

PROPUESTA INTEGRAL PARA LA CONSERVACIÓN DEL CHARAL DE LA PRECIOSA, (*Poblana letholepis*, Álvarez 1950), PUEBLA, MÉXICO.

AVANCES PRELIMINARES

COMPREHENSIVE PROPOSAL FOR THE CONSERVATION OF THE CHARAL DE LA PRECIOSA, (*Poblana letholepis*, Alvarez 1950), PUEBLA, MEXICO. PRELIMINARY ADVANCES

Cruz Aviña J. R.^{1,*}, Ramos Contreras D.², Jiménez García D.², Bernal Mendoza H.², Eric Ramírez O.², Tenorio Arvide M. G.³, Figueroa Lucero G.⁴, Álvarez González C. A.⁵

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Fauna Silvestre, Laboratorio de Medicina de la Conservación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (FMVZ), Carr. Tecamachalco-Cañada Morelos Km. 7.5, El Salado, CP 75460 Tecamachalco, Puebla, México. ²Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas (CENAGRO-ICUAP), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Edificio VAL 1, Km 1.7 Carr. a San Baltazar Tetela, San Pedro Zacachimalpa, CP 72960, Puebla, Puebla, México. ³Departamento de Ciencias Agrícolas (DICA), Instituto de Ciencias (BUAP) Av. 14 sur 6301, Fracc. San Manuel, C.P. 72570, Puebla, México ⁴Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Hidrobiología, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Ciudad de México, CP 09340. México. ⁵Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), DACBIOL, Departamento de Acuicultura Tropical. Carretera Villahermosa – Cardenas Km 0.5 S/N Entronque a Bosques de Saloya, CP 86150, Villahermosa, Tabasco, México.

*Autor de correspondencia: juan.cruzavina@correo.buap.mx

Recibido: 24/abril/2023

Aceptado: 27/junio/2023

RESUMEN

Este estudio pretende ofrecer una propuesta integral sustentable con implicaciones bioculturales para la conservación del charal

nativo (*Poblana letholepis*) del lago cráter La Preciosa Puebla, México, con el propósito de preservar de manera *in situ* y *ex situ* a estos charales endémicos, tomando en cuenta su contexto histórico y la reapropiación de

saberes, con noción de territorio. Adicionalmente se espera establecer un programa piloto de educación ambiental no formal para la conservación de esta ictiofauna nativa, con niños de la comunidad San Juan la Muralla. Como resultados preliminares, se ha avanzado en un 80% en la biotecnología para su cuidado cría y reproducción *ex situ* a nivel de planta experimental. En cuanto a su conservación *in situ* se han realizado dos talleres y juntas con los pescadores y sus hijos en un sistema de educación ambiental no formal utilizando la pedagogía crítica y los sistemas complejos. Se concluye que, actualmente existe una fuerte crisis de la actividad pesquera local y que lamentablemente tiende a su virtual extinción en el mediano plazo, con su correspondiente pérdida de patrimonio biocultural y de conocimientos tradicionales, así como de la noción de territorio.

Palabras clave: Conservación, Cuenca Oriental, Ictiofauna Nativa, Lagos Marss, Seguridad Hídrica.

ABSTRACT

This study aims to provide a comprehensive sustainable proposal with biocultural

implications for the conservation of the native charal fish (*Poblana letholepis*) of La Preciosa crater lake, Puebla, Mexico, with the purpose of preserving these endemic charal fish *in situ* and *ex situ*, including its historical context and the reappropriation of knowledge. In addition, a pilot environmental education program for the conservation of native ichthyofauna is expected to be established with children from the San Juan la Muralla community. In addition, a pilot environmental education program for the conservation of native ichthyofauna is expected to be established, with children from San Juan la Muralla community. As preliminary results, 2 workshops and meetings have been held with the fishermen and their children in a non-formal environmental education system using critical pedagogy. In conclusion, there is currently strong crisis of the local fishing activity. Unfortunately, this will lead to their virtual extinction in the medium term, in addition to the loss of biocultural heritage and traditional knowledge, as well as the notion of territory.

Keywords: Conservation, Eastern Basin, Native Ichthyofauna, Marss Lakes, Water Security.

INTRODUCCIÓN

Las relaciones entre la ictiofauna nativa (Aterínidos, Ciprínidos, Goodeidos, Poecílidos, etc.) y los antiguos mexicanos, formaron complejas tramas socio-culturales, ecológicas y ambientales que aún están presentes en algunas regiones como relictos de paisajes hidro-bio-culturales del centro del país (*e.g.* Jalisco, Michoacán, Estado de México y Puebla) (Cruz-Aviña et al. 2022, Cruz-Aviña et al. 2017, Alcocer et al. 2014, Alcocer et al. 2009, Toledo y Barrera-Bassol 2008, Arce 2006). Estas relaciones se manifiestan en distintos dominios culturales, tales como el lenguaje, el mito, las leyendas, la ontología y el sentido de lugar o pertenencia (noción de territorio) de comunidades rurales y semi-urbanas (Riquelme-Maulén 2019, Escobar 2014, Toledo y Barrera-Bassol 2008, Arce, 2006, Albores 1995). Con la ictiofauna nativa también se vinculan diversas prácticas de reproducción social (*e.g.* pesca artesanal), así como otras; como la ciencia antigua (mejor temporada de siembra, mejor temporada de cosecha, heladas, fríos etc.), el arte local (pinturas con colorantes orgánicos, utilización de flores y semillas, etc.), la

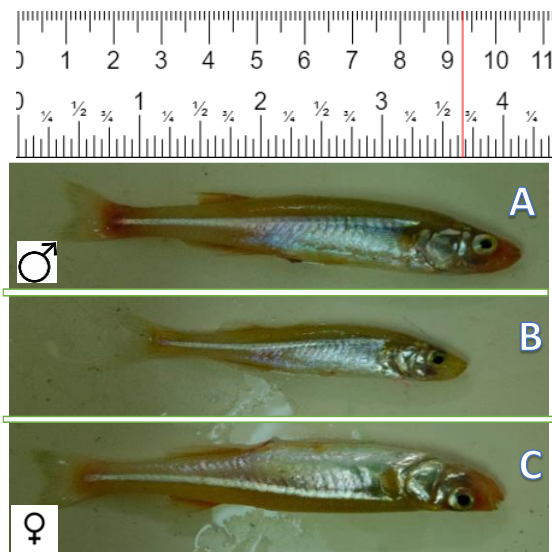
alimentación (arte culinario con especies locales o criollas), la biotecnología ancestral (cultivo de plantas nativas, utilización de especies animales criollos) y los ritos (sincretismo utilizando plantas y animales locales) en donde los paisajes limnológicos se funden y confunden, formando santuarios e iconos culturales donde se entretajan historias, leyendas, saberes y que cohabitan con los lugareños haciéndolos gente del agua o gente de los *Axalapascos* (Ibarra y Riquelme 2019, Cruz-Aviña et al. 2017, Stawski 2015, Albores 1995). Esta mirada eco-etno-ictiológica integra adicionalmente en su visión a las ciencias biológicas (ictiología nativa o etno-ictiología), las ciencias hidrobiológicas (limnología, etno-limnología, sistemas lacustres, etc.), las ciencias sociales (historia, antropología, arqueología, sociología, cultura, mitos, leyendas, educación ambiental, etc.), la acuicultura (acuariofilia de especies nativas), con los saberes locales, abordando complejas interrelaciones entre la ictiofauna nativa y los humanos, tanto en la esfera terrestre como en otros planos de la realidad, y tanto en cuerpo como en espíritu (Ibarra-Eliessetch, y Riquelme-Maulén 2019, Escobar 2014, Toledo y Barrera-Bassol 2008, Albores 1995). Sin embargo; en las últimas décadas,

se ha reportado por diversos autores (e.g. Ibarra et al. 2022, Sandoval-Moreno y Hernández-García 2013) que los lugareños, y especialmente los infantes, están interactuando cada vez menos con la ictiofauna y la demás biodiversidad nativa (*Acociles*, *Ajolotes*, *Ayotochtili*, *Cuetzpalin*, *Epatl*, *Tepaxatzin*, *Motocles*, etc). Esta desalineación creciente de los actuales mexicanos hacia la naturaleza, es conocida como “extinción de la experiencia” o “dilución de conocimientos tradicionales”(Toledo y Barrera-Bassols 2008), puede tener consecuencias negativas para el cuidado y la protección del medio ambiente así como para la fauna nativa, este es resultado del creciente desinterés, como por desconocimiento general y sin embargo; se suma a esta problemática también a los procesos deletéreos de calentamiento global, cambio climático, conflictos socioambientales y malas prácticas ambientales que están presentes en la Cuenca Oriental (CO) (Cruz-Aviña et al. 2023, Cruz-Aviña et al. 2017) que están generando un proceso de desertificación sistemática sostenida, al grado que en 2021 el lago de Aljojuca se declaró extinto o completamente desecado (Cruz-Aviña et al. 2017, Alcocer et al. 2014). Los “charales”, son peces

Aterinópsidos del género *Poblana* pertenecen a la subfamilia Menidiinae. Actualmente, se reconocen cuatro especies de este género *Poblana alchichica* (lago Alchichica), *Poblana letholepis* (lago La Preciosa), *Poblana squamata* (lago Quechulac) y *Poblana ferderbueni* (lago Almoloya), considerada una especie extinta (Miller 1996, Ceballos et al. 2016, Hernández-Rubio et al. 2016,) donde cada una es endémica del cuerpo acuático en el que habita (Ceballos et al. 2016; Hernández-Rubio et al. 2016, Álvarez 1950). El charal de La Preciosa (*Poblana letholepis*, Álvarez 1950), es un aterinópsido microendémico del lago cráter La Preciosa, Puebla. La especie se encuentra bajo los estatus de conservación, como amenazada (NOM SEMARNAT059 2010) y en peligro de extinción (IUCN 2023), debido a que su hábitat se encuentra bajo desecación por la deforestación, el sobrepastoreo, especies invasoras y malas prácticas acuícolas (Guerra-Magaña 1996, Flores-Negrete 1998, Cruz-Aviña et al. 2023, Alcocer et al. 2021). **Figura 1.** Por tanto el objetivo de este trabajo es establecer una propuesta integral para su conservación *ex situ* e *in situ* bajo la mirada de la educación ambiental no formal y apoyándose en el metabolismo social (Bioculturalidad,

reapropiación de saberes) a nivel de comunidad con noción de territorio.

Figura 1.- Ejemplares de *Poblana letholepis* del lago La Preciosa, Puebla, México. A) Macho adulto, B) Juvenil C) Hembra adulta.



Fuente: elaboración propia

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio.

El lago cráter La Preciosa 19°22' N, 97°23' W, a 2,333 m s.n.m., con superficie 0.78 km² y con dos profundidades máximas 46 m y 40 m respectivamente, tiene una temperatura superficial de 17.8 °C, mientras que a 20 m de profundidad es de 14.9 °C. En este lago, los cloruros, bicarbonatos y carbonatos son los aniones dominantes, mientras que el magnesio es el catión dominante en lugar del

sodio, la salinidad varía de 1.5-5 mgL⁻¹, el oxígeno disuelto presenta saturación y poca variedad en porcentaje 5-8 mgL⁻¹. El clima característico es templado seco, con una temperatura anual promedio de 12.8 °C y una precipitación anual de 425 mm. En este lago se encontraron cuatro especies de hidrófitas, siendo los más importantes *Scirpus californicus*, *Potamogeton pectinatus* y *Juncus andicola*. El hidrófito enraizado *S. californicus* se encuentra distribuido al S del lago, *Potamogeton pectinatus* formó una franja densa y regular alrededor del lago, ocupando la zona mesolitoral en algunos lugares hasta 10 m de profundidad. Por último, *J. andicola* presenta una distribución muy restringida en forma de una franja densa en un tramo de playa N ocupando la zona supralitoral (Alcocer et al.2014, Ramírez-García y Novelo, 1984). **Figura 2.**

Conservación ex situ

Trabajo de Campo. - Un total de 50 individuos *Poblana letholepis* fueron colectados por métodos de pesca artesanal utilizando una red de cuchara y un 5 m × 2 m y red de arrastre, ambas con rejilla de malla de 1 mm. Los peces fueron capturados bajo el permiso CONAPESCA 0168 2019-2023 con

finés de investigación. De algunos ejemplares se tomaron sus datos métricos: Longitud total (LT): desde el extremo del hocico hasta el extremo de la lámina de la aleta caudal. Longitud estándar (LS): desde el extremo del hocico hasta el extremo distal de la notocorda. Diámetro del ojo (DO): diámetro del ojo medido horizontalmente. Longitud de la cabeza (LC): distancia de la punta del hocico

hasta la porción ósea posterior del opérculo. Altura del cuerpo (AC): distancia entre los extremos dorsal y ventral del cuerpo, tejidos para análisis posteriores (Britski et al. 1988, Miller 1986). Se recolectaron y separaron 10 reproductores de *P. letholepis* en el lago cráter La Preciosa, Puebla y se transportaron vivos en bolsas con agua del lago y O₂ a presión (Hernández-Rubio, 2017).

Figura 2. Vista parcial del Lago Cráter o *Axalapasco* La Preciosa, 19°22' N, 97°23' W, a 2,333 m s.n.m., con superficie 0.78 km² y con dos profundidades máximas 46 m y 40 m respectivamente, Municipio de Guadalupe Victoria, Puebla, México.



Fuente: elaboración propia

Trabajo de laboratorio (Planta experimental UAMI). Se colocaron a los charales después de aclimatarlos en acuarios con agua dura (2 gL⁻¹ NaCl, 5 mgL⁻¹ de O₂ (OD) y a 20 °C). Se

alimentaron con larvas de mosco *Culex* sp., (Culicidae) y alimento balanceado para trucha (Siver Cup®). Se hicieron recambios de agua con 30% diariamente. Se estableció

un fotoperíodo de 12:12 h, se incrementó la temperatura a 22 °C en los acuarios de los reproductores y se mantuvo la misma alimentación para inducir la maduración gonádica de los mismos. Una vez que los peces eclosionaron, se mantuvieron en acuarios de 40 L con agua semidura reconstituida a 2 g L⁻¹ de salinidad, 5 mgL⁻¹ O₂ y a una temperatura de 20 °C. Las larvas se alimentaron con rotíferos *Brachionus plicatilis* (Brachionidae) y nauplios de *Artemia* sp (Artemiidae). Se hicieron recambios totales del agua cada tercer día conforme a Hernández-Rubio Frausto-Illescas & Figueroa-Lucero (2016). Se logró estandarizar el protocolo de F₁ hasta F₃, sin embargo, empezaron a aparecer algunos cuellos de botella en etapas crítica en el desarrollo de los charales, con porcentajes altos de mortandad (30-50%).

Caracterización enzimática (Laboratorio de Bioquímica UJAT). Con la finalidad de averiguar por qué si el alimento proporcionado era inadecuado, fue necesario hacer una caracterización parcial enzimática (enzimas digestivas). *Preparación de las muestras.* -Para la caracterización de proteasas digestivas se utilizaron, 10 huevecillos, 10 larvas, 5 juveniles y 3 adultos,

los cuales se mantuvieron sin alimentación por un periodo de 48 h antes, fueron sacrificados por choque térmico conforme los protocolos sugeridos en la (Norma NOM062ZOO1999) sobre el bienestar animal para el manejo de animales de laboratorio (SAGARPA, 1999). El conjunto del tracto digestivo fue removido de peces adultos de cada charal, cada tracto se liofilizó (Liofilizadora vertical BIOBASE®). Posteriormente los liofilizados de tracto digestivo se homogeneizaron por triplicado en agua destilada agua (5:1 volúmenes por relación de peso húmedo) con una homogeneizador de tejidos (ULTRA TURRAX IKA T18Basic) a 4°C, y centrifugado a 14000 rpm por 15 minutos a 4°C. Los sobrenadantes se recogieron y se almacenaron en alícuotas de 250 µL en Eppendorf de 600 µL y se guardaron en criotubos en un Ultracongelador REVCO a – 80°C hasta su posterior análisis. *Determinación de proteína soluble.* Para el cálculo de la concentración de proteína soluble de cada muestra, se utilizó la técnica de análisis Bradford (Bradford, 1976). Esta técnica está basada en el cambio de color del Azul Brillante de Coomassie G-250. Su color rojo se convierte en azul después de formar un complejo con la proteína. El complejo

presenta una absorbancia máxima a 595 nm. Se determinó el contenido de proteína soluble de las distintas muestras de la siguiente manera: a 5 μL de extracto problema se le añadió 1 mL de reactivo de Bradford. La densidad óptica (DO) fue medida a 595 nm en un espectrofotómetro UV/visible entre los 15 y 60 minutos del comienzo de la reacción colorimétrica. Todas las medidas se realizaron por triplicado. La recta patrón o de calibrado se llevó a cabo con una solución estándar de albúmina bovina ($1 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$).

Conservación in situ

En relación con los diversos criterios que establecen las leyes de política ambiental se realizaron y verificaron las actividades permisibles y decretos de creación basados en los reglamentos de la Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Con la elaboración de un plan normativo, se planteó el diseño de programas ecológicos y las proyecciones viables al lago cráter La Preciosa como sitio de conservación. Fue necesario realizar la integración multidisciplinaria basándose en todos los datos obtenidos de la situación actual del medio ambiente, clasificando los impactos ambientales positivos y negativos,

directos o indirectos y los inmediatos o a largo plazo, con el objetivo de obtener una planificación, y posteriormente realizar la construcción y operación. La gestión y manejo ambiental será establecida dentro del marco legal competente, con ello se seleccionarán los instrumentos de gestión ambiental para el desarrollo del proyecto, orientados a mitigar o evitar los impactos, establecer medidas de contingencia ante eventos atípicos, así como el monitoreo constante de la zona. Se trabajó con diversos programas de conservación los cuales contienen medidas de carácter técnico, social y de control ambiental que eviten o minimicen los efectos en el área de estudio, estos programas deberán estar orientados a prevenir, controlar, atenuar y compensar las alteraciones que se originen y que pongan en riesgo la estabilidad de los ecosistemas, para ello se brindó la capacitación a pescadores comunitarios para conducirse bajo criterios de desarrollo sustentable.

Educación Ambiental para la conservación de la biodiversidad nativa, bajo la noción de territorio.

Esta parte de la investigación es de tipo cualitativo, a través de herramientas y protocolos de la educación ambiental no

formal (Cruz-Aviña et al., 2022), se utilizó como herramientas la pedagogía crítica a nivel comunidad, el metabolismo social y la teoría general de sistemas. Del mismo modo se utilizó como método de intervención pedagógica, la observación participante (Piñeiro 2015), donde se refiere que la observación participativa es un método con el que el investigador hace un vínculo con los miembros de la comunidad a estudiar, lleva a cabo un proceso minucioso y una descripción detallada de una determinada situación mediante notas de campo o de charlas informales. Este método consiste en observar todo lo que sucede en el ambiente extraescolar incluso cuando los niños están jugando. *Diagnóstico*. - Durante la reunión de Asamblea efectuada el 18 de diciembre del 2021. Se solicitó a la comunidad permiso y se nos prestó de manera temporal un lote (6 x 12 m = 72m²), en la avenida principal en donde se montó con mantas una carpa, para un espacio que fingirá como Centro itinerante de EA no formal. Se enriqueció el lugar con algunos juguetes didácticos y libros infantiles también de donación. Posteriormente en la asamblea del 22 de enero 2022, se les pregunto a las personas reunidas si estarían interesadas en que se les brindaran a los niños algunas “Platicas o Talleres con temáticas

ambientales y/o de conservación específicas”. Por tanto; se realizó de manera participativa una lluvia de ideas con diferentes preguntas y actividades de interés y un cuestionario sencillo para indagar algunos aspectos biológicos y culturales interesantes para aplicar en sus niños que acuden a la primaria de la comunidad conforme a (Piñeiro, 2015; Piñeiro, 1993; Stapp, 1978). Destacando después de la consulta los siguientes rubros: A) Pérdida de identidad cultural y de sentido de Territorio (Región). B) Erosión y Pérdida Biocultural (costumbres), medicina tradicional, alimentos regionales etc. Reapropiación social del conocimiento a nivel microcuenca C) Contaminación ambiental y pérdida de la biodiversidad nativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Conservación in situ (pescadores artesanales locales).

A la fecha se han brindado 2 cursos de capacitación a 10 pescadores artesanales locales, siguiendo los criterios de los documentos conocidos como Programa de Acción para la Conservación (PACE) los cuales contienen algunas estrategias,

actividades y acciones a desarrollar a corto, mediano y largo plazo.

Cada Plática-Taller fue orientada hacia la conservación directa de *Poblana letholepis*, su hábitat limnológico y su contexto biocultural, bajo los preceptos de teoría general de sistemas y metabolismo social a nivel comunidad.

Estos talleres fueron estructurados de la siguiente forma: introducción, objetivos y metas de acuerdo con el tema de estratégico.

- a) Protección: regulación de actividades antropogénicas.
- b) Manejo: protección de *Poblana letholepis* y sus especies asociadas a la sobrevivencia de esta (e.g. acociles y ajolotes), manejo, cuidado, cría y mantenimiento en instalaciones cercanas de manera rústica.
- c) Restauración: diseñar actividades que mitiguen el impacto ambiental en el lago cráter.
- d) Conocimiento: contribuir al conocimiento de la historia de vida y ecología de *Poblana letholepis* y monitoreo periódico de la especie.

Figura 3. Vista parcial del Lago cráter La Preciosa, como puede apreciarse el nivel del agua ha disminuido, y al fondo se pueden apreciar granjas de cerdos de alto impacto ambiental.



Fuente: elaboración propia

e) Biocultura: noción de Territorio, comunicación, difusión y educación ambiental no formal en donde *Poblana letholepis* es el tema central, así como el lago cráter La Preciosa

f) Gestión: Involucrar a la comunidad, investigadores y autoridades para la conservación de la zona y sus especies asociadas, ante los problemas socio-ambientales en la Región.

Conservación ex situ

En la **Tabla 1**, se muestra, la actividad de las proteasas alcalinas para las tres fases (huevo, larva y juvenil) de desarrollo de *Poblana letholepis*, en donde se aprecia que fue mayor

a la actividad de las proteasas ácidas, mientras que la quimiotripsina presentó una mayor actividad específica que la tripsina destacando en este apartado *P. letholepis* de manera significativa en páncreas y jugo gástrico. y en correspondencia *P. letholepis* de proteasas alcalinas ≥ 10000 U mg⁻¹. Con respecto a la actividad de proteasas ácidas el pH óptimo fue de entre 2 y 3 y la estabilidad de la actividad relativa se mantuvo alrededor del 100% durante 90 minutos de preincubación mientras que para pH 5 y 12 la estabilidad tiende a disminuir alrededor de un 20 % desde los 60 minutos de preincubación. Por otra parte, con pH de 12 y 14 la actividad residual decrece hasta llegar a 50% desde los 60 minutos.

Cuadro 1. Avances de la caracterización de la actividad proteolítica parcial de las enzimas digestivas ácidas y alcalinas en tres fases ontogénicas (huevo larva y juvenil) de *Poblana letholepis*. Para la elaboración de piensos específicos por etapa de desarrollo.

Fase	Tipo	U mg proteína-1
HUEVO	Proteasa alcalina	0.39 ± 0.86
	Tripsina	7.97E-06 ± 4.107E-07
	Leucina	1.30 E-05 ± 6.71 E-07
	Tripsina	3.68 E-06 ± 1.34 E-06
	Leucina	0.002 ± 6.82 E-05

JUVENIL	Proteasa alcalina	0.016b± 0.003
	Tripsina	7.25 E-05 ± 8.41 E-06
	Leucina	1.12 3-04 ± 1.79 E-06
*ADULTO	Proteasa ácida	3412.02±85.25
(Cruz-Aviña et al., 2023) estudio anterior	Proteasa alcalina	10398.83 ± 474.94
	Quimiotripsina	40524.34 ± 501.91
	Tripsina	5409.75 ± 590.08
	Leucina aminop	378.10 ±2.76

Fuente: elaboración propia

Educación Ambiental para la conservación de la biodiversidad nativa, bajo la noción de territorio (infantes y niños)

Derivado del diagnóstico y en común acuerdo con los padres de familia de la comunidad, se realizó un cuestionario sencillo para indagar sobre los saberes sobre algunos aspectos biológicos y culturales en los niños de esta primaria a saber:

- 1.- ¿Conoces el significado de Axalapasco, Texcal o Tequesquite?
- 2.- ¿Conoces a alguno de ellos, Atexcac, Alchichica, La Preciosa, Quechulac

3.- ¿Que significan sus nombres de los Axalapascos?

4.- ¿Conoces, o menciona a alguno de estos animales habitantes de los lagos (con imágenes)

A)-Axolote, B) -Motocle, C) -Acocil, D) -Charales, E) -Tlalcoyote

5.- ¿Sabías que el escudo de tu municipio contiene 3 lagos (lagunas)?

6.- ¿Conoces sus nombres?

7.- ¿Conoces alguna leyenda de los Axalapascos?

A partir de las respuestas de esta entrevista – cuestionario se diseñó en conjunto con los habitantes

Actividad 1. Búsqueda del tesoro ambiental. Objetivo: Desarrollar la observación e imaginación, reforzar habilidades y destrezas para los detalles, variación, y complejidad en el medio ambiente, en adición a la identificación de ciertas especies nativas (acuáticas y terrestres). Materiales didácticos docente. - Maquetas con ejemplos de la cadena trófica de los Axalapascos basados en el metabolismo social, películas y animales de peluche. Materiales didácticos estudiantes. -Papel periódico o papel estraza, alambre,

engrudo y pinturas. Procedimiento 1. Con ayuda (profesor y ayudantes) los niños realizaron un modelo o figura de papel de su animal de los Axalapascos favorito, lo relacionaron con su papel o nicho en la cadena trófica: estromatolitos-invertebrados-fitoplacton-zooplancton-acociles-charales-ajolotes-etc, y por último realizaron un pequeño cuento o leyenda con su animal bandera con el tema: "En busca del tesoro ambiental" se realizó una votación y la historia que más guste fue seleccionada para realizar un teatro guiñol.

Actividad 2. Teatro guiñol fantástico. Objetivo: Desarrollar la observación e imaginación, reforzar habilidades y destrezas para las artes y su relación con el medio ambiente, en adición y reforzamiento a la identificación de ciertas especies nativas (acuáticas y terrestres) así como la praxis crítica. Materiales didácticos. Películas, Teatro guiñol, tijeras, pedazos de tela, cámaras fotográficas, acuarelas, pinturas, papel algodón, etc. Materiales alumno. - llevar su figura elaborada el mes pasado. Procedimiento 1. Con ayuda (profesor y ayudantes) los niños realizaron un personaje (títere) de los Axalapascos, pudo ser un animal o un personaje etéreo, estos personajes

participaron en la obra de teatro guiñol: Sueños y bestiarios de los Axalapascos: leyendas de la Región, haciendo alusión a que la laguna se enferma en semana santa, se explicó este fenómeno...posteriormente mediante votación se seleccionó la siguiente actividad que pudo ser fotografía o pintura y así se seguirá participando en un periodo de una año, en donde se realizara un alto en el camino para su evaluación correspondiente de manera conjunta con la comunidad a través de una asamblea.

Actividad 3 (Agendada). Presentación de una persona cuenta cuentos de la comunidad, seleccionando 2 leyendas de los lagos cráter (El sireno y el origen de los Axalapascos). (Cruz-Aviña et al. 2022)

Conservación ex situ. -

Poblana letholepis es un pez ovíparo con desarrollo indirecto y sin cuidados parentales. Sus huevos son telolécitos, esféricos (1.18 ± 0.05 mm diámetro), el corion es liso y transparente; los huevos tienen un número variado de gotas pequeñas de aceite, al inicio del período embrionario y en la fase de embrión, terminan condensadas en una gran gota en la región anterior a la boca; los huevos tienen una sola fresa o zarcillo con el cual se sujetan a las raíces de las plantas que se

encuentran en la orilla del lago (Cruz-Aviña et al.2023, Hernández-Rubio et al. 2016). El tiempo de desarrollo desde la eclosión, hasta que 50% de los peces se transforma en juveniles, es de 50 días a 20 °C. La fase de embrión libre consistió en 2 pasos (EL1 y EL2) y el período larvario de 2 fases (apterolarva y pterolarva) (Hernández-Rubio et al. 2016). Esta es la información de cuidado cría y mantenimiento hasta la F3 lograda en la Planta Experimental de producción acuícola (PEXPA-UAMI), sin embargo, había cuellos de botella en su mantenimiento y engorde hasta la fase de adulto. Por su parte la información disponible, con respecto a la alimentación de *P. letholepis* destacaba por ser parcial y confusa. Por ejemplo, conforme Díaz Pardo (2002) *P. letholepis* presentaba una dieta claramente herbívora ya que su dieta, la materia vegetal (algas) representa el 35 %, los crustáceos 10 % y los insectos 55%”. En estudios previos del mismo autor (1992, 1993), refieren a *P. letholepis* como una especie de hábitos claramente omnívoros. Mientras que por su parte Valero et al. (2016), mencionan una preferencia de régimen por Cladóceros en primer término y de Copépodos como preferencia secundaria, concluyendo también que “los hábitos alimenticios entre sexos y los juveniles no

presentan diferencias significativas y son similares a otras especies de la misma familia”, basándose en los trabajos de la composición de las dietas de otras especies de Atherinopsidos mexicanos disponibles (Hendrickson 2014, Ramírez-Herrejón et al. 2014, Elías Navarrete-Salgado y Rodríguez 2008, Navarrete- Salgado, Hernández y Elías 2006). En contraparte en la fase de adulto esta situación ya ha quedado dilucidado con lo reportado por Cruz-et al., 2023 en donde se establece que la etapa adulta *P. letholepis* es un charal omnívoro, con preferencia de zooplanctofaga o fitoplanctofaga conforme la época del año. Sin embargo, aún falta información para completar la ontogenia digestiva, en las diferentes etapas de desarrollo (huevo, larva, postlarva, juvenil etc.) en este tenor hay un avance significativo de la segunda autora de este trabajo, para cerrar el ciclo biotecnológico de este charal nativo. Con esta información se podrán elaborar piensos nutricionales específicos para cada etapa de desarrollo, para su cuidado, cría y mantenimiento en estanques de laboratorio o con fines de producción netamente acuaculturales.

Conservación in situ

A pesar de la existencia de instituciones encargadas de regular el uso de la vida silvestre en México, Los métodos para la elaboración de estrategias de conservación se han ido diversificando, según la importancia de especie y hábitats en cada región. Sin embargo, la planeación hacia una conservación tiene que ser sistemática y esto se ve reflejado en diferentes pasos, entre los que destacan; la identificación de áreas que tiene prioridad para la distribución de escasos recursos dedicados al manejo de la biodiversidad y la desvinculación de áreas con factores que amenazan su persistencia. Actualmente vivimos una crisis civilizatoria, misma que es el resultado de una sumatoria de crisis complejas incluyendo la educativa, que se manifiesta a diferentes escalas y niveles. La Cuenca Oriental es un ejemplo de problemas ambientales de sobrexplotación hídrica, contaminación microbiana, zoonosis, cambio de uso de suelo y pérdida de la fauna nativa, que ocurren en ANP del centro del país. En esta Región destacan los lagos cráter o Axalapascos en donde aún existe biodiversidad importante. Preocupados por su virtual extinción, en este trabajo se realizan aproximaciones educativas y exploran alternativas pedagógicas, desde la mirada de la EA no formal como herramienta para la

conservación, como agente de cambio y de transformación, fuera del sistema educativo institucional, que conlleve a la adopción del medio natural, y que sus acciones se traduzcan en Praxis de cuidado, ética y respeto por estos ecosistemas limnológicos con la mirada de la pedagogía crítica y la observación participante. En este tenor, se propone como plan piloto su implementación en niños de edad de primaria en la comunidad de San Juan de la Muralla, Puebla, esperando como resultado, algunas transformaciones en los infantes que decanten en acciones axiológicas de amor, conservación y preservación del entorno natural lacustre como Modus. Mismo que se espera replicar con el tiempo en otros niveles educativos y actores del municipio de Guadalupe Victoria en Puebla. Estos trabajos están en línea con los Objetivos del Desarrollo Sostenible 2030. De ahí la importancia de implementarlo desde la niñez; para que los futuros ciudadanos realicen acciones de valoración y de conservación, como una alternativa de resistencia ante los embates de degradación del actual modelo económico en la Región de los Axalapascos.

Esta investigación se basó en la aplicación de métodos complementarios (mixtos):

cuantitativos y cualitativos. En los últimos años se ha visto un crecimiento en la investigación sobre memoria biocultural (Nykvist y Von Heland 2014); sin embargo, aún no existe un conjunto de metodologías participativas que trasciendan los enfoques disciplinarios e interdisciplinarios para establecer iniciativas científicas y educativas destinadas a cultivar la memoria biocultural en las comunidades de práctica. Las crisis socioecológicas actuales exigen metodologías participativas que involucren a investigadores, comunidades locales, partes interesadas, defensores, ciudadanos activos y usuarios del conocimiento (Kates et al. 2001). Estas metodologías son críticamente necesarias porque: primero, las iniciativas de investigación y educación que abordan desafíos socioecológicos complejos, como la extinción de la experiencia biocultural, requieren del aporte constructivo de las comunidades de práctica para asegurar que el conocimiento esencial de todos los actores relevantes relacionados con el desafío sea incorporado. Segundo, la investigación aplicada sobre las alternativas ante los desafíos que enfrentan las comunidades de práctica requiere de la producción de conocimiento más allá del análisis del problema, ya que los objetivos, las normas y

las visiones deben proporcionar orientación para las estrategias de intervención. Tercero, las iniciativas de colaboración entre investigadores y comunidades de práctica tienen el potencial de aumentar el empoderamiento, la legitimidad y la rendición de cuentas ante el desafío identificado, así como para la apropiación de las estrategias de intervención educativas. En este contexto, la multidisciplinaria ofrece una metodología participativa crítica y cohesiva, basada en la diferencia cultural para los procesos de investigación y cocreación de estrategias educativas. La multidisciplinaria busca la participación de actores fuera de la academia para integrar la pluralidad de saberes, los actores y las maneras de ser; así como conciliar valores y preferencias, junto con generar apropiación y empoderamiento para retos y oportunidades de solución (Caniglia et al, 2018).

Educación Ambiental para la conservación de la biodiversidad nativa, bajo la noción de territorio.

Como puede apreciarse el concepto de educación ambiental (EA) no formal es un enfoque reciente a nivel comunitario, la particularidad esencial de la EA no formal en esta escala es su flexibilidad y adaptabilidad

al entorno y a los distintos contextos socioculturales (UNESCO-PNUMA, 2012), en este sentido, aproximarse a un planteamiento que integre y relacione la racionalidad de la EA en los Lagos Cráter con una mirada a la conservación ecológica, resulta novedoso y lo perciben los niños como juegos de recreo fuera de la escuela pública, atendiendo a sus problemas reales y locales como lo reportan (Rizvi 2010, Moreno 1988, Sachs 1978). En el caso de la comunidad de San Juan de la Muralla, los resultados obtenidos hasta ahora han sido favorables, ya que la comunidad ha aceptado la dinámica y se ha apropiado del derrotero y contenido fino del programa seleccionando cada uno de los temas más pertinentes, para atender su problemática, así como su nivel de profundidad, del mismo modo han dispuesto un espacio físico, que mes con mes esperan que sus niños jueguen a aprender-aprendiendo y a soñar soñando. Otra ventaja es la naturaleza sistémica del medio ambiente lacustre de la región, ya que lo que trabajamos, reconocemos y reapropiamos se encuentra en la misma región, es más incluso en su patio trasero; como lo recomiendan Maass y Martínez (1990), Stapp, (1978) donde reportan acciones locales para el campo educativo. Del mismo modo como

refiere Ledesma (1993) algunos programas de EA no formal se crearon con el fin de complementar o llegar a lugares donde el sistema educativo formal (escuela), no ha podido. Así como su relación con el lago y su entorno, para la interpretación de la memoria biocultural (Toledo y Barrera-Bassol, 2008). Posteriormente retomando citas y comentarios de las entrevistas, se pudo constatar algunos elementos de la configuración del territorio (gente del agua, gentes de los *Axalapascos* o guardianas del agua). Por otra parte, los conocimientos tradicionales, se asocian con la apropiación social del conocimiento y su replicación familiar a lo largo del tiempo, la lectura e interpretación que las pescadoras realizan de los sujetos-objetos, hechos, fenómenos, patrones naturales y sociales, que son acumulados y hacen parte de la experiencia individual y colectiva. Claramente el pescador promedio ha detectado que su actividad está lejos de su mejor momento. Atribuye esta situación a un aumento tanto de la presión (esfuerzo) pesquera como quiera que opine que ahora hay más pescadores.

CONCLUSIONES

Es posible implementar estrategias *in situ* y ejecutar acciones *ex situ* para la conservación de *Poblana letholepis* en México. Las actividades de conservación de estos peces endémicos se pueden hacer desde dos perspectivas: a) Mejorar la regulación pesquera local con el desarrollo de proyectos productivos piloto de acuicultura y su potencial implementación comercial y b) La bioremediación del hábitat de este charal. En este sentido los estudios científicos no deben ir sólo a identificación taxonómica o molecular sino también en el desarrollo de biotecnología de fácil acceso a los pescadores y pequeños productores. También es importante crear con el tiempo un “stock” de germoplasma permanente en laboratorios y bancos genómicos para el almacenamiento de gametos congelados. Por otra parte estas estrategias serán vanas si no se complementan con los saberes asociados a la memoria biocultural local, en donde los pescadores tradicionales han podido conservar a esta especie aun a pesar de toda la presión socioambiental actual, mediante la transmisión de conocimientos *P. letholepis* a los infantes principalmente a través de programas de educación ambiental no formal,

ya que es un recurso importante que merece ser revalorado y protegido, por lo que es necesario generar información sobre su historia de vida que contribuya al diseño de planes de conservación y de manejo sustentable al largo plazo.

REFERENCIAS

- Albores, B. (1995). *Tules y sirenas. El impacto ecológico y cultural de la industrialización en el Alto Lerma*. El Colegio Mexiquense y Secretaría de Ecología, Gobierno del Estado de México, Toluca.
- Alcocer, J., Merino-Ibarra, M., Ramírez-Zierold, J. A., Oseguera, L. A., Cortés-Guzmán, D., Castillo-Sandoval, F. S., ... & Pérez-Ramírez, M. G. (2021). *Lake Alchichica limnology*. Lake Alchichica Limnology. The Uniqueness of a Tropical Maar Lake; Springer Nature: Berlin/Heidelberg, Germany, 491.
- Alcocer, J. (2019). *Lago Alchichica: Una joya de biodiversidad*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 244 p. ISBN: 978-607-30-2278-1
- Alcocer, J., Arce, U. E., Zambrano, L. & Chiappa Carrara, X. (2010). *Poblana alchichica: a threatened silverside species?* Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie 30: 1429-1432.
- Alcocer, J., X. Chiappa-Carrara, E. Arce & L. Zambrano. (2009). Threatened fishes of the world: Poblana alchichica (de Buen, 1945) (Atheriniformes: Atherinopsidae). Environmental Biology of Fishes 85: 317–318.
- Arce, U. E. (2006). *Abundancia y distribución poblacional de Poblana alchichica (Pises: Atherinopsidae), charal endémico del lago Alchichica, Puebla*. Tesis de Maestría, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 58 pp.
- Álvarez, J. (1950). Contribution to the knowledge of the fishes of the los Llanos region, State of Puebla (Mexico). Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas México 8: 81-107.
- Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye-binding. Analytical Biochemistry, 72(1): 248-254.

- Caniglia, G., John, B., Bellina, L., Lang, D. J., Wiek, A., Cohmer, S., & Laubichler, M. D. (2018). The glocal curriculum: A model for transnational collaboration in higher education for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 171, 368-376.
- Ceballos, G.; Díaz Pardo, E.; Estévez, I. M., Espinosa Pérez, H. (2016). Los peces dulceacuícolas de México en peligro de extinción. Fondo de Cultura Económica. p. 597.
- Ceballos, G., & Ortega-Baés, P. (2011). La sexta extinción: la pérdida de especies y poblaciones en el Neotrópico. *Conservación biológica: perspectivas de Latinoamérica*, 95-108.
- Cruz-Aviña, J. R., Álvarez-González, C. A., Aranda-Morales, S. A., Figueroa-Lucero, G., Nieves-Rodríguez, K. N., & Peña-Marín, E. S. (2023). Functional Differences of Digestive Proteases in Three Fish Species of the Genus Poblana (Atheriniformes: Atherinopsidae). *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 59(2), 382-394.
- Cruz-Aviña, J. R., Muñoz-Langarica, L., Cruz-Marín, J. E., Castañeda-Roldán, E. I., Tenorio-Arvide, M. G., & Valera-Pérez, M. A. (2022). La Educación Ambiental no formal como alternativa de conservación de la biodiversidad Región de los Axalapascos, Puebla, México, avances preliminares. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*. RLAC. 13 (1): 1-15.
- Cruz-Aviña, J. R., Castañeda-Roldán, E. I., & Silva-Gómez, S. E. (2017). La problemática ambiental de la Región de los Axalapascos de Puebla: Erosión, pobreza, enfermedades, biodiversidad, etnocultura. Capítulo 6. Pag. 129-150. En: El desarrollo sostenible. A L Rodríguez-Herrera, B Olivier-Salome y R. López-Velasco, Plaza y Valdes, 126 pp.
- Escobar, A. (2014). *Sentipensar con la tierra*. Medellín: Ediciones Unaula.
- Flores-Negrete, E. (1998). Estudio poblacional de tres especies de Poblana (Pisces: Atherinopsidae) en tres lagos-cráter de Puebla, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 101 pp.
- Guerra-Magaña, C. (1986). Taxonomic and population analysis of atherinid fishes (Chirostoma and Poblana) from the endorheic basins of the southernmost portion of the Mexican highlands. *Anales de la Escuela*

Nacional de Ciencias Biológicas México 30: 81-113.

Hernández-Rubio, M. C., Frausto-Illescas, T. C., & Figueroa-Lucero, G. (2016). *Ontogenia temprana de Poblana letholepis (Actinopterygii: Atherinopsidae)*. Revista mexicana de biodiversidad, 87(3), 1118-1123.

Ibarra Eliessetch, M. I., & Riquelme Maulén, W. (2019). Sentipensar mapuche con las aguas del Huenehue: Hacia una ecología política y una antropología por demanda. *Polis (Santiago)*, 18(54), 90-118.

Ibarra, J. T., Caviedes, J., Barreau, A., Pessa, N., Valenzuela, J., Navarro-Manquelef, S., & Pizarro, J. (2022). Escuchando a los abuelos: transdisciplina, aves y gente para cultivar la memoria biocultural. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 20(3): 1-22. <https://dx.doi.org/10.11600/rlcsnj.20.2.4861>

IUCN. (2008) IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org

Kates, R. W., Clark, W. C., Corell, R., Hall, J. M., Jaeger, C. C., Lowe, I. & Svedin, U. (2001). Sustainability science. *Science*, 292(5517), 641-642.

Maass, J., & Martínez y Rizar, A. (1990). Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto. *Ciencias*, 1:(4).

Miller, R. R. (1986). Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas México* 30: 121-153.

SAGARPA (1999) NORMA Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio

SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial del 6 de Marzo de 2002.

Nykvist, B. & von Heland, J. (2014). Social-ecological memory as a source of general and specified resilience. *Ecology and Society*, 19(2), art47. <https://doi.org/f226jm>

Ramírez-Gracia, P., & Novelo-R, A. (1984). La vegetación acuática vascular de seis lagos-cráter del estado de Puebla, México. *Botanical Sciences*, (46), 75-88.

Sandoval-Moreno, A., & Hernández-García, A. (2013). Cambios socioambientales y crisis de los pescadores en el lago de Chapala, en México. *Ambiente y Desarrollo*, 17(32), 13-27. Código SICI: 0121-7607(201301)17:322.0.TX;2-F

Soga, M. & Gaston, K. J. (2016). Extinction of experience: The loss of human-nature interactions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(2), 94-101. <https://doi.org/f8jd9x>

Stawski, C. (2015). Gente del Agua: Etnoarqueología del Modo de Vida Lacustre en Michoacán. E. Williams 2014. El Colegio de Michoacán, Zamora, Michoacán, México. 416 pp., ISBN 978-607-8257-76-8. *Latin American Antiquity*, 26(4), 579-580.

Toledo, V. M. & Barrera-Bassol, N. (2008). La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Icaria editorial.