.
- Larson, Allan. 1996. Ambystomatidae. Mole Salamanders. Versión 01 January 1996 en *The Tree of Life Web Project*.

- Lips. K.R., J.R. Mendelson III, A. Muñoz-Alonso, L. Canseco-Márquez y D. Mulcahy. 2004. Amphibian population declines in montane southern Mexico: Resurveys of historical localities. *Biological Conservation* 119: 555-564.
- Lips KR, Brem F, Brenes R, Reeve JD, Alford RA, Voyles J, Carey C, Livo L, Pessier AP, Collins JP. 2006. Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103: 3165–3170.
- Lot, A. y A. Novelo. 1988. La vegetación y flora acuática del lago de Patzcuaro, Michoacan, Mexico. *The southwestern Naturalist* 33(2): 167-175.
- Marone L., F. Milesi, R. González del Solar, E.T. Mezquida, J. López de Casenave y V. Cueto. 2002. La teoría de evolución por selección natural como premisa de la investigación ecológica. *Interciencia* 27: 137–142
- Martin, C. y R. Gordon. 1995. Differentiation trees, a junk DNA molecular clock, and the evolution of neoteny in salamanders. *J. Evol. Bio.* 8: 339-354.
- Martínez-Sifuentes, E. 2002. La veda en el lago de Pátzcuaro, historia sin final de una imposición. *Pueblos indígenas, políticas públicas y reforma institucional*, SEDESOL; INI, México. 86 pp.
- Montemayor, C. (coord.). 2007. *Diccionario del náhuatl en el español de México*. Gobierno del Distrito Federal y Universidad Nacional Autónoma de México. México, 441 pp.
- Moreno, R. 1969. *El axólotl*. Estudios de cultura Náhuatl Vol. VIII. Instituto de Investigaciones Históricas. Universidad Nacional Autónoma de México. pp 157-173.
- Negrete, P. y Romero, J. 1999. Aislamiento de bacterias asociadas con infecciones en el cultivo de ajolote: *Ambystoma mexicanus* (sic). *Hidrobiológica* 9 (1): 9-14.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-036-PESC-2007, Pesca responsable en el Lago de Pátzcuaro ubicado en el Estado de Michoacán. Especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros. Primera sección. *Diario Oficial de la Federación*. Marzo, 2009.

- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-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*. Marzo, 2002.
- Orbe-Mendoza, A., J. Acevedo-García y J. Lyons. 2002. Lake Pátzcuaro fishery management plan. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12: 207–217.
- Orbe-Mendoza, A. y J. Acevedo-García. 1999. *Ordenamiento pesquero del lago de Pátzcuaro, Mich. México*. SEMARNAP, INAPESCA, CRIP-Pátzcuaro. México. 24 pp.
- Orbe-Mendoza, A. y J. Acevedo-García. 2002. El lago de Pátzcuaro. En: De la Lanza Espino, G. y J. L. García Calderón (compiladores). 2002. *Lagos y presas de México*. AGT Editor, S. A., México, pp. 127-148.
- Ortega, A. 2000. El ajolote. Elementos: ciencia y cultura, *BUAP* 6: 55-57.
- Pérez-Saldaña, M.C., Gutiérrez Acosta M., Morales Francisco, O. y Pérez Saldaña J. 2006. *Experiencias de cultivo de achoque (Ambystoma dumerilii) en cautiverio*. Monasterio de Dominicas de Orden Predicadores María Inmaculada de la Salud AR. Pátzcuaro, Michoacán, pp.104.
- Pujol, 1977. *Cours d'ethnozoologie*, Museum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire D'Ethnobotanique et d'Ethnozoologie, Paris, 41 pp.
- Pnuma, 2011. Grupo de Países Megadiversos. Versión en línea.
- Roelants K, Gower DJ, Wilkinson M, Loader SP, Biju SD, Guillaume K, Moriau L, Bossuyt F. 2007. Global patterns of diversification in the history of modern amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 887–892.
- Rojas-Carrillo P. M. 2006. Aspectos reproductivos del charal prieto *Chirostoma attenuatum* (Meek, 1902) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. Nuevas líneas de investigación en atherinopsidos de México. *Hidrobiológica* 16 (1): 1-9.
- Rosas, I., M. Mazari, J. Saavedra y A. P. Báez. 1985. Benthic organisms as indicators of water quality in Lake Patzcuaro, Mexico. *Water, Air, & Soil Pollution* 25 (4): 401-414.
- Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. Limusa, México. 432 pp.

- Pedraza, B. A. 1994. *Comunidad de macroinvertebrados bentónicos del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México*. Tesis de Licenciatura. UMSNH. 58 pp.
- Saavedra, J. 1982. *Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua del Lago de Pátzcuaro, Michoacán*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 45 pp.
- Sahagún, B. 1830. *Historia General de las cosas de la Nueva España, libro séptimo*. Imprenta del ciudadano Alejandro Valdés, México (versión en línea).
- Sahagún, B. 1830. *Historia General de las cosas de la Nueva España, libro undécimo*. Imprenta del ciudadano Alejandro Valdés, México. pág. 149 y 199 (versión en línea).
- Santos-Barrera, G. 2004. Las enfermedades infecciosas y su papel en la declinación mundial de las poblaciones de anfibios CONABIO, *Biodiversitas* 56: 1-6
- Santos-Barrera, G., J. Pacheco y G. Ceballos. 2004. La conservación de los reptiles y anfibios de México. CONABIO, *Biodiversitas* 57: 1-11
- Santos-Barrera, G. y García-Aguayo, A. 2006. Evaluación mundial de anfibios y reptiles y su conservación. CONABIO. *Biodiversitas* 65: 12-15
- Shaffer, B., O. Flores-Villela, G. Parra-Olea y D. Wake 2004. *Ambystoma dumerilii*. En: IUCN 2009. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2009.1.
- Spear, S., C. R. Peterson, M. D. Matocq y A. Storfer. 2006. Molecular evidence for historical and recent population size reductions of tiger salamanders (*Ambystoma tigrinum*) in Yellowstone National Park, *Conservation Genetics* 7: 605–611.
- Storfer, A., J. M. Eastman y S. F. Spear. 2009. Modern molecular methods for amphibian conservation. *Bioscience* 59: 559-571.
- Swadesh, M. 1969. *Elementos del tarasco antiguo*, prólogo de Juan Comas, México, UNAM, IIH, México. 192 pp.
- Tate, C. y J. W. Petranka. 2004. Ecological Interactions between *Rana x* and Facultative Intraguild Predation, *Copeia* 4: 932–939.

- Toledo, V. y A. Argueta. 1992. Cultura indígena y ecología. En: Toledo, V. M., P. Álvarez-Icaza y P. Ávila (Eds.). *Plan Pátzcuaro 2000. Investigación Multidisciplinaria para el desarrollo sostenido*. Friedrich Ebert, México. pp. 219-238.
- Toledo, V. M., A. I. Batis, R. Becerra, E. Martínez y C. H. Ramos. 1995. La selva útil: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia* 20 (4): 177-187.
- Toledo, V. M., 2001. Biodiversity and indigenous peoples . En: S. Levin et al. (Eds) *Encyclopedia of Biodiversity . Academic Press: 1181-1197*
- USDA National Nutrient Database for Standard Reference (en línea).
- Walston, L. J. y S. J. Mullin. 2007. Responses of a Pond-breeding Amphibian Community to the Experimental Removal of Predatory Fish. *The American Midland Naturalist* 157 (1): 63-73.
- Vargas-González, A., E. Prado-Zayago, M. León-Olea, V. Guarner-Lans y A. Cano-Martínez. 2005. Regeneración miocárdica en *Ambystoma mexicanum* después de lesión quirúrgica. *Archivos de Cardiología de México* 75(3): 21-29.
- Weber, C. 1986. Conservación y uso racional de la naturaleza en áreas protegidas. *Ambiente y Desarrollo* 2(1): 165-181.
- WWF, 2011. WildFinder, versión en línea.
- Zambrano, L. y D. Hinojosa. 1999. Direct and indirect effects of carp (*Cyprinus carpio* L.) on macrophyte and benthic communities in experimental shallow ponds in central Mexico. *Hydrobiologia* 408/409: 131-138.
- Zapata Sosa, M. E. 2007. Comparación morfológica de los islotes adrenales de *Ambystoma velasci*, *Ambystoma mexicanum* y *Ambystoma dumerilii*. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

ANEXOS

ANEXO I: ENTREVISTA TIPO

¿Conoce al achoque?

¿Qué es el achoque?

¿En qué grupo taxonómico se encuentra?

¿Para qué lo utiliza?

¿Considera que el achoque ha disminuido?

¿Cuáles cree que sean las causas de su desaparición?

¿En qué parte del lago se encuentra o se encontraba más?