



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Ecología y conocimiento tradicional del ajolote de
montaña (*Ambystoma altamirani*) en el municipio de
Isidro Fabela, Estado de México, México.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:**

B I Ó L O G A

P R E S E N T A :

MONTSERRAT VÁZQUEZ TREJO



**DIRECTOR DE TESIS:
DR. VÍCTOR DANIEL ÁVILA AKERBERG**

CIUDAD DE MÉXICO, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Vázquez
Trejo
Montserrat
55 26 95 56 00
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
415099406

2. Datos del Tutor

Dr.
Víctor Daniel
Ávila
Akerberg

3. Datos del Sinodal 1

Dr.
Luis
Zambrano
González

4. Datos del Sinodal 2

Dra.
Leticia Margarita
Ochoa
Ochoa

5. Datos del Sinodal 3

M.en C.
Adriana Judith Xóchitl
González
Hernández

6. Datos del Sinodal 4

Dra.
Eria Alaide
Rebollar
Caudillo

7. Datos del trabajo escrito

Ecología y conocimiento tradicional del ajolote de montaña (*Ambystoma altamirani*) en el municipio de Isidro Fabela, Estado de México, México.
97p
2020

Agradecimientos

A la UNAM y a la Facultad de Ciencias por brindarme el conocimiento y las experiencias que sirvieron en mi formación tanto profesional como personal.

A mi director de tesis por dejarme trabajar con el tema que me interesaba, motivarme, corregirme, darme ideas y orientarme a lo largo del proyecto. Gracias Víctor por toda la confianza, dedicación y tiempo que has brindado.

A la M. en C. Tanya González Martínez por todos los consejos y sugerencias que ayudaron a resolver mis dudas. Admiro el trabajo que realiza en conjunto con el Dr. Víctor, son una fuente de inspiración y un ejemplo de excelentes investigadores, profesores y personas.

A mis sinodales el Dr. Luis Zambrano, Dra. Leticia M. Ochoa, Dr. Víctor D. Ávila, M. en C. Adriana J. X. González y Dra. Eria Rebollar por sus correcciones y observaciones que mejoraron este trabajo.

A el proyecto CONACyT-SEMARNAT 263359, titulado "Biodiversidad y servicios ambientales en una cuenca periurbana de la Ciudad de México. Estrategias de valoración económica, conservación y aprovechamiento sustentable", por el apoyo con el trabajo de campo.

A el proyecto PAPIIT-IA201419 titulado "El microbioma de *Ambystoma altamirani*: Estudio de los factores bióticos y abióticos que influyen sobre la microbiota simbiote de la piel del ajolote de arroyo de montaña", coordinado por la Dra. Eria Rebollar, por la beca otorgada.

A mi familia por apoyarme en cada momento, interesarse en el tema y tenerme mucha paciencia. Gracias por todo su cariño incondicional.

A mis padres que siempre me motivaron a concluir mis estudios y alcanzar mis metas. Gracias por apoyar mis decisiones, acompañarme en el camino y llegar hasta el final para ver mis logros.

A mis abuelos porque siempre han estado al pendiente de mí, mi abuelita Antonia siempre dándome consejos y manteniéndome siempre bien alimentada y mi abuelito Manuel por llevarme a la escuela y preguntar cómo me iba en la escuela.

A mi hermana con la cual puedo contar siempre, en las buenas y en las malas. Te agradezco todos los buenos momentos y las risas que hicieron mis días más relajados,

aunque también agradezco tus regaños cuando ya no quería seguir trabajando. Gracias por ser mi mayor admiradora, que yo soy la tuya.

A mis amigos de la preparatoria porque a pesar de tomar caminos diferentes, nuestra amistad perdura. A mis amigos de la universidad que además de compartir el amor por la biología, hemos compartido viajes, anécdotas y conocimiento.

A todos los que me ayudaron en campo: Víctor, Tanya, Eria, Alan, Nadine, Aída, Pablo, Luis Ángel, Rubén, Sam y Joshua. Con especial mención a Dalia que me acompañó en casi todos los monitoreos, quien además de ser una excelente compañera de campo se convirtió en una buena amiga.

A los habitantes de Isidro Fabela por brindarme todos sus conocimientos sobre el ajolote y algunas anécdotas también, y a los niños por su tiempo y sus respuestas sinceras. Tengo la esperanza de que más niños y adultos de la región se interesarán por la conservación de sus recursos y su conocimiento tradicional.

Índice

1	Resumen.....	7
2	Introducción.....	8
2.1	Género <i>Ambystoma</i>	8
2.2	<i>Ambystoma altamirani</i>	10
2.3	Conservación y conocimiento tradicional.....	11
3	Antecedentes.....	14
4	Objetivo general:.....	19
5	Objetivos particulares:.....	19
6	Área de estudio.....	20
7	Descripción del objeto de estudio: <i>Ambystoma altamirani</i>	23
8	Métodos.....	25
8.1	Caracterización de las poblaciones de ajolotes.....	26
8.2	Caracterización del arroyo.....	28
8.3	Conocimiento tradicional.....	29
8.4	Propuesta de proyecto de conservación.....	30
8.5	Análisis estadísticos.....	31
9	Resultados.....	31
9.1	Caracterización de ajolotes.....	31
9.2	Caracterización del arroyo.....	37
9.2.1	Esquemas y descripción de los arroyos.....	37
9.2.2	Parámetros físico-químicos.....	44
9.3	Conocimiento tradicional: Entrevistas a adultos.....	48
9.3.1	Ecología y biología del ajolote.....	48
9.3.2	Hábitat y abundancia.....	49
9.3.3	Usos y creencias.....	50
9.3.4	Conservación.....	52
9.4	Conocimiento tradicional: Cuestionarios a niños y jóvenes.....	52

9.4.1	Pregunta 1. ¿Conoces el ajolote?:	52
9.4.2	Pregunta 2. ¿Sabías que encontrar ajolotes en un río, quiere decir que el río está limpio?:	53
9.4.3	Pregunta 3. ¿Conoces algún uso que tenga el ajolote? ¿Cuál?:	54
9.4.4	Pregunta 4. ¿Crees que sea importante cuidar del ajolote? ¿Por qué?: 54	
10	Discusión	55
10.1	Caracterización de ajolotes	55
10.2	Caracterización del arroyo.....	61
10.2.1	Esquemas y descripción de los arroyos	61
10.2.2	Parámetros físico-químicos	62
10.3	Conocimiento tradicional: Entrevistas a adultos	63
10.3.1	Ecología y biología del ajolote	63
10.3.2	Hábitat y Abundancia	65
10.3.3	Usos y creencias.....	65
10.3.4	Conservación.....	67
10.4	Conocimiento tradicional: Cuestionarios a niños y jóvenes	68
11	Lineamientos generales de un proyecto de conservación <i>in situ</i>	71
12	Conclusiones	75
13	Referencias.....	77
14	Formatos y anexos	88

1 Resumen

La especie *Ambystoma altamirani* es una de las 17 especies endémicas del género *Ambystoma* presentes en México, que además se encuentra en una categoría de riesgo. La importancia para la conservación de este organismo se debe a sus particularidades tanto biológicas como culturales. A través de estudios integrales que consideren la ecología y el conocimiento tradicional, se pueden plantear lineamientos para proyectos de conservación más efectivos. Para la parte ecológica se caracterizaron las poblaciones de ajolotes y su hábitat, con muestreos mensuales durante todo un año (agosto 2017-julio 2018); mientras que para la parte de conocimiento tradicional se hicieron y aplicaron entrevistas semi-estructuradas a los adultos y un cuestionario a niños y jóvenes. Se encontró que el tamaño promedio de los ajolotes puede ser variable entre las poblaciones. Durante el monitoreo se registró una época reproductiva de diciembre a abril, de manera que ésta se puede extender si las condiciones ambientales son óptimas. Los arroyos presentaron las condiciones adecuadas para el bienestar y supervivencia de los ajolotes, con una temperatura promedio menor a los 20 °C y un valor de oxígeno disuelto mayor a 6 mg/l. A través de las entrevistas se pudo obtener la visión de la población local con respecto a la especie, en aspectos como la biología, ecología, hábitat, abundancia, usos y creencias. A partir de los cuestionarios, se pudo constatar el interés y nivel de información que tienen los niños y jóvenes, quienes no reconocen tantos aspectos como los adultos. La información generada nos está permitiendo plantear lineamientos para un proyecto de conservación *in situ*.

Palabras clave: ajolote de montaña, conservación, importancia, ecología, *Ambystoma*

2 Introducción

Con un alto número de especies (418 spp.; Frost, 2020), México es considerado el quinto país con mayor riqueza de anfibios (Parra-Olea *et al.*, 2014). Desafortunadamente, alrededor del 50% de las especies requieren de alguna medida de conservación (Ochoa-Ochoa *et al.*, 2011). Tal es el caso de los ajolotes o achoques, pertenecientes al género *Ambystoma*, donde 15 de las 33 especies se encuentran bajo protección especial, amenazadas o en peligro de extinción según la Norma Ecológica NOM-059 (SEMARNAT, 2015), mientras que en el marco internacional 12 de las especies se encuentran vulnerables, en peligro de extinción o en peligro crítico según Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés; IUCN, 2019).

2.1 Género *Ambystoma*

El género *Ambystoma* está compuesto por 33 especies endémicas de América del Norte, con una distribución que va desde el suroeste de Alaska y sur de Canadá hasta la zona centro de México (Frost, 2019; Figura 1). En México existen 18 especies del género *Ambystoma* y 17 de ellas son endémicas del país; la mayoría de las especies se distribuyen a lo largo de tres importantes cadenas montañosas: la Sierra Madre Occidental, el Eje Volcánico Transversal y la Sierra Madre Oriental (Figura 2; Shaffer, 1989; Frost, 2019).

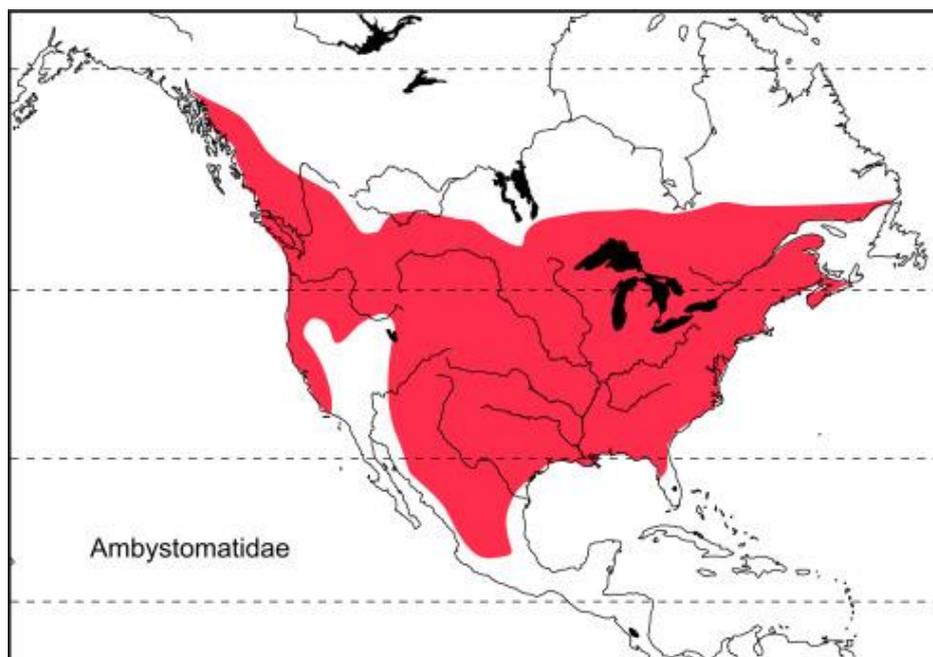


Figura 1. Distribución de la familia Ambystomatidae refiriéndose sólo al género *Ambystoma*. (Vitt y Caldwell, 2014)



Figura 2. Distribución del género *Ambystoma* en México (SEMARNAT, 2018).

Los ajolotes presentan un fenómeno llamado neotenia en el cual los adultos conservan características propias de los individuos juveniles, como la presencia de branquias externas y la aleta dorsal en el caso de los ajolotes (Gould, 1977; Harding y Mifsud, 2017). Algunos ajolotes pueden realizar la metamorfosis debido a gradientes geográficos, climáticos o ecológicos, a estas especies se les conoce como especies neoténicas facultativas; mientras que aquellas que en ningún momento de su ciclo de vida realizan la metamorfosis se les conoce como especies neoténicas obligatorias (Gould, 1977; Schoch y Fröbisch, 2006). Cabe mencionar que la metamorfosis se puede inducir por medio de un tratamiento con hormonas tiroideas o en algunos casos depende de las condiciones del ambiente (Wakahara, 1996; De Groef, Grommen y Darras, 2018). Por ejemplo, en el caso *Ambystoma mexicanum* se ha visto que se puede llevar a cabo la metamorfosis cuando se le inyecta tirotrópina (TSH), triyodotironina (T_3), tiroxina (T_4), o la combinación de una hormona tiroidea con un corticosteroide (dexametasona) (De Groef, Grommen y Darras, 2018).

Aquellos que se convierten en adultos terrestres generalmente pasan la mayor parte del año bajo tierra en madrigueras, emergiendo sólo en las noches lluviosas para alimentarse y aparearse, esto último ocurre principalmente durante la primavera (AmphibiaWeb, 2019).

2.2 *Ambystoma altamirani*

Una de las 17 especies endémicas de México es el ajolote de montaña o de Zempoala (*Ambystoma altamirani*), que suele habitar arroyos permanentes que fluyen a través de bosques de oyamel, pino, pino-encino y algunos pastizales, localizados al sur y oeste del valle de México, en los estados de Morelos, México y Ciudad de México (Shaffer *et al.*, 2008). Para el Estado de México, se tenía registrado que aún existían poblaciones de ajolotes en los municipios de Isidro Fabela, Jilotzingo, Jiquipilco, Naucalpan de Juárez, Nicolás Romero y Villa del Carbón (Lemos-Espinal, 2003), aunque se sabe por los pobladores, que su distribución se puede extender a los municipios Lerma, Huixquilucan, Otzolotepec, Xonacatlán, Temoaya y Ocoyoacac (V. Ávila-Akerberg, comunicación personal, 2020). Pero actualmente, muchos de los bosques y arroyos que habita la especie se han visto perturbados por actividades humanas como la urbanización, la contaminación del agua, sedimentación, tala ilegal, sobrepastoreo, introducción de especies exóticas de peces (truchas y otros) a los cuerpos de agua y el turismo recreativo intensivo, su explotación para consumo e incluso efectos del cambio climático, reduciendo así las poblaciones de los ajolotes (Shaffer *et al.*, 2008; González-Martínez *et al.*, 2014).

Hoy en día, según la IUCN (2019), *A. altamirani* se clasifica en la categoría de peligro de extinción ya que se estima que la población ha disminuido más del 50% (Shaffer *et al.*, 2008). Además de encontrarse dentro de la categoría de “Amenazada” en la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT, 2010; SEMARNAT, 2015).

Se debe promover la conservación de este organismo no sólo por la importancia de preservar la biodiversidad del país, sino también por su relevancia biológica y cultural, aspectos que son del interés humano. En general los anfibios son indicadores importantes de los cambios ambientales debido a sus características fisiológicas, ecológicas y etológicas (Angulo, 2002). Hablando de los ajolotes, éstos tienen una gran importancia como objeto de investigación principalmente por su

capacidad regenerativa, el tipo de desarrollo y anatomía que presentan, entre otros temas (Ponomareva *et al.*, 2015; Reiß, Olsson y HOßFELD, 2015; Haas y Whited, 2017; Jiang *et al.*, 2017). Culturalmente están asociados a pueblos prehispánicos ya que los ajolotes formaban parte de su dieta alimenticia e incluso se les atribuían propiedades medicinales (Casas-Andreu *et al.*, 2003). La palabra ajolote proviene del náhuatl axolotl que significa monstruo de agua, mientras que para los aztecas representaba al dios Xólotl, dios de las deformaciones y la muerte (CONABIO, 2011). Además, ha sido fuente de inspiración para diversos autores como Julio Cortázar, Roger Bartra, Armando Ramírez y Salvador Elizondo (González-Martínez *et al.*, 2014).

2.3 Conservación y conocimiento tradicional

A pesar de existir diversas formas para la conservación de la biodiversidad, actualmente las estrategias proponen la inclusión de la población local. Se ha visto que cuando se involucra a la población en los proyectos, éstos suelen tener mayores probabilidades de éxito ya que se pueden satisfacer las necesidades de los habitantes y al mismo tiempo promover la conservación (Sheil y Lawrence, 2004; Artigas *et al.*, 2014). Por ejemplo en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca 1986 se implementaron proyectos de inversión gubernamental que pretendían fomentar la producción forestal sustentable, desafortunadamente, terminaron fracasando hasta incluso provocar un aumento en la tala ilegal, ya que no se consideraron las opiniones y expectativas de las comunidades rurales de la zona (Bray, 2007). Ahora bien, con la implementación de empresas forestales comunitarias, en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, se han observado mayores niveles de conservación de sus bosques, mayores beneficios económicos para sus miembros y un mayor bienestar social para su comunidad; cabe mencionar que para alcanzar dichos beneficios debe existir una buena organización e integración entre las organizaciones sociales forestales (Rodríguez-Zúñiga, González-Guillén y Valtierra-Pacheco, 2019).

Por lo general, los programas de manejo son realizados por investigadores, técnicos, instituciones, etc., los cuales suelen ser ajenos a la localidad por lo que su conocimiento está limitado solo a cuestiones biológicas, además se espera que los pobladores cambien sus prácticas (Reyes-García, 2007). Siendo que, a lo largo del tiempo, estas poblaciones han recopilado conocimientos sobre su entorno como la

biología de las especies y los procesos ecológicos, y con base en esa información han generado sus propias estrategias para el manejo de sus recursos (Berkes *et al.*, 1994; Reyes-García, 2007). Estos conocimientos son denominados como conocimiento tradicional. El conocimiento tradicional se define como “*el conjunto de saberes, valores, prácticas a partir de la experiencia de adaptación al entorno local a lo largo del tiempo, compartidas y valoradas por una comunidad y transmitidas de generación en generación. Por entorno local se entiende tanto el entorno cultural como el biológico*” (Pardo de Santayana *et al.*, 2014).

A lo largo del tiempo, se han generado diferentes formas de conocimiento, cuya diferencia radica principalmente en los medios utilizados para producirlas y en el objetivo de tal conocimiento (Luna-Morales, 2002). En el caso de la ciencia, ésta se ha arraigado a dos tradiciones clave: 1) el método hipotético-deductivo donde se elaboran hipótesis que se aprueban o rechazan mediante la recopilación de datos empíricos y 2) una perspectiva positiva=reduccionista que sostiene que todos los procesos son cognoscibles y reducibles a eventos físicos, fisiológicos o químicos que pueden medirse usando el método científico (Aikenhead y Ogawa, 2007; Dickison, 2009; Weiss, Hamann y Marsh, 2013). Tomando en consideración las características anteriores, diferenciar entre el conocimiento tradicional y el científico puede llegar a ser complicado, ya que ambos son empíricamente comprobables, experimentales y sistemáticos (Barsh, 1999; Weiss, Hamann y Marsh, 2013). Aún así por años se ha visto al conocimiento científico con cierta superioridad sobre el conocimiento tradicional, debido a que el conocimiento científico se construye de manera impersonal con la finalidad de postular leyes y teorías universales basadas en la experimentación y acumulación de información cuantitativa; mientras que el conocimiento tradicional se basa en observaciones personales, una experimentación “ensayo/error” y la síntesis de estos hechos y fenómenos (Toledo y Barrera-Bassols, 2014). Además, en los intentos para evaluar el conocimiento tradicional por lo general se utilizan métodos científicos, olvidando que todas las formas de conocimiento son producidas en un contexto social y cargado de valores (Weiss, Hamann y Marsh, 2013; Mistry y Berardi, 2016). Es por ello que la ciencia moderna tiene una mayor afinidad con la cultura occidental porque ahí es donde tiene su origen (Ogawa, 1995; Aikenhead y Ogawa, 2007).

La integración del conocimiento tradicional a la ciencia convencional, se debe a su enfoque holístico ya que también abarca dimensiones sociales, económicas y

jurídicas, generando así una comprensión sistémica de un entorno complejo (Davis, 2006; Mistry y Berardi, 2016). Estudios como el de Huntington *et al.* (2004), sugieren que al conjuntar los conocimientos científicos con los tradicionales se pueden generar mejores métodos y observaciones que documenten de manera óptima los cambios ambientales. Al comparar los estudios de conocimiento ecológico tradicional (CET) contra los de ciencia convencional, realizados en los ecosistemas terrestres en el Ártico de América del Norte, se encontraron observaciones en las que concuerdan (como que la hierba permanece más tiempo en otoño y da como resultado daños por congelación). Dichas observaciones tienen un mayor nivel de confianza ya que a pesar de que cada uno abordan el mismo problema desde diferentes ángulos y examinan diferentes indicadores, ambos llegan a los mismos resultados (Huntington *et al.*, 2004). También se encontró que a partir del CET se sabe que las migraciones de caribúes en la región de Kitikmeot de Nunavut (Canadá) están iniciando antes, pero no hay información en la ciencia convencional al respecto, de manera que ésta se vuelve una oportunidad para estudiar sus patrones de migración y ver si están relacionados con el cambio climático (Huntington *et al.*, 2004). De tal manera que, a partir del conocimiento tradicional se pueden obtener nuevos conocimientos en áreas como la biología y la ecología, que la ciencia no había aportado (Berkes *et al.*, 1994; Huntington *et al.*, 2004). Este conocimiento se puede utilizar para el establecimiento de áreas naturales protegidas, la creación de modelos para la gestión sostenible de recursos, para la realización de manifestaciones de impacto ambiental (MIA) y para diseñar programas de desarrollo (Berkes *et al.*, 1994; Reyes-García, 2007). Por ejemplo, los Inuvialuit (inuit del oeste de Canadá) ajustan o modifican los patrones de actividad de subsistencia, es decir, cambian cuándo, dónde o cómo se produce la caza y la pesca, además cosechan una mezcla de diferentes especies (Berkes y Jolly, 2001). Otras de las estrategias que mencionan Berkes y Jolly (2001) para sobrevivir en un ambiente cambiante como el Ártico son: movilidad y flexibilidad en términos del tamaño del grupo, flexibilidad con respecto a los ciclos estacionales de cosecha y uso de recursos respaldados por tradiciones orales para proporcionar memoria grupal, conocimiento ambiental local detallado y conjuntos de habilidades relacionadas, mecanismos de intercambio y redes sociales para brindar apoyo mutuo y minimizar riesgos, y comercio intercomunitario. En México también se han implementado estrategias para adaptarse ante los cambios ambientales, algunas de

las más comunes son adelantar o atrasar los ciclos de cultivo y la rotación de cultivos para estimular la fertilidad del suelo, cabe mencionar que las estrategias pueden variar de una localidad a otra ya que se enfrentan a problemas diferentes y los abordan de diferentes formas (Gay, 2006; Campos *et al.*, 2013; Chapela y Ruiz, 2015; Rodas-Trejo *et al.*, 2017). En Tamaulipas y en Michoacán se han organizado para la creación de pozos comunitarios y presas de tierra para la captación de agua de lluvia para el riego de sus cultivos (Gay, 2006; Campos *et al.*, 2013). Para aquellos que han apostado por la ganadería como fuente de ingresos, como algunos casos en Tamaulipas, Michoacán y Chiapas, han optado por la siembra de pastos modificados genéticamente que sean más resistentes a los cambios de clima y así tener suficiente alimento para su ganado, aunado a esto, Chiapas ha implementado la elaboración de silos y la integración de suplementos alimenticios (Gay, 2006; Campos *et al.*, 2013; Rodas-Trejo *et al.*, 2017). En Oaxaca, particularmente los chinantecos de Santiago Comaltepec, han desarrollado técnicas de roza, tumba y quema que les permiten establecer cultivos anuales en pequeñas áreas con suelos relativamente más profundos que el promedio, además a través de los conocimientos que tienen de las plantas, animales y hongos de la región, han podido identificar e inducir la presencia algunos productos de valor comercial, como el tepejilote (*Chamaedorea oreophila*), o la fibra de la bromelia conocida como “pita” (*Aechmea magdalenae*) (Chapela y Ruiz, 2015).

Considerando todos los beneficios y aplicaciones mencionadas anteriormente, el conocimiento tradicional sirve como una herramienta fundamental para la elaboración de programas de manejo y conservación.

3 Antecedentes

Considerando su carácter endémico y el estatus de conservación en el que se encuentra *A. altamirani*, la IUCN (2019) propone como medida de conservación llevar a cabo más investigaciones para tener información actualizada de la especie, en particular estudios de campo donde se evalúen disminuciones en las poblaciones en los últimos 15 años; ya que como ocurre con otras especies del género *Ambystoma* es escasa la información que se tiene al respecto.

Después de la descripción de la especie por Dugés (1895) fue hasta 1962 que Campbell y Simmons publicaron unas notas respecto a los huevos y larvas de *A.*

altamirani, los ejemplares fueron colectados en la Sierra de la Cruces a la altura de La Marquesa. A partir de estas notas se conoció algunos aspectos de la reproducción y desarrollo del ajolote de montaña, como encontrar los huevos debajo de una roca en racimos de 15 a 20 huevos, pero en laboratorio la hembra los colocó en plantas acuáticas en racimos más pequeños de 4 a 8 huevos. También mencionan que el huevo está conformado por dos capas siendo que la exterior tenga un diámetro de 4.5 a 5 mm y la interior de 2.5 mm. Y que el tamaño en el que los ajolotes se transforman varía de los 48 mm a los 65 mm. Nueve años después Brandon y Altig (1971) fueron a observar y coleccionar otros especímenes de La Marquesa, siendo que la mayoría de los ejemplares adultos (75-80 mm LHC) presentaban branquias, pero al llevarlos al laboratorio en aproximadamente dos meses sufrieron metamorfosis por lo que sugirieron que algunas poblaciones tendían a ser neoténicas pero si las condiciones ambientales se modificaban los ajolotes tendían a transformarse rápidamente.

Con la finalidad de conocer el estatus de las poblaciones de *A. altamirani*, junto a otras dos especies, Lemos-Espinal *et al.* (1999) visitaron localidades donde podrían encontrar a los ajolotes para contabilizarlos, tomar medidas, reportar la proporción de organismos branquiados y las condiciones ambientales en las que se encontraban. Reportaron encontrar a los ajolotes en cinco arroyos, cuatro en el Estado de México (Río de la Navajas o Río de los Axolotes, Las Palomas, Arroyo Puenteceillas y Llano Viborillas) y uno en Morelos (Vivero Acaextopan). Los encontraron en una altitud entre 2750 y 3330 msnm y solían observarlos debajo de rocas, cerca de pequeñas cavidades o en pozas. La proporción de organismos branquiados varió de un arroyo a otro, pero los individuos juveniles que se encontraron tuvieron una LHC menor a los 40 mm, mientras que los adultos presentaron una LHC de 60 a 86 mm. Uno de los datos más relevantes es que no se llegaron a encontrar más de 34 individuos por arroyo, incluso en algunos fueron menos y tomando en consideración que las localidades se encuentran cerca de la mancha urbana de Ciudad de México y la zona metropolitana, urgían medidas de conservación para la especie. Es por ello que incluso desde antes, *A. altamirani* formaba parte de la NOM-059 como especie Amenazada (por su sinonimia, se encuentra en ocasiones como *Rhyacosiredon altamirani*; SEDESOL, 1994).

Lemos-Espinal (2003) continuó estudiando la especie e incluye otras localidades como Cuajimalpa de Morelos en la Ciudad de México, los municipios Jilotzingo, Jiquipilco, Nicolas Romero y Villa del Carbón en el Estado de México y el Parque Nacional Lagunas de Zempoala en Morelos, como parte de la distribución del ajolote de montaña. Además de destacar algunos factores de riesgo que amenazan a las poblaciones de ajolotes, siendo los criaderos de trucha la principal amenaza para los ajolotes ya que pueden depredar a los huevos, crías y juveniles, compiten con las salamandras adultas por el alimento y el uso de sustancias químicas para desparasitar a las truchas pueden llegar a alterar el ciclo biológico de los ajolotes. Otros factores que pueden afectar a las poblaciones de ajolotes es el incremento de basura en los cuerpos de agua y una mayor demanda de agua potable para los asentamientos humanos. Dichos factores actualmente continúan siendo un riesgo para las poblaciones de ajolotes. De igual manera Lemos-Espinal (2003) aportó información respecto al conocimiento tradicional que se tenía del ajolote de montaña, menciona que los otomíes consumían dicho ajolote con regularidad, pero en la actualidad esta actividad sólo es practicada por adultos de la tercera edad; estas personas conocen la toxicidad de los fluidos de la piel del ajolote y por ello era rociada con jugo de limón y se dejaba secar para después consumirla como carne seca.

Ante la situación de riesgo por la cual se encontraba *A. altamirani* surgen proyectos con la finalidad de la conservación de la especie, como el programa de monitoreo en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala que, además de estudiar el estado de la población, también estableció una propuesta para el manejo y conservación de la especie para anexarse en el plan de manejo del parque (CONANP, 2009a; CONANP, 2009b; Diario Oficial, 2011). Mientras que en la localidad de Tlazala, Estado de México, se ha planteado la creación de un “Centro de conservación y educación ambiental de Tlazala” (CCEATL), con la finalidad de implementar un programa de educación ambiental sobre los recursos naturales de la zona y establecer una Unidad para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA) del ajolote de montaña. Hasta el momento se han realizado muestreos tanto del hábitat como de los ajolotes para que esta información sea la base para el establecimiento de la UMA (González-Martínez *et al.*, 2014). Herrera (2014) documentó el establecimiento de una UMA como una

propuesta para la conservación de la biodiversidad. Como resultado obtuvo el registro de la UMA Tecpan-Axolotl en San Miguel Tecpan, Jilotzingo, Estado de México, la cual albergaba a *Odocoileus virginianus* mexicano y *Ambystoma altamirani*. Actualmente dicha UMA no se encuentra en operación debido a que se abandonó el proyecto, pero los dueños de los Bienes comunales de San Miguel Tecpan están interesados en reactivarla (L. Zárate, comunicación personal, 2019). Tanto su experiencia, como la información que se obtenga con la presente investigación podrían ayudar a reactivar la UMA y plantear realizar un proyecto similar en el municipio vecino de Isidro Fabela.

Por su parte algunos tesisistas e investigadores han continuado con la parte de investigación para entender un poco más de la biología y ecología de la especie. Como García (2013), quien reportó algunos aspectos ecológicos y reproductivos de dos poblaciones de ajolotes en el municipio de Jilotzingo, Estado de México; entre los cuales destacan: una época reproductiva de noviembre a marzo, una relación entre la talla de la puesta y la talla de la hembra y la identificación de los organismos que forman parte de la dieta del ajolote de montaña, así como sus depredadores.

Para conocer un poco más de la historia natural de la especie, Lemos-Espinal y colaboradores (2016b), monitorearon una población de ajolotes presentes en el Arroyo Los Axolotes, Estado de México, donde encontraron una preferencia de los ajolotes por zonas del arroyo con una mayor cantidad de oxígeno disuelto, mayor velocidad de corriente y mayor volumen de agua. Además de encontrar que los machos son considerablemente más grandes que las hembras y la presencia de huevos en el mes de junio. De igual manera este grupo de investigadores reportaron que *A. altamirani* y *Dryophytes plicatus* podrían tener una interacción depredador-presa (Lemos-Espinal *et al.*, 2016a). Villareal (2019) continuó monitoreando a la población de ajolotes del Arroyo Los Axolotes, pero en este estudio se determinó el porcentaje de ocupación, el cual fue mayor en los meses de abril a octubre, y la probabilidad de detección, la cual fue constante a lo largo del estudio; por lo que se sugiere que la población se encuentra en buen estado.

Con la finalidad de tener un registro de la distribución actualizada de *A. altamirani* junto a otras dos especies endémicas del centro de México (*A. leorae* y *A. rivulare*), Woolrich-Piña *et al.* (2017) recopilaron información y analizaron las localidades

donde se tenían observaciones de las tres especies de *Ambystoma*. Para *A. altamirani* se recopilaron 94 localidades, encontrándose 20 en la Ciudad de México, 68 en el Estado de México y 6 en Morelos, en una altitud entre 2450 y 3487 msnm. Además, que al contrastarse con las otras dos especies se encontraron ciertos patrones, como el que la distribución de estas especies se encuentra muy cerca del área metropolitana de la Ciudad de México, lo cual las vuelve vulnerables ante la expansión de la ciudad y los problemas antropogénicos que conlleva. También mencionan que no existe un solapamiento de la distribución de las especies por lo que para cada especie se tienen que diseñar diferentes estrategias para su conservación.

Algunos de los estudios más recientes se han centrado en aspectos genéticos de la especie. Como es el caso de Heredia-Bobadilla y colaboradores (2017), los cuales utilizaron nueve marcadores microsatelitales para determinar la estructura genética, la variabilidad genética, el tamaño efectivo de la población, la presencia de cuellos de botella y el coeficiente de endogamia de una población de *A. altamirani* en Tlazala, Estado de México. Encontraron a una población con altos valores de heterocigosidad, la cual se debe de mantener para que la especie pueda tener suficiente variabilidad genética y pueda adaptarse a los cambios en el medio ambiente. Desafortunadamente la población también tiene signos de endogamia y una reducción del tamaño efectivo de la población, lo cual a su vez podría afectar la heterocigosidad. Por otro lado, Monroy-Vilchis *et al.* (2019), realizaron un estudio similar, pero en esta ocasión se estudiaron cuatro poblaciones de dos especies de *Ambystoma*: *A. altamirani* y *A. rivulare*. Y aunque encontraron niveles medios a altos de diversidad genética, también hay evidencia de un cuello de botella y un tamaño efectivo de la población pequeño por lo que es necesario una mejor planeación para la conservación de dichas especies. Solamente González-Hernández (2019), continuó con las investigaciones relacionadas al conocimiento tradicional de la especie, reconociendo el uso del ajolote de montaña como alimento y que éste puede ser cocido en hoja de maíz (tamal) o fritos, también reconoce su uso medicinal al ser hervido para curar la tos y empacho.

A pesar de que en los últimos años las investigaciones relacionadas al ajolote de montaña han incrementado, aún se desconocen algunos aspectos de la especie y más cuando se han encontrado diferencias entre una población y otra, y si tomamos

en consideración que la especie aún se encuentra en una categoría de riesgo, las investigaciones deben de continuar para poder plantear estrategias para su conservación. Además, dichas investigaciones deben de tomar un enfoque diferente donde se considere a la población local ya que de ella dependerá que un proyecto de conservación tenga un mayor éxito. Es por ello que este trabajo busca contribuir en el conocimiento de algunos aspectos biológicos, ecológicos y de conocimiento tradicional de la especie. Además de lo anterior, junto con información bibliográfica, para plantear los lineamientos generales de un posible proyecto de conservación *in situ*.

4 Objetivo general:

Caracterizar aspectos sobre la ecología de poblaciones del ajolote de montaña (*Ambystoma altamirani*) y el conocimiento tradicional en Isidro Fabela, Estado de México, para plantear lineamientos generales hacia su conservación.

5 Objetivos particulares:

- Realizar conteos mensuales de los ajolotes de montaña (*A. altamirani*) para la toma de medidas morfométricas e identificación de las etapas de desarrollo (huevos e individuos metamorfoseados) en los arroyos dentro de las zonas llamadas Organillos, Sehuayán y Laguna Seca en Isidro Fabela, Estado de México.

- Describir los arroyos dentro de las zonas llamadas Organillos, Sehuayán y Laguna Seca en Isidro Fabela, Estado de México y caracterizar algunos parámetros físico-químicos de éstos.

- Reconocer el conocimiento tradicional de la biología, ecología, hábitat, abundancia, usos, creencias y conservación del ajolote de montaña (*A. altamirani*) a través de entrevistas y cuestionarios aplicados a niños, jóvenes y adultos en Isidro Fabela, Estado de México.

- Proponer lineamientos generales para ser tomados en cuenta en un proyecto de conservación *in situ*, usando la información obtenida en la caracterización de las poblaciones de ajolotes y sus arroyos, aunada al conocimiento tradicional sobre ajolotes en Isidro Fabela, Estado de México.

6 Área de estudio

El municipio de Isidro Fabela está localizado en un sistema montañoso conocido como Sierra de las Cruces. Geográficamente la mayor parte del municipio se ubica entre los 19°30'33" y 19°35'29" de latitud norte y 99°19'28" de longitud oeste, con un rango altitudinal de los 2325 hasta los 3765 msnm (Villegas, 2016, Figura 3).

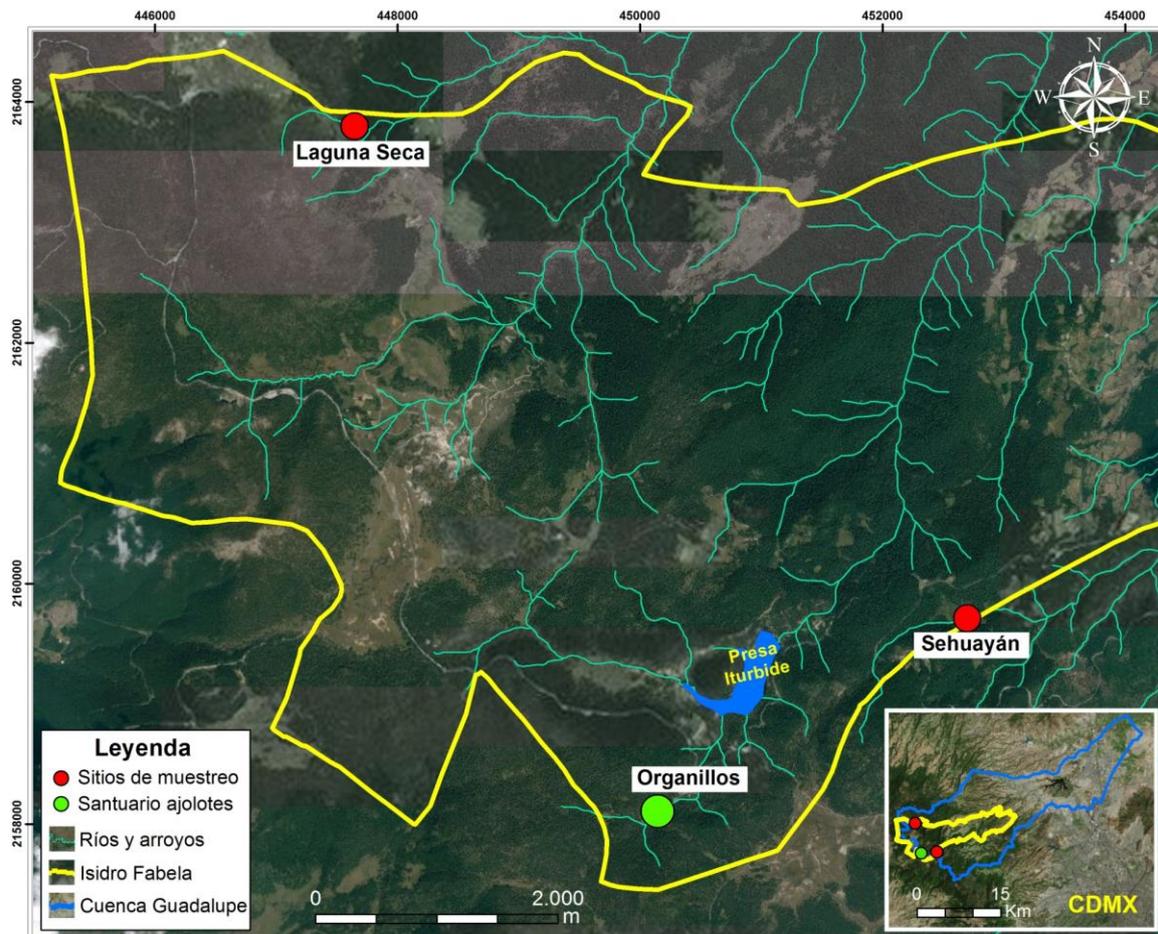


Figura 3. Mapa de la ubicación de la zona de estudio donde se encuentran los tres sitios de muestreo: Organillos, Laguna Seca y Sehuayán (están marcados en rojo). En el recuadro inferior derecho se muestran en amarillo los límites del municipio Isidro Fabela, en azul los límites de la cuenca presa de Guadalupe. Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM). Elaboró: Víctor D. Ávila Akerberg

El municipio presenta un clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano y templado subhúmedo con lluvias en verano, con temperaturas que van de los -5 °C durante invierno y hasta los 25°C en verano. El rango de precipitación es de 800–1300 mm, teniendo una precipitación media mensual mayor en los meses de julio a octubre (INEGI, 2009; Villareal, 2019). Dichas lluvias alimentan a los arroyos y ríos que conforman a la subcuenca de la presa Guadalupe, la cual abarca 38,000 hectáreas en principalmente cinco municipios del Estado de México: Atizapán de

Zaragoza, Cuautitlán Izcalli, Nicolás Romero, Jilotzingo e Isidro Fabela (Conagua y CCPG, 2008).

Con respecto a su vegetación, en las partes altas (a más de 3400 msnm) se encuentran bosques de pino (*Pinus hartwegii*), en la parte media (entre los 3000 a 3500) se encuentran bosques de oyamel (*Abies religiosa*) y en las partes bajas se encuentran los bosques de encinos (*Quercus rugosa*, *Q. laurina*, etc.) (Ávila-Akerberg y González-Martínez, 2016; Villegas, 2016).

Junto con otros 16 municipios del Estado de México, una porción del territorio de Isidro Fabela forma parte del parque estatal denominado Parque Estatal Otomí-Mexica o Zempoala-La Bufa, decretado en 1980, el cual tiene una extensión de 105,844.13 hectáreas que se encuentran a una altitud mayor a los 2800 msnm (GEM, 1980). El parque está conformado por tres regiones hidrológicas: a) Lerma-Santiago (RH12), b) Balsas (RH18) y c) Pánuco (RH26), integradas por 62 corrientes perenes (1599 km) y algunas intermitentes (231 km), además de manantiales entre los cuales destacan: El Chorro, Canalejas, Palma, Xitoxi, La Agüita, Los Tachos, Los Quemados, Los Tepozanes, Chingueritera, Los Ojitos y La Lomita para el municipio de Isidro Fabela (Juan-Pérez *et al.*, 2017; INAFED, 2010). Dentro del parque existen 12 Subcuencas tributarias, siendo de interés la subcuenca presa Guadalupe (Figura 4) ya que Isidro Fabela es uno de los seis municipios que la comprende (Juan-Pérez *et al.*, 2017; Segundo, 2020). La subcuenca tiene como principales escurrimientos superficiales a los ríos: Arroyo Grande, Arroyo Chiquito y Arroyo Xinté, además de la presencia de tres presas: Capoxi (190 mil metros cúbicos), Iturbide (1.56 millones de metros cúbicos) y Guadalupe (65 millones de metros cúbicos) (Presa Capoxi, 2012; PDM, 2018; Segundo, 2020).

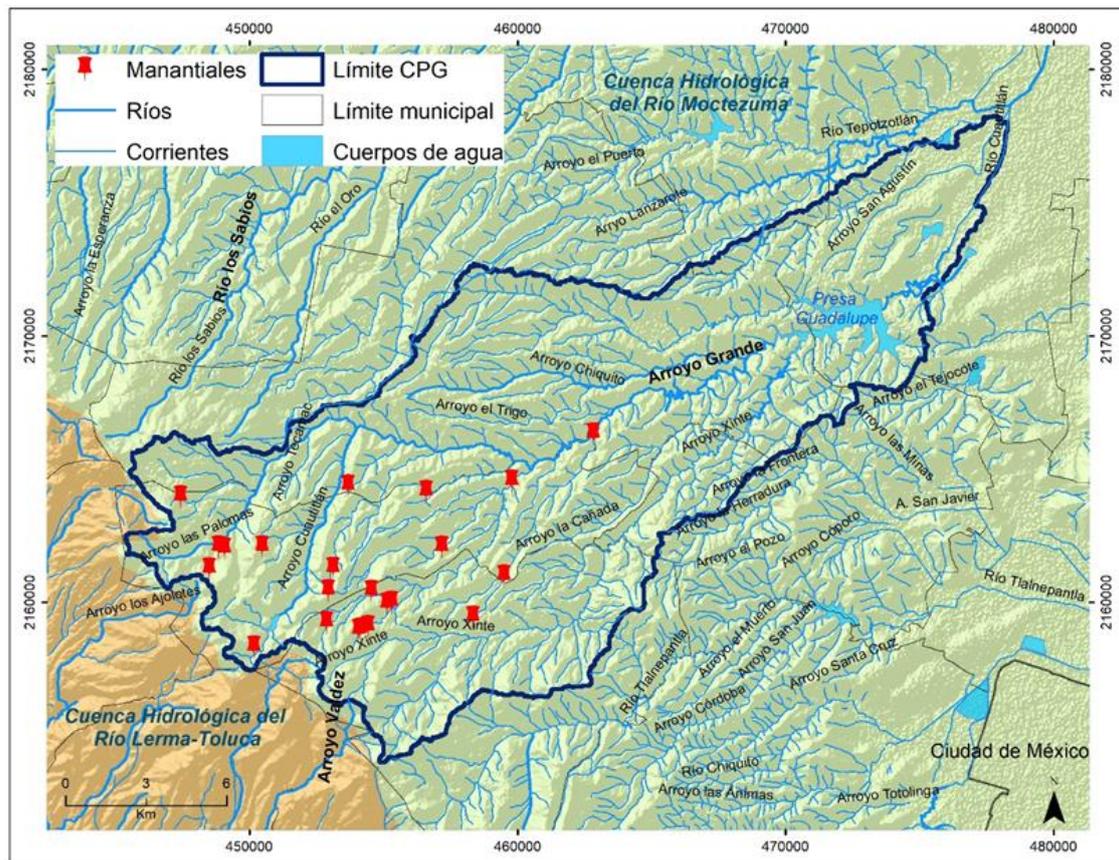


Figura 4. Mapa hidrológico de la subcuenca Presa Guadalupe (límites de la cuenca marcados en azul oscuro). Los manantiales localizados en la parte alta de la cuenca están señalados en rojo. El cuerpo de agua de mayor tamaño que se observa en el mapa corresponde a la presa Guadalupe. Los principales escurrimientos están representados en líneas gruesas azul claro mientras que las líneas delgadas representan las corrientes pequeñas que se desprende de ellos. Proyección Universal Transversal Mercator (UTM) Elaboró: Raquel Segundo Sandoval (2020).

El parque se estableció con la finalidad de conservar y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales de la región, para así mantener la biodiversidad y los servicios ambientales que a su vez contribuirán al bienestar tanto de los ecosistemas como de la población (GEM, 2016). Sin embargo, el parque presenta una problemática ambiental ocasionada por un crecimiento acelerado y desordenado de la población, lo cual ha provocado a su vez la explotación y contaminación de cuerpos de agua, tala clandestina, deforestación para la creación de terrenos agrícolas, industriales o asentamientos humanos (Villegas *et al.*, 2018a). La restauración y conservación de los cuerpos de agua, es relevante para Isidro Fabela ya que algunos de los manantiales sirven para abastecer a la población del municipio mientras que otros continúan con su cauce y son utilizados para los criaderos de truchas, para el abastecimiento tanto de animales de pastoreo como

los silvestres; además de formar parte del hábitat de una de las especies endémicas de la región: el ajolote de montaña (*A. altamirani*), la cual es una especie de importancia cultural debido a sus propiedades medicinales (Villegas, 2016; Villegas *et al.*, 2018b). Aspectos socioculturales como el que tiene el ajolote deben de ser considerados para un mejor manejo de los recursos dentro del Parque Otomí-Mexica, ya que dichos aspectos son reflejo de cómo han vivido y viven las comunidades (Villegas *et al.*, 2018b).

Para esta investigación se eligieron los parajes llamados Organillos (19°31'38.17"N, 99°28'39.92"O, con una altitud de 3,335 msnm, Figura 5a), Laguna Seca (19°34'06"N, 99°30'00"O, con una altitud de 3,492 msnm, Figura 5b) y Sehuayán (19°31'31"N, 99°26'09.52"O, con una altitud de 3,185 msnm, Figura 5c), donde corren arroyos que no presentan una gran perturbación y se conoce que son hábitat de ajolotes. Cabe destacar que, los habitantes de Organillos tienen interés en el proyecto, lo que se vuelve un incentivo para trabajar en dicha zona y que pueda ser el sitio en el cual se lleve a cabo el proyecto de conservación *in situ*.

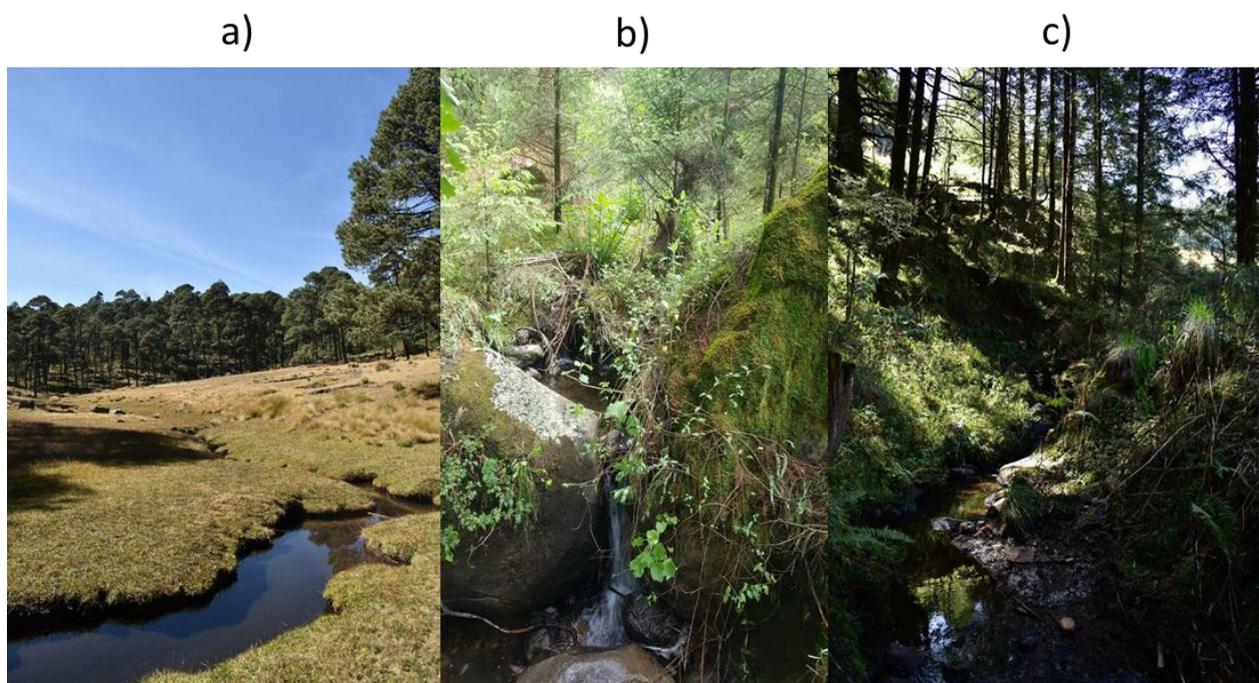


Figura 5. Sitios de muestreo: a) Organillos b) Laguna Seca c) Sehuayán. Fotos tomadas por Montserrat Vázquez Trejo y Víctor D. Ávila Akerberg

7 Descripción del objeto de estudio: *Ambystoma altamirani*

El ajolote de montaña, es caudado de forma alargada de tamaño mediano, con una longitud hocico cloaca (LHC) media de $x=69.2 \pm 4.9$ mm y una longitud de cola

$x=72.2 \pm 7.0\text{mm}$; siendo que los machos presentan una LHC mayor que las hembras. Los individuos que han realizado metamorfosis presentan un color sepia oscuro salpicado de puntos negros, mientras que los que aún conservan las branquias son moreno pálido con manchas negras; además la región ventral es color amarillo tendiendo a verdosa o violácea. Presentan un cuerpo aplanado en sentido dorsoventral, con 10 a 12 surcos laterales entre las extremidades; las extremidades anteriores tienen cuatro dedos y las posteriores cinco. Además de tener una cola de mayor longitud en comparación con la suma de la cabeza y el cuerpo; por otro lado, su cabeza es grande en relación a su cuerpo, de forma ovalada (Dugés, 1895; Figura 6).



Figura 6. Ajolotes pertenecientes a la especie *Ambystoma altamirani*, la figura a) corresponde a un individuo con branquias y la figura b) a un individuo que ya ha realizado la metamorfosis. Fotografías tomadas por Víctor D. Ávila Akerberg

Habitan en arroyos donde se presenten temperaturas menores a los $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y con concentración de oxígeno mayor a los 6mg/L (CONANP, 2009a; González-Martínez, *et al.*, 2014). Por lo general, la salinidad y velocidad de corriente de los arroyos que habita la especie tienen un valor igual a cero, pero algunos meses se puede presentar una salinidad promedio entre los 0.112 y los 0.36 ppm y una velocidad de

corriente promedio entre los 0.012 y los 0.232 m/s (Villarreal, 2019). También se ha registrado una preferencia de los ajolotes por sitios en el arroyo con un mayor volumen de agua, de cantidad de oxígeno y de velocidad de corriente, además suelen utilizar sitios que presentan una vegetación herbácea, un sustrato de barro o arena (Lemos-Espinal *et al.*, 2016b).

Dichas condiciones bióticas y abióticas junto a otras como pH, niveles de cloro, amonio y yodo disuelto en el agua y cantidad de compuestos nitrogenados pueden influir en el bienestar y supervivencia de la especie (Mena-González y Servín-Zamora, 2014; Hernández-Ruíz, 2016). El ciclo de reproducción del ajolote de montaña comienza en invierno con puestas en febrero y marzo (Uribe-Peña *et al.*, 1999), aunque también se han observado puestas en los meses de agosto (Rodríguez, 2009) y junio (Lemos-Espinal *et al.*, 2016b). Los huevos suelen encontrarse en racimos de 4 a 25 (Uribe-Peña *et al.*, 1999) pero pueden encontrarse puestas con hasta 200 huevos según lo reportado por García (2013). Las puestas de huevos se pueden encontrar debajo de rocas (Campbell y Simmons, 1962; García, 2013) o adheridos a plantas acuáticas (Campbell y Simmons, 1962; Lemos-Espinal *et al.*, 2016b).

La alimentación de las larvas de *A. altamirani* se basa en zooplancton, principalmente de ostrácodos y gasterópodos, aunque también llegan a alimentarse de otros artrópodos acuáticos (Lemos-Espinal, Smith y Woolrich-Piña, 2015). Es probable que los juveniles continúen alimentándose de zooplancton pero vayan incluyendo insectos acuáticos a su dieta conforme van creciendo, hasta que de adultos sólo se alimenten de insectos acuáticos de mayor tamaño, así como acontece con *A. tigrinum* (Dodson y Dodson, 1971). García (2013) propuso que la probable dieta del ajolote de montaña en los arroyos de Jilotzingo, Estado de México, se basa en 13 familias de insectos acuáticos (Simuliidae, Ephydriidae, Chironomidae, Culicidae, Tibullidae, Baetidae, Leptophlebiidae, heptageniidae, Agrionidae, Libellulidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae y Perlidae) y una familia de planarias (Planariidae).

8 Métodos

Se realizaron 12 salidas de campo, en un periodo de 12 meses, muestreando una vez al mes; comenzaron en agosto del 2017 y concluyeron en julio de 2018.

El trabajo de muestreo se dividió en dos días, en un día se visitaban dos sitios y al siguiente día el sitio restante; con un esfuerzo de muestreo de tres horas por sitio, una hora por cada sección del arroyo, cada una de alrededor de 50 metros. Fue recomendable que el muestreo se realizara a partir de las 10 de la mañana ya que antes es difícil encontrar organismos. El día y el horario en el que se visitan los sitios se fueron alternando para evitar sesgar los datos.

8.1 Caracterización de las poblaciones de ajolotes

Cada arroyo se dividió en tres secciones de 50 metros cada una, y la búsqueda de los ajolotes se realizó de la parte baja a la parte alta del arroyo, con la finalidad de hacer una búsqueda minuciosa y evitar coleccionar al mismo ajolote (García, 2013). Durante una hora se caminaba por la primera sección hasta que se detectaba un ajolote y éste era coleccionado, en el sitio donde se llegaba encontrar un ajolote se realizaba una revisión más minuciosa con apoyo de redes, ramas de árboles o manualmente. Conforme se fue realizando el muestreo, se detectaron algunas pozas o recovecos en los que se solía encontrar un mayor número de ajolotes, por lo que la búsqueda se centraba en estos puntos pero se continuó realizando una búsqueda visual a lo largo de todo el arroyo. Las redes empleadas fueron redes de acuario, una de 9 x 11 cm y otra de 11.5 x 15.5 cm, siendo la red de 9 x 11 cm la más utilizada ya que permitía acceder a lugares estrechos del arroyo además de poder capturar ejemplares de menor tamaño. Conforme los organismos eran capturados, se depositaban en recipientes de plástico con tamaño de 30 x 15 cm aproximadamente, aunque se pueden utilizar otros tamaños siempre y cuando tengan una altura mínima de 10 cm para evitar que los organismos escapen. Se contuvieron a los ajolotes en estos recipientes hasta que se capturaban a todos los organismos de la primera sección del arroyo o si se terminaba la hora destinada para la sección, para evitar medir a los organismos más de una vez; durante el tiempo que estuvieron en los recipientes se monitoreaba a los ajolotes para evitar que se lastimaran entre ellos y también se cuidaba que el agua de los recipientes se mantuviera fresca.

Para proceder con la medición de los organismos, fue necesario el uso de guantes de nitrilo para evitar un contacto directo con la piel de los ajolotes como medida de bioseguridad (Lobos *et al.*, 2013). Se extraía un ajolote a la vez y se colocaba en un recipiente transparente con una hoja milimétrica pegada al fondo y

exterior de éste, de esta manera se podían realizar las mediciones con una menor manipulación directa del organismo y así causarles el menor estrés posible (Ferner, 2010, Figura 7). El recipiente para las mediciones debe ser más largo que ancho, de 20 cm aproximadamente, para que los ajolotes de cualquier tamaño quepan en el recipiente, pero no puedan desplazarse mucho en él para tomarles las medidas. Las medidas morfométricas que se tomaron fueron: longitud de la cola (LC), longitud hocico cloaca (LHC) y el peso. Además, se realizó un breve examen visual para registrar la presencia de branquias y el estado en el que se encontraban: ausencia de alguna de sus extremidades, alguna herida en el cuerpo, hongos en la piel y abultamiento en la cloaca (posible macho). Todos los datos se registraron en el Formato 1. Es importante mencionar que para revisar la presencia o ausencia de abultamiento en la cloaca sí se requirió de una manipulación directa de los organismos; en ese caso se sostenía al organismo envolviendo la parte anterior del cuerpo con toda la mano, cubriendo principalmente la cabeza ya que de esta manera se evita un intento de escape y reduce su movilidad.



Figura 7. Toma de medidas morfométricas de ajolotes de montaña. La medición era realizada por 2 o 3 personas para agilizar el proceso distribuyendo las tareas, además permite vigilar el estado de los ajolotes y realizar una medición correcta de éstos. Foto tomada por Víctor D. Ávila Akerberg.

Una vez que se terminaba de medir a los ajolotes, todos eran devueltos al arroyo con el apoyo de las redes o sumergiendo los recipientes en el cauce. Ya que todos los ajolotes de la primera sección eran devueltos, se repetía el proceso para la segunda y tercera secciones del arroyo.

A la par que se realizaba la búsqueda visual y minuciosa de los ajolotes, se buscaban y registraban los huevos, dicha búsqueda se intensificó durante la época correspondiente a la etapa de reproducción de los ajolotes de montaña. La búsqueda se realizó revisando la vegetación acuática y debajo de las rocas como se tenía reportado en la literatura (Campbell y Simmons, 1962; García, 2013; Lemos-Espinal *et al.* 2016b), pero durante el muestreo se encontraron huevos en los bordes del arroyo o sueltos en el fondo por lo que se incluyó la revisión de dichos sitios para los muestreos siguientes. Una vez que los huevos eran contabilizados, se describió el sustrato en el que se encontraban, y se les asignó una medida cualitativa: chico (menor a 5 mm), mediano (5 a 14 mm) y grande (mayor a 14 mm). Se decidió realizarlo de esta manera ya que en las puestas es complicado tomar medida de todos los huevos y también para evitar su manipulación. Toda esta información fue registrada en el Formato 2.

8.2 Caracterización del arroyo

Se tomó la temperatura del agua y el oxígeno disuelto usando el multiparámetro portátil Hach HQ30D flexi (Figura 8). Se procuró tomar los parámetros a la misma hora ya que varían a lo largo del día. Además, se realizó una descripción naturalista haciendo énfasis en las características de estructura y vegetación de la ribera en los lugares donde solían encontrarse los ajolotes, junto con esquemas de los tres arroyos. La identificación de la vegetación a nivel de especie o género, se realizó consultando los trabajos de Rzedowski y Rzedowski (2005) y la tesis doctoral de Ávila-Akerberg (2010) además de contar con la ayuda directa del Dr. Víctor D. Ávila Akerberg.



Figura 8. Toma de parámetros físico-químicos usando el multiparámetro portátil Hach HQ30D flexi. Foto tomada por Víctor D. Ávila Akerberg.

8.3 Conocimiento tradicional

Se emplearon dos métodos: para los adultos, se aplicó una entrevista semi-estructurada. En este tipo de entrevista algunos tópicos son previamente conocidos y hay una guía para orientar la entrevista con algunas preguntas preestablecidas, pero se permite una mayor flexibilidad respecto a la manera, el orden y el lenguaje con que se abordan las preguntas, pudiendo adecuarse a cada situación concreta (Albuquerque *et al.*, 2014). Para esta investigación se empleó un muestreo no probabilístico usando la técnica de bola de nieve. Esta técnica es empleada para seleccionar intencionalmente a los informantes, ya que al final de la entrevista se le pide al informante que indique otros informantes que conozcan el tema. Además, permite obtener información valiosa y definir algunos actores sociales clave (Sandoval, 1996; Albuquerque *et al.*, 2014). En el Anexo 1 se encuentran las preguntas que sirvieron de guía para la entrevista.

En el caso de los niños y jóvenes ($n=1148$), de cuarto de primaria hasta tercer año de preparatoria, se aplicaron cuestionarios cortos en escuelas del municipio de Isidro Fabela. Los cuestionarios comprenden una serie de preguntas estructuradas y dirigidas a tópicos específicos, tiene como ventaja que es más comparable para análisis cuantitativos, además de que evita la inhibición del entrevistado causada por la presencia del entrevistador (Albuquerque *et al.*, 2014).

Las preguntas formaron parte de un cuestionario aplicado como parte del “Programa de educación ambiental en Isidro Fabela” (Ávila-Akerberg y González-Martínez, 2016). El cuestionario constaba de varias preguntas relacionadas con el agua, y cuatro de ellas fueron para analizar el conocimiento que poseen los niños y jóvenes sobre el ajolote y contrastarlo con el de los adultos (Anexo 2).

En los dos casos, se les comentó a los entrevistados que su información sólo iba a ser utilizada con fines de investigación, sin incluir sus nombres y que los datos obtenidos en el estudio estarían disponibles para ellos. Se empleó un formato para el consentimiento informado para uso de datos personales diseñado y aprobado por la Comisión de Ética Académica y Responsabilidad Científica (CEARC, Formato 3). Además, se cuenta con una carta de consentimiento expedida por el presidente de la Asociación Civil Trabajando por el Desarrollo de Jilotzingo, quien trabaja directamente con diversos núcleos agrarios en distintos municipios del Estado de México (Anexo 3).

8.4 Propuesta de proyecto de conservación

En términos generales, para establecer los lineamientos del proyecto de conservación se utilizó la información recopilada y analizada, obtenida tanto de la parte ecológica como del conocimiento tradicional del presente estudio. Y ésta se complementó y comparó con información bibliográfica referente a proyectos de conservación y a la especie en cuestión.

A partir de la información obtenida de la caracterización de los ajolotes, se obtuvo una mayor información respecto a la abundancia, biología y ecología del ajolote de montaña, la cual es información vital al momento de plantear un proyecto de conservación.

Por su parte, con la información obtenida de la caracterización de los ajolotes, se conoció el estado actual de su hábitat; los datos de temperatura y oxígeno disuelto, así como los de la vegetación y las características físicas de los arroyos sirvieron para describir como establecer o mantener un hábitat favorable para los ajolotes.

A partir de la información obtenida del conocimiento tradicional, se supo qué parte de la población está interesada en un proyecto de conservación del ajolote, además de identificar aquellos que están más familiarizados con la especie y conoce aspectos de su biología, ecología, hábitat y abundancia, estas personas podrían ser

actores clave para que el proyecto de conservación se lleve a cabo e incluso ellos puedan capacitar a otros pobladores interesados. De igual manera con el conocimiento de los usos y creencias que tiene la población sobre el ajolote se puede plantear un proyecto de conservación enfocado a un aprovechamiento sustentable de la especie afín a los intereses de la población local.

Por último, con el conocimiento tradicional de los niños se obtuvo una noción de cuánto del conocimiento tradicional de los adultos está llegando a los niños, para plantear de qué manera se les puede involucrar a los niños y jóvenes en el proyecto de conservación.

8.5 Análisis estadísticos

Para analizar las diferencias de las tallas de los ajolotes se aplicó una prueba paramétrica: ANOVA para las medidas morfométricas de longitud de la cola (LC) y longitud hocico cloaca (LHC) ya que presentaban una distribución normal. Y se aplicó una prueba de Tukey para hacer comparaciones pareadas y distinguir como se diferencian las medidas morfométricas un arroyo de otro. En el caso del peso, se aplicó una prueba no paramétrica: Kruskal-Wallis ya que no presentaba una distribución normal. También se aplicó una prueba de Tukey para hacer comparaciones pareadas y distinguir cómo se diferencian un arroyo de otro. Para ver si existen diferencias significativas en los parámetros físico-químicos entre los tres arroyos se aplicó ANOVA para ver diferencias en la temperatura y para la concentración de oxígeno disuelto se aplicó Kruskal-Wallis ya que los datos no presentaban una distribución normal. Para encontrar una relación entre el número de ajolotes vs la temperatura y el número de ajolotes vs el oxígeno disuelto, se aplicó una prueba de correlación de Pearson para cada arroyo. Todos los análisis se realizaron en el programa RStudio.

9 Resultados

9.1 Caracterización de ajolotes

A lo largo del estudio, en el periodo de agosto de 2017 a julio de 2018, se midieron 831 ajolotes: 466 en Organillos, 262 en Laguna Seca y 103 en Sehuayán. En todos los meses se encontraron ajolotes en los tres arroyos, con excepción del mes de octubre donde no se encontraron ajolotes en ninguno de los arroyos. En los meses de mayo (140) y julio (139) se obtuvieron la mayor cantidad de observaciones totales; por arroyo en Organillos fue durante el mes de julio en donde

se encontraron más ajolotes (79), mientras que tanto para Laguna Seca como para Sehuayán fue en el mes de mayo donde se registraron más individuos, con 58 y 21 respectivamente (Figura 9).

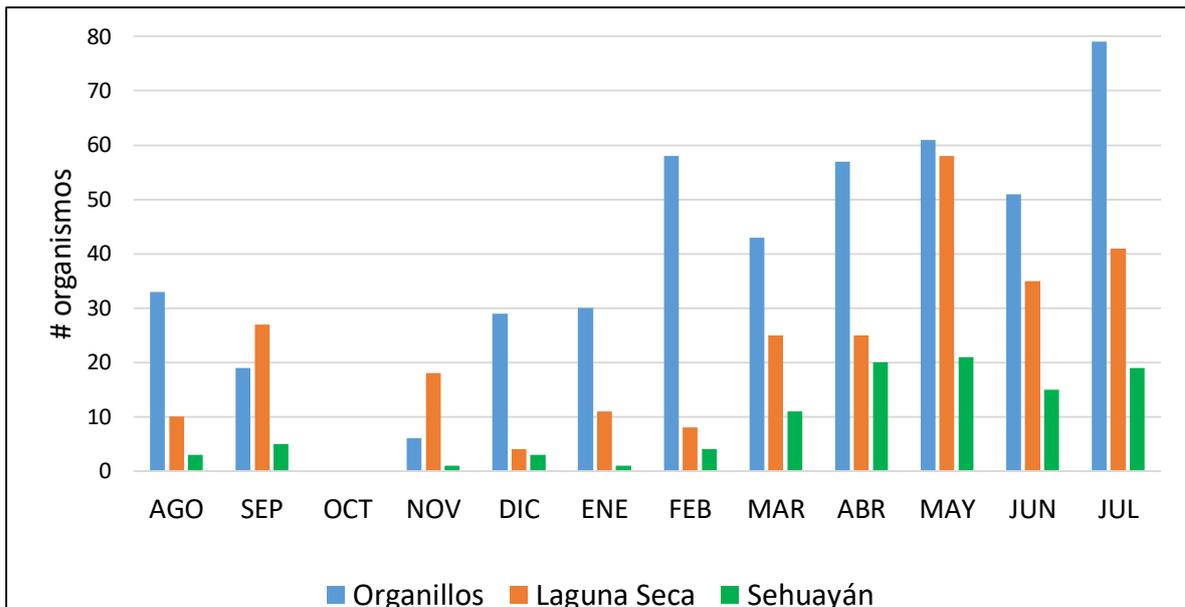


Figura 9. Número de organismos de *Ambystoma altamirani* registrados durante el periodo de agosto 2017-julio 2018 en las tres localidades de muestreo dentro del municipio de Isidro Fabela.

Con respecto a las medidas morfométricas, se encontraron diferencias significativas en la longitud de la cola en los tres arroyos (ANOVA $F_{(2,828)} = 177.51$, $P < 0.001$; Figura 10a), siendo que las tallas de la cola entre los ajolotes de Organillos fueron significativamente diferentes con respecto a los de Laguna Seca (Prueba de Tukey: Organillos-LagunaSeca, $P=0.001$) y los de Sehuayán (Prueba de Tukey: Organillos-Sehuayán, $P=0.001$). De igual manera existe una diferencia significativa entre Laguna Seca y Sehuayán (Prueba de Tukey: LagunaSeca-Sehuayán, $P=0.001$). También existen diferencias significativas en la longitud hocico-cloaca en los tres arroyos (ANOVA $F_{(2,828)} = 128.15$, $P < 0.001$; Figura 10b); siendo que las LHC en Organillos difirieron de las LHC de Laguna Seca (Prueba de Tukey: Organillos-LagunaSeca, $P=0.001$) y los de Sehuayán (Prueba de Tukey: Organillos-Sehuayán, $P=0.001$). Y entre Laguna Seca y Sehuayán también difirieron (Prueba de Tukey: LagunaSeca-Sehuayán, $P=0.001$). Por último, con respecto al peso también se observaron diferencias significativas entre los tres arroyos (Kruskal-Wallis $X^2_{(2)}=119.77$, $P < 0.001$; Figura 10c).

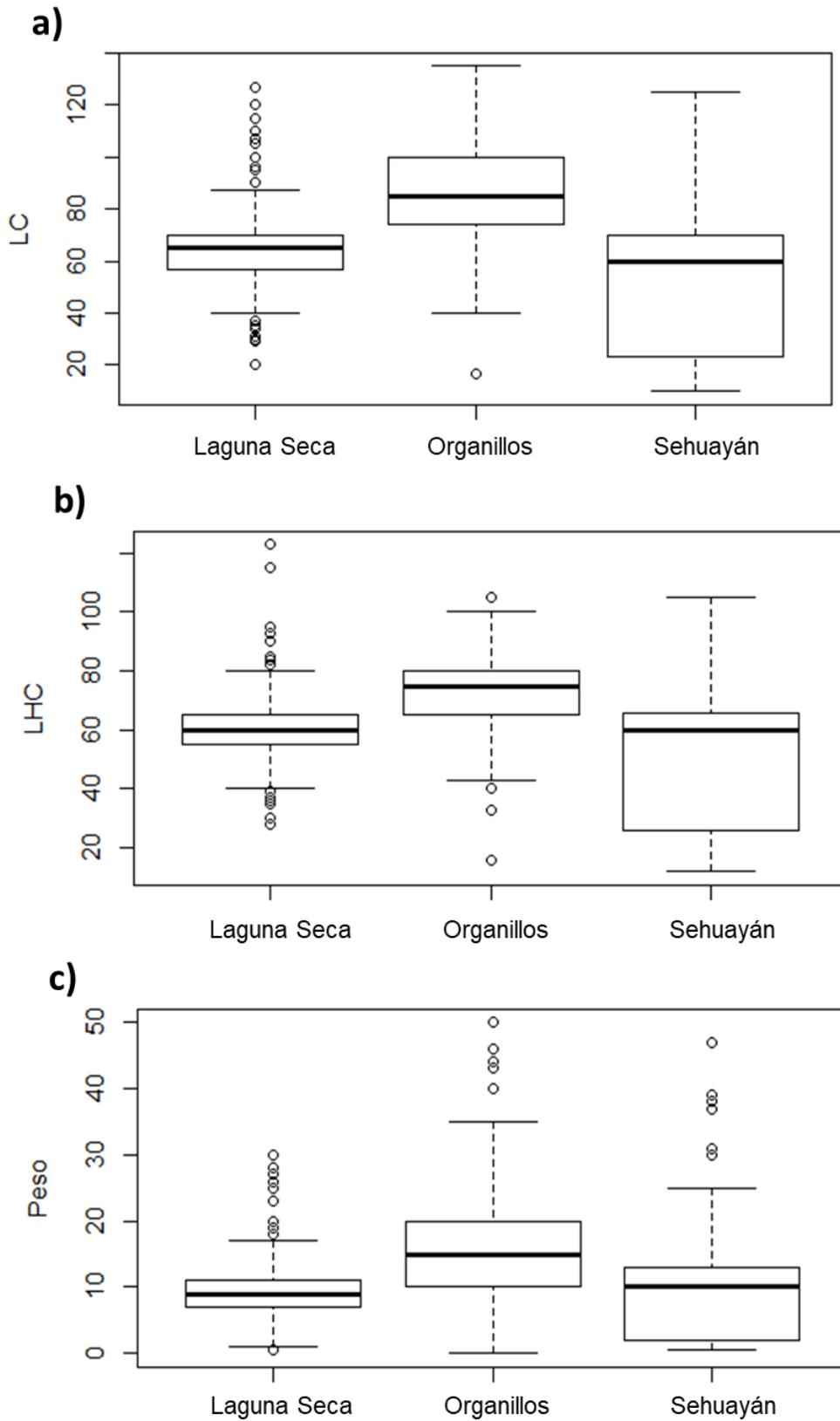


Figura 10. Comparación de las medidas morfométricas de los ajolotes en los tres arroyos: a) LC=longitud de la cola, b) LHC=longitud hocico-cloaca y c) Peso.

El número de ajolotes branquiados varió de un mes a otro en los tres arroyos, aunque de marzo a julio se ve una mayor concentración de individuos con branquias; cabe mencionar que en Organillos comienza desde el mes de febrero siendo este mes en el que se encontró la mayor cantidad de ajolotes branquiados (Figura 11a), mientras que para Laguna Seca y Sehuayán fue en el mes de mayo (Figura 11b y c).

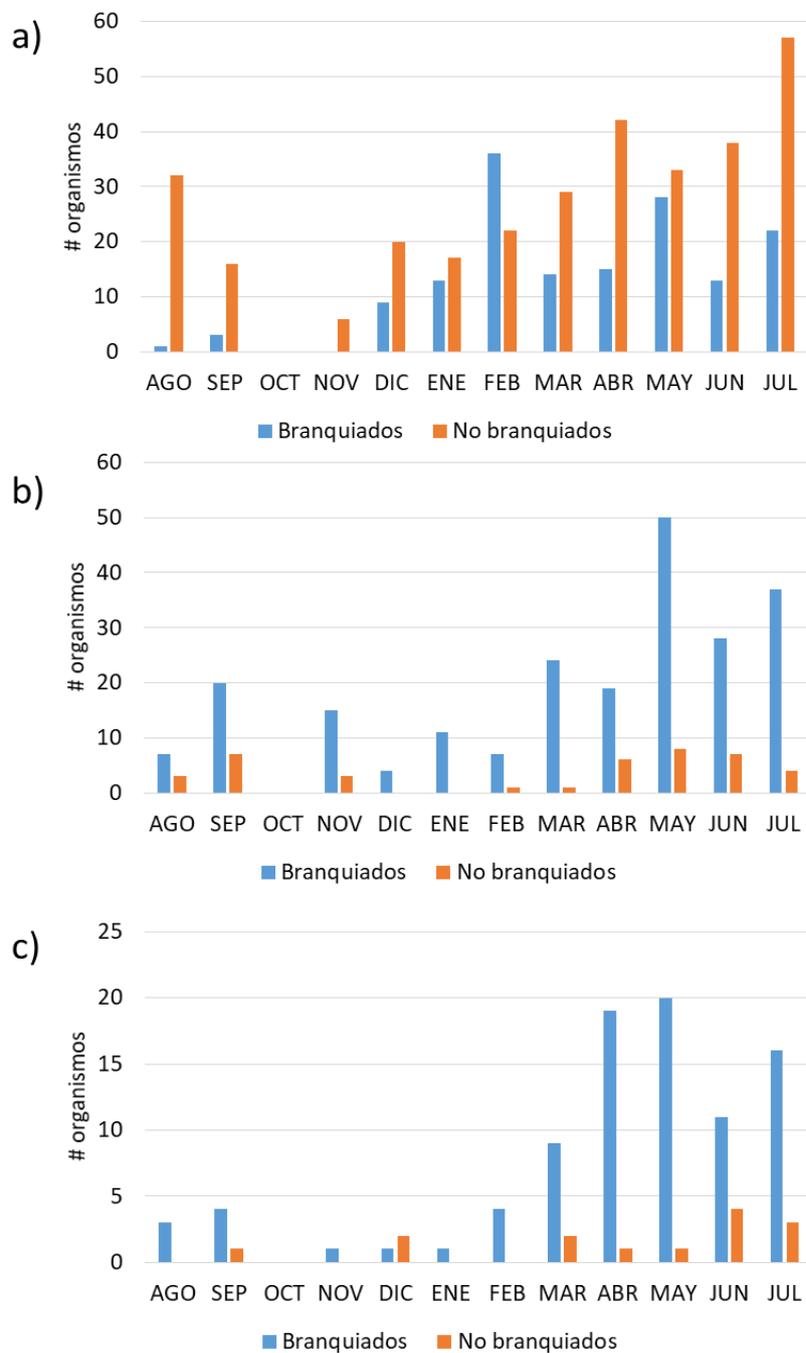


Figura 11. Número de organismos branquiados y no branquiados de *Ambystoma altamirani* registrados durante el periodo de agosto 2017-julio 2018 en los arroyos de a) Organillos, b)Laguna Seca y c) Sehuayán.

Con respecto a la proporción de branquias, a lo largo todo el periodo de muestreo, en Organillos se encontraron 158 organismos con branquias de los 466 ajolotes que se registraron en total (Figura 12a), en Laguna Seca fueron 222 de 262 y en Sehuayán 89 de 103; por lo que Laguna Seca y Sehuayán son los arroyos que presentan una mayor proporción de ajolotes con branquias, con un 85 y 86% respectivamente (Figura 12b y c).

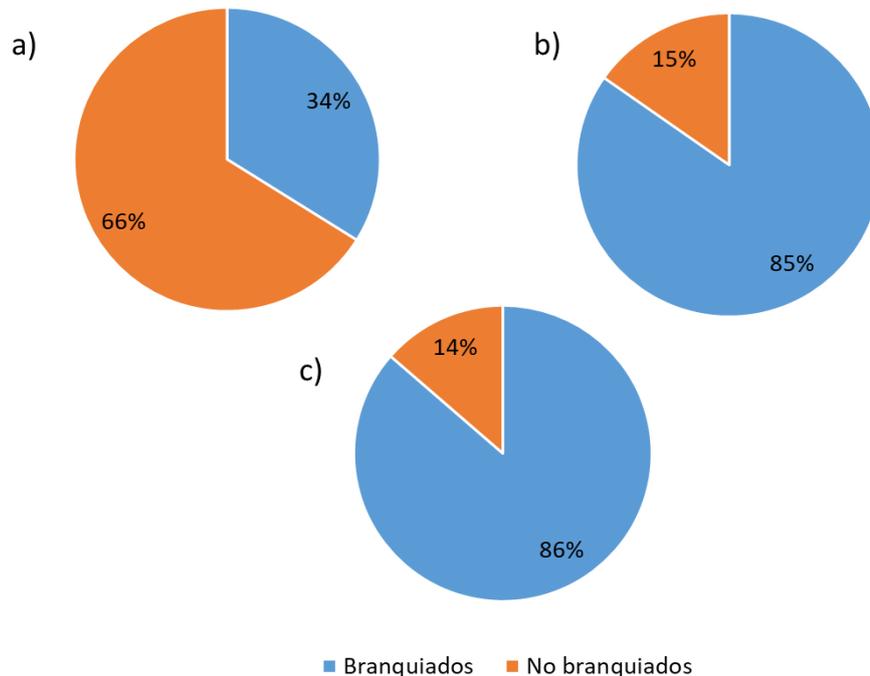


Figura 12. Proporción de ajolotes branquiados y no branquiados en tres arroyos del municipio de Isidro Fabela, la gráfica a) corresponde a la proporción en Organillos, la b) en Laguna Seca y la c) en Sehuayán.

A través de la observación de puestas de huevos, se registró una época reproductiva diferente para cada arroyo. En Organillos se encontraron huevos desde el mes de diciembre hasta abril, en Laguna Seca se encontraron huevos de febrero hasta abril y en Sehuayán se encontraron huevos los meses de enero, febrero y marzo, siendo febrero el mes en que se encontró un mayor número de huevos en los tres arroyos: 288 huevos en Organillos, 20 en Laguna Seca y 46 en Sehuayán. En total, a lo largo de la época reproductiva se encontraron 638 huevos: 491 en Organillos, 38 en Laguna Seca y 109 en Sehuayán (Figura 13). Dichos huevos solían encontrarse en puestas de racimos de 4 hasta 89 huevos. En algunos casos se encontraron puestas de 3 o 2 huevos e incluso huevos solitarios los cuales en su mayoría se encontraban en el suelo del arroyo sin estar fijados a algo.

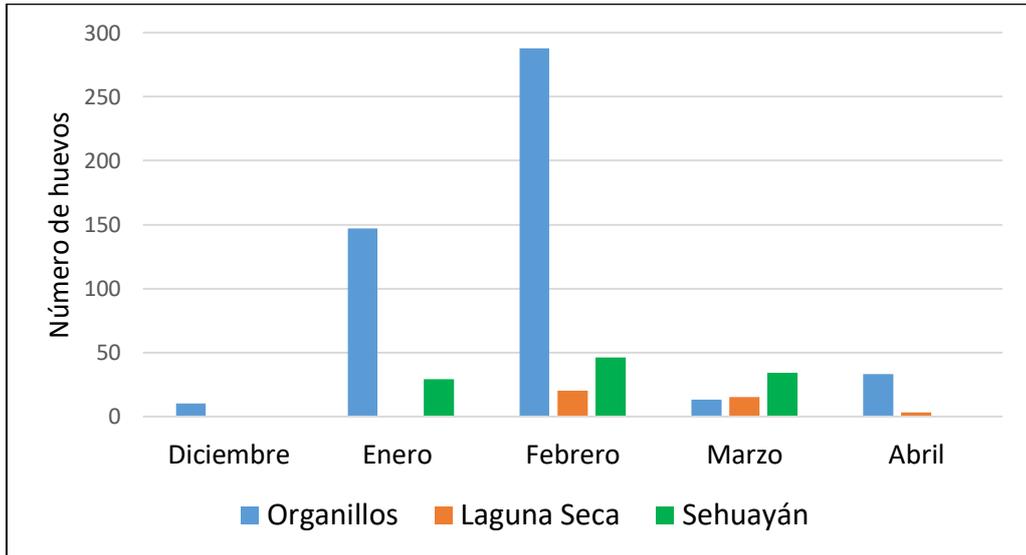


Figura 13. Número de huevos encontrados por localidad a lo largo de los meses en las tres localidades de muestreo dentro del municipio de Isidro Fabela.

Durante diciembre el 100% de los huevos encontrados presentaron un tamaño mediano (0.5 a 1.4 cm). Para enero y febrero el tamaño mediano continuó siendo el predominante, aunque en los dos meses se presentaron los tres tamaños. En marzo los huevos que se encontraron presentaron un tamaño mediano y grande, casi con el mismo número de huevos, mientras que en abril el tamaño chico (menor a 0.5 cm) fue el predominante con más del 70% (Figura 14).

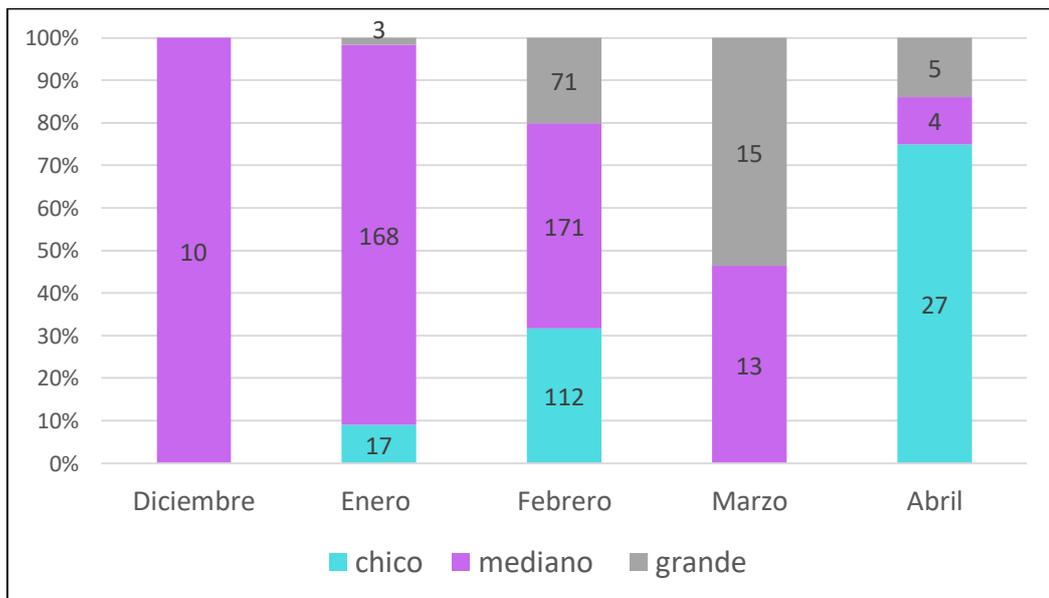


Figura 14. Número y porcentaje de huevos según el tamaño, por mes.

Los huevos se encontraron en distintos sustratos: adheridos a los bordes del arroyo, debajo de rocas, sueltos en el sustrato y en algunos casos sobre troncos de madera (Figura 15).

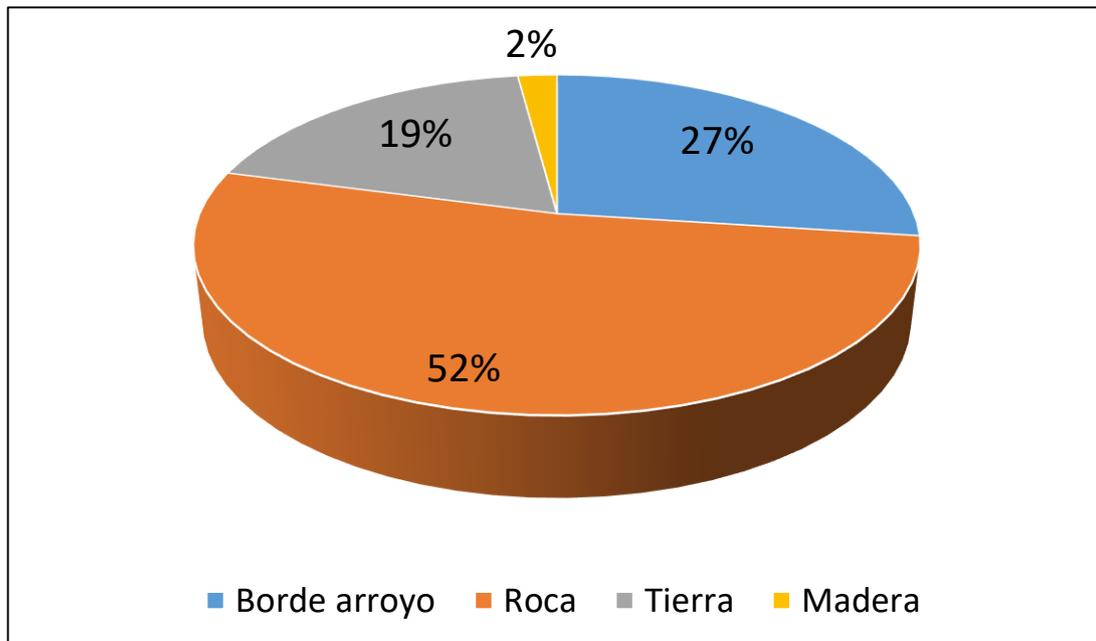


Figura 15. Porcentaje de huevos encontrados según el sustrato.

9.2 Caracterización del arroyo

9.2.1 Esquemas y descripción de los arroyos

En el caso de Organillos, el arroyo corre por un área abierta donde predominan pastos de *Muhlenbergia quadridentata* y *Festuca sp.*, y se encuentra rodeado por un bosque de pinos pertenecientes a la especie *Pinus hartwegii* (Figura 16). Esta zona fue cercada por los propietarios con la finalidad de proteger a la población de ajolotes que ahí habita, pero a lo largo del monitoreo se observó que los propietarios hacen uso de este espacio para el cultivo de avena y el pastoreo de borregos. Además de que han realizado la quema de los pastos, ya que creen que aumenta el riesgo de encontrarse serpientes de cascabel si no realizan esta práctica y esto implica un riesgo para su ganado y para sus habitantes. Cabe mencionar que en la parte baja del arroyo, que ya no se encuentra cercada, los propietarios tienen un truchero y aunque las truchas están contenidas para que no naden río arriba, algunos ajolotes son arrastrados por la corriente y terminan siendo alimento de las truchas (I. Rosas-Chávez comunicación personal, 2018).

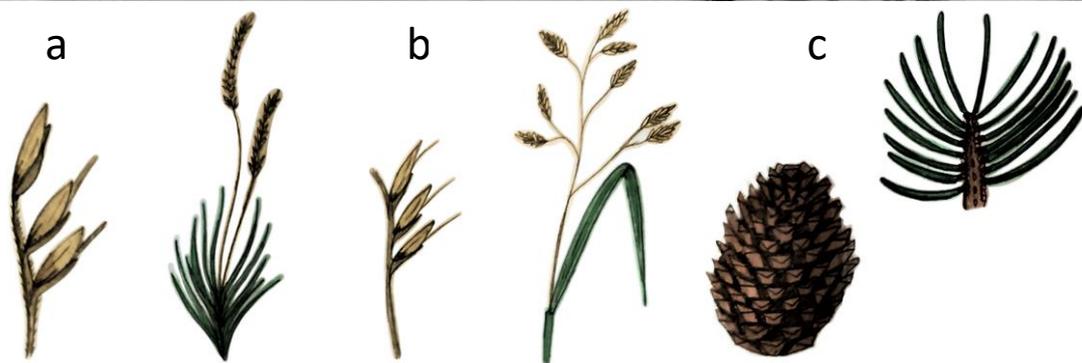
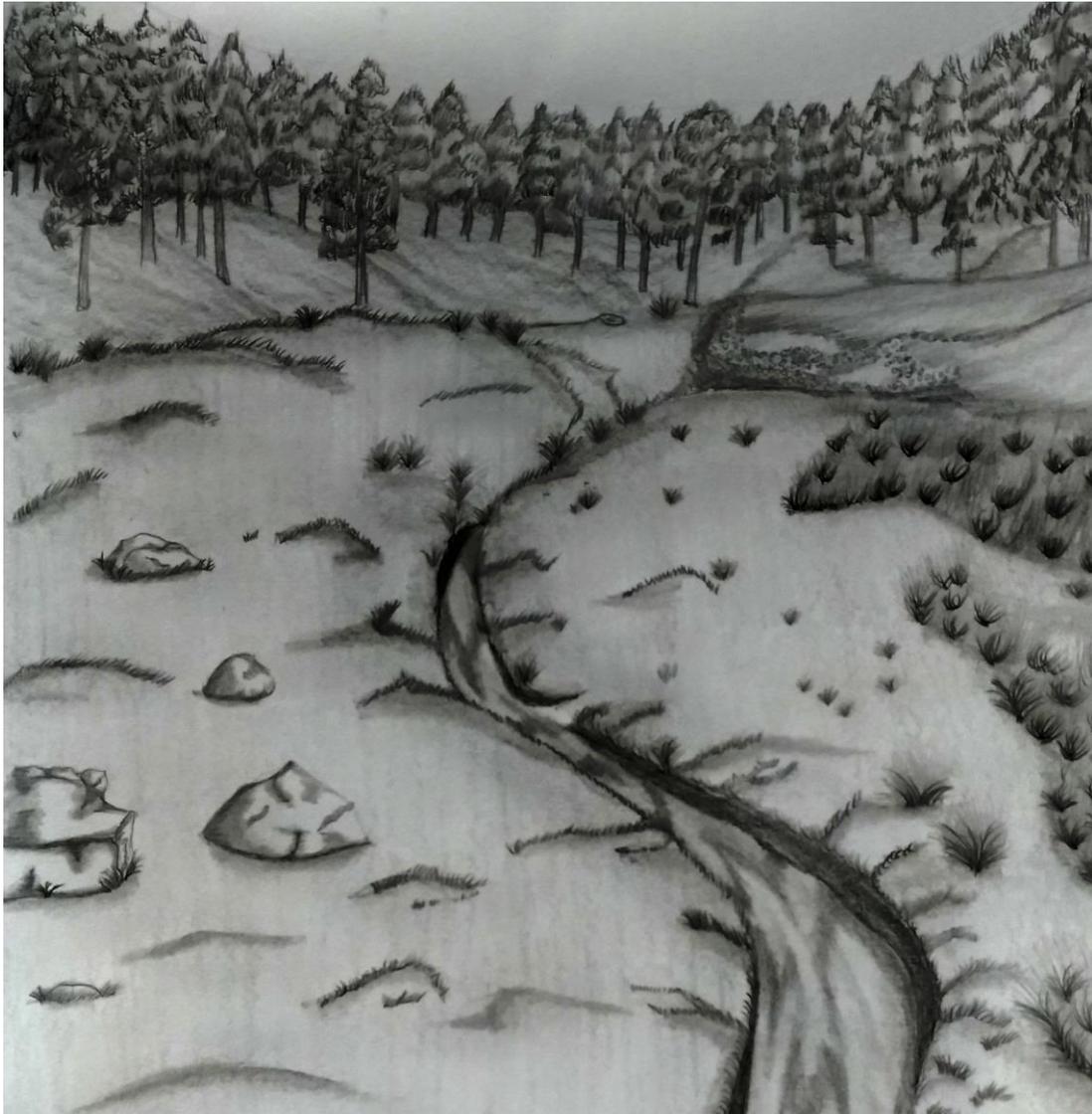


Figura 16. Esquema del arroyo y de las plantas representativas en el paraje Organillos.
a. Inflorescencia de *Muhlenbergia quadridentata*, b. Inflorescencia de *Festuca* sp. y c. Acículas y cono de *Pinus hartwegii*. Ilustración de Yoyi Trejo.

El arroyo no se encuentra en una pendiente por lo que no se generan caídas ni pozas, pero este arroyo presenta recovecos a los costados que sirven de escondites para los ajolotes (Figura 17).

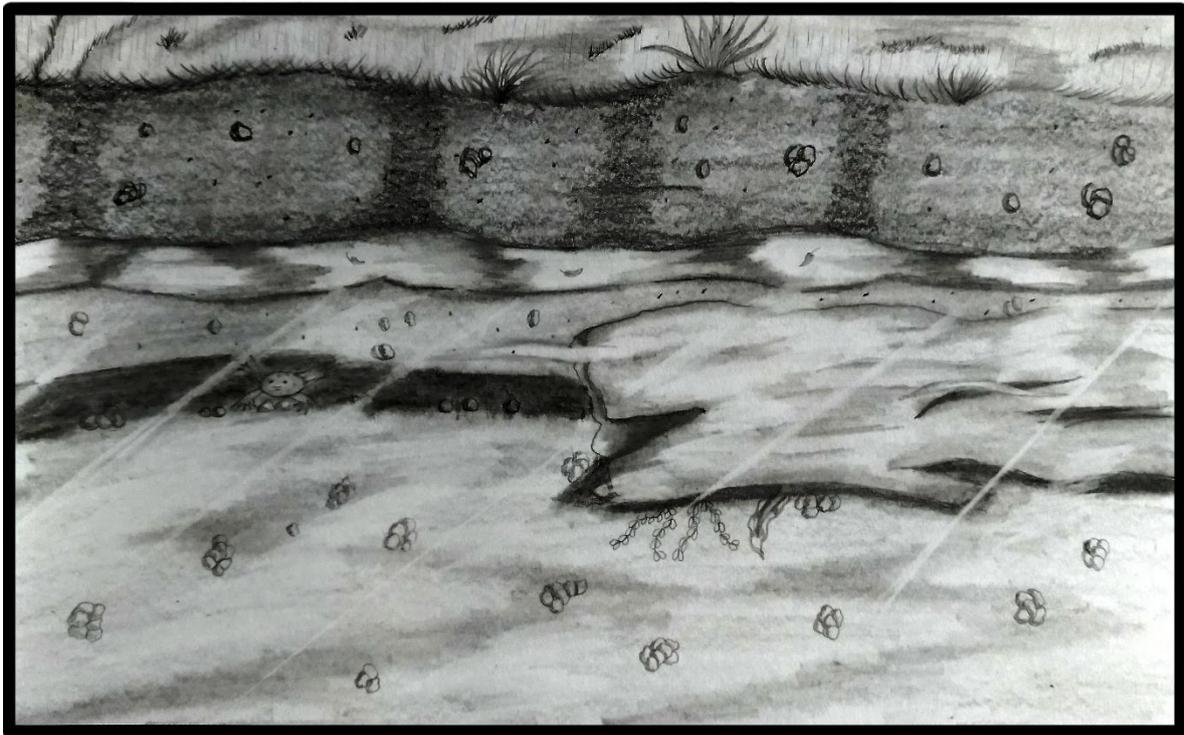


Figura 17. Vista lateral del arroyo Organillos. En la parte superior se ve el pasto y algunas pequeñas hierbas, después se observa el borde del arroyo conformado por tierra y algunos musgos, seguido está el reflejo del agua y se alcanza a observar el fondo del arroyo por lo que no es muy profundo. Dentro se encuentra un troco y algunas plantas acuáticas sumergidas. Al fondo de lado izquierdo se visualiza la cabeza de un ajolote saliendo de un recoveco. Ilustración de Yoyi Trejo.

En el caso de los arroyos presentes en los parajes Laguna Seca y Sehuayán, estos corren por áreas más cerradas y con una mayor vegetación (Figura 18), ya que corren por bosques de pino (*Pinus hartwegii*) (Figura 16c.) y oyamel (*Abies religiosa*) (Figura 19a). Ambos parajes son propiedad comunal, forman parte de los Bienes Comunales de Santiago Tlazala, el cual tiene un permiso de saneamiento por 10 años (2014-2023) para extraer un volumen máximo de 101,763 m³ V.T.A. (volumen total árbol), aproximadamente 10 000 m³ V.T.A. por año (GEM, 2014). Varios pobladores han hecho mención de que dicho permiso no se respeta y la tala ilegal es una práctica vigente. En Laguna Seca se ha observado parte de este problema, encontrando tocones recientes sin ningún tipo de marcaje, o incluso encontrando tocones bastante cerca del arroyo siendo que no está permitido aún con un permiso de saneamiento. Otro de los aspectos en los que se infringe el

permiso de saneamiento, es en la caza de cualquier animal silvestre en el predio, siendo que en una ocasión se encontró a un grupo de cazadores con varios ejemplares de conejos (género *Sylvilagus*) y un águila (género *Buteo*). Dicho suceso hace pensar también en la posibilidad de la extracción de ajolotes del arroyo, aún cuando no esté permitido y en particular las medidas sean más estrictas cuando se trata de especies dentro de la NOM-059.

Otro de los factores que puede estar incidiendo en Sehuayán, es su cercanía con la presa Capoxi, la cual ofrece servicios de recreación entre los cuales se encuentra el motociclismo de montaña; si bien este deporte puede ser practicado en zonas designadas, durante el periodo de muestreo se encontraron huellas de llantas de motos en los alrededores del arroyo de Sehuayán e incluso en algunas ocasiones se encontró a los motociclistas haciendo uso de este espacio. Se sabe que el motociclismo de montaña puede ser nocivo para el ecosistema ya que pueden destruir la vegetación nativa de la región, perturba el hábitat de la fauna nativa e incrementa su riesgo de sufrir atropellamiento, erosiona el terreno, contribuye con la contaminación acústica y contamina el suelo y los cuerpos de agua con el derrame de aceite (Boada *et al.*, 2005). Por lo que dicha actividad puede estar teniendo efectos nocivos en el hábitat del ajolote y por ende en sus poblaciones.

Algunas de las plantas más representativas de estos arroyos son helechos del género *Dryopteris sp.* y *Asplenium sp.*, además de algunas angiospermas como *Eryngium carlinae*, *Stevia sp1.*, *Stevia sp2.*, *Roldana angulifolia*, *Arracacia sp.*, *Siegesbeckia jorullensis*, *Cirsium jorullensis*, *Cestrum thyrsoides*, *Senecio callosus*, *Acaena elongata*, *Ribes ciliatum*, *Roldana barba-johannis*, *Salvia concolor*, *Salvia gesnerifolia* y *Baccharis conferta* (Figura 19).

Y al igual que en Organillos podemos encontrar pastos de *Muhlenbergia quadridentata* y *Festuca sp.* (Figura 16a y b).

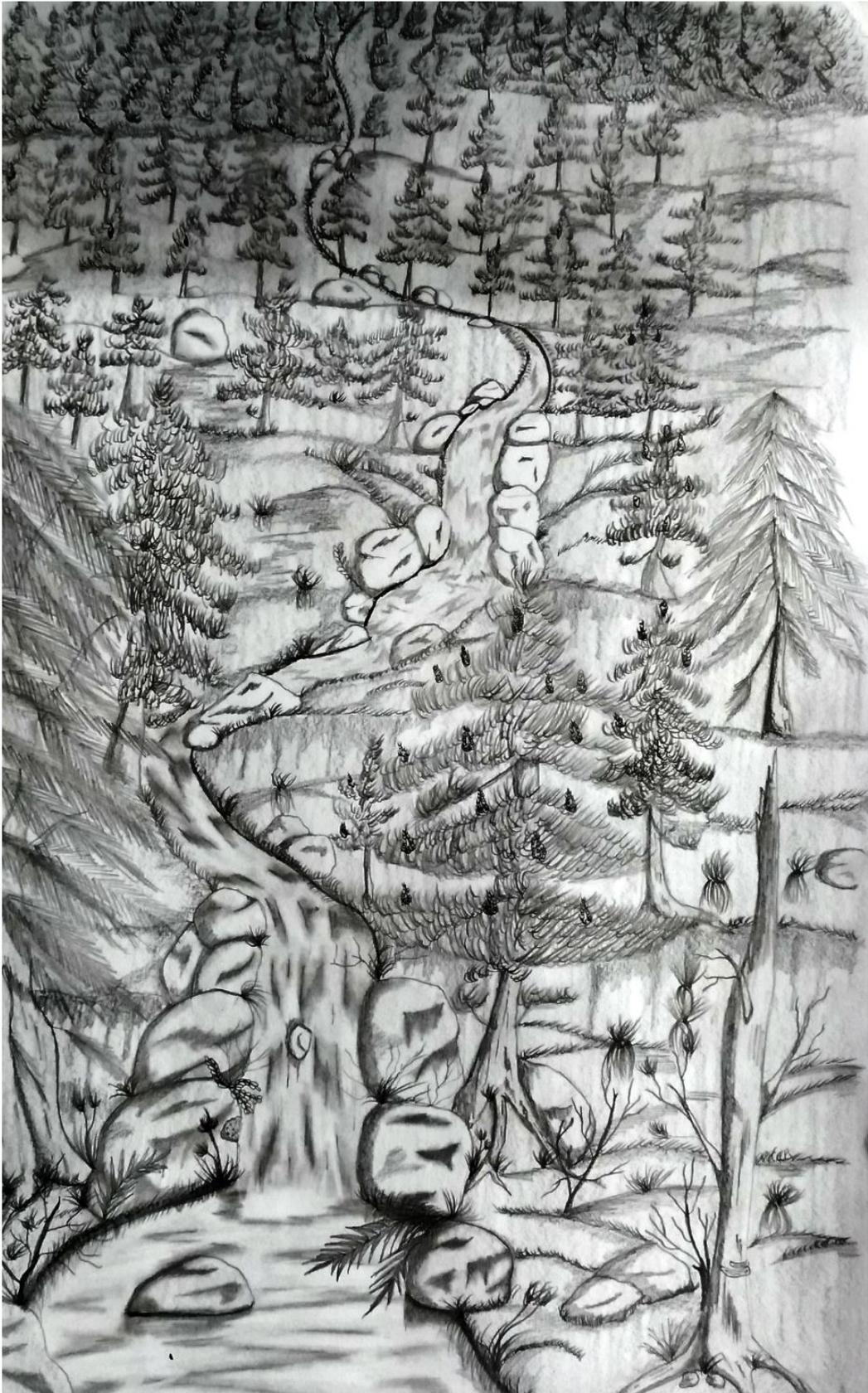


Figura 18. Esquema de los arroyos en los parajes de Laguna Seca y Sehuayán.
Ilustración de Yoyi Trejo.

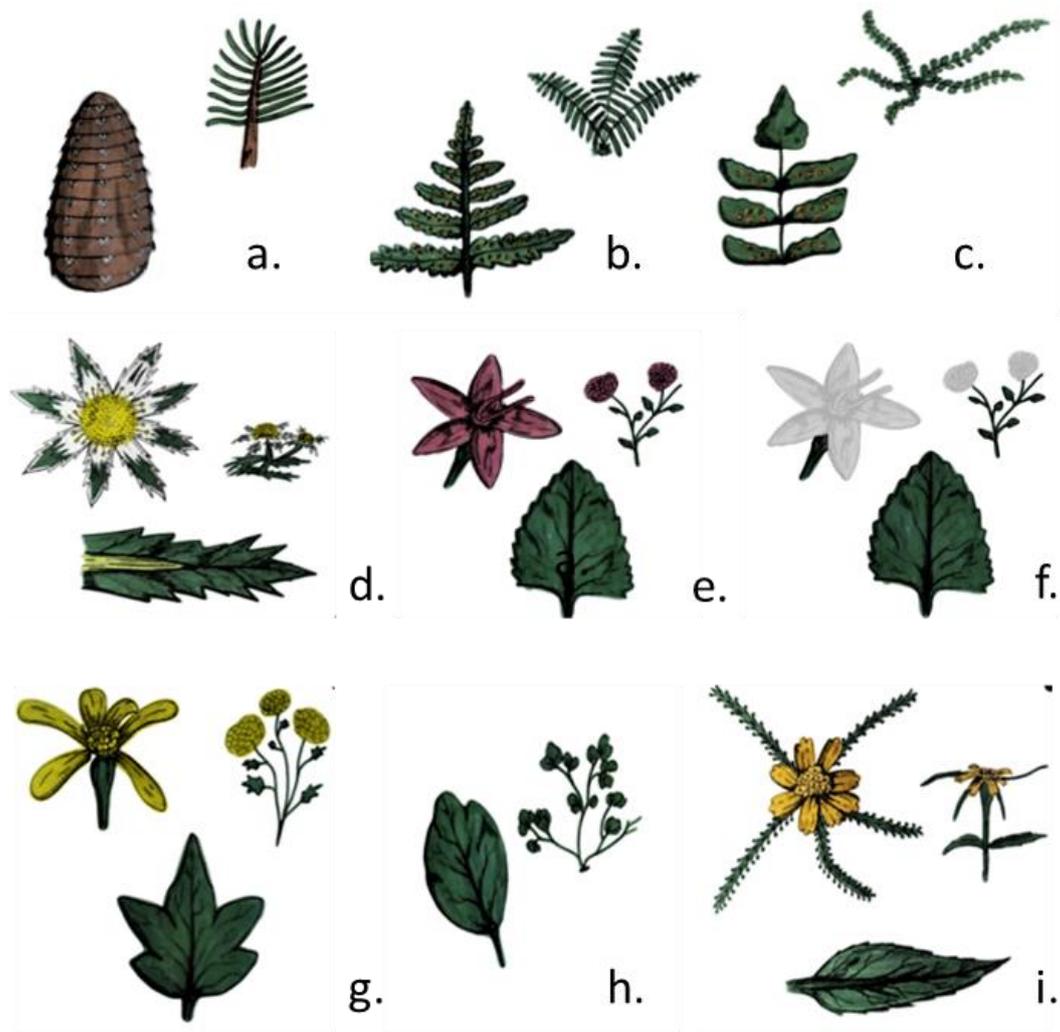


Figura 19. Plantas representativas en los arroyos de los parajes de Laguna Seca y Sehuayán: a. *Abies religiosa*, b. *Dryopteris spp.*, c. *Asplenium sp.*, d. *Eryngium carlinae*, e. *Stevia sp1.*, f. *Stevia sp2.*, g. *Roldana angulifolia*, h. *Arracacia sp.*, i. *Siegesbeckia jorullensis*. Ilustración de Yoyi Trejo.

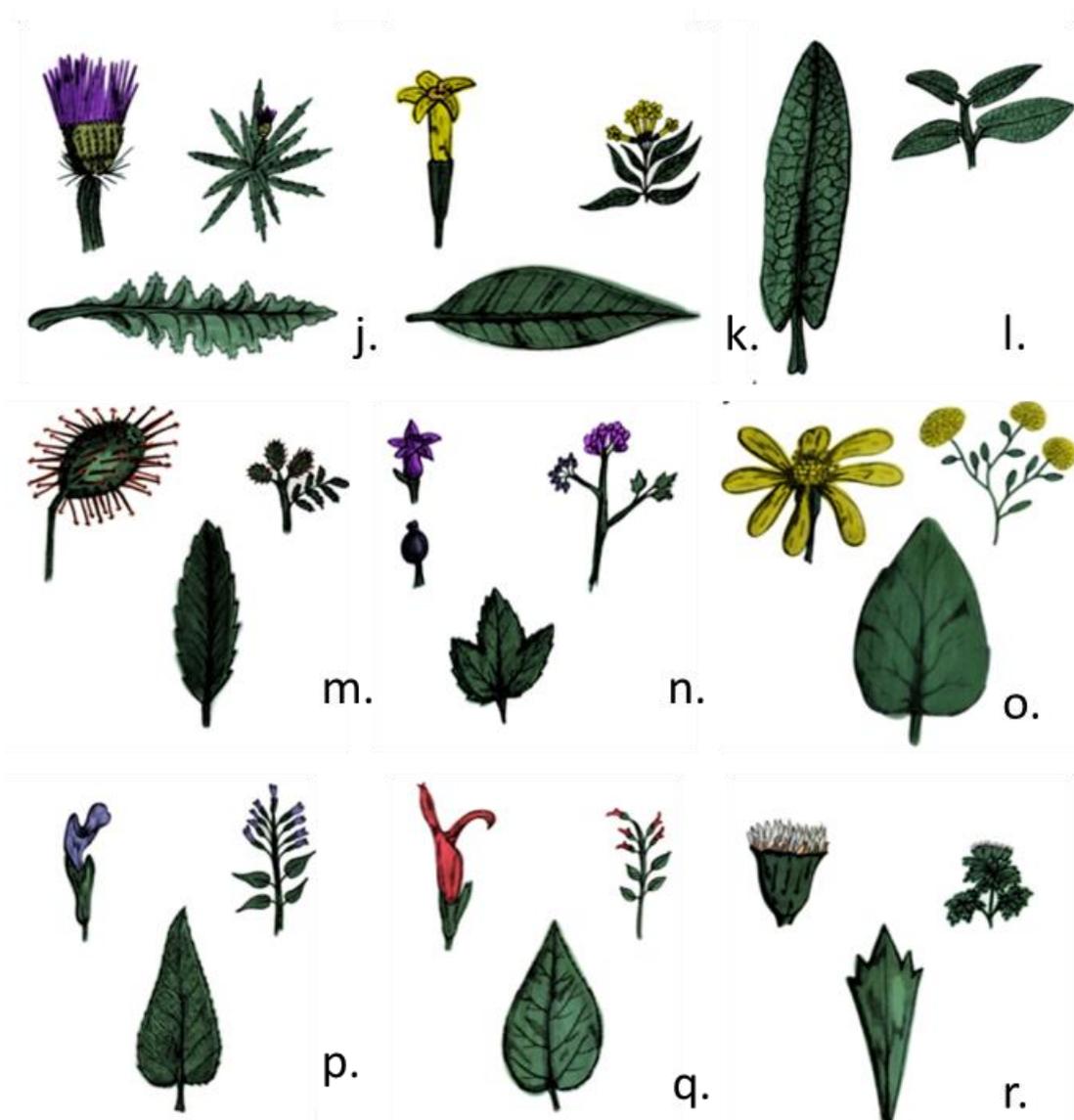


Figura 19 (Continuación). Plantas representativas en los arroyos de los parajes de Laguna Seca y Sehuayán: j. *Cirsium jorullensis*, k. *Cestrum thyrsoideum*, l. *Senecio callosus*, m. *Acaena elongata*, n. *Ribes ciliatum*, o. *Roldana barba-johannis*, p. *Salvia concolor*, q. *Salvia gesnerifolia* y r. *Baccharis conferta*.

Debido a que estos dos últimos arroyos se encuentran en pendientes y tienen una orografía accidentada, se generan caídas y pozas en las cuales se pueden encontrar con más frecuencia a los ajolotes (Figura 20).



Figura 20. Esquema de pozas presentes en los arroyos de los parajes de Laguna Seca y Sehuayán. Algunas son de una profundidad considerable y el sustrato del fondo es muy fino lo cual dificulta la visibilidad de los ajolotes. En los bordes de las pozas se llegan a encontrar musgos, además de arbustos o helechos que proporcionan sombra.

Ilustración de Yoyi Trejo.

9.2.2 Parámetros físico-químicos

El rango de temperaturas varió en los arroyos. Organillos presento una temperatura desde los 8.4 °C a los 16.2 °C, Laguna Seca presentó una temperatura mínima de 5.8 °C y una máxima de 18 °C y en Sehuayán la temperatura fluctuó entre los 8.3 °C y los 14.5 °C. El oxígeno disuelto para cada sitio varió de la siguiente manera: Organillos de 5.5 a 7.47 mg/L, Laguna Seca de 6.51 a 7.89 mg/L y Sehuayán de 6.91 a 7.97 mg/L.

Al comparar los arroyos, con respecto a la temperatura no se encontraron diferencias significativas entre los tres arroyos (ANOVA $F_{(2,33)} = 2.164$, $P = 0.131$) ni con el oxígeno disuelto (Kruskal-Wallis $X^2_{(2)} = 4.27$, $P = 0.118$) (Figura 21).

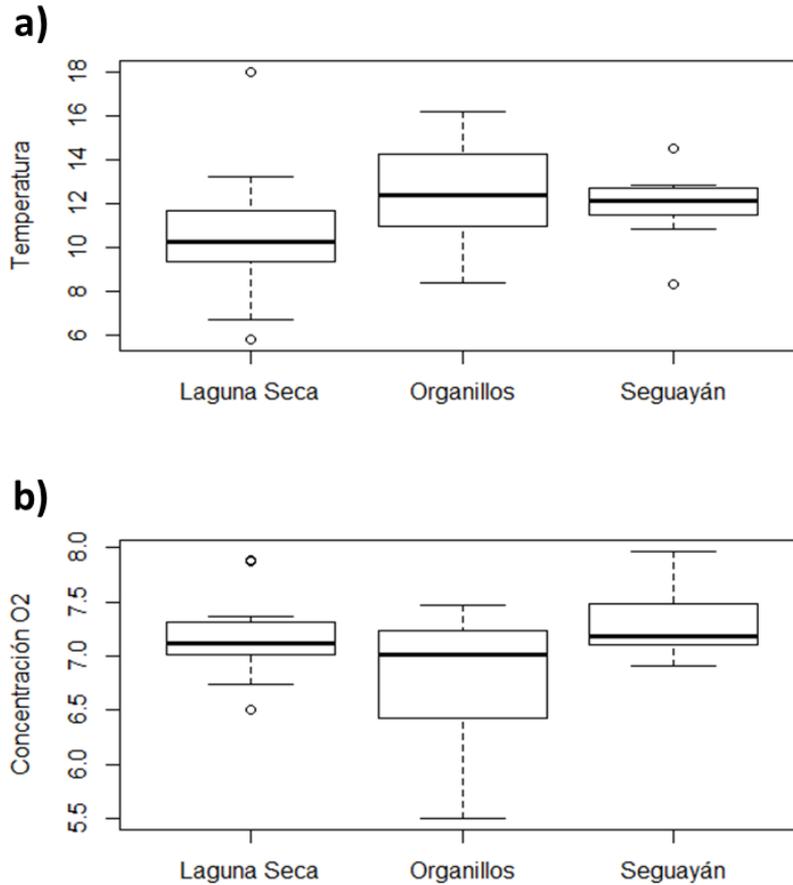


Figura 21. Comparación de los parámetros fisicoquímicos: a) Temperatura y b) Concentración de oxígeno disuelto en los tres arroyos

De la Figura 22 a la 24 se pueden observar los valores de temperatura en contraste con el número de ajolotes encontrados a lo largo del año estudiado, una por cada arroyo. Existe una relación positiva entre el número de ajolotes y la temperatura en los tres arroyos, siendo que en Organillos es una relación moderada pero no significativa (Correlación de Pearson $r = 0.54$, $p = 0.07$) mientras que en Laguna Seca y Seguayán la relación es débil y no significativa (Correlación de Pearson $r = 0.18$, $p = 0.58$; $r = 0.04$, $p = 0.90$, respectivamente).

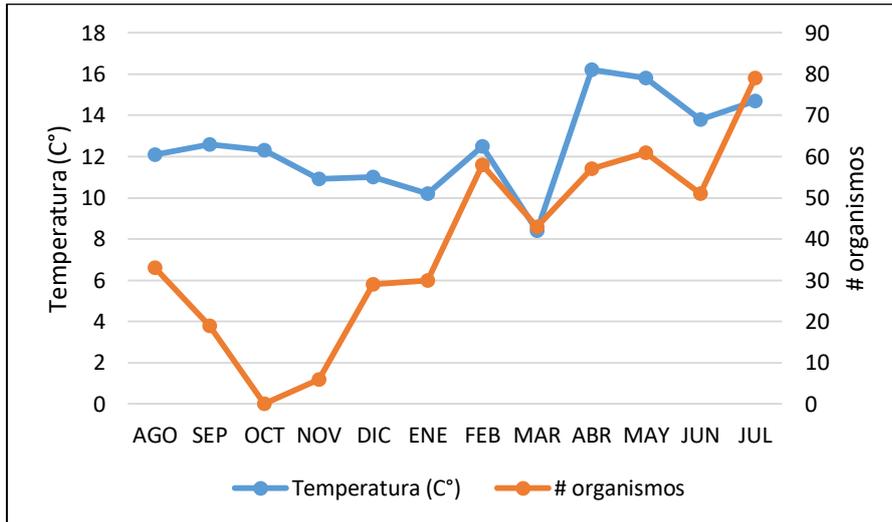


Figura 22. Temperatura y número de organismos encontrados por mes en Organillos.

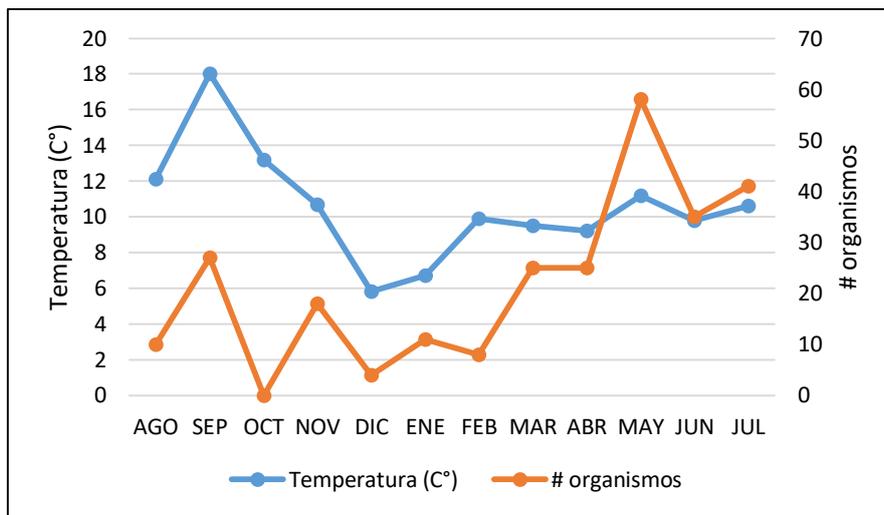


Figura 23. Temperatura y número de organismos encontrados por mes en Laguna Seca.

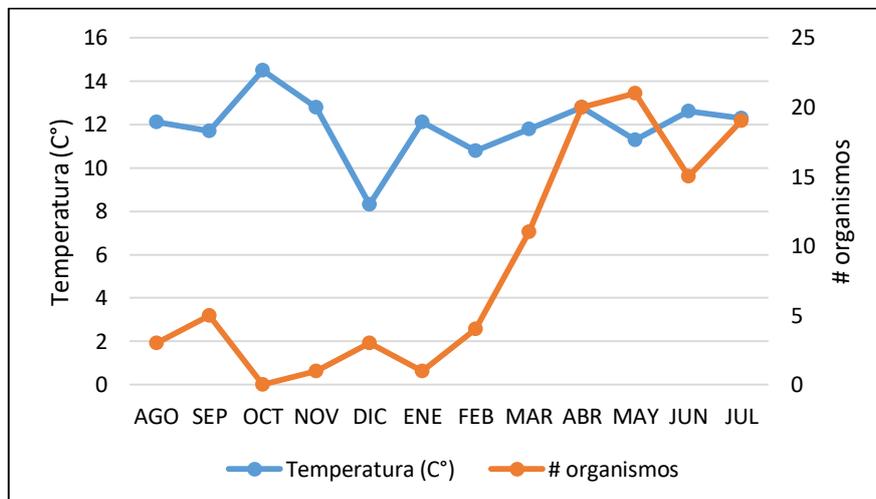


Figura 24. Temperatura y número de organismos encontrados por mes en Sehuayán.

Con respecto al oxígeno disuelto, parece que se mantuvo constante a lo largo de todo el año de monitoreo en los tres arroyos y su relación con el número de ajolotes encontrados fue negativa, moderada y significativa en el caso de Organillos (Correlación de Pearson $r = -0.60$, $p = 0.04$) y de Laguna Seca (Correlación de Pearson $r = -0.60$, $p = 0.04$), mientras que fue débil y no significativa en Sehuayán (Correlación de Pearson $r = -0.17$, $p = 0.06$; Figura 25, 26 y 27).

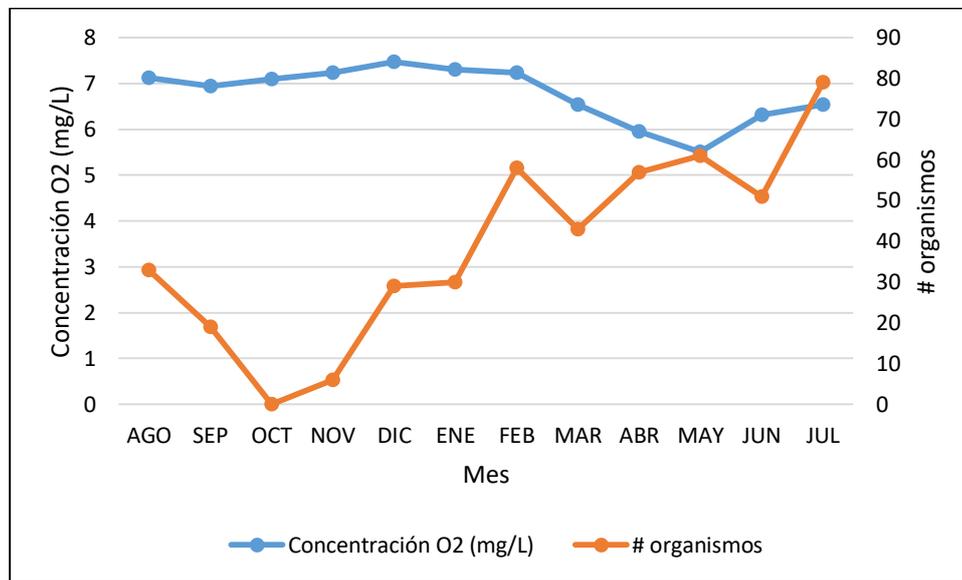


Figura 25. Oxígeno disuelto y número de organismos encontrados por mes en Organillos.

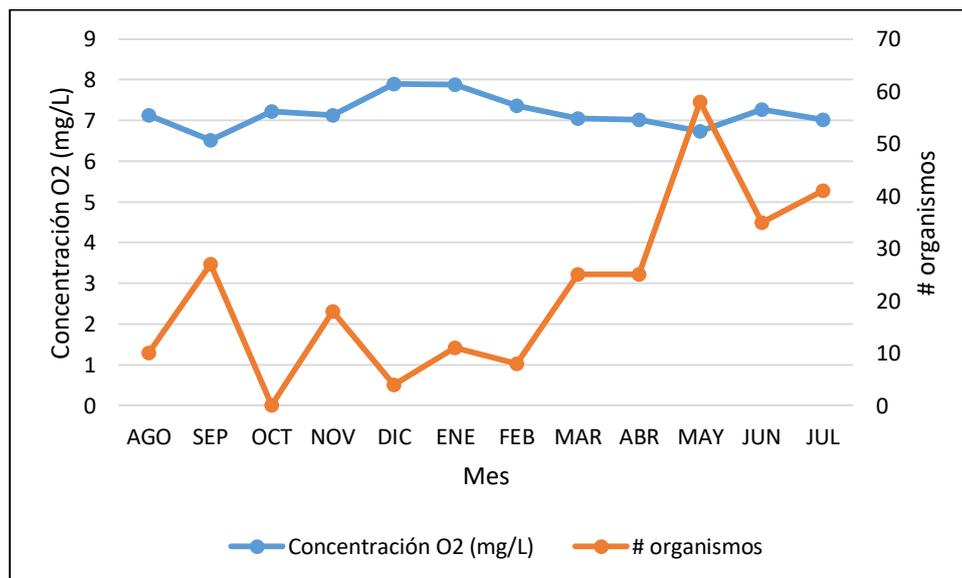


Figura 26. Oxígeno disuelto y abundancia a lo largo de los meses en Laguna Seca.

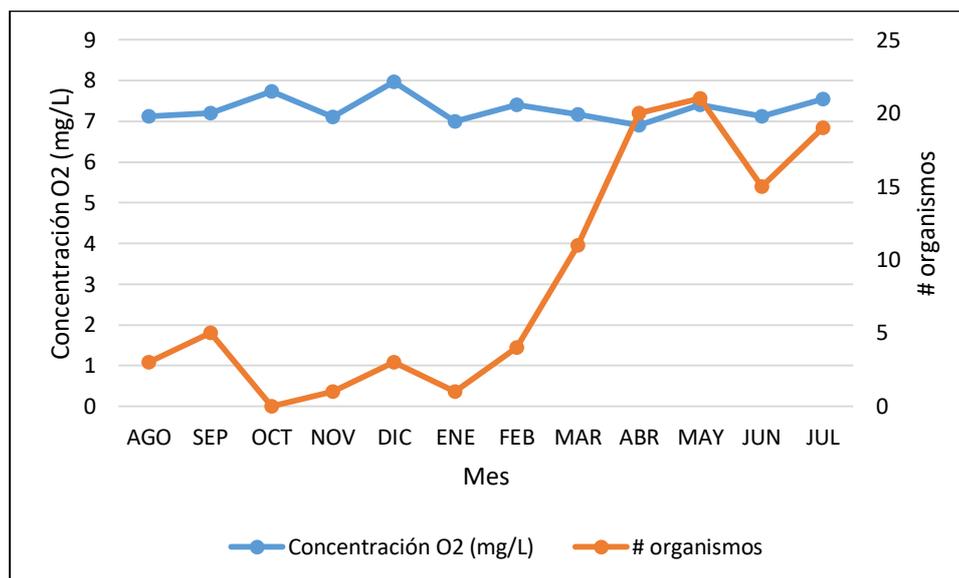


Figura 27. Oxígeno disuelto y abundancia a lo largo de los meses en Sehuayán.

9.3 Conocimiento tradicional: Entrevistas a adultos

En total se aplicaron 38 entrevistas a hombres y mujeres con un rango de edad de 25 a 78 años, y casi la mitad de ellos (16) fueron de la tercera edad.

9.3.1 Ecología y biología del ajolote

Los habitantes de Isidro Fabela reconocen que los ajolotes presentan una piel babosa, tienen agilidad para nadar y que también se entierran. Con respecto a su coloración, mencionaron que los ajolotes pueden ser negros, grises, cafés, pintos (con manchas más claras), amarillos y dorados; a pesar de existir una variabilidad en el color, la mayoría concordaba en que los ajolotes presentaban dos coloraciones, siendo una más oscura que la otra. Dos de los entrevistados mencionaron que existe un ajolote de coloración negra con roja. Acerca de su tamaño, la mayoría concordó en que se encuentran entre 15 y 30 cm.

A pesar de que una parte de la población asegura que nunca ha visto ajolotes con branquias, la mayoría sí los ha visto con éstas e incluso las denominan de distintas formas: corona, melena, cuernos y ramas. Sólo uno de los entrevistados mencionó que los ajolotes pueden perder las branquias cuando salen del agua o no están bien alimentados. En general desconocen la función de las branquias, y en algunos casos consideran que son sus orejas, en otros denotan la edad (los más viejos presentan branquias) o el sexo (sólo los machos las presentan). Otra de las características que mencionaron que denota el sexo son la coloración (machos moteados y hembras rayadas) y la complexión (los machos son más esbeltos).

No es común encontrar a los ajolotes alimentándose, pero aun así algunas personas comentaron cuál es su posible dieta considerando los insectos que suelen encontrarse en los mismos arroyos. Algunos de los insectos mencionados fueron moscos (Diptera), mosquitos (Diptera), tijeras de agua (Hemiptera), chinches (Hemiptera), hormigas (Hymenoptera) e insectos que “hacen su casa” (Trichoptera). Otro de los animales que mencionaron que pueden formar parte de la dieta del ajolote son los gusanos (Annelida). A esto podríamos añadir una observación en campo, donde se encontró a un ajolote alimentándose de una rana (*Dryophytes plicatus*).

De igual manera, es poco lo que se sabe respecto a los depredadores de los ajolotes, pero algunos de los pobladores mencionaron a los mapaches (*Procyon lotor*), tejones (suelen llamar así a las comadrejas, *Mustela frenata*), cacomixtles (*Bassariscus astutus*), tlacuaches (*Didelphis virginiana*), culebras de agua (*Thamnophis sp.*), aves (Passeriformes) y truchas (*Oncorhynchus mykiss*) como posibles depredadores del ajolote.

Es aún menos lo que se conoce sobre los hábitos de los ajolotes y fueron pocos los entrevistados que dieron información al respecto; siendo que una parte aseguraba que los ajolotes se encuentran más activos por la mañana y la otra parte que es más común encontrarlos por la tarde e incluso algunos salen a la tierra en esas horas. Aunque todos coincidieron en que la época en la que se encuentran más ajolotes es en la temporada de lluvias, principalmente de junio a septiembre.

Los pobladores no reconocen una época de reproducción, incluso la mayoría no ha visto los huevos de ajolote. Aquellos que sí los han visto, dicen que son parecidos a los de las ranas; y estos se pueden encontrar pegados en los bordes del arroyo, sobre raíces o hierbas donde haya poca corriente.

9.3.2 Hábitat y abundancia

Los pobladores de Isidro Fabela comentan que antiguamente en la mayoría de los arroyos de la región se podrían encontrar ajolotes, algunos de los arroyos en donde se podrían encontrar son conocidos como Las Palomas, Canalejas, Las Majadas, Transfiguración, Llano de la Horca, Piedra Gorda, arroyos de Tlazala, algunos particularmente de la colonia La Aurora, Arroyo Los Axolotes y arroyos cercanos a la presa Iturbide. Actualmente la mayoría de los habitantes desconocen

en qué arroyos aún persisten poblaciones de ajolotes, pero en dado caso de que aún existan poblaciones estarían en la parte alta de los arroyos como Las Palomas, Arroyo Los Axolotes, Organillos y arroyos de la presa Iturbide.

En general, las personas mencionan que es raro encontrar ajolotes porque ya casi no quedan individuos, por lo que sus poblaciones están disminuyendo. Las razones por lo que esto acontece son variadas pero las más frecuentes son disminución del agua, tala ilegal, cambio de uso de suelo, introducción de la trucha y contaminación. Es por ello que los habitantes de Isidro Fabela aseguran que es más probable encontrar a los ajolotes en los ojos de agua donde el agua está cristalina y limpia, además de que el agua debe mantener una temperatura fría, deben existir pozas en los arroyos y debe estar libre de truchas.

9.3.3 Usos y creencias

Para la región de Isidro Fabela, el ajolote de montaña tiene una importancia cultural al tener un uso medicinal y alimenticio, incluso de recreación (los niños juegan con ellos). En el caso del uso medicinal, los pobladores aseguran que el ajolote puede curar enfermedades tales como cáncer (leucemia), enfermedades de las vías respiratorias (tos, gripa, tosferina, neumonía, asma), sarna, hidropesía, enfermedades estomacales, anemia, “ético” (inflamación del abdomen). La señora Paula Sánchez Rosas relató cómo uno de sus familiares se curó de estar ético con ajolotes:

Éste se hizo flaquito y panzón, entonces para que se compusiera sus tíos fueron a traerle ajolotes del río y le dieron ajolotes de comer, así asaditos en el comal. El ajolote es buenísimo para eso y dicen que se compuso.

Existen diversas formas para preparar remedios con ajolote: se hacen pomadas o jarabes, se come asado sin la piel, se hierva y el agua se toma como té o se añade al shampoo (ayuda al crecimiento del cabello). La señora Honoria comentó que “no importa cómo se prepare, pero el ajolote es mejor que cualquier otro remedio”, comentó esto ya que su hija iba por ajolotes para Paquito (su nieto), se lo preparaba en té, asado o como pescado y después de usarlo “se curó de leucemia y le creció su pelo bonito”.

Con respecto a su uso alimenticio, los ajolotes eran preparados de distintas maneras: algunas de las más sencillas era cocinarlo a las brasas con un poco de sal después de sacarlo del arroyo. También existen preparaciones más elaboradas como prepararlo en tamal; para ello el ajolote se lavaba y se le quitan las vísceras, ya en la masa se pone cebolla, cilantro, epazote, jitomate y chile. Y la preparación más común es prepararlo como pescado, particularmente como la trucha; en la región existen varios trucheros con distintas formas de preparar dicho pescado, pero algunas de las más comunes son: frita, al mojo de ajo, enchilada y a la mexicana. Las personas que las consumen o las consumían, aseguran que el ajolote tiene un sabor similar al pescado, que “sabe muy rico”, y que contiene vitaminas.

Independientemente el uso que le fueran a dar al ajolote, los pobladores desarrollaron una técnica para sacar a los ajolotes: se atrapaba haciendo una lazada con las hojas de tule o con una gasa atada también a una hoja de tule o una rama de árbol.

Los habitantes de Isidro Fabela reconocen que el conocimiento de dichos usos no era exclusivo de los entrevistados y su familia, sino que toda la región hacía uso del ajolote o por lo menos conocía sus usos, incluso personas de fuera venían a la región en busca de ajolotes ya que también conocían sus propiedades medicinales. Pero mencionan que estas son prácticas antiguas y que en la actualidad ya no perduran.

La mayoría de los habitantes dicen que no existen leyendas en torno al ajolote y sólo unos cuantos mencionaron que existe una creencia respecto al animal, en la cual si se quitaban los ajolotes, se secaba el ojo de agua. Las señoras Josefina Vargas y Leonora Vargas relatan más acerca del valor que tenía el ajolote:

De chiquitas nos enseñaron a cuidarlo porque lo encontrábamos en los pozos naturales de agua que eran para tomar, entonces era muy importante que nosotros no los tocáramos ni los sacáramos. En ocasiones cuando llegábamos a lavar los pozos del río del bosque, los atrapábamos con cubeta, ya que limpiábamos el espacio los volvíamos a regresar. Son muy valiosos. Las creencias de la gente de antes, decían que si nosotros los tocábamos se iban a morir y al morir ese ajolote, los pozos se iban a secar.

Esto se debe a que creían que “el ajolote atraía el agua”, se decía que “donde hay un ajolote hay agua”. Por lo que si alguna de las personas llegaba a sacar un ajolote era reprendido, en particular los niños, la señora Josefina Vargas dice que “era un pecado” sacarlos.

9.3.4 Conservación

El ajolote de montaña es un animal importante para los pobladores de Isidro Fabela, ellos reconocen que la especie se encuentra en peligro de extinción y por dicha razón es importante protegerla. De igual manera, mencionan que al protegerla se podrían seguir utilizando por sus propiedades medicinales y se podrían estudiar aún más sus propiedades regenerativas. Además, reconocen la importancia de la conservación del ajolote para que las generaciones futuras puedan conocerlo ya que es un ser vivo y forma parte de los arroyos. Sin embargo, son pocos los que reconocen que el ajolote de montaña es propio de su región (endémico).

La mayoría respondió que estarían interesados en participar en proyectos que contribuyan con su conservación y manifestaron algunas de sus propuestas. Varios de los pobladores sugieren la creación de un santuario o un lugar de conservación donde se promueva el cuidado y reproducción del ajolote y este puede ser visitado por locales y turistas. Otras de las propuestas son campañas de limpieza de los ríos y campañas de concientización (centradas principalmente en los niños).

9.4 Conocimiento tradicional: Cuestionarios a niños y jóvenes

Se entrevistaron a 1148 niños y jóvenes entre los 9 y los 22 años, siendo que la edad promedio fue de 13 años.

9.4.1 Pregunta 1. ¿Conoces el ajolote?:

Sólo el 50% de los niños conocen al ajolote, con respecto a la otra mitad, no es posible aseverar que no conocen al ajolote ya que el 21% no contestó (Figura 28). Además de que en varios de los cuestionarios a pesar de no haber respondido esta pregunta, sí respondieron las siguientes.

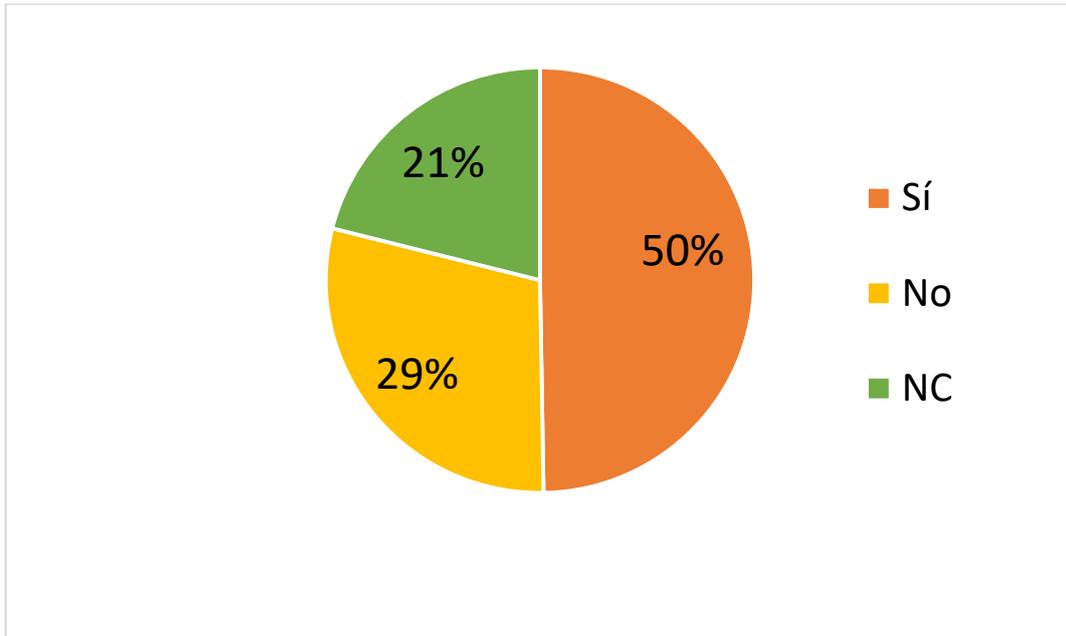


Figura 28. Porcentajes de las respuestas a la pregunta “¿Conoces al ajolote?”. NC hace referencia a No contestó.

9.4.2 Pregunta 2. ¿Sabías que encontrar ajolotes en un río, quiere decir que el río está limpio?:

La mitad de los niños respondió que no, por lo que no reconocen el uso del ajolote como un bioindicador (Figura 29). De igual manera que con la pregunta 1, un considerable porcentaje de niños no contestó (20%, lo que equivale a 226 niños).

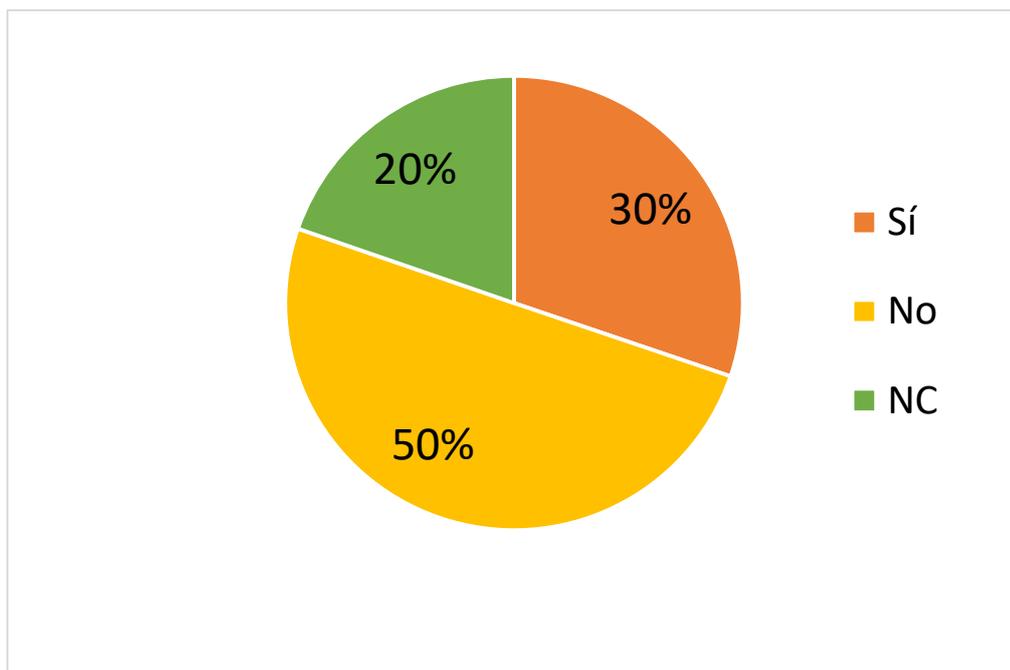


Figura 29. Porcentajes de las respuestas a la pregunta “¿Sabías que encontrar ajolotes en un río, quiere decir que el río está limpio?”. NC hace referencia a No contestó.

9.4.3 Pregunta 3. ¿Conoces algún uso que tenga el ajolote? ¿Cuál?:

La mayoría de los niños (79%) no reconocen algún uso del ajolote, pero aquellos que sí, mencionaron principalmente cinco usos: alimento, medicinal, bioindicador, limpian el agua e investigación. Con respecto al uso medicinal fueron más específicos y mencionaron que el ajolote se usa como remedio para el cáncer (en particular para la leucemia) o para enfermedades respiratorias (en particular para aliviar la tos). Hubo algunas respuestas únicas como “los ajolotes comen insectos”, “el ajolote mata plagas”, “sirven como alimento de trucha”, “sirven para apreciarlos” y “puede ser una mascota”, estas respuestas se clasificaron en la categoría de Otros en la Figura 30.

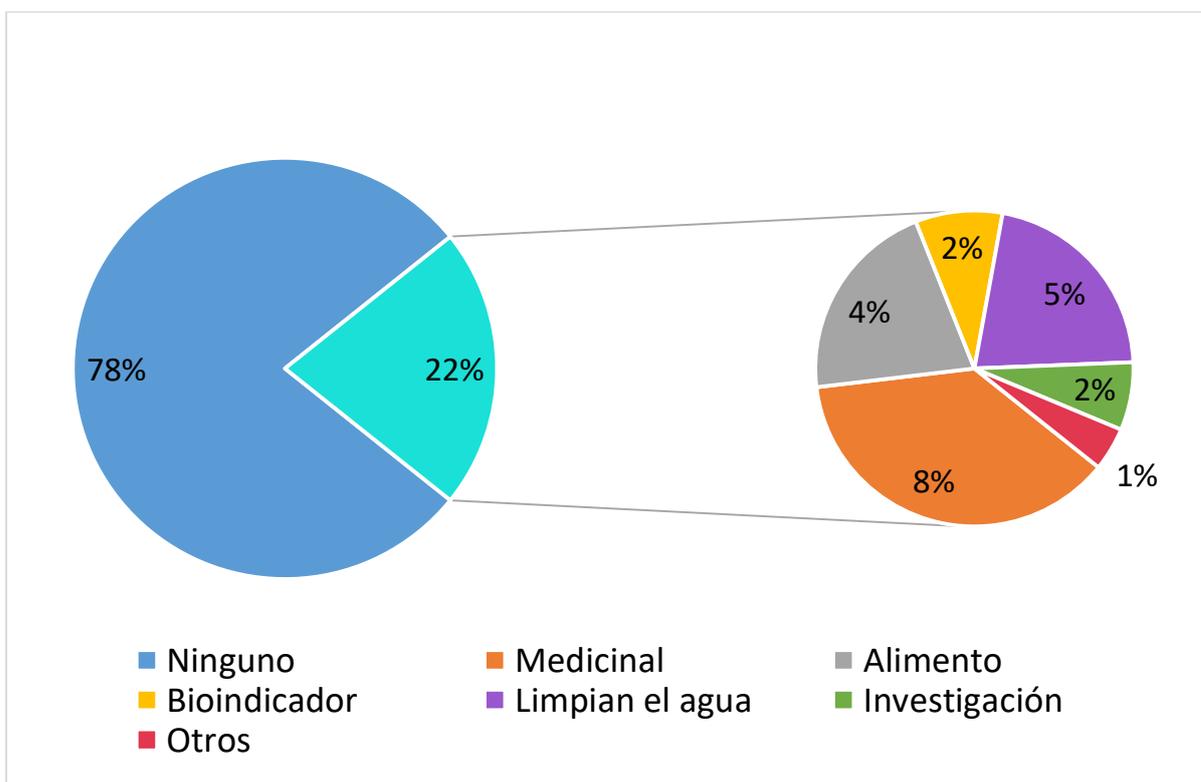


Figura 30. Porcentajes de las respuestas a la pregunta “¿Conoces algún uso que tenga el ajolote?”.

9.4.4 Pregunta 4. ¿Crees que sea importante cuidar del ajolote? ¿Por qué?:

De los niños y jóvenes entrevistados, 952 de ellos consideran importante la conservación del ajolote (Figura 31), y las razones que daban eran variadas. Algunas de las más recurrentes fueron el hecho de que es un ser vivo, tienen un uso medicinal, limpian o cuidan del agua, indican una buena calidad del agua, que se encuentran en peligro de extinción y es endémico. Pero también se tuvieron respuestas menos frecuentes o únicas como que está ligado a su identidad cultural,

que es bonito o bueno, es interesante, forma parte del ecosistema o para poder conocerlo. Con respecto a los que respondieron que no creen que sea importante cuidar a los ajolotes, la mayoría no dio una razón, pero aquellos que sí, respondieron en su mayoría que era porque no conocen al ajolote. Sólo dos respondieron que son dañinos, uno respondió que son feos, otro mencionó que contaminan el agua y otro dijo que el ajolote se come a los peces.

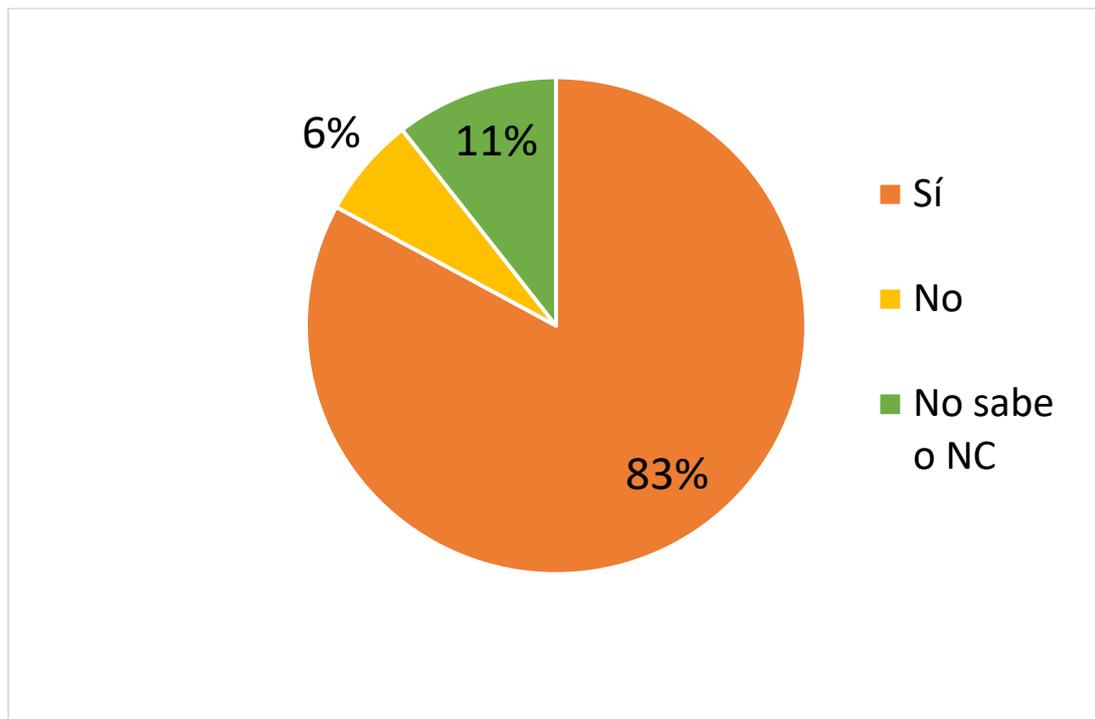


Figura 31. Porcentaje de las respuestas a la pregunta “¿Crees que sea importante cuidar del ajolote?”.

10 Discusión

10.1 Caracterización de ajolotes

A diferencia de lo reportado por Lemos-Espinal *et al.* (2016b) donde no se encontraron ajolotes durante los meses de diciembre y enero, en este estudio sí se encontraron ajolotes durante todo el año con excepción del mes de octubre. Considerando que el mes de octubre es uno de los meses con mayor precipitación (Villareal, 2019), días anteriores al muestreo hubo varias precipitaciones fuertes, lo que ocasionó un aumento en la corriente y volumen de los arroyos, lo cual dificultó la búsqueda de los ajolotes y es probable que un aumento drástico en la velocidad de la corriente no les permitiera salir. Al igual que lo reportado por Villareal (2019) donde el mes de julio mostró un pico de abundancia de ajolotes, los meses donde

se encontraron el mayor número de ajolotes, en este caso mayo y julio, coinciden con la temporada de lluvias.

El tamaño promedio puede ser variable entre las poblaciones. Siendo que la LHC y LC de los organismos de Organillos presentaron un tamaño mayor e incluso mayor a la reportada por Ramírez-Bautista *et al.* (2009), donde mencionan que el tamaño promedio es de 14.13 cm, con una LHC de 70.4 ± 3.2 mm y una LC de 70.9 ± 5.3 mm. Mientras que la LHC y LC de los organismos en Laguna Seca y Sehuayán presentaron un tamaño menor incluso menor a la reportada por Dugés (1895) con LHC de 69.2 ± 4.9 mm y una LC de 72.2 ± 7.0 mm. Cabe mencionar que, aunque en las poblaciones de Isidro Fabela se encontraron algunos individuos de hasta 23 cm, no llegan a alcanzar un tamaño promedio tan grande como el del ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*) que tiene un tamaño promedio de 24.16 cm y en algunos casos se han encontrado individuos de hasta 30 cm (Ramírez-Bautista *et al.*, 2009; CONABIO, 2011).

Al igual que lo reportado por Villarreal (2019) se encontró una mayor abundancia de individuos con branquias durante los meses de marzo a julio. Es el caso de Organillos que tuvo un incremento en el número de individuos branquiados desde el mes de febrero, incluso siendo este mes en el que se encontró el mayor número de individuos. Dicho incremento puede estar relacionado con la eclosión de las puestas de huevos que se encontraron en diciembre y enero siendo que en este último se encontraron casi 150 huevos. Mientras que en el caso de Laguna Seca y Sehuayán, donde el mayor número de individuos branquiados se dio en mayo, puede estar más relacionado con las condiciones ambientales, ya que en mayo comienza la temporada de lluvias y por ende el cuerpo de agua tiene un mayor volumen de agua (CONAGUA, 2020). Se ha observado que la metamorfosis de los ajolotes de montaña coincide con los meses de menor precipitación, donde el arroyo presenta una menor profundidad, de manera que es más probable encontrar ajolotes sin branquias durante dicho periodo ya que su respuesta ante la desecación o disminución del arroyo es la metamorfosis (Villareal, 2019).

Ahora bien, con respecto a la proporción de individuos branquiados en los tres arroyos se esperaba que dicha diferencia estuviera marcada por la temperatura y/o el oxígeno disuelto, ya que son factores que influyen en la metamorfosis, pero como

se mencionó anteriormente no existieron diferencias significativas entre los parámetros de los tres arroyos. Pero si tomamos en consideración la descripción de los arroyos, Organillos no tiene pozas así como Laguna Seca y Sehuayán, sino que tiene recovecos los cuales pueden ofrecer refugio a los ajolotes pero es probable que dichos recovecos se desequen durante algunos meses, de tal manera que, retomando lo mencionado por Villarreal (2019), los ajolotes de Organillos están más propensos a sufrir la metamorfosis que los ajolotes presentes en Laguna Seca o Sehuayán.

Que Organillos tenga una mayor proporción de individuos no branquiados lo hace un mejor candidato para el proyecto de conservación, ya que se sabe que en *A. altamirani* la permanencia de los adultos (ajolotes sin branquias) aumentará de forma más rápida la tasa de crecimiento poblacional (Rodríguez, 2009). Esto se ve reflejado en el número de ajolotes que se encontraron durante el año de muestreo, mientras que en Organillos se encontraron 466 individuos, en Laguna Seca se encontró poco más de la mitad de lo que en Organillos y en Sehuayán poco menos de un cuarto.

El peso promedio de las poblaciones de ajolotes de Isidro Fabela varió, teniendo un peso promedio entre los 9 y los 14 g. Aunque se encontró un individuo de hasta 50 g, *A. altamirani* presenta un peso menor que el de *A. mexicanum* (85 g) (CONABIO, 2011). La relación entre las medidas morfométricas (en este caso LHC y LC) y el peso se le conoce como condición corporal (MacCracken y Stebbings, 2012; Cortes-Gómez, Ramírez-Pinilla y Urbina-Cardona, 2016). Tener noción de la condición corporal de los organismos es importante ya que influye en muchas características de su historia de vida, sus relaciones ecológicas y su capacidad reproductiva (MacCracken y Stebbings, 2012). En el caso de los ajolotes presentes en Organillos, éstos tuvieron un peso mayor a Laguna Seca y Sehuayán, lo cual es congruente con sus medidas morfométricas por lo que podría indicar una buena condición corporal, es decir que no son animales con sobrepeso o desnutridos. Que los ajolotes presenten una buena condición corporal es un indicador de bienestar animal (Benn, McLelland, y Whittaker, 2019). Por otro lado, en Laguna Seca el peso promedio fue menor que en Sehuayán aún cuando las medidas morfométricas fueron mayores en Laguna Seca, de manera que la condición corporal en esta población no es tan buena, esto podría implicar una disminución en su resistencia al

ayuno y su supervivencia (Schulte-Hostedde *et al.*, 2005). Se sabe que *A. altamirani* tiene una dieta reducida y con un número de presas limitadas (Lemos-Espinal, Smith y Woolrich-Piña, 2015), de manera que puede pasar un largo tiempo sin conseguir alimento, lo cual podría llevarlo a una mala alimentación y nutrición que detone una enfermedad (Mena-González y Servín-Zamora, 2014). También se sabe que hay canibalismo por parte de los ejemplares adultos hacia las larvas y es probable que esta práctica aumente cuando el alimento escasee, teniendo efectos en la dinámica poblacional (Rodríguez, 2009).

Conocer el tamaño, peso y la proporción de individuos branquiados de las poblaciones de ajolotes es útil al momento de desarrollar un proyecto de conservación ya que permite saber cómo están conformadas las poblaciones, para tomar acciones que aumenten su tasa de crecimiento o modificar su alimentación para que tengan una buena condición corporal. En particular, la condición corporal se ha usado como una herramienta de manejo en biología de la conservación ya que se considera un indicador de estrés ambiental, disponibilidad de presas, calidad del hábitat, inversión reproductiva, carga parasitaria, inversión en caracteres sexuales secundarios, elección de pareja, supervivencia, vulnerabilidad a la depredación y/o capacidad de lucha (Băncilă *et al.*, 2010).

La época de reproducción en cada arroyo de Isidro Fabela tiene un inicio y una duración diferentes. Esto también ocurre con lo que ya se tenía registrado, siendo que Uribe-Peña *et al.* (1999) indican que el ciclo de reproducción del ajolote de montaña comienza en invierno (diciembre a marzo) con puestas en febrero y marzo. Mientras que Rodríguez (2009), observó puestas en el mes de agosto y Lemos-Espinal *et al.* (2016b), observaron puestas en el mes de junio. Por lo que no hay una época de reproducción definida, sino que las puestas de huevos están más asociadas a una serie de factores tanto ambientales como factores propios de los organismos. Ramírez-Bautista *et al.* (2009) mencionan que el ajolote de montaña se reproduce cuando las condiciones ambientales son óptimas y los cuerpos de agua donde habita no sufren desecación. En condiciones de laboratorio, se ha visto que algunos de los factores que tienen una mayor incidencia en la reproducción de los ajolotes son (Fox, 1984; Marín, 2007):

- Temperatura: Una temperatura entre los 12 y 18 °C favorecen la ovoposición. No deben de existir grandes fluctuaciones en la temperatura ya que esto podría conducir al fracaso en el apareamiento (Khattak *et al.*, 2014).
- Fotoperiodo: Se sugiere que acortar el periodo de luz favorece el cortejo y una vez que se inicia el proceso de ovoposición, se obtiene un mayor número de desoves al alargar el periodo de luz. Suelen establecerse periodos de 12 horas de luz y 12 de oscuridad en *Ambystoma mexicanum* y *A. dumerilii* (Khattak *et al.*, 2014; Farkas y Monaghan, 2015; González *et al.*, 2017). Y un fotoperiodo de 18 horas de oscuridad y 6 de luz en el caso de *A. granulosum* (Gómez-Sánchez, 2016).
- Salud del ajolote: Es importante detectar los signos una enfermedad antes de que ésta se propague, ya que cuando una colonia de ajolotes está enferma el número de puestas disminuye.
- Alimentación: Una alimentación con altos valores energéticos prepara a los ajolotes para el proceso reproductivo.

El tamaño de las puestas encontradas coincide con lo reportado por Uribe-Peña *et al.* (1999), donde los huevos suelen encontrarse en racimos de 4 a 25. El encontrar puestas con más de 25 huevos se puede confirmar con los resultados de García (2013), que encontró puestas de 20 hasta 200 huevos. En los casos donde se encontraron puestas de 3 o 2 huevos e incluso huevos solitarios que no se encontraban fijos a algo, se puede inferir que dichos huevos se desprendieron de una puesta más grande ya sea por un aumento en la corriente o por la depredación de peces introducidos, como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), la cual está reportada como una de las principales depredadoras del ajolote (García, 2013; Estrella-Zamora *et al.*, 2018).

Se tenía reportado un diámetro de 2.5 mm a 4.5 mm (al incluir la capa externa) para los huevos de *A. altamirani* (Campbell y Simmons, 1962). Más adelante García (2013) reportó un diámetro promedio 11.38 a 12.01mm, el cual es bastante mayor al reportado por Campbell y Simmons (1962). En el presente estudio se observó una variación en el diámetro de los huevos, encontrando huevos con un diámetro menor a 5 mm hasta huevos mayores a los 14 mm, y el diámetro de los huevos varió de

una puesta a otra, de un mes a otro y/o de un arroyo al otro. Dicha variación en el diámetro de los huevos también ha sido observada por otros investigadores que han trabajado o trabajan actualmente en la zona (T. González-Martínez, V. Ávila-Akerberg, E. Rebollar, E. Martínez-Ugalde y D. Zavala, comunicación personal, 2020). Además, los huevos de mayor tamaño presentaban embriones más desarrollados, a diferencia de los huevos pequeños que presentaban embriones en las primeras etapas de desarrollo, dicha observación ya había sido realizada por González-Martínez y Pérez-Cruz en el 2015 y 2017, sólo que no se realizó una publicación al respecto (T. González-Martínez, comunicación personal, 2020).

García (2013) reporta un tiempo de incubación de 3 a 4 meses para *A. altamirani*, pero para los huevos de las poblaciones en Isidro Fabela el periodo de incubación fue de aproximadamente un mes como lo reportaron Uribe-Peña *et al.* en 1999, esto se puede observar por medio del tamaño de los huevos, partiendo de la premisa de que el tamaño del huevo crece conforme el desarrollo del embrión. Si la incubación de los huevos dura más de un mes, se debieron encontrar huevos pequeños desde octubre (sino es que antes) y así encontrar estos huevos de talla mediana en diciembre; de igual manera en abril se encontraron huevos pequeños por lo que se debieron encontrar huevos de mayor tamaño los siguientes meses y no fue así. Voss (1993) dice que para tener una incubación tardía se requiere de una temperatura de 2 a 10°C, a temperaturas mayores el tiempo de incubación es menor; los arroyos de Isidro Fabela presentaron una temperatura promedio mayor a los diez grados es por ello que la incubación dure menos tiempo que la reportada por García (2013).

Ya con anterioridad se conocía que esta especie puede poner sus huevos debajo de rocas según los trabajos de Campbell y Simmons (1962) y García (2013), pero en el caso de los tres arroyos no se encontraron huevos sobre plantas acuáticas como estos mismos autores reportan junto a Lemos-Espinal *et al.* (2016b). Depositar los huevos sobre troncos de madera es más característico de *A. rosaceum* y *A. rivulare* (Anderson y Webb, 1978), en el caso de *A. altamirani* sólo ocurrió en una ocasión y con una sola puesta de huevos por lo que se recomendaría estudiar por un periodo más largo para confirmar que es otro lugar que los ajolotes de montaña utilizan para depositar sus huevos. Cabe mencionar que es la primera vez que se reporta que los huevos del ajolote de montaña se pueden encontrar en

los bordes de los arroyos. Como se puede ver, el sitio para depositar los huevos puede variar entre las poblaciones tal y como mencionan Lemos-Espinal *et al.* (2016b).

10.2 Caracterización del arroyo

10.2.1 Esquemas y descripción de los arroyos

Uno de los factores que define la selección de hábitat de los anfibios es la presencia de vegetación (Ayala, 2012). La vegetación ribereña tiene varias funciones dentro del ecosistema como la estabilización del suelo de márgenes y orillas, retención del agua, evitar la eutrofización, retención de sedimentos y regulación de la temperatura (Camacho-Rico *et al.*, 2006). En el caso de la regulación de la temperatura, la vegetación afecta la transmisión de radiación al medio acuático, cabe mencionar que también intervienen otros factores meteorológicos como viento, humedad y temperatura del aire (Pedreros *et al.*, 2016). De igual manera, la vegetación ribereña proporciona hábitat y alimento, además de promover la dispersión de plantas y animales (Camacho-Rico *et al.*, 2006). Por ello era importante de primera instancia identificar las especies representativas de los arroyos de Isidro Fabela, el siguiente paso es diseñar proyectos que se centren en analizar la relación de la vegetación con respecto al estado de conservación de los arroyos y los efectos directos e indirectos que tiene sobre las poblaciones de ajolotes. Cabe mencionar que los musgos (Bryophyta *sensu lato*) no se incluyeron en los esquemas ya que es complicada su identificación, pero están presentes en los tres arroyos. Su identificación y el estudio de sus interacciones es de relevancia, principalmente para arroyos como el de Organillos, ya que cumple con las funciones de la vegetación ribereña y se vuelve el principal hábitat y refugio de muchos artrópodos (Cutz-P. *et al.*, 2010), proporcionando así alimento para los ajolotes. La vegetación emergente y acuática protege a los anfibios de la depredación y sirve de superficie para adhesión de masas de huevos (Thompson *et al.*, 1980; Ayala, 2012). En el caso de los tres arroyos del estudio, este tipo de vegetación era muy escasa sino es que nula por lo que los ajolotes recurren a los recovecos y pozas para tener escondites y lugares donde colocar las puestas de huevos; además de que el sustrato es lo suficientemente suave para que el ajolote pueda enterrarse; se ha demostrado que al menos siete especies de *Ambystoma* realizan dicha actividad (Licht, 1973; Semlitsch, 1983; Martin *et al.*, 1986). Cabe mencionar que encontrar a los ajolotes

en recovecos ya había sido observado con anterioridad por Lemos-Espinal *et al.* (1999). Asimismo, en las pozas suele encontrarse un mayor número de insectos acuáticos probablemente debido al musgo y otras plantas ribereñas que se encuentra en las paredes y a los restos de plantas muertas que llegan a acumularse. Encontrarse ejemplares de *A. altamirani* en pozas y arroyos pequeños de baja corriente ya había sido reportado antes por Campbell y Simmons (1962).

10.2.2 Parámetros físico-químicos

Al no existir diferencias significativas entre los tres arroyos, quiere decir que tanto la temperatura como el oxígeno disuelto fue similar para estos arroyos y proporciona a las poblaciones de ajolotes, que ahí habitan, una calidad de agua óptima, al presentar una temperatura promedio menor a 20 °C y un oxígeno disuelto mayor a 6 mg/l (CONANP, 2009a; González-Martínez *et al.*, 2014). Estos valores son importantes de monitorear y mantener, en particular cuando se pretende hacer un proyecto de conservación de la especie ya sea *in situ* o *ex situ*, ya que al igual que otras salamandras, los ajolotes son susceptibles a los cambios en el ambiente debido a que tienen una piel permeable (Angulo, 2002); siendo que un cambio en parámetros como temperatura y oxígeno disuelto pueden influir en el bienestar y supervivencia de los individuos (Mena-González y Servín-Zamora, 2014).

Ahora bien, cuando se buscó una correlación entre el número de ajolotes y la temperatura para los tres arroyos ésta resultó positiva aunque en ninguno de los casos fue significativa y sólo en Organillos apenas si mostró una fuerza moderada. Esto podría deberse a que a lo largo del monitoreo la temperatura fue menor a los 20 °C la cual, como se menciona anteriormente, es idónea para el ajolote de montaña, si se hubieran registrado cambios drásticos en la temperatura probablemente la relación hubiera sido más evidente. Cabe resaltar que se esperaba ver una relación negativa (menor temperatura, más ajolotes) ya que los ajolotes prefieren habitar pozas frías (Lemos-Espinal *et al.*, 2016b), que haya resultado positiva podría indicar que los ajolotes no suelen preferir temperaturas muy bajas. Tomando en consideración los meses en los que se encontró una mayor abundancia de ajolotes, podríamos decir que el ajolote de montaña prefiere una temperatura entre los 16 y 14 °C.

Con respecto a la correlación entre el número de ajolotes y el oxígeno disuelto, fue negativa para los tres casos pero sólo en Organillos fue significativa y con una

fuerza moderada, por lo que cuando hay menos oxígeno disuelto se encuentra un mayor número de ajolotes. Si tomamos en consideración que la población de Organillos está compuesta mayoritariamente por organismos sin branquias, es probable que dichos organismos salgan de sus recovecos a respirar cuando el oxígeno disuelto es menor en el agua y por ello se encuentre un mayor número de organismos. En el caso de Laguna Seca y Sehuayán, al igual que con la temperatura, no se tuvo una correlación significativa ya que los valores de oxígeno disuelto se mantuvieron dentro del rango de valores óptimos para la especie (valores mayores a 6 mg/l, González-Martínez *et al.*, 2014) y no se tuvieron cambios drásticos.

10.3 Conocimiento tradicional: Entrevistas a adultos

10.3.1 Ecología y biología del ajolote

Con respecto a su comportamiento, los habitantes reconocieron la actividad de enterrarse de los ajolotes; anteriormente se ha visto que al menos siete especies de *Ambystoma* presentan este comportamiento: *A. tigrinum*, *A. talpoideum*, *A. opacum*, *A. annulatum*, *A. maculatum*, *A. texanum*, y *A. gracile* (Licht, 1973; Martin *et al.*, 1986; Semlitsch, 1983). Por lo que es probable que *A. altamirani* también presente dicho comportamiento. Al estar los habitantes más en contacto con la especie tienen una mayor probabilidad de observar su comportamiento; durante el trabajo en campo sólo se observó en una ocasión a ejemplares juveniles enterrarse.

Los habitantes de Isidro Fabela reconocen dos coloraciones, una más oscura que otra, en los ajolotes de montaña; esto coincide con la descripción de Dugés (1895), donde se menciona que los individuos adultos (refiriéndose a aquellos que ya perdieron las branquias) tienen una coloración más oscura que los individuos juveniles (aquellos que conservan las branquias). De manera que los habitantes pueden distinguir estas diferencias, aunque desconozcan que es un rasgo que puede distinguir adultos de juveniles. Aquellos que mencionaron la existencia de ajolotes negros con rojo es muy probable que los confundan con otra especie de salamandra presente en la región: *Isthmura bellii* (Parra-Olea *et al.*, 2010).

Los habitantes denominan las branquias según la forma que ellos aprecian y realizan analogías derivadas de su contexto cultural, por ejemplo, aquellos que nombran a las branquias como ramas es probable que tengan una mayor relación con el bosque y la forma ramificada de las branquias se asemeje al de las ramas de

los árboles de sus bosques. Además, que los pobladores piensen que las branquias son las orejas del animal, se debe a la posición en la que se encuentran y saben que, por lo general, los animales con los que interactúan tienen sus orejas en dicha parte de la cabeza. Dependiendo de la localidad las branquias reciben un nombre diferente por ejemplo en San Pedro de los Baños, Ixtlahuaca, las branquias reciben el nombre de “penacho”, en Timilpan le dicen “aretitas”, en Loma de San Ángel, Acambay, se les dice “orejas o aretes” (González-Hernández, 2019); mientras que en Francisco Serrato, Michoacán, al ser un pueblo mazahua utilizan palabras en su lengua para referirse a las branquias: “xirgu” (oreja) cuando se trata de una sola branquia y “teenbayo” (collar) al hacer referencia al conjunto de ellas (Sánchez-Núñez, 2006). Además de las branquias, la complexión de los ajolotes define el sexo, siendo que los machos son más esbeltos; es probable que los habitantes los consideren “esbeltos” debido a que el macho es más largo que la hembra ya que presentan colas más largas (Lemos-Espinal *et al.*, 2016b).

Sobre la alimentación del ajolote, los insectos y gusanos mencionados por los habitantes coinciden con los reportados por Lemos-Espinal, Smith y Woolrich-Piña (2015) como parte del contenido estomacal del ajolote de montaña. Dichos autores también mencionan que los ostrácodos y los gasterópodos son los principales alimentos de la dieta de los ajolotes, es probable que los habitantes no los reconocieran por ser organismos de un tamaño muy pequeño.

Algunos de los animales mencionados por la población como los mapaches, culebras de agua, algunas aves y las truchas son reportadas también por García (2013) como depredadores potenciales del ajolote.

A partir del monitoreo que se realizó en este estudio se pudieron confirmar varias cosas que la gente comentaba, como que la temporada de lluvias es en la que más abundan los ajolotes siendo que en este estudio particularmente se encontraron más durante los meses de abril a julio. Con respecto a la reproducción, los habitantes han observado huevos en los bordes de los arroyos, así como ocurrió en el presente estudio, aunque en los arroyos que fueron monitoreados no se encontraron huevos adheridos a raíces o hierbas como mencionaban los habitantes, Lemos-Espinal y colaboradores (2016b) sí los encontraron así en el Arroyo Los Axolotes.

10.3.2 Hábitat y Abundancia

Que la mayoría de los habitantes desconozcan en qué arroyos aún persisten poblaciones de ajolotes, está asociado a dos cosas. Por un lado, muchas personas dejaron de “ir al monte” debido a que cambiaron de estilo de vida, la cercanía de Isidro Fabela con respecto a la Ciudad de México ha convertido al municipio en un “pueblo dormitorio” (T. González-Martínez y V.D. Ávila-Akerberg, comunicación personal, 2018), esto quiere decir que las personas adultas pasan la mayor parte del día en la ciudad y sólo regresan a dormir. De tal manera, que dejan de lado actividades como cultivar, criar animales o caminar en el bosque. Por otro lado, las personas mencionan que es raro encontrar ajolotes porque ya casi no quedan individuos, las razones son variadas pero las más frecuentes son disminución del agua, tala ilegal y contaminación, y tal como mencionan González-Martínez *et al.* (2014), esas son algunas de las actividades humanas que contribuyen a la disminución de las poblaciones de ajolotes.

10.3.3 Usos y creencias

En general se conoce que los ajolotes se utilizan para tratar enfermedades de las vías respiratorias (Aguilar y Luría, 2016; Gómez *et al.*, 2007; Stephan y Ensástigue, 2001; Velarde-Mendoza, 2012), y el ajolote de montaña no es la excepción. Al igual que el achoque de Pátzcuaro, el ajolote montaña se emplea para tratar la anemia y a los niños “éticos” (Velarde-Mendoza, 2012); otra especie que también se utiliza para tratar la anemia es *A. granulorum* (González-Hernández, 2019). No se tenía registro de que el ajolote se empleara para ayudar al crecimiento del cabello, hasta ahora, pero se sabe que en el Valle de México se utilizaban ranas para tratamientos que evitan la caída del pelo (Gómez *et al.*, 2007). Dependiendo la región, el ajolote adquiere otros usos medicinales por ejemplo en Isidro Fabela el ajolote también se emplea para tratar sarna, hidropesía y enfermedades estomacales; en el caso del ajolote de Pátzcuaro se utiliza como energizante, revitalizante y reconstituyente del sistema inmune, para las mujeres que acaban de parir y para curar la tristeza (Velarde-Mendoza, 2012). En el caso del ajolote de Xochimilco, también se emplea para diversos trastornos musculares y de las articulaciones y antiguamente incluso se usaba para tratar la tuberculosis (Gómez *et al.*, 2007). Incluso el ajolote granulado sirve para “darle hambre” a los niños que no quieren comer, y el ajolote de Lerma para “quitar lo chipil” que les da a los niños cuando un nuevo hermano nace (González-Hernández, 2019).

La principal forma en la que se preparan los remedios de ajolote es en jarabes seguida de las pomadas o ungüentos (Aguilar y Luría, 2016; Gómez *et al.*, 2007; González-Hernández, 2019; Stephan y Ensástigue, 2001; Velarde-Mendoza, 2012). En dichas presentaciones los productos pueden venderse y almacenarse con facilidad, por lo que suelen encontrarse en venta en mercados tradicionales como el Mercado de Sonora y el de Xochimilco en la Ciudad de México y los mercados de San Andrés Timilpan y La Concepción de los Baños en el Estado de México, por mencionar algunos (Gómez *et al.*, 2007; González-Hernández, 2019). La preparación de infusiones, caldos o comer el ajolote asado son prácticas que se realizan principalmente para autoconsumo o de la familia.

La preparación del ajolote va cambiando por región y es por eso que cada especie se prepara de distinta forma, por ejemplo, en Xochimilco se incluye al ajolote en caldos y guisos, mientras que en Pátzcuaro hay un platillo que se llama achoque “ogado”; aunque una de las formas más recurrentes en las que prefieren preparar a los ajolotes (*A. altamirani*, *A. dumerilii*, *A. granulatum*, *A. lermaense*, *A. mexicanum* y *A. rivulare*) es en caldo y en tamales (González-Hernández, 2019; Stephan y Ensástigue, 2001; Velarde-Mendoza, 2012). En el caso del ajolote de montaña, su preparación como trucha se debe a que en Isidro Fabela abundan los trucheros; las actividades, el estilo de vida y la cosmovisión de los habitantes influyen en la tradición culinaria de la región (Favila-Cisneros *et al.*, 2011; Ochoa-Leyva y Santamaría-Gómez, 2007).

Los informantes de la ribera de Pátzcuaro coinciden con los de Isidro Fabela en que el ajolote o achójkí (como lo conocen en la región) tiene un sabor a pescado (Velarde-Mendoza, 2012). Tanto los habitantes de Isidro Fabela, como los Pátzcuaro y Xochimilco consideran que el ajolote es un alimento nutritivo (González *et al.*, 2017; Stephan y Ensástigue, 2001). Aún se desconoce el valor nutrimental del ajolote, pero se sabe que anfibios como la rana toro (*Lithobates catesbeianus*) tienen un alto valor nutrimental (Pelegrín *et al.*, 2004), por lo que se podría esperar que el ajolote también lo tenga. Actualmente, en el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM, tienen la intención de estudiar las propiedades tanto medicinales como alimenticias del ajolote de manera experimental en una fase preclínica en ratones, se espera que dichos resultados

permitan entender de mejor manera las propiedades del ajolote (Fundación UNAM, 2016).

La práctica de consumir al ajolote ya sea con fines de alimentación o medicinal es una actividad que raramente se practica y como menciona Lemos-Espinal (2003), la mayoría de las personas que tienen estos conocimientos son de la tercera edad y personas más jóvenes ya no poseen el conocimiento ni el interés por aprender los usos del ajolote de montaña.

Por lo general, para la captura de los ajolotes, se emplean redes de distintos tipos: de arrastre, con la de tumbo, la atarraya, trasmallos o chinchorro; pero dichas redes son utilizadas en zonas lacustres y no de arroyos (González-Hernández, 2019). Favila-Cisneros *et al.* (2011) mencionan que, en el caso del ajolote de Lerma, los pescadores encontraban en sus redes a los ajolotes, pero en zonas menos profundas se utilizaba una fisga (palo lazador); no se menciona si los pescadores elaboraban dicha herramienta, pero es parecida a la lazada que ocupan los habitantes de Isidro Fabela.

Es difícil saber el origen de esta creencia ya que no ha sido mencionada en otra localidad o para otra especie de ajolote, pero se sabe que antiguamente el territorio era habitado por poblaciones otomíes (Villegas, 2016). En la cultura otomí existe la creencia de la *Chanchana* o Sirena, la cual es dueña del agua y puede tomar forma de serpiente o de otros animales; las personas que rendían culto a la *Chanchana* lo hacían por medio de ofrendas en los manantiales y ojos de agua (Sugiura *et al.*, 2016). Por lo que es probable que los pobladores pensaran que los ajolotes eran una de las formas que podría tomar dicha deidad o que estaba asociada a ésta, ya que solían encontrar ajolotes en los manantiales y ojos de agua.

10.3.4 Conservación

Los habitantes presentan una relación positiva con el ajolote ya que consideran importante su conservación. También mencionan que al protegerlo éste se podría seguir aprovechando para la elaboración de productos medicinales, por lo que ellos quieren continuar utilizando el recurso de manera sostenible; debido a lo anterior se podría proponer el establecimiento de una UMA con fines de aprovechamiento, por ello es importante la participación de los habitantes al momento de desarrollar

proyectos ya que se obtienen beneficios tanto para la especie, como para los pobladores locales (Artigas *et al.*, 2014).

10.4 Conocimiento tradicional: Cuestionarios a niños y jóvenes

La mayoría de los entrevistados (adultos) comentaban que era fácil encontrar ajolotes en cualquier arroyo y anteriormente cuando iban al bosque para realizar cualquier actividad llegaban a ver ajolotes. Pero como se mencionó anteriormente, los habitantes de Isidro Fabela han cambiado de estilo de vida debido a un proceso de urbanización que se debe a la cercanía de dos ciudades grandes: Ciudad de México y Toluca. Por esta razón, varios ríos se han contaminado, además de que se han dejado de lado actividades como la recolección de hongos y plantas medicinales, de manera que ya no pasan tanto tiempo en sus bosques y esta relación bosque-ser humano se ha estado mermando con el paso de las generaciones. Anteriormente se ha visto que la urbanización erosiona el conocimiento tradicional, por lo que se debe buscar y promover tipos de desarrollo que no afecten a dicho conocimiento (Lasisi y Ekpenyong, 2011). En el caso de Isidro Fabela, al no tener un contacto con sus bosques, los niños desconocen los animales que los habitan, incluyendo al ajolote. También por ello no encuentran una relación entre los ajolotes y un río limpio, además de que la mayoría de los ríos que corren cerca de sus casas ya se encuentran con cierto nivel de contaminación.

Otro de los factores que intervienen en la pérdida de conocimiento tradicional son los procesos migratorios (Argueta, 2011). La condición de Isidro Fabela como un “municipio dormitorio” hace que muchos de los padres de familia realicen actividades fuera del municipio y prescindan del conocimiento tradicional. Pero como se puede apreciar en los cuestionarios, al menos la mitad de los niños (574) conocen al ajolote y el 22% reconoce un uso, por lo que la transmisión de conocimiento tradicional aún no se pierde del todo. Argueta (2011) menciona que en la mayoría de las comunidades donde encuentra una situación migratoria, los abuelos quedan a cargo de la crianza de los niños y jóvenes estableciendo así una línea de transmisión de saberes de manera directa entre dos generaciones. Por ejemplo, se puede ver que los usos medicinales que mencionaron los niños coinciden con los mencionados por los adultos.

En los últimos años, los medios de comunicación nacionales e internacionales aunados a la publicación de libros infantiles y expresiones artísticas (grafitis,

murales, relatos, souvenirs y emblemas) se han encargado de difundir información respecto al ajolote y promover la protección de su ambiente (Zambrano *et al.*, 2014; Aguilar-Moreno y Aguilar-Aguilar, 2019). Por ello no es de extrañarse que más del 80% de los niños consideren que es importante conservar al ajolote. Al hablar de la importancia del ajolote, en dichos medios suelen mencionar con frecuencia los términos “peligro de extinción” y “especie endémica”, es probable que por ello, esas fueran las principales razones por las cuales los niños mencionan que se debe cuidar al ajolote; pero es importante saber si dichos conceptos son claros para los niños y cómo se relacionan con la especie de ajolote que habita en su región, ya que la información de divulgación que existe, principalmente es sobre el ajolote de Xochimilco. Los niños reconocen que los ajolotes tienen valores intrínsecos, por ejemplo, tienen un valor por el simple hecho de que es un ser vivo (valor de existencia), o porque forma parte del ecosistema (valor de contribución). Además de valores antropocéntricos como su uso medicinal y alimenticio (valor de uso), según la clasificación de los tipos de valor de Castilla-Gutiérrez y Aguilera-Klink (1994).

Los ajolotes han formado parte de la cultura mexicana desde tiempos prehispánicos, reflejándose en su cosmovisión, leyendas, creencias, medicina tradicional, gastronomía, literatura y artes gráficas (Aguilar y Luría, 2016); dicha relevancia ha permeado hasta nuestros días de manera que en la Ciudad de México se considera al ajolote de Xochimilco como símbolo de identidad cultural (Aguilar-Moreno y Aguilar-Aguilar, 2019), es por ello que no es extraño que algunos niños mencionaran que el ajolote forma parte de su identidad cultural. Para otros niños de Isidro Fabela el ajolote es importante por considerarse “bonito o bueno”, y no han sido los únicos en coincidir con este argumento ya que la difusión que ha tenido el ajolote ha contribuido a que la especie sea considerada carismática (Zambrano *et al.*, 2014). Se sabe que las especies carismáticas tienen propiedades estéticas que generan en los niños actitudes por la conservación de la especie y su medio ambiente (Becerra-Niño *et al.*, 2014).

Con respecto a los niños que respondieron que no consideraban importante cuidar al ajolote, las razones que dieron reflejan tener una percepción negativa de los ajolotes. Cuando se quiere cambiar la percepción de una comunidad respecto a un animal, se sugiere sensibilizarla por medio de textos ilustrados sencillos, diálogo

con los actores locales y actividades de recreación grupal, siendo esta última la más adecuada para los niños (Cerdea *et al.*, 2016).

Es importante mencionar que el cuestionario tuvo unos errores en el diseño de las preguntas, los cuales no se identificaron sino hasta el momento de analizar las respuestas. En el caso de la Pregunta 1, algunos de los niños que no contestaron la pregunta o contestaron que no conocían al ajolote, sí respondieron las siguientes respuestas, lo cual podría inferirse que varios niños no han estado en contacto directo con un ajolote, pero los conocen por algún medio de comunicación. En el caso de la Pregunta 2, la palabra “sabías” condiciona la pregunta y en algunas ocasiones tuvo efecto en las respuestas siguientes, de manera que algunos de los niños respondían que el ajolote era importante ya que servía para limpiar el agua o indicar agua de buena calidad. Esa pregunta creó también esa ambigüedad ya que no se indicaba la relación entre el agua y el ajolote, afortunadamente el cuestionario se aplicó antes de la plática de educación ambiental y se espera que las dudas fueran aclaradas. En las Preguntas 3 y 4 veían dos preguntas en una, lo que ocasionaba que alguna de ella no fuera respondida, a esto se le conoce como pregunta doble y suele confundir al entrevistado (Malhotra, 2008). En la Pregunta 4, se empleó la interrogante ¿Por qué?, la cual es un ejemplo de preguntas múltiples combinadas en una sola pregunta ya que da respuestas que no son equiparables: respondían sobre la apariencia (porque están bonitos), el estado de conservación (porque están en peligro de extinción) o el uso de la especie (porque es medicinal), por lo que se sugiere desglosar dichas preguntas (Malhotra, 2008). Aunque este cuestionario se diseñó para obtener el mayor número de respuestas con pocas preguntas, y a través del “¿por qué?” se pudieron obtener todas las posibilidades.

Los factores que influyeron en que los niños y jóvenes no respondieran son variados: la longitud del cuestionario puede ser uno, ya que constaba de 19 preguntas, siendo que varias de ellas eran preguntas abiertas además que las preguntas respecto al ajolote se encontraban al final del cuestionario, puede ser que el cuestionario no fuera atractivo para los jóvenes, otro de los factores es que naturalmente los niños y jóvenes se distraen con facilidad, otro puede ser que el tiempo no era suficiente para aplicar los cuestionarios y dar la plática, entre otros. Por lo que es importante tener la colaboración y apoyo por parte de los maestros y coordinadores para disminuir todos estos factores. De igual manera, se sugiere un

cuestionario exclusivo del ajolote con sus modificaciones (Anexo 4), e incluso la implementación de otras estrategias para obtener de manera más completa la información de los niños.

11 Lineamientos generales de un proyecto de conservación *in situ*

Anteriormente González-Martínez *et al.* (2014) propusieron la creación del “Centro de conservación y educación ambiental de Tlazala” (CCEATL), el cual tendría como objetivo un programa de educación ambiental enfocado en los recursos de la región y el establecimiento de una UMA para la conservación y aprovechamiento del ajolote de montaña. Hasta el momento el programa de educación ambiental se ha implementado desde el 2013 y continúa vigente además de expandirse a otros municipios como Jilotzingo, Temoaya, Nicolás Romero, Oztolotepec y Jiquipilco. El siguiente paso es el establecimiento de la UMA, la cual se plantea que sea de manejo intensivo. Este tipo de manejo se realiza en condiciones de cautiverio y las condiciones son controladas, tiene como fin la recuperación de las especies o poblaciones para su posterior reintegración a la vida silvestre (CONABIO, 2012). Por lo general, este tipo de UMAs se realiza en instalaciones cerradas (Lichtinger y Cárdenas, 2002), pero en este caso, como se quiere promover la conservación *in situ*, se planea que la UMA se establezca en el paraje de Organillos donde corre un arroyo con una población de ajolotes.

En primera instancia se tendría que delimitar el área que sería destinada para la UMA, los dueños del paraje Organillos ya tienen una parte del terreno cercado pero aún se puede acceder al sitio, por lo que habría que completar y renovar el cercado, de esta manera se evita que personas ajenas quieran extraer ejemplares y evitar que los animales de pastoreo accedan a esa zona restringida. Además se debe considerar un tipo de malla o red que mantengan a los ajolotes dentro del tramo destinado para la UMA y que también mantenga alejadas a las truchas que, como se ha visto, son una de las principales amenazas de los ajolotes, en particular en etapas juveniles. Parte del terreno se ha utilizado como zona de cultivo, llegando incluso cerca de la orilla del arroyo, por lo que es necesario tener un acuerdo con los dueños para que la vegetación ribereña se mantenga, ya que como se vio en este estudio y en los de Camacho-Rico *et al.* (2006), Cutz-P. *et al.* (2010) y Pedreros *et al.* (2016), la vegetación ribereña cumple con varias funciones que

intervienen en el bienestar del arroyo y por consiguiente las especies que habitan en él. Otra parte de dicho espacio se destinaría a la creación de estanques circulares donde se promueva la reproducción de los ajolotes, los cuales tendrían un diámetro de 2 a 3 m y una profundidad de 80 cm a 1.20 m (Herrera, 2014; Morales, 2017). Dichos estanques se pueden realizar al ras del terreno de manera escalonada como las que instaló Herrera (2014) para la UMA Tecpan-Axolotl, o construir estanques con un sistema de aireación y fertilización continua del agua como las que se utilizan en el Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca (CIBAC) (Morales, 2017). Los ajolotes serán separados en los distintos estanques según su tamaño, estado de desarrollo y cuidando que tengan el espacio suficiente para desplazarse, de esta manera se evita el canibalismo (Mena-González y Servín-Zamora, 2014). Herrera (2014) recomienda el uso de grava como sustrato de los estanques para darle un sustrato rugoso a los ajolotes en donde los espermatozoides se puedan adherir. Por la experiencia del MVZ. M. en C. Horacio Mena González (comunicación personal, 2017) la grava en ocasiones puede dañar la boca de los ajolotes, por lo que se podría restringir su uso a los adultos y realizar monitoreos para mantener o descartar el uso de la grava. Para los huevos y los individuos juveniles, los estanques podrían tener un sustrato lodoso ya que en campo se observó que prefieren dicho sustrato ya que les permite enterrarse o sirve para distraer a sus depredadores. Mena-González y Servín-Zamora (2014) recomiendan colocar plantas acuáticas (en caso de su uso, hay que tener controlado su crecimiento) y escondites, naturales o artificiales usando rocas huecas o tubos de PVC, dichos escondites pueden simular los recovecos que utilizan en los arroyos además pueden servir como superficies para la adhesión de las puestas de huevos. Es importante monitorear los parámetros físico-químicos del agua de los estanques y se pueden contrastar con los del arroyo, recordando que la temperatura debe ser menor a 20 °C y un oxígeno disuelto mayor a 6 mg/L (CONANP, 2009a; González-Martínez *et al.*, 2014). En los estanques se podría procurar una temperatura entre los 14 y los 16 °C que es cuando se encontró un mayor número de ajolotes.

Además del monitoreo de los parámetros del agua, es importante llevar un monitoreo de la población de ajolotes, se podrían tomar las mismas medidas morfométricas que se tomaron para este estudio y emplear el formato 1 para registrarlas, a partir de las medidas morfométricas se puede proponer una escala

para determinar la condición corporal de los organismos la cual es una herramienta para conocer el bienestar de los individuos y por tanto de la población. También es importante regular la proporción de individuos con y sin branquias ya que Rodríguez (2009) observó que la permanencia de individuos sin branquias aumenta más rápido la tasa de crecimiento de la población, esto se observó también al contrastar las poblaciones de los tres arroyos de Isidro Fabela. El monitoreo de los huevos debe ser mensual ya que como se ha observado en este y otros estudios (Uribe-Peña *et al.* 1999; Rodríguez, 2009; Lemos-Espinal *et al.*, 2016b) se puede encontrar huevos en diferentes épocas del año y varía de un arroyo a otro, tomando en consideración que la UMA se planea establecer en Organillos la búsqueda de huevos se intensificaría en los meses de diciembre a marzo; y los datos se pueden registrar en el formato 2. En dado caso de que alguno de los ajolotes presente algún signo de estar enfermo es importante separarlo del resto, para ello se debe designar un área de cuarentena donde el ajolote pueda ser tratado o, si es que se encuentra grave, éste sea empleado para la investigación de enfermedades como la quitridiomycosis.

Otra parte esencial para el mantenimiento de una UMA de ajolotes es considerar su alimentación. Lemos-Espinal, Smith y Woolrich-Piña (2015), junto con las observaciones de los habitantes de Isidro Fabela, coinciden en que el ajolote de montaña lleva una dieta a base de insectos acuáticos, gusanos, ostrácodos y gasterópodos. En cautiverio se ha adaptado la dieta de los ajolotes según su estado de desarrollo (Mena-González y Servín-Zamora, 2014; Estrada, 2015; Gómez-Sánchez, 2016; González *et al.*, 2017):

- Recién eclosionados: microalgas
- Juveniles 1 (de 30 a 56 mm): artemias, tubifex y pulga acuática
- Juveniles 2 (mayor a 57 mm): tubifex, lombrices de tierra y charales pequeños
- Adultos: charales, tubifex, lombrices de tierra, tenebrios, grillos, trozos de pollo o carne

En dado caso de comprar el alimento, es necesario conseguir un proveedor, tener medidas de desinfección y el establecimiento de peceras donde se pueda mantener el alimento (Ahedo, 2019; Mena-González y Servín-Zamora, 2014). En algunas UMAs de ajolotes han optado por la producción del alimento vivo (Morales, 2017; Estrada, 2015), ya que se reducen gastos, por lo que sería bueno para la UMA de

Isidro Fabela tomar el ejemplo de dichas UMAs y así también ya no se depende de un proveedor.

Se pretende que los encargados de la UMA sean los mismos pobladores, actualmente, a través de las entrevistas realizadas en el presente estudio, se sabe que están interesados en participar en un proyecto de conservación. Por lo que el siguiente paso para poder realizar todas las actividades anteriores es necesario su capacitación, para esto es importante coordinarse con investigadores y estudiantes de universidades cercanas a la región o interesadas en el proyecto, además del apoyo del gobierno local (González-Martínez *et al.*, 2014). Se podría plantear la opción de servicio social para estudiantes de la Universidad Autónoma del Estado de México, la Universidad Nacional Autónoma de México y/o la Universidad Albert Einstein, incluso para estudiantes de bachillerato. Dicha vinculación permitirá que la UMA también funcione como centro de educación ambiental, donde se puede enseñar tanto a niños como adultos sobre la importancia del ajolote y cómo se realiza su mantenimiento. Además de las actividades centradas en la conservación e investigación de la especie, se pueden plantear actividades económicas que generen otro ingreso a los pobladores. Una opción es que la UMA sea una parada dentro de un circuito turístico, de esta manera se puede realizar un turismo rural con un enfoque participativo y sustentable como propone Villegas (2016). Las visitas podrían organizarse preferiblemente entre los meses de mayo a julio que es cuando se puede encontrar un mayor número de ajolotes. Para que la gente local se interese en asistir y participar se puede empezar invitando a las escuelas, mientras que para los adultos y turistas se podría realizar como una actividad extra al visitar el truchero de Organillos, incluso podría incluirse como parte de las caminatas realizadas por el Dr. Víctor D. Ávila Akerberg, las cuales tienen la finalidad de que los pobladores locales y visitantes conozcan la diversidad biológica del municipio. La difusión de dicha actividad se puede realizar a través de carteles en puntos importantes del municipio como el palacio municipal, restaurantes u otros sitios de interés en Isidro Fabela; así como el uso de las redes sociales o el diseño de una página web para tener un mayor alcance, en particular con las generaciones más jóvenes. Otra opción es la elaboración de productos medicinales o alimenticios a base de ajolotes como la UMA Jimbani Erand, donde las monjas se encargan de elaborar “jarabe de achóiki” (Velarde-Mendoza, 2012). Para ello se podría invitar a

las personas que aún conservan dicho conocimiento tradicional, que han sido previamente identificadas a través de las entrevistas, para elaborar platillos o remedios que se puedan ofrecer a la población local y a los visitantes para su venta. De igual manera se tendría que promover la reproducción de los ajolotes para tener un número de ajolotes destinados con ese fin comercial y no afecta a la población de ajolotes.

12 Conclusiones

Los meses donde se encontraron el mayor número de ajolotes, en este caso mayo y julio, coinciden con la temporada de lluvias. El tamaño promedio puede ser variable entre las poblaciones, siendo que LHC, LC y peso promedio de los individuos fue diferente en cada arroyo. Cabe mencionar que en Isidro Fabela los ajolotes alcanzan a medir hasta 23 cm, pero no llegan a alcanzar un tamaño y peso promedio tan grande como el del ajolote mexicano. La época de reproducción en cada arroyo de Isidro Fabela tiene un inicio y una duración diferente, por lo que no hay una época de reproducción definida, las puestas de huevos están más asociada a las condiciones ambientales. En los casos donde se encontraron puestas encontraron puestas menores a cuatro huevos y que no se encontraban fijados a algo, se infirió que dichos huevos se desprendieron de una puesta más grande ya sea por un aumento en la corriente o por la depredación de peces introducidos. El sitio para depositar los huevos puede variar entre las poblaciones, en los arroyos de Isidro Fabela se encontraron adheridos a los bordes del arroyo, debajo de rocas, sueltos en el sustrato y en algunos casos sobre troncos de madera.

Los tres arroyos presentaron una temperatura y un oxígeno disuelto promedio similar, siendo que los tres presentan una calidad de agua óptima para los ajolotes óptima, al presentar una temperatura promedio menor a 20 °C y un oxígeno disuelto mayor a 6 mg/l. A partir de los esquemas y descripción del arroyo se entiende un poco más del hábitat del ajolote ya que la vegetación ribereña tiene varias funciones dentro del ecosistema, además de que los recovecos y pozas permiten al ajolote tener escondites y lugares donde colocar las puestas de huevos. Los tres arroyos presentaron una temperatura y un oxígeno disuelto promedio similar, siendo que los tres presentan una calidad de agua óptima para los ajolotes óptima, al presentar una temperatura promedio menor a 20 °C y un oxígeno disuelto mayor a 6 mg/l. Por

medio de las pruebas de correlación, no se encontró una relación evidente entre el número de ajolotes y la temperatura, es probable que esto se deba a que el rango de temperatura no varió drásticamente y no fue mayor a los 20 °C. De los tres arroyos solo fue en Organillos en donde se encontró una correlación entre el número de ajolotes y el oxígeno disuelto, la cual resultó negativa (menos oxígeno, más ajolotes). Dicho resultado puede deberse a que la población de ajolotes de Organillos está mayormente integrada por individuos sin branquias por lo que al haber menor cantidad de oxígeno en el agua, los ajolotes salen a la superficie a respirar y por ello incrementa el número de ajolotes que se observa.

Con respecto al conocimiento tradicional que tienen los habitantes de Isidro Fabela, los habitantes reconocen el hábito de los ajolotes por enterrarse, han observado que el ajolote puede tener dos coloraciones según su estado de desarrollo, denominan de distintas formas a las branquias del ajolote según su contexto cultural, determinaron la dieta del ajolote en base a los insectos acuáticos y otros animales que suelen encontrar en los arroyos, de igual manera, mencionaron algunos posibles depredadores del ajolote y concuerdan que en temporada lluvias se encuentran más ajolotes y que sus huevos los suelen poner en los bordes de los arroyos. Los habitantes concuerdan que las poblaciones de ajolotes han disminuido y eso es a causa de actividades humanas como la disminución del agua, tala ilegal y contaminación. Con respecto a los usos y creencias, el ajolote tiene un uso medicinal para tratar enfermedades de las vías respiratorias, cáncer, anemia, niños “éticos”, ayudar al crecimiento del cabello, sarna, hidropesía y enfermedades estomacales; existen diversas formas para preparar remedios con ajolote: se hacen pomadas o jarabes, se come asado sin la piel, en infusiones o se añade al shampoo. También tiene un uso alimenticio, los ajolotes pueden ser preparados de distintas maneras: a las brasas, en tamal o como trucha; las personas que las consumen consideran que son nutritivos y aunque no se conoce el valor nutrimental del ajolote se sabe que otros anfibios como la rana toro tienen un alto valor nutrimental. Se tiene la creencia de que si los ajolotes se sacaban del ojo de agua éste se secaba, es probable que esta creencia tenga un origen otomí ya que el territorio originalmente estaba poblado por dicha civilización. Los habitantes tienen una relación positiva con el ajolote y estarían dispuestos en participar en proyectos para su conservación.

Con respecto al conocimiento tradicional que tienen los niños, se vio que solo el 50% de ellos conocen al ajolote, ni encuentran una relación entre el ajolote y un río limpio, eso puede deberse a que los niños no tienen un gran contacto con sus bosques debido a un proceso de urbanización y de migración. Aunque parte del conocimiento tradicional se está transmitiendo a los niños por medio de los abuelos que en ocasiones quedan a cargo de ellos, y por lo tanto reconocen los usos que tiene el ajolote y su importancia. También los medios de comunicación se han encargado de resaltar la importancia del ajolote de manera que más del 80% de los niños consideren importante conservarlo y utilizan de argumento los términos “peligro de extinción” y “especie endémica, términos muy utilizados por los medios. Sin embargo, otra parte de los niños reconocen valores intrínsecos como el valor de existencia o el de contribución y valores antropocéntricos como su uso medicinal y alimenticio. Incluso consideran al ajolote como una especie carismática y se sabe que dichas especies pueden generar en los niños actitudes por la conservación de la especie y su medio ambiente.

Por último, con la información generada en el presente trabajo e investigación bibliográfica se plantearon los lineamientos generales de un proyecto de conservación *in situ*, el cual consiste en el establecimiento de una UMA para la conservación y aprovechamiento del ajolote de montaña. En los lineamientos se establece la infraestructura y las actividades que se deben realizar para llevar a cabo la UMA.

13 Referencias

- Aguilar-Moreno, R. y Aguilar-Aguilar, R. (2019). El mítico monstruo del lago: la conservación del ajolote de Xochimilco. *Revista Digital Universitaria*, 20(1): 1-15.
- Aguilar, J. L. y Luría, R. (2016). Los anfibios en la cultura mexicana. *Ciencia*. (en línea). Recuperado de <https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/online/Anfibios.pdf>
- Ahedo, C. de la L. (2019). Diseño y planeación de una Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) intensiva de axolote mexicano (*Ambystoma mexicanum* Shaw y Nodder 1798). (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma México, Ciudad de México, México.
- Aikenhead, G. S., & Ogawa, M. (2007). Indigenous knowledge and science revisited. *Cultural Studies of Science Education*, 2(3), 539–620.
- Albuquerque, U.P., Cunha, L.V.F.C., Lucena, R.F.P. y Alves, R.R.N. (Eds.) (2014). *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. Nueva York, Estados Unidos: Springer

- AmphibiaWeb: Information on amphibian biology and conservation. (2019). Berkeley, California: AmphibiaWeb. (en línea). Recuperado de: <http://amphibiaweb.org/>.
- Anderson, J. D., y Webb, R. G. (1978). Life history aspects of the Mexican salamander *Ambystoma rosaceum* (Amphibia, Urodela, Ambystomatidae). *Journal of Herpetology*, 12:89–93.
- Angulo, A. (2002). Anfibios y paradojas: perspectivas sobre la diversidad y las poblaciones de los anfibios. *Ecología Aplicada*, 1(1-2): 105-109.
- Argueta, A. (2011). Introducción. En: Argueta, A., Corona-M, E. y Hersch, P. (Coords) *Saberes colectivos y diálogos de saberes en México*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México
- Artigas, E., Ramos, A.E. y Vargas, H. (2014) La participación comunitaria en la conservación del medioambiente: clave para el desarrollo local sostenible. *Revista DELOS*, 7(21): 1-21
- Ávila-Akerberg, V. (2010). Forest quality in the southwest of Mexico City: assessment towards ecological restoration of ecosystem services. (Tesis doctoral) Inst. für Landespflege, Alemania.
- Ávila-Akerberg, V. y González-Martínez, T. (2016). Participación social y educación ambiental para la conservación. Un estudio de caso con niños y jóvenes de una zona rural periurbana. *Teoría y Praxis*, 19: 119-136
- Ayala, S.C. (2012). *Selección de microhabitat de Ambystoma mexicanum en los refugios contruidos para su conservación* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Băncilă, R. I., Smets, J., Cogălniceanu, D., Hartel, T., & Plăiașu, R. (2010). Comparing three body condition indices in amphibians: a case study of yellow-bellied toad *Bombina variegata*. *Amphibia-Reptilia*, 31(4), 558–562.
- Barsh, R. L. 1999. Indigenous knowledge and biodiversity. In *Cultural and spiritual values of biodiversity*, Ed. D. A. Posey, 73–76. London, UK: Intermediate Technology Publications.
- Becerra-Niño, Á., Valderrama Hurtado, W., y Torres Merchán, N. (2014). Las percepciones de los niños de primaria acerca de las especies carismáticas y no carismáticas. *Bio-grafía*, 361-367.
- Benn, A., McLelland, D., & Whittaker, A. (2019). A Review of Welfare Assessment Methods in Reptiles, and Preliminary Application of the Welfare Quality® Protocol to the Pygmy Blue-Tongue Skink, *Tiliqua adelaidensis*, Using Animal-Based Measures. *Animals*, 9(1), 27.
- Berkes, F., Folke, C., & Gadgil, M. (1994). Traditional Ecological Knowledge, Biodiversity, Resilience and Sustainability. *Ecology, Economy & Environment*, 269–287.
- Berkes, F. y Jolly, D. (2001). Adapting to climate change: Social-ecological resilience in a Canadian Western Arctic community, *Conservation Ecology*, 5 (2):18
- Brandon, R. A., & Altig, R. G. (1973). Eggs and small larvae of two species of *Rhyacosiredon*. *Herpetologica*, 29 (4): 349-351.

- Bray D. 2007. El manejo comunitario de los bosques en México: veinte lecciones aprendidas y cuatro senderos para el futuro. In Bray D, L Merino, D Barry eds. *Los bosques comunitarios en México*. Cd. de México. INE-SEMARNAT. p. 417-434
- Boada, M., Zahonero, A., Piqueras, S. y Urgell, A. (2005). Diagnósis de la práctica del deporte del motociclismo en espacios naturales. Barcelona, España: Instituto de Ciencias y Tecnología Ambientales, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Camacho-Rico, F., Trejo, I. y Bonfil, C. (2006). Estructura y composición de la vegetación ribereña de la barranca del río Tembembe, Morelos, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 78: 17-31.
- Campbell, H. W. y Simmons, R. S. (1962). Notes on the Eggs and Larvae of *Rhyacosiredon altamirani* (Dugés). *Herpetologica*, 18(2): 131-133.
- Campos, M., Herrador, D., Manuel, C. y McCall, M.K. (2013). Estrategias de adaptación al cambio climático en dos comunidades rurales de México y el Salvador. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 61: 329-349
- Casas-Andreu, G., Cruz-Aviña, R. y Aguilar-Miguel, X. 2003. 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. Universidad Autónoma del Estado de México. *Ciencia ergo-sum*, 10(3): 304-308
- Castilla-Gutiérrez, C., y Aguilera-Klink, F. (1994). Economía ecológica: estudio de valoración de los ecosistemas forestales de Canarias. Universidad de la Laguna: Servicio de Publicaciones. (en línea). Recuperado de: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/10130/cs8.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cerda, H., Carreño, R., Vilorio, Á. L. y Jedrzejewski, W. (2016). Conservación del jaguar (*Panthera onca* L.) en Venezuela: Necesidad del diálogo de saberes y la participación social. *Anartia*. 26 ("2014" 2016): 9-28.
- Chapela, Francisco & Ruiz, Fernando. (2015). Componentes de un sistema efectivo de adaptación al cambio climático: lecciones de las comunidades forestales de México. *Sociedades Rurales, Producción y Medio ambiente*, 15: 71-89.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2011). Fichas de especies prioritarias. Ajolote Mexicano (*Ambystoma mexicanum*) Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2012). Proyecto de Evaluación de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) (1997-2008). Resultados de la Fase I: Gestión y Administración. Proyectos CONABIO: HV003, HV004, HV007, HV012 y HV019. México
- CONAGUA y CCPG (2008). Programa Hídrico de Gran Visión de la Cuenca Presa Guadalupe. México: Comisión Nacional del Agua/Comisión de Cuenca Presa Guadalupe. (en línea). Recuperado de: <http://cuencapresaguadalupe.org/documentacion/programa-h%C3%ADdrico.html>

- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). Valores de la estación meteorológica 15231 “Presa Iturbide” para el periodo 1997 a 2015. (en línea). Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Mensuales/mex/00015231.TXT>
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Nacionales Protegidas). 2009a. Monitoreo del Ajolote (*Ambystoma altamirani*) en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala. (En línea) Recuperado de: <http://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/zempoala/info/info.pdf>
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Nacionales Protegidas). 2009b. Protocolo de monitoreo No. 23: Monitoreo del Ajolote (*Ambystoma altamirani*) en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, en los Estados de Morelos y de México. (en línea) Recuperado de: http://www.conanp.gob.mx/programas/pdf/mon_23.pdf
- Cortes-Gómez, A. M., Ramírez-Pinilla, M. P., & Urbina-Cardona, N. (2016). Protocolo para la medición de rasgos funcionales en anfibios. En: B. Salgado-Negret (Ed.) La Ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), 126-180.
- Cutz-P, L.Q., García-G, A., Castaño-M, G. y Palacios-V, J.G. (2010). Diversidad de invertebrados de musgos corticícolas en la región del volcán Iztaccíhuatl, Estado de México. *Revista Colombiana de Entomología*, 36 (1): 90-95.
- De Groef, B., Grommen, S. V. H., & Darras, V. M. (2018). Forever young: Endocrinology of paedomorphosis in the Mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *General and Comparative Endocrinology*, 266, 194–201.
- Diario Oficial. (2011). Acuerdo por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Dickison, M. (2009). The asymmetry between science and traditional knowledge. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 39(4), 171–172.
- Dugés, A. (1895). Description d'un axolotl des montagnes de las Cruces (*Ambystoma altamirani*, A. Dugés) Imprimiere du Ministère de Fomento. Institut Medico-National. México, D.F.
- Estrada, R.M. (2015). *El ajolote Ambystoma mexicanum: su manejo y reproducción en cautiverio. Amphibia: Urodela: Ambystomatidae* (Tesis de licenciatura) Universidad Nacional Autónoma de México, Los Reyes Iztacala, Estado de México.
- Estrella-Zamora, A. B., Smith, G. R., Lemos-Espinal, J. A., Woolrich-Piña, G. A., y Montoya-Ayala, R. (2018). Effects of nonnative Rainbow Trout on two species of endemic Mexican amphibians. *Freshwater Science*, 37(2), 389–396.
- Favila-Cisneros, H., Quintero-Salazar, B. y Barrera-García, V.D. (2011). Del plato a la boca...el ajolote a la sopa. *Culinaria. Revista virtual especializada en Gastronomía. Nueva Época* 1, 75-89.

- Ferner, J.W. (2010). Measuring and marking post-metamorphic amphibians. En: C.K. Dodd (Ed.) Amphibian ecology and conservation A handbook of techniques. (pp.123-142) Gran Bretaña: Oxford University Press.
- Frost, D. R. (2019). Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (06/11/2019). Electronic Database Recuperado de: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Fundación UNAM (2016). UNAM investiga propiedades medicinales de los ajolotes. Recuperado de: <http://www.fundacionunam.org.mx/ecopuma/unam-investiga-propiedades-medicinales-de-los-ajolotes/>.
- García, I.B. (2013). *Algunos aspectos ecológicos y reproductivos del ajolote (Ambystoma altamirani, Dugés, 1895) del municipio de Jilotzingo Estado de México* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Los Reyes Iztacala, Estado de México.
- Gay, C. (2006). Vulnerability and adaptation to climate variability and change: The case of farmers in Mexico and Argentina. Estados Unidos: The International START Secretariat. 152p.
- GEM (Gobierno del Estado de México). (1980). Decreto del Área Natural Protegida Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala-La Bufa denominado Parque "OtomíMexico" del Estado de México. Gaceta del Gobierno del Estado de México.
- GEM (Gobierno del Estado de México). (2014). Ejecución del Programa de Manejo Forestal Nivel Avanzado para el Aprovechamiento de Recursos Forestales Maderables. 11pp.
- GEM (Gobierno del Estado de México). (2016). Resumen del Programa de Manejo del parque ecológico, turístico y recreativo Zempoala-La Bufa, denominado Parque Otomí Mexico del Estado de México. Gaceta del Gobierno del Estado de México.
- Gómez, G., Reyes, S.R., Teutli, C. Valadez, R. (2007). La Medicina Tradicional Prehispánica, Vertebrados Terrestres y Productos Medicinales de tres Mercados del Valle de México. *Etnobiología*, 5(1), 86-98.
- Gómez-Sánchez, S.S. (2016). *Reproducción y crecimiento de ajolote granulado en cautiverio (Urodela: Ambystomatidae: Ambystoma granulatum)* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Los Reyes Iztacala, Estado de México.
- González, H.A., Castelán, H.J., Servín, E., Barrera, H., Leal, J., Serrano, M. y Monroy, H. (2017). Manual de manejo bajo cuidado humano achoque (*Ambystoma dumerilii*). Parque Ecológico de Zacango, Estado de México.
- González-Hernández, A.J.X. (2019). *Estudio etnozoológico de anfibios en el Estado de México*. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.
- González-Martínez, T., Ávila-Akerberg, V. y Galicia-Valdés, A. (2014). Conservación del ajolote de montaña (*Ambystoma altamirani*) en bosques templados con alta presión antrópica. En: Aguirre, P. y Muñoz, R. (Comps.). *Memorias del Simposio Internacional*

Biodiversidad, Conocimiento local y cambio climático en la Región Andino Amazónica: muchos desafíos un solo objetivo. Pp. 179-187. Cuvillier Verlag, Göttingen, Alemania.

- Gould, S. J. (1977). *Ontogeny and phylogeny*. Cambridge, UK: Belkap Press.
- Haas, B. J., & Whited, J. L. (2017). Advances in decoding axolotl limb regeneration. *Trends in Genetics*, 33(8), 553-565.
- Harding, J. H. y Mifsud, D. A. (2017). *Amphibians and reptiles of the Great Lakes region*. Michigan, USA: University of Michigan Press.
- Heredia-Bobadilla, R.-L., Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M. M., Martínez-Gómez, D., Mendoza-Martínez, G. D., & Sunny, A. (2017). Genetic variability and structure of an isolated population of *Ambystoma altamirani*, a mole salamander that lives in the mountains of one of the largest urban areas in the world. *Journal of Genetics*, 96(6), 873–883.
- Hernández-Ruíz, M. de los A. (2016). Caracterización de los arroyos ocupados por el axolote de arroyo de montaña (*Ambystoma altamirani*) que habita la Sierra de las Cruces, México. (Tesis de licenciatura) Universidad Nacional Autónoma de México, Los Reyes Iztacala, Estado de México.
- Herrera, O. (2014). Establecimiento de la unidad de manejo ambiental (UMA) Tecpan-Axolotl y la problemática para la preservación de la vida silvestre. (Tesis de licenciatura) Universidad Nacional Autónoma de México, Los Reyes Iztacala, Estado de México.
- Huntington, H.P., Callaghan, T., Fox, S. y Krupnik, I. (2004). Matching traditional and scientific observations to detect environmental change: A discussion on Arctic terrestrial ecosystems. *Ambio Special Report 13*:18-23.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). (2010). Isidro Fabela. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, Estado de México. Recuperado de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15038a.html>
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). (2009). Prontuario de información geográfica municipal. Isidro Fabela, México. Recuperado de: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15038.pdf
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). (2019). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2. Recuperado de: <https://www.iucnredlist.org>
- Jiang, P., Nelson, J. D., Leng, N., Collins, M., Swanson, S., Dewey, C. N., Thompson, J.A. y Stewart, R. (2017). Analysis of embryonic development in the unsequenced axolotl: Waves of transcriptomic upheaval and stability. *Developmental biology*, 426(2), 143-154.
- Juan-Peréz, J.I., Camacho-Sanabria, J.M., Magallanes-Méndez, M. del C., Juárez-Toledo, R., Pozas-Cárdenas, J.G., Pérez-Sánchez, J.M., Villegas-Martínez, D., García-López, I. E. y Vilchis-Onofre, A. (2017). Análisis socioespacial, geográfico, ambiental y ecológico del parque Otomí–Mexica Estado de México. Volumen II. Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF) del Gobierno del Estado de México y Colegio de Ciencias Geográficas del Estado de México, A. C.

- Khattak, S., Murawala, P., Andreas, H., Kappert, V., Schuez, M., Sandoval-Guzmán, T., Crawford, K. y Tanaka, E. M. (2014). Optimized axolotl (*Ambystoma mexicanum*) husbandry, breeding, metamorphosis, transgenesis and tamoxifen-mediated recombination. *Nature Protocols*, 9(3), 529–540.
- Lemos-Espinal, J. A. (2003). Rhyacosiredon altamirani. Fichas diagnósticas para 10 especies de anfibios y reptiles mexicanos. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W002. México. D.F.
- Lemos-Espinal, J.A., Smith, G.R., Ballinger, R.E. & Ramírez -Bautista, A. (1999). State of protected endemic salamanders (*Ambystoma*: *Ambystomatidae*: *Caudata*) in the Transvolcanic Belt of México. *British Herpetological Society Bulletin* 68: 1- 4.
- Lemos-Espinal, J.A., Smith, G.R., Hernández, A. y Montoya, R. (2016a). Natural History, Phenology, and Stream Use of *Hyla plicata* from the Arroyo los Axolotes, State of Mexico, Mexico. *Current Herpetology*, 35(1): 8–13.
- Lemos-Espinal, J.A., Smith, G.R., Hernández, A. y Montoya, R. (2016b). Stream use and population characteristics of the endangered salamander, *Ambystoma altamirani*, from the Arroyo Los Axolotes, State of Mexico, Mexico. *The Southwestern Journalist*, 61(1): 28-32.
- Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R., & Woolrich-Piña, G. A. (2015). Diet of larval *Ambystoma altamiranoi* from Llano de los Axolotes, Mexico. *Current Herpetology*, 34(1), 75-79.
- Licht, L. E. (1973). Behavior and sound production by the northwestern salamander *Ambystoma gracile*. *Canadian Journal of Zoology*, 51(10), 1055–1056.
- Lichtinger, V. y Cárdenas, A. (2002). Aprovechamiento de la vida silvestre. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT. (en línea). Recuperado de: http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/07_Aprovechamiento/7.2_Manejo/index.htm
- Lasisi, R., & Ekpenyong, A. S. (2011). Urbanization and Loss of Traditional Ecological Knowledge: Lessons from Rumuodomaya Community in Rivers State. *International Journal of Cross-Cultural Studies*, 1(1): 54.
- Lobos, G.A., Vidal, M., Labra, M.A., Correa, C., Rabanal, F., Díaz-Páez, H., Alzamora, A. y Soto, C. (2013). Protocolo para el control de enfermedades infecciosas en Anfibios durante estudios de campo. Red Chilena de Herpetología RECH. (en línea). Recuperado de: <https://www.herpetologiadechile.cl/documentos>
- Luna-Morales, C. del C. (2002). Ciencia, conocimiento tradicional y etnobotánica. *Etnobiología*, 2(1), 120-136.
- MacCracken, J. G., & Stebbings, J. L. (2012). Test of a body condition index with amphibians. *Journal of Herpetology*, 46(3), 346-350.
- Malhotra, N.K. (2008). *Investigación de mercados*. México: Pearson Education.
- Martin, D. L., Jaeger, R. G., & Labat, C. P. (1986). Territoriality in an *Ambystoma* Salamander? Support for the Null Hypothesis. *Copeia*, 1986(3), 725.

- Mena-González, H. y Servín-Zamora, E. (2014). *Manual básico para el cuidado en cautiverio del axolote de Xochimilco (Ambystoma mexicanum)*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mistry, J., & Berardi, A. (2016). Bridging indigenous and scientific knowledge. *Science*, 352(6291), 1274–1275.
- Monroy-Vilchis, O., Heredia-Bobadilla, R-L., Zarco-González, M.M., Ávila-Akerberg, V, Sunny, A. (2019). Genetic diversity and structure of two endangered mole salamander species of the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Herpetozoa*, 32: 237-248.
- Morales, V. (2017). *Aspectos reproductivos, producción de crías y crecimiento de Ambystoma mexicanum en estanques circulares exteriores*. (Tesis de licenciatura) Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Ochoa-Leyva, K., & Santamaría-Gómez, A. (2007). Cultura Gastronómica. Recuperado de: http://web.uaemex.mx/Culinaria/tres_ne/articulo_08.pdf
- Ochoa-Ochoa, L. M., J. E. Bezaury-Creel, L. B. Vázquez y O. Flores-Villela. 2011. Choosing the survivors? A GISbased triage support tool for micro-endemics: application to data for Mexican amphibians. *Biological Conservation*, 144:2710-2718
- Ogawa, M. (1995). Science education in a multiscience perspective. *Science Education*, 79(5), 583–593.
- Parra-Olea, G., Flores-Villela, O. y Mendoza-Almeralla, C. (2014). Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85:460-466.
- Parra-Olea, G., Wake, D., Hanken, J., & Ponce-Campos, P. (2010). *Isthmura bellii* (errata version published in 2016). The IUCN Red List of Threatened Species, e.T59371A8, <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T593>. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T59371A11923949.en>
- Pardo de Santayana, M., Morales, R., Aceituno, L., Molina, M. (eds). 2014. *Inventario español de los conocimientos tradicionales relativos a la biodiversidad*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- PDM (Plan de Desarrollo Municipal). (2018). Plan de Desarrollo Municipal 2016-2018. H. Ayuntamiento de Isidro Fabela
- Pedreros, P., Guevara-Mora, M., Urrutia, R. y Stehr, A. (2016). Importancia de la vegetación ribereña de *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. en el régimen térmico de sistemas fluviales andinos del sur de Chile. *Gayana Bot.*, 73(1): 32-41
- Pelegrín, E., Fraga, I., Álvarez, S., Galindo, J. y Barbarito, J. (2004). Efecto de diferentes niveles de proteína en la dieta de renacuajos de Rana Toro (*Rana catesbeiana*). Comunicación Científica CIVA. Centro de Investigaciones Pesqueras, La Habana (Cuba). 557-565.
- Presa Capoxi. (2012). Conozca un poco de la Presa Capoxi. Presa Capoxi. Recuperado de: <http://presacapoxi.weebly.com/conozca.html>
- Ponomareva, L. V., Athippozhy, A., Thorson, J. S., & Voss, S. R. (2015). Using *Ambystoma mexicanum* (Mexican axolotl) embryos, chemical genetics, and microarray analysis to identify

signaling pathways associated with tissue regeneration. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 178, 128-135.

- Ramírez-Bautista, A., Hernández-Salinas, U., García-Vázquez, U. O., Leyte-Manríque, A. y Canseco-Márquez, L. (2009). Herpetofauna del Valle de México: diversidad y conservación. México: UAEH. CONABIO.
- Reyes-García, V. (2007). El conocimiento tradicional para la resolución de problemas ecológicos contemporáneos. *Papeles* 100:109-116
- Reiß, C., Olsson, L., & HOFFELD, U. W. E. (2015). The history of the oldest self-sustaining laboratory animal: 150 years of axolotl research. *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution*, 324(5), 393-404.
- Rodas-Trejo, J.; Medina Sansón, L.; Chang Gutierrez, D.; Ocampo-González, P.; Marín Muñoz, E. S.; Carrillo López, M. R. (2017). Impactos y adaptaciones ante los efectos del cambio climático: un caso de estudio en una comunidad ganadera en Chiapas, México. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18 (10) :1-14
- Rodríguez, F. R. (2009). Dinámica poblacional del ajolote *Ambystoma altamirani* en el Río Magdalena, D. F. (Tesis de licenciatura) Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Rzedowski, G. C. de y Rzedowski, J. (Eds.) (2005). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.
- Sánchez-Núñez, E. (2006). Conocimiento tradicional mazahua de la herpetofauna: un estudio etnozoológico en la Reserva de la Biósfera mariposa monarca, México. *Estudios Sociales*, 15(18):45-66
- Sandoval, C.A. (1996). Investigación cualitativa. En: Instituto colombiano para el fomento de la educación superior. Programa de especialización en teoría, métodos y técnicas de investigación social (Módulo 4). Bogotá, Colombia: ICFES.
- Schoch, R. R., & Fröbisch, N. (2006). Metamorphosis and neoteny: alternative pathways in an extinct amphibian clade. *Evolution*, 60(7), 1467-1475.
- Schulte-Hostedde, A. I., Zinner, B., Millar, J. S., & Hickling, G. J. (2005). Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. *Ecology*, 86(1), 155–163.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). (1994). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. Diario Oficial, Lunes 16 de Mayo de 1994, 488, 2-60.
- Segundo, R. (2020). Delimitación de áreas de gestión para manantiales ubicados en la cuenca presa de Guadalupe, Estado de México. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección de 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. México.

- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2015). Proyecto de modificación del Anexo Normativo III, Lista de Especies en Riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2018). Programa de Acción para la Conservación de las Especies *Ambystoma* spp, SEMARNAT/CONANP, México
- Semlitsch, R. D. (1983). Burrowing ability and behavior of salamanders of the genus *Ambystoma*. *Canadian Journal of Zoology*, 61(3), 616–620.
- Shaffer, H. Bradley. (1989). Natural history, ecology and evolution of the Mexican "axolotls." *Axolotl Newsl*, 18: 5-11
- Shaffer, H.B., Parra-Olea, G., Wake, D. & Flores-Villela, O. (2008). *Ambystoma altamirani*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T59049A11875320. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T59049A11875320.en>.
- Sheil, D., & Lawrence, A. (2004). Tropical biologists, local people and conservation: new opportunities for collaboration. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(12), 634-638.
- Stephan, E. y J. Ensástigue. 2001. El ajolote, otro regalo de México al mundo. *CONABIO. Biodiversitas* 35:7-11.
- Sugiura, Y., Álvarez-Lobato, J. A. y E. Zepeda-Valverde. (coords.). (2016). La cuenca del Alto Lerma: ayer y hoy. Su historia y su etnografía. El Colegio Mexiquense, A. C. Gobierno del Estado de México.
- Thompson, E.L., Gates, J.E. y Taylor, G.J. (1980). Distribution and Breeding Habitat Selection of the Jefferson salamander, *Ambystoma jeffersonianum*, in Maryland. *Journal of Herpetology*, 14 (2):113-120
- Toledo, V.M. y Barrera-Bassols, N. (2014). *La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Colombia: Universidad del Cauca
- Uribe-Peña, Z., Ramírez-Bautista, A. y Casas Andreu, G. (1999). *Anfibios y reptiles de las serranías del Distrito Federal, México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Velarde-Mendoza, T. (2012). Importancia ecológica y cultural de una especie endémica de ajolote (*Ambystoma dumerilii*) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Etnobiología*, 10(2), 40-49.
- Villareal, V. (2019) *Probabilidad de detección y porcentaje de ocupación en una población del ajolote arroyero de montaña (Ambystoma altamirani), que habita la Sierra de las Cruces, México*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Los Reyes Iztacala, Estado de México.
- Villegas, D. (2016). *Turismo rural como estrategia de desarrollo local en Isidro Fabela y en la región de Monte Alto, Estado de México* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.

- Villegas, D., Gutiérrez, J.G., Gómez, W. y Espinoza, L.M. (2018a). Diagnóstico integral del territorio del parque Otomí-Mexica del Estado de México. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias* 9(21): 160-186
- Villegas, D., Gutiérrez, J.G., Espinoza, L.M. y Makowski, J. (2018b). Importancia socioambiental del parque Otomí-mexica del estado de México. En Santana, M.V., Hoyos, G., Santana, G., Zepeda, F. y Calderón, J.R. (coord.) *Vulnerabilidad, Resiliencia y Ordenamiento* (pp. 403- 434). México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Voss, S. R. (1993). Effect of temperature on body size, developmental stage, and timing of hatching in *Ambystoma maculatum*. *Journal of Herpetology*, 27(3), 329-333.
- Wakahara, M. (1996). Heterochrony and Neotenic Salamanders: Possible Clues for Understanding the Animal Development and Evolution. *Zoological Science*, 13, 765-776.
- Weiss, K., Hamann, M., & Marsh, H. (2013). Bridging Knowledges: Understanding and Applying Indigenous and Western Scientific Knowledge for Marine Wildlife *Management. Society & Natural Resources*, 26(3), 285–302.
- Woolrich-Piña, G., Smith, G. R., Lemos-Espinal, J. A., Zamora, A. E., & Ayala, R. M. (2017). Observed localities for three endangered, endemic Mexican ambystomatids (*Ambystoma altamirani*, *A. leorae*, and *A. rivulare*) from central Mexico. *Herpetological Bulletin*, 139: 12-15
- Zambrano, L., Ortiz, G.A. y Levy, K. (2014). El axolote como especie bandera en Xochimilco. En: González, C.A., Vallarino, A., Pérez, J.C. y Low, A.M. (Eds.) *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental*. México: El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur) e Instituto Nacional de Ecología Climático (INECC).

Formato 3



FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA OBTENCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS PERSONALES.



FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

Ciudad Universitaria a, _____ de _____.

Título completo del proyecto de investigación o estudio:

“Ecología y conocimiento tradicional del ajolote de montaña (*Ambystoma altamirani*) en el municipio de Isidro Fabela, Estado de México, México.

Nombre del profesor responsable del proyecto o estudio: Dr. Víctor Daniel Ávila Akerberg.

Uso que se le darán a los datos:

Parte del proyecto tiene como finalidad reconocer el conocimiento tradicional que poseen los pobladores de Isidro Fabela, Estado de México. Por conocimiento tradicional se entiende como los conocimientos que tienen los pobladores sobre su entorno, la flora y la fauna y sobre el uso de diversas especies; y en este caso, todos los conocimientos que tienen con respecto al ajolote de montaña. La obtención de este conocimiento se realizará a través de la aplicación de una entrevista y la información que se obtenga será analizada y utilizada para el planteamiento de un proyecto donde se consideren tanto los aspectos ecológicos de la especie como las relación que tienen los pobladores con ella. Los datos personales que se solicitan son: nombre, género, edad, procedencia, ocupación y escolaridad; estos datos son esenciales en dado caso que se necesite recurrir otra vez a la persona ya que puede aportar más conocimiento, además sirve para ver si existe una relación entre las características de las personas y las respuestas que dieron.

Yo _____ he sido informado acerca de la finalidad de la obtención de mis datos personales, del tratamiento, destino, tiempo de conservación y medidas de protección de los mismos, y todas las preguntas que he planteado me han sido resueltas satisfactoriamente.

Estoy enterado que no estoy obligado a proporcionar datos personales considerados sensibles, tal y como son: el origen étnico o racial, características morales o emocionales, ideología y opiniones políticas, creencias, convicciones religiosas, filosóficas y preferencia sexual.

Entiendo que en ningún caso los datos proporcionados podrán ser utilizados para finalidades distintas a las del proyecto/ estudio, y como titular y dueño de ellos, puedo pedir que se modifiquen o eliminen en cualquier momento, sin tener que dar explicaciones al respecto.

De acuerdo a lo dispuesto por la Ley Federal de Protección de Datos Personales conozco mi derecho al tratamiento lícito de mis datos personales y a la protección de los mismos.

Por lo tanto, de forma voluntaria y consciente doy mi consentimiento para el uso y tratamiento de mis datos personales.

Yo Montserrat Vázquez Trejo como Responsable del Sistema de Datos Personales, acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para uso y tratamiento de datos personales y me apegó a ella.

Nombre y firma del responsable o investigador principal:

Dr. Víctor Daniel Ávila Akerberg.

Firma (o Huella digital) del Participante:

NOTA: Utilizar un lenguaje que clarifique y no confunda. Usar términos locales y simplificados y evitar el uso de términos. técnicos.

GLOSARIO DE TÉRMINOS:

Datos personales: La información numérica, alfabética, gráfica, acústica o de cualquier otro tipo concerniente a una persona física, identificada o identificable. Tal y como son, de manera enunciativa y no limitativa: el origen étnico o racial, características físicas, morales o emocionales, la vida afectiva y familiar, el domicilio y teléfono particular, correo electrónico no oficial, patrimonio, ideología y opiniones políticas, creencias, convicciones religiosas y filosóficas, estado de salud, preferencia sexual, la huella digital y el número de seguridad social, y análogos.

Interesado: Persona física titular de los datos personales que sean objeto del tratamiento al que se refiere la presente Ley.

Responsable del Sistema de Datos Personales: Persona física que decida sobre la protección y tratamiento de datos personales, así como el contenido y finalidad de los mismos.

Consentimiento: Se refiere a la manifestación de voluntad libre, inequívoca, específica e informada, mediante la cual el interesado consiente el tratamiento de sus datos personales.

Sistema de Datos Personales: Todo conjunto organizado de archivos, registros, ficheros, bases o banco de datos personales de los entes públicos, cualquiera que sea la forma o modalidad de su creación, almacenamiento, organización y acceso.

Tratamiento de Datos Personales: Cualquier operación o conjunto de operaciones efectuadas mediante procedimientos automatizados o físicos, aplicados a los sistemas de datos personales, relacionados con la obtención, registro, organización, conservación, elaboración, utilización, cesión, difusión, interconexión o cualquier otra forma que permita obtener información de los mismos y facilite al interesado el acceso, rectificación, cancelación u oposición de sus datos.

Cesión de datos personales: Toda obtención de datos resultante de la consulta de un archivo, registro, base o banco de datos, una publicación de los datos contenidos en él, su interconexión con otros ficheros y la comunicación de datos realizada por una persona distinta a la interesada, así como la transferencia o comunicación de datos realizada entre entes públicos.

Calidad de los Datos: Los datos personales recabados deben ser ciertos, adecuados, pertinentes y no excesivos en relación al ámbito y finalidad para los que se hubieren obtenido. Los datos recabados deberán ser los que respondan con veracidad a la situación actual del interesado.

Confidencialidad: Consiste en garantizar que exclusivamente la persona interesada puede acceder a los datos personales o, en caso, el responsable o el usuario del sistema de datos personales para su tratamiento, así como el deber de secrecía del responsable del sistema de datos personales, así como de los usuarios.

Entrevista semi estructurada (anexo 1)

Localidad: _____

Fecha: _____

Nombre: _____

Sexo: _____ Edad: _____ Procedencia: _____

Ocupación: _____ Escolaridad: _____

Ecología y biología

1. ¿Conoce a los ajolotes? En dado caso de que la respuesta sea NO, se le mostrará una imagen para asegurarnos de que no lo reconoce ¿Se le conoce por otro nombre?
2. ¿Sabe qué características distinguen a los ajolotes? ¿Sabe para que funciona la “melena” que tiene en su cabeza y si la puede perder?
3. ¿Puede distinguir entre juveniles-adultos y machos-hembras?
4. ¿De qué se alimenta el ajolote?
5. ¿Qué animales se comen al ajolote?
6. ¿A qué hora están más activos (día, tarde o noche)?
7. ¿En qué época se pueden encontrar más ajolotes?
8. ¿En qué época se pueden encontrar huevos?

Hábitat y abundancia

1. ¿Sabe si hay ajolotes en la región? ¿Sabe el nombre de los arroyos o lugares donde se pueden encontrar?
2. ¿Cómo son los arroyos donde suelen encontrarse ajolotes?
3. ¿Considera que el número de ajolotes ha disminuido? ¿Desde hace cuánto ha notado ese cambio?
4. ¿Cuáles son las razones por las que cree que estén disminuyendo?

Usos y creencias

1. ¿Sabe si antiguamente se usaba el ajolote? ¿Para qué?
2. ¿Actualmente se sigue usando? ¿Para qué: medicinal, alimento, venta, mascota, ritual, etc.?

3. ¿Qué partes del ajolote se utilizan?
4. ¿Usted o alguien de su familia a utilizado al ajolote?
5. ¿Conoce algún mito, creencia o historia respecto al ajolote?

Conservación

1. ¿Considera que el ajolote sea importante para la región?
2. ¿Sabía que el ajolote es una especie endémica y que está en peligro de extinción?
(Explicar ambos conceptos)
3. ¿Sabe que se podría hacer para cuidar al ajolote?
4. ¿Sabe si en su localidad ya se está haciendo algo para cuidarlo? ¿Estaría dispuesto a participar en alguna actividad que ayude a cuidarlo?

*¿Conoce a alguien que sepa algo sobre los ajolotes?

Cuestionario a niños (anexo 2)

Preguntas:

¿Conoces el ajolote? Sí No

¿Sabías que encontrar ajolotes en un río, quiere decir que el río está limpio?

Sí No

¿Conoces algún uso que tenga el ajolote?

¿Cuál? _____

¿Crees que sea importante cuidar del ajolote? Sí No ¿Por

qué? _____

Carta de consentimiento (anexo 3)



TRABAJANDO POR EL DESARROLLO DE JILOTZINGO, A.C.

15 de mayo del 2019

A quien corresponda:

Por medio de la presente, hago de su conocimiento que yo, el C. Florentino Morales, presidente de la organización social Trabajando por el Desarrollo de Jilotzingo A.C., la cual trabaja de manera directa con los integrantes y familiares de los ejidos y comunidades en diversos municipios del Estado de México, otorgo el consentimiento para que se realicen entrevistas a las personas de interés de los municipios de Isidro Fabela, Jilotzingo y Nicolás Romero. Las entrevistas fueron y serán realizadas por tesistas del Dr. Víctor Ávila-Akerberg y la M. en C. Tanya González Martínez, adscritas como estudiantes de la licenciatura en Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Es importante señalar que la información obtenida será para fines meramente académicos, sin fines de lucro y preservando el anonimato de las personas entrevistadas. A continuación se muestra una tabla de las investigaciones que se están llevando a cabo, así como el nombre de la estudiante responsable y su respectivo asesor.

Alumna	Número de cuenta	Nombre del proyecto de investigación	Asesor
Rossana Nadine Salazar Aguilar	312281801	"Servicios ecosistémicos de las "chizas", larvas de <i>Trichoderes pini</i> (Coleoptera: Cerambycidae) en el municipio de Isidro Fabela, Estado de México, México"	Víctor Ávila Akerberg
Montserrat Vázquez Trejo	415099406	"Ecología y conocimiento tradicional del ajolote de montaña (<i>Ambystoma altamirani</i>) en el municipio de Isidro Fabela, Estado de México, México"	Víctor Ávila Akerberg
Dalia Zavala Hernández	310335599	"Riqueza biológica y percepción social de los mamíferos en el municipio de Isidro Fabela, Estado de México, México"	Tanya González Martínez
Paola Nuzet Barón Camacho	311071007	"Caracterización de la biodiversidad del paisaje alimentario de Tlazala, municipio de Isidro Fabela, Estado de México, México"	Tanya González Martínez

Sin más por el momento, agradezco su atención y quedo atento para cualquier duda o aclaración.

Atentamente,


Prof. Florentino Morales Solís
Presidente de la A.C.

Cuestionario a niños, modificado (anexo 4)

1. ¿Alguna vez has visto un ajolote en los arroyos de tu región?

Sí No

2. ¿Has escuchado del ajolote por alguno de los siguientes medios: Televisión, Radio, Redes sociales, Internet, Revistas, Libros, Trípticos o Carteles, Museos, Escuela y/o Familia)?

Sí No

3. Si respondiste que **Sí** en la pregunta anterior, selecciona en cuál de estos medios lo has escuchado (Puedes seleccionar más de uno):

Televisión

Radio

Redes sociales

Internet

Revistas

Libros

Trípticos o Carteles

Museos

Escuela

Familia

4. ¿Crees que encontrar ajolotes en un río, indiquen que el agua del río está limpia?

Sí No

5. ¿Conoces algún uso que tenga el ajolote?

Sí No

6. Si respondiste que **Sí** en la pregunta anterior, selecciona en cuál de estos usos tiene el ajolote (Puedes seleccionar más de uno):

Alimenticio

Medicinal

Mascota

Bioindicador

Investigación

Otro _____

7. Si respondiste **alimenticio**, menciona ¿cómo se prepara el ajolote?:

8. Si respondiste **medicinal**, menciona ¿qué enfermedades cura? Y si se prepara en jarabe, pomada, té o si solo se come:

9. Si respondiste **investigación**, menciona ¿qué estudios se podrían realizar respecto al ajolote?:

10. ¿Crees que sea importante cuidar del ajolote?

Sí No

11. Si respondiste que **Sí**, ¿por cuál o cuáles de las siguientes opciones consideras que es importante cuidar al ajolote? (Puedes seleccionar más de uno):

- Está bonito
- Tiene alguna función en el ecosistema
- Quedan pocos ajolotes (Peligro de extinción)
- Es propio de la región o de México (Endémico)
- Tiene algún uso (alimenticio, medicinal, etc.)
- Forma parte de tu cultura
- Otro: _____

12. Si respondiste que **No**, ¿por cuál o cuáles de las siguientes opciones consideras que es **no** importante cuidar al ajolote? (Puedes seleccionar más de uno):

- Está feo
- Son dañinos
- Quedan muchos ajolotes
- No son de mi interés
- Otro: _____