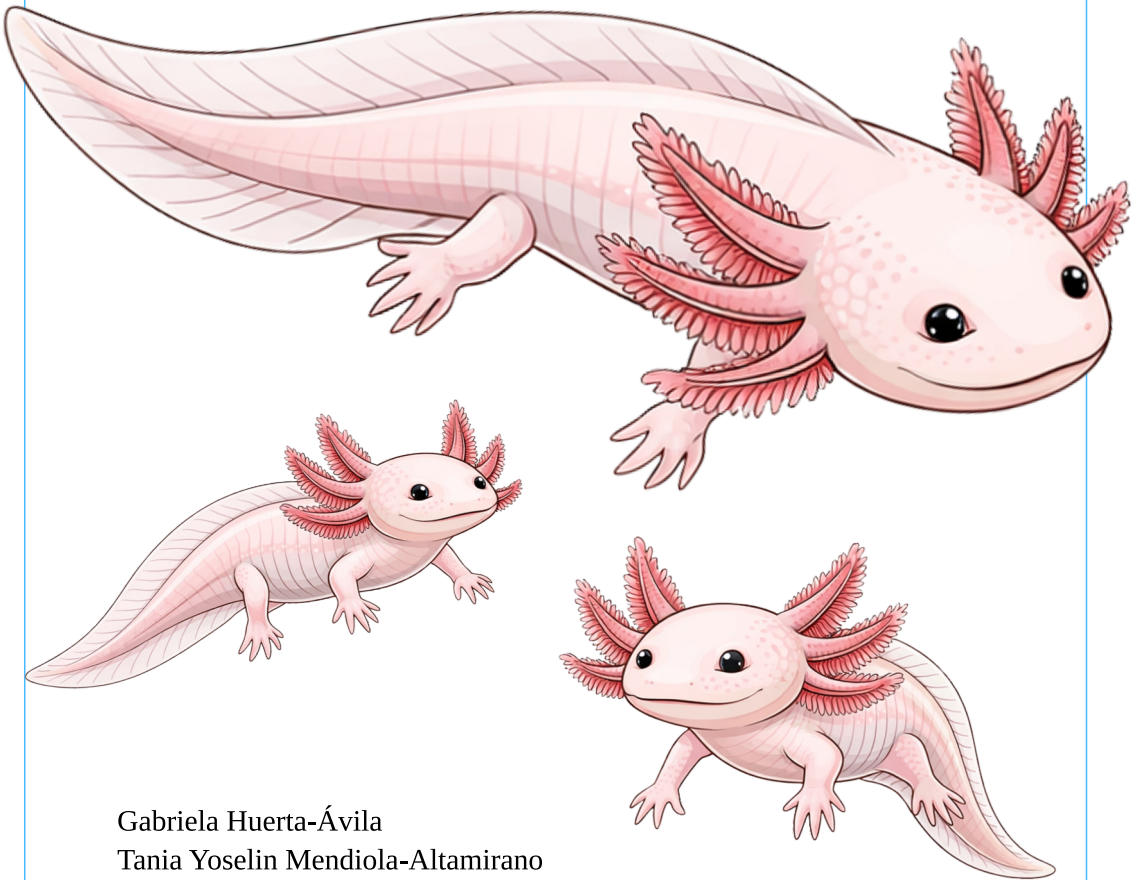


Conservación y manejo del ajolote mexicano bajo condiciones de laboratorio



Gabriela Huerta-Ávila
Tania Yoselin Mendiola-Altamirano
Olimpia Chong-Carrillo
Daniel Badillo-Zapata
Omar Ezequiel Aguillón-Hernández
Reyna María Casillas Beltrán
Liza Danielle Kelly-Gutiérrez
Fernando Vega-Villasante



Imagen creada por Diego Vega Romero

Conservación y manejo del ajolote mexicano bajo condiciones de laboratorio

Universidad de Guadalajara

Karla Alejandrina Planter Pérez. *Rectora General*

Héctor Raúl Solís Gadea. *Vicerrector Ejecutivo*

Jaime Federico Andrade Villanueva. *Vicerrector Adjunto Académico y de Investigación*

María Guadalupe Cid Escobedo. *Vicerrectora Adjunta Administrativa*

César Antonio Barba Delgadillo. *Secretario General*

Centro Universitario de la Costa

María Esther Avelar Álvarez. *Rectora*

L. Rebeca Mateos Morfín. *Secretaria Académica*

María del Consuelo Delgado González. *Secretaria Administrativa*

Conservación y manejo del ajolote mexicano bajo condiciones de laboratorio

Gabriela Huerta-Ávila
Tania Yoselin Mendiola-Altamirano
Olimpia Chong-Carrillo
Daniel Badillo-Zapata
Omar Ezequiel Aguillón-Hernández
Reyna María Casillas Beltrán
Liza Danielle Kelly-Gutiérrez
Fernando Vega-Villasante

Universidad de Guadalajara
2026

Para garantizar la calidad, pertinencia académica y científica de esta obra, el manuscrito fue sometido a un riguroso arbitraje por medio de dictaminado a doble ciego, emitido por académicos especialistas en la materia, avalados por el Comité Editorial del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara, México.

Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental. Departamento de Ciencias Biológicas. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara en colaboración con la empresa BOMSTARFISH.

Primera edición, 2026

D.R. © 2026, Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de la Costa
Av. Universidad 203, delegación Ixtapa
48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México

ISBN: 978-607-646-031-3

<https://doi.org/10.32870/9786076460313>

Hecho en México / *Made in Mexico*



Este trabajo está autorizado bajo la licencia Creative Commons Atribución-NoComercialSinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND) lo que significa que el texto puede ser compartido y redistribuido, siempre que el crédito sea otorgado al autor, pero no puede ser mezclado, transformado, construir sobre él ni utilizado con propósitos comerciales. Para más detalles consúltese <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

Índice

Prefacio	7
Introducción	8
Antecedentes	14
Recomendaciones generales para el mantenimiento de ajolotes adultos, juveniles y crías	16
Reservorios	17
Manipulación de los ajolotes	18
Redes	18
Limpieza y desinfección de las peceras y contenedores	19
Bombas de aire	19
Filtros	20
Sustrato y ambientación de las peceras y contenedores	20
Calidad del agua	21
Procedimiento para declorar el agua	22
Biofilm o biopelícula	22
Zona de cuarentena	22
Alimentación	24
Alimentación de juveniles y adultos	24

Alimentación de las crías	25
Cambio de alimento vivo a alimento procesado	26
Periodo de alimentación	26
Reproducción	27
Madurez sexual y ciclo reproductivo	27
Diferencias entre machos y hembras	27
Selección de reproductores	29
Cortejo	30
Manejo de las puestas	31
Indicaciones que seguir después del desove	31
Preparación de los contenedores para los huevos	31
Preparación de los contenedores para las larvas	32
Manejo de las crías	32
Manejo de los juveniles	33
Enfermedades y medicación	34
Signos y síntomas de enfermedad en los ajolotes	35
Protocolo en caso de la presencia de alguna patología	38
Protocolo para las enfermedades no infecciosas	39
Protocolo para enfermedades infecciosas	39
Bibliografía	45

Prefacio

El ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*), criatura emblemática de la biodiversidad de nuestro país, representa un puente entre la tradición cultural y el conocimiento científico. Admirado desde tiempos prehispánicos y reconocido hoy como un organismo modelo en investigación biológica y biomédica, el ajolote es también un símbolo de los retos de conservación que enfrenta México en pleno siglo XXI.

Este manual surge con el propósito de ofrecer una guía clara y práctica para su manejo bajo condiciones de laboratorio, integrando tanto la experiencia generada en el Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental (LACUIC) del Centro Universitario de la Costa (CUCosta) como el conocimiento de criadores expertos e información disponible en la literatura especializada. Está dirigido a investigadores, estudiantes y profesionales que trabajan con esta especie, pero también a todas aquellas personas interesadas en garantizar el bienestar y la permanencia del ajolote en contextos controlados.

La intención que nos guía es doble: por un lado, contribuir a que los ajolotes mantenidos en cautiverio se desarrollen en condiciones que respeten su biología y bienestar; y por otro, aportar a los esfuerzos de conservación de una especie que, aunque prospera en entornos controlados, lucha por sobrevivir en su hábitat natural.

Confiamos en que las recomendaciones aquí reunidas sirvan como herramienta para mejorar las prácticas de manejo y, al mismo tiempo, para sensibilizar sobre la importancia de unir ciencia y ética en la conservación de este organismo fascinante.

Introducción

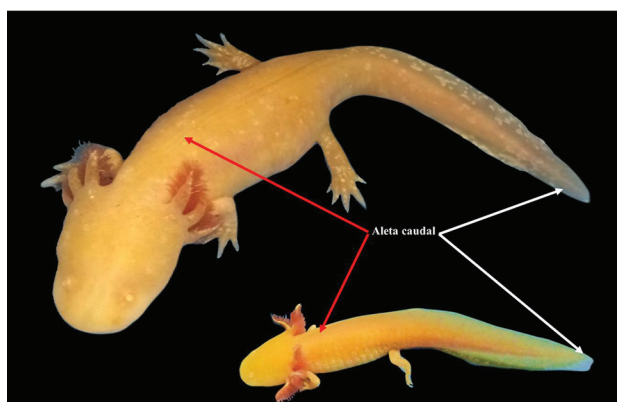
Ambystoma mexicanum, recibe el nombre de ajolote mexicano, originado del vocablo náhuatl, axolotl, que significa «monstruo de agua» o «perro de agua» (Malacinski, 1978). Es un anfibio del orden Caudata que pertenece al género *Ambystoma*, el cual se conforma de 33 especies de ajolotes que se distribuyen desde el sur de Canadá hasta la zona centro de México (Akerberg *et al.*, 2021). De acuerdo con el inventario realizado por Balderas-Valdivia y González-Hernández (2025), 10 especies de este género son endémicas de México; entre ellas se encuentra el ajolote mexicano, endémico para las zonas de Xochimilco, Chalco y Mixquic, y, hoy en día, restringido a los pequeños canales remanentes de la zona lacustre de Xochimilco y, en menor proporción, de Chalco-Tláhuac, lago de Xochimilco (Rosales-Peña y Vargas, 2021). Esta zona se caracterizaba por ofrecer una variedad de condiciones que favorecerían un hábitat único para este organismo acuático, ya que era un humedal compuesto por una serie de canales lodosos y suaves que conectaban lagos de diferentes tamaños (Ayala *et al.*, 2018).

De acuerdo con Chaparro-Herrera *et al.* (2013) los ajolotes adultos alcanzan una longitud hocico-cloaca que oscila entre los 25-30 cm. En cuanto a su alimentación es una especie carnívora de hábitos de alimentación de fondo, en definitiva, son considerados depredadores, lo que les permite desempeñar un papel clave en la regulación de poblaciones de otras especies acuáticas. De hecho, las salamandras del género *Ambystoma* son depredadores de emboscada que atrapan a su presa por succión y la forma de la boca de estos organismos está adaptada para ejecutar esta función de manera eficiente (Chaparro-Herrera

et al. 2011). Además, se ha observado canibalismo en colonias superpobladas en condiciones de cautiverio, pero no se ve a menudo en la naturaleza.

La piel de *A. mexicanum* es lisa y húmeda, a veces puede ser un poco rugosa, presenta una membrana que empieza en el dorso y termina en su larga cola formando una aleta caudal, dicha membrana puede diferenciarse anatómicamente en una cresta dorsal y caudal (Figura 1), cuenta cuatro dedos en las patas anteriores y cinco dedos en las posteriores (Gutiérrez y Juárez, 2013). Sin embargo, la característica física que más distingue al ajolote son sus tres pares de branquias ramificadas, que se extienden desde la región del cuello a cada lado de la cabeza, cada «rama» se encuentra cubierta de filamentos plumosos que se utilizan para el intercambio de gases (Gresens, 2004) esto hace que se asemejen a penachos (Figura 2). También posee sacos pulmonares y puede aprovechar el oxígeno ambiental a través de su piel (Servín-Zamora y Mena-González, 2014).

Figura 1. Ajolote mexicano adulto y juvenil con la membrana que comienza desde el dorso (flechas rojas) y termina en la larga cola (flechas blancas) formando la aleta caudal



Ambystoma mexicanum se cataloga como una especie neoténica (Figura 3), por su capacidad de reproducirse sin llevar a cabo un proceso de metamorfosis. Esto significa que el organismo conserva características larvianas de la fase acuática sin pasar a la terrestre, como las branquias, una cola serpenteante, la ausencia de párpados, un sistema de excreción amoniotélico y un sistema óseo que se constituye por tejido cartilaginoso (Gutiérrez y Juárez, 2013; Servín, 2011).

El ajolote mexicano es de fertilización interna. Vieira *et al.* (2020) mencionan que el ciclo de vida del ajolote (Figura 4) es corto en comparación con el

humano, comienza con la embriogénesis que tarda en promedio dos semanas, después eclosionan las larvas las cuales seguirán desarrollándose hasta formar las extremidades anteriores y posteriores. Para este punto se consideran juveniles que crecerán en tamaño hasta convertirse en adultos. Cabe mencionar que se les considera adultos a los ajolotes hasta que alcanzan la madurez sexual entre los 10 y 18 meses de edad (Farkas y Monaghan, 2015).

Con regularidad, se asocia el color rosa para el ajolote mexicano, pero dicha característica es atípica. El color natural del ajolote mexicano es el verde oscuro que varía a tonos marrones, esto le permite camuflarse en su ambiente natural (Andreu *et al.*, 2003; Akerberg *et al.*, 2021). La amplia variedad de colores que existen en el ajolote mexicano se debe a cuatro genes que afectan la pigmentación: *m* (melanoide), *ax* (axántico), *a* (albino) y *d* (blanco), cada gen es recesivo y determinan los cambios fenotípicos durante el desarrollo (Frost *et al.*, 1984).

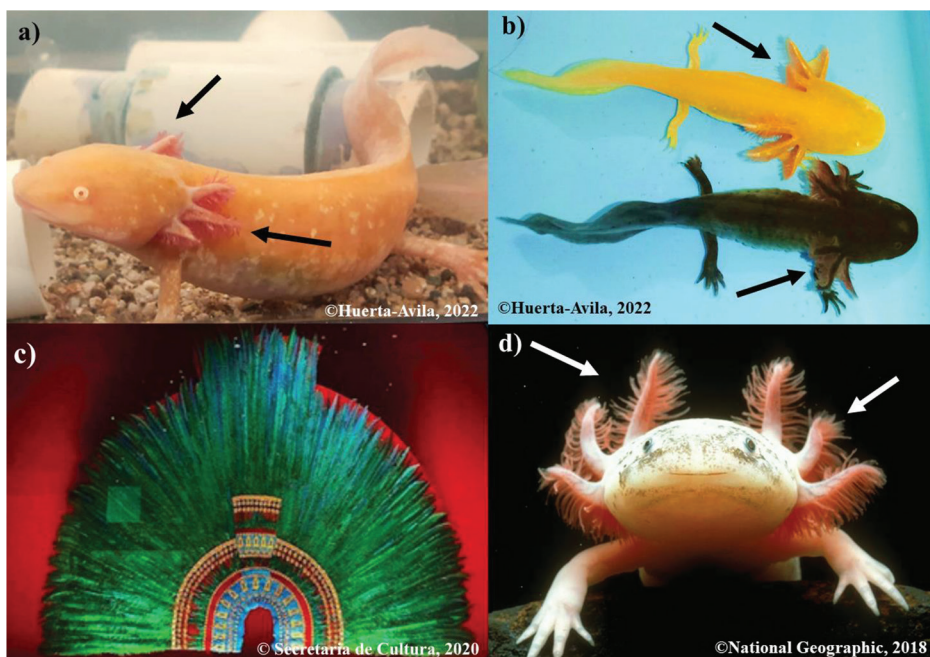


Figura 2. Semejanza entre un penacho (c) y las branquias de *Ambystoma mexicanum* (a, b y d). Fuente: Fotografía (c) obtenida de Secretaría de Cultura (2020); (d) Fotografía perteneciente a National Geographic (2018).

Dicha variación en la pigmentación de la piel guarda relación con una mayor variedad de cromatóforos, característica propia de muchas especies de anfibios (Rudh y Qvarnström, 2013).

Figura 3. Comparación de *Ambystoma mexicanum* en tres etapas de su vida (larval, juvenil y adulto) donde se muestra el fenómeno denominado neotenia

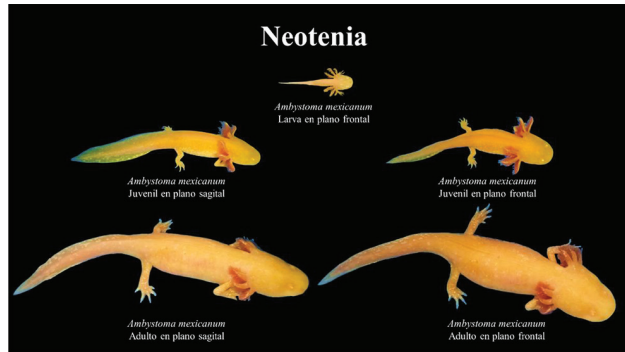
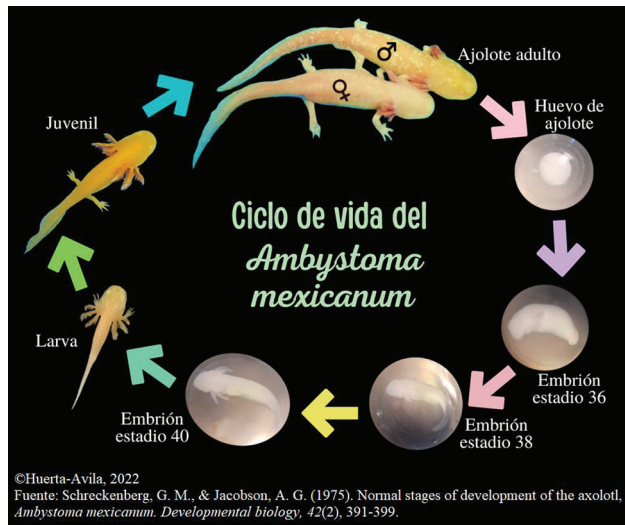


Figura 4. Ciclo de vida de *Ambystoma mexicanum*



El ajolote mexicano es el principal modelo de salamandra en la investigación biológica y un relevante organismo modelo genético, a causa de su capacidad para prolongar su estadio juvenil y la capacidad para regenerar cualquier órgano y extremidad de su cuerpo. Jiménez *et al.* (2020) agregan que, otras de las ventajas que *A. mexicanum* tiene como modelo de estudio son: genoma secuenciado, líneas genéticamente modificadas y similitud tisular con el humano.

No obstante, a pesar de ser un organismo de interés médico, genético y biológico, su estado de conservación es lamentable. Datos recientes sugieren que hay menos de 35 ajolotes por kilómetro cuadrado en el lago de Xochimilco (Voss *et al.*, 2015). Por esta razón el ajolote mexicano se encuentra listado dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 que identifica a las especies de flora y fauna silvestres que se encuentran en categoría de riesgo (Mena-González y Servín-Zamora, 2014).

Al ser el *A. mexicanum* una «especie en peligro de extinción (P)», se implementaron diversas estrategias para salvaguardarla, por ejemplo, el gobierno de la delegación Xochimilco invirtió en la extracción de plagas, como el lirio acuático (*Eichhornia crassipe*), y la extracción de 400 toneladas de peces introducidos (carpa y tilapia) (Gutiérrez y Juárez, 2013), pero esto no ha sido suficiente para su protección y conservación.

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (2021) ubica al ajolote mexicano en el «Apéndice II», donde se autoriza la venta de esta especie de manera controlada, concediendo permisos o certificados que demuestren el cumplimiento de ciertas condiciones, de forma que no sea perjudicial para su supervivencia en el medio silvestre.

El ajolote mexicano se ha convertido en uno de los anfibios favoritos de los seres humanos, esto se puede deber a su singular apariencia. Voss *et al.* (2015) mencionan que el ajolote mexicano es un animal de amplia importancia histórica, cultural, social y biológica que actualmente está pasando por los mejores y los peores momentos, lo que concuerda con Zambrano *et al.* (2007), quienes señalan que los ajolotes parecen estar prosperando en la domesticación, mientras que, la población nativa de ajolotes en México está al borde de la extinción.

Según Mendoza (2012) «la conservación de la especie en la actualidad solo puede darse con una finalidad de aprovechamiento sustentable y la forma más eficiente para realizar esto, es mediante el modelo de las unidades de manejo para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMA)». Aunado a esto, para lograr conservar a una especie se requiere de un correcto manejo en cautiverio, lo que incentiva la elaboración de diversos manuales de mantenimiento, conservación y/o reproducción, ya sea para las UMA o para los compradores de dichos organismos.

No todos los sitios que poseen ajolotes, con fines reproductivos, se dedican a comercializarlos, ya que muchos de estos son instituciones y laboratorios que se enfocan exclusivamente al ámbito educativo, la investigación biológica y biomédica, entre otras, bajo condiciones de laboratorio. Tales condiciones deben respetar los parámetros que permitan el óptimo desarrollo, supervivencia y reproducción de los organismos. Es casi imposible replicar un entorno natural, dentro de un laboratorio de investigación, por lo que requieren de medidas alternativas para brindar las condiciones adecuadas que garanticen su bienestar. Por lo anterior, un manual que se adapte a cada laboratorio en particular, pero que sugiera los parámetros y requisitos básicos para una calidad de vida óptima para ajolote, es completamente necesario, en especial para aquellos que realizan prácticas experimentales que exigen rigurosas condiciones.

Antecedentes

La mayoría de los ajolotes en cautiverio descienden de 34 ejemplares embarcados de Xochimilco a París, en el año 1863. Esta reducida base genética ha originado linajes altamente endogámicos, particularmente en aquellos criados en laboratorios y Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA). La escasa aplicación de estrategias de manejo genético en estas poblaciones representa un riesgo significativo, ya que podría incrementar la incidencia de patologías hereditarias y comprometer el éxito de programas de reintroducción en hábitats naturales.

Dada esta situación, resulta fundamental evaluar la variabilidad genética de las poblaciones mantenidas en cautiverio con el fin de mitigar los efectos de la endogamia y preservar la viabilidad evolutiva de la especie. La notable capacidad de adaptación del ajolote a condiciones controladas quedó evidenciada en el «Jardin des Plantes», donde, a partir de solo cinco machos y una hembra, se logró reproducir exitosamente a miles de individuos que fueron distribuidos entre instituciones científicas de toda Europa (Voss *et al.*, 2015).

En la actualidad *A. mexicanum* se encuentra en peligro de extinción por el deterioro de su hábitat natural (Lago de Xochimilco) como consecuencia del crecimiento urbano, introducción de especies exóticas, desechos sólidos, pesticidas y fertilizantes, y extracción de los organismos para consumo y como medicina (Rosales-Peña y Vargas, 2021; Velasco *et al.*, 2021), esto incentivó a la creación de UMA para mantener y reproducir a la especie en cautiverio, como también la creación de manuales que se enfocan en los cuidados necesarios para su correcto manejo.

Ramos *et al.* (2021) mencionan que el Laboratorio de Restauración Ecológica (LRE) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) acogió dos parejas de ajolotes silvestres en el año 2002 con la finalidad de comprender el comportamiento y la ecología de los ajolotes. Esta misma universidad publicó el manual de Servín (2011) que se titula *Manual de mantenimiento en cautiverio y medicina veterinaria aplicada al ajolote de Xochimilco (Ambystoma mexicanum) en el Zoológico de Chapultepec*. En el año 2014 publicó dos manuales más, el manual de Mena-González y Servín-Zamora *Manual básico para el cuidado en cautiverio del axolote de Xochimilco (Ambystoma mexicanum)* y el de Mena-González y Montes de Oca titulado *Manual de procedimientos para el manejo y mantenimiento de la colonia de axolotes del Laboratorio de Restauración Ecológica*. Dichos manuales son de dominio público, y probablemente los más conocidos de rápido y fácil acceso.

Existen otros manuales sobre el mantenimiento del ajolote mexicano, pero estos no son gratuitos y solo están enfocados para el manejo de ajolotes de ornato, que por lo general es para el cuidado de uno o dos organismos, un número bastante reducido a la cantidad de organismos que se manejan en un laboratorio.

Resulta indispensable para los laboratorios mantener a dichos organismos sanos para sus investigaciones en torno a este anfibio tan peculiar; Adamson *et al.* (2022) señalan que el *A. mexicanum* fue una de las especies modelo originales para la biología del desarrollo. Asimismo, gracias a la regeneración que presenta, se le considera un modelo de estudio para la terapia de tejidos y la medicina regenerativa, lo que ha incrementado su reproducción en cautiverio. Sin embargo, al no tener variabilidad genética, son propensos a presentar enfermedades (Tobón *et al.*, 2021), por lo cual es idóneo plantear estrategias de conservación y mantenimiento de la especie, en cautiverio y en vida silvestre.

Recomendaciones generales para el mantenimiento de ajolotes adultos, juveniles y crías

El laboratorio debe contar con un área destinada exclusivamente para los ajolotes y (con) personal capacitado que supervise todos los días de la semana a los organismos, ya que pueden presentarse problemas que podrían ser evitados con la atención y comunicación entre el personal.

El área de los ajolotes requiere un sistema de enfriamiento, que debe permanecer entre los 16 °C y 20 °C, el control de la temperatura del sistema puede variar dependiendo la temperatura exterior y de la reproducción y desarrollo de los ajolotes. La puerta que dé acceso al laboratorio y las ventanas (si es que tiene) deben de permanecer cerradas todo el tiempo para que no haya una variación en la temperatura del interior del laboratorio.

Mantener un fotoperiodo regular es importante. Si los ajolotes no están en reproducción se recomienda que se programe a 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad (Mena-González y Montes de Oca, 2014). En periodo reproductivo el fotoperiodo debe ser ajustado para una reproducción exitosa.

Otro punto por considerar, que es de suma importancia, es la intensidad lumínica ya que la especie prefiera una iluminación tenue sobre una iluminación intensa. El nivel de intensidad lumínica afecta la actividad del organismo, el cual se conoce que es de hábitos crepusculares además de ser un organismo que habita en el fondo de los canales (Marangio, 1975).

Reservorios

En reservorios con capacidad de 100 L a 120 L, se sugiere alojar de cinco a ocho ajolotes con una talla de 18 a 24 cm. En los de 40 L se recomienda un número de dos a tres ajolotes, mientras que para los de 6 a 10 L solo uno, cabe aclarar que esto es solo cuando se utilizan tanques con volúmenes de 80 cm × 30 cm × 17 cm ya que ofrece más área, de ser las medidas inferiores a estas se recomienda alojar solo de 1 a 2 ejemplares por tanque (Servín-Zamora y Mena-González, 2014).

En el caso de las crías, que se resguardan en contenedores de hasta 30 L, se sugiere alojar de ocho a diez crías, con una talla de 5 a 11 cm. Se recomienda, como manejo complementario, realizar una separación por tallas cada dos semanas.

El agua destinada para los acuarios, peceras o contenedores debe estar libre de hipoclorito de sodio (NaClO), para eliminar este compuesto químico se debe preparar una solución. En el Laboratorio de Calidad del Agua y Acuacultura Experimental (LACUIC) para llevar a cabo la decloración del agua se disuelven 35 g de tiosulfato en 1 L de agua destilada, una vez que la mezcla sea homogénea se puede utilizar cada vez que se requiera declorar el agua. La cantidad de tiosulfato que se añade a un contenedor de 400 L es de 80 ml.

Nota: Lo ideal es siempre tener agua declorada y disponible.

Cuando los animales están en periodo de mantenimiento, sin ser sujetos a estudio alguno, se sugiere utilizar sustratos como rocas y arena fina, colocar tubos PVC o rocas huecas de decoración (como refugios) y plantas acuáticas (artificiales o naturales) para darles condiciones más cercanas a su hábitat.

No se recomienda utilizar jabón para limpiar las peceras, contenedores, palanganas, redes, filtros, mangueras y grava. En su lugar, se recomienda utilizar solución de hipoclorito de sodio para una correcta desinfección y limpieza, además de enjuagar posteriormente con agua declorada para eliminar cualquier residuo de hipoclorito.

En el laboratorio se realizan dos técnicas de cambio de agua:

Cambio parcial de agua. Una o dos veces por semana.

- Con esta técnica se extraen los residuos orgánicos que se encuentren en el agua sin tener que mover a los organismos del contenedor ni retirar la grava (en caso de tener), para esto se utiliza una manguera como sifón, aspirando por un extremo y dejando que el agua, con la materia a retirar, fluya por el otro.

Cambio total del agua. Una vez cada 2 semanas.

- Consiste en la eliminación total del agua, limpieza y desinfección de la grava y la pecera/contenedor. A diferencia de la técnica anterior, es necesario retirar a los ajolotes de las peceras y colocarlos en otros contenedores mientras se realiza el cambio del agua y limpieza de las peceras/contenedores.

Manipulación de los ajolotes

Las manos deben estar limpias antes de tocar cualquier instrumento y/o ejemplar del laboratorio y así evitar infectar a los organismos. Además, de ser posible procurar utilizar una red ya que los anfibios cuentan con glándulas mucosas que los protegen, les permiten desplazarse dentro del agua y liberarse de depredadores (Servín, 2011), por tal motivo son resbaladizos y corren el riesgo de zafarse de las manos y caerse.

Redes

Cada zona (de cuarentena, de ajolotes adultos, de juveniles y de crías) debe tener redes exclusivas, para prevenir la contaminación cruzada las redes se desinfectan diariamente.

La desinfección de las redes consiste en diluir 10 mL de hipoclorito de sodio por cada litro de agua dentro de tinas con capacidad de 5 a 10 L, que

deberán ser distintas, una tina por grupo de organismos. Cuando la disolución está lista, se colocarán las redes y se dejarán reposar de 5 a 10 minutos (se recomienda tener más de 3 redes por grupo), después se retiran y enjuagan con agua corriente, posteriormente se enjuagan con agua de clorada. Terminado el uso de las redes, se enjuagan con agua corriente y se vuelven a colocar dentro la tina correspondiente. Se recomienda etiquetar las redes dependiendo del grupo al que pertenezcan.

Limpieza y desinfección de las peceras y contenedores

Estos procesos se realizan en la técnica de cambio total del agua. Cuando las peceras o contenedores estén vacíos, se llenan por completo con agua corriente y se añaden 10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua. Después de 15 a 30 minutos se retira el 50 % del agua y se higieniza el interior de las peceras y/o contenedores con una esponja. Posteriormente, se retira toda el agua y se enjuaga con agua de clorada, finalmente, se llenan las peceras y/o contenedores con agua de clorada.

Es aconsejable para el secado, exponer los contenedores al sol aproximadamente por media hora, antes del enjuague con agua de clorada.

Bombas de aire

De acuerdo con Mena-González y Montes de Oca (2014), la instalación de una bomba de aire no resulta fundamental para las peceras y contenedores destinados a los ajolotes, ya que estos pueden respirar al salir por unos segundos fuera del agua. Sin embargo, esto podría aplicar para reservorios de menos de 40 L, que son los que contienen menos de 3 organismos, en el caso de contenedores con capacidad de más de 40 L y cuentan con más de 4 organismos lo adecuado sería suministrar aireación suplementaria para así asegurar niveles de oxígeno disuelto adecuados para evitar estrés en los animales. La oxigenación también es un aspecto muy importante para mantener las poblaciones de bacterias nitrificantes por lo que asegurar concentraciones de oxígeno adecuadas ayuda a disminuir la concentración de compuestos nitrogenados nocivos en recintos que cuenten con biofiltros.

Filtros

Los ajolotes no son de aguas turbulentas, por lo que es recomendable utilizar filtros de cascada, además de regular el flujo de agua en un nivel bajo para no estresar a los organismos. El ajolote requiere además una buena selección de material filtrante para que la biofiltración sea eficiente por lo que el uso de roca porosa y canutillos puede ayudar en gran medida a mantener los compuestos nitrogenados en concentraciones inocuas. El establecimiento de una colonia bacteriana para la transformación de los compuestos nitrogenados se debe establecer previo a la introducción de los ejemplares sobre todo si se pretende mantenerlos en densidades altas.

Sustrato y ambientación de las peceras y contenedores

Los criadores de ajolotes aconsejan utilizar como sustrato rocas lo suficientemente grandes para que no sean tragadas por los ajolotes o sustrato arenoso para no poner en riesgo su salud en caso de ser ingerido, ya que existe la posibilidad de que ingieran el sustrato y eso puede ocasionar trastornos gástricos.

Es fundamental colocar tubos de PVC o rocas huecas sin bordes cortantes ni punzantes (para evitar que se lesionen) para brindarles un refugio sobre todo si existen evidencias de comportamiento agonista.

Criadores y acuaristas recomiendan el uso de plantas naturales o artificiales también como refugio, pero hacen énfasis en las plantas naturales para el control de nitratos y oxigenación del agua. Entre las plantas más recomendadas se encuentran: el musgo de Java o musgo de Bogor (*Taxiphyllum barbieri*), musgo de Java (*Vesicularia dubyana*), musgo japonés o marimo (*Cladophora aegagrophila*), espada amazónica (*Echinodorus bleheri*), cola de zorro (*Ceratophyllum demersum*), *Ludwigia repens* y *Elodea* sp., esta última resulta ser la predilecta de las hembras para ovopositar (Marín-Martínez, 2007). Sin embargo, el tener plantas dentro de los acuarios no es indispensable, siempre y cuando la calidad del agua sea supervisada y manejada de forma correcta.

Calidad del agua

El agua fresca y declorada es la predilecta para los anfibios. La calidad del agua es probablemente el factor con mayor importancia para que los ajolotes estén sanos ya que los anfibios son sensibles a los desequilibrios que se presenten en su medio acuático, por ello es esencial tomar en cuenta los parámetros fisicoquímicos que se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos ideales para la calidad del agua en laboratorio de la especie *Ambystoma mexicanum*

Parámetros	Valores ideales
Temperatura	Adultos: 15 a 18 °C Crías: 17 a 21 °C Huevos: 18 a 25 °C
Potencial de hidrógeno (pH)	6.5 a 8.5
Oxígeno disuelto (OD)	80%*
Amonio	0.09 mg/l
Nitritos	<0.1 mg/l
Nitratos	<50 ppm**
Fosfatos	<0.1 mg/l
Dureza general (GH)	6 a 16 °dh
Dureza carbono (KH)	3 a 10 °dh
Densidad	1.000
Concentración CO ₂	<5 mg/l
Cloro	0 mg/l

Fuente: con base en Mena-González y Montes de Oca (2014). Modificada con información de Corona-Salto (2012), Robles-Mendoza *et al.* (2009) y Servín (2011).

* Aunque los ajolotes no presentan problemas en cuanto al oxígeno disuelto porque cuentan con tres tipos respiración: pulmonar, branquial y cutánea (Corona-Salto, 2012), es recomendable mantener los niveles de oxígeno según los valores indicados para no estresar a los organismos.

** No existe un dato oficial referente a la tolerancia de *A. mexicanum* frente a los nitratos, pero basándonos en las sugerencias de acuaristas, cuidadores de ajolote mexicano y al artículo de Marco *et al.* (1999) (quienes realizaron un estudio en una especie de *Ambystoma*) recomendamos mantener el nivel de nitratos por debajo de 50 ppm.

Procedimiento para declorar el agua

Primero hay que llenar los recipientes (de 400 L preferentemente) con agua corriente, una vez llenos se dejarán abiertos (se recomienda cubrir con tela mosquitera, para evitar que algún insecto o basura entre), agregar 1 ml de tiosulfato (32 g en 1 L de agua destilada por cada 10 L de agua y dejar reposar el agua durante 24 a 48 h. La temperatura del agua de recambio o sustitución total debe ser igual a la temperatura del agua de las peceras y contenedores de los ajolotes.

Biofilm o biopelícula

Las biopelículas son colonias de microorganismos rodeados por fimbrias, que son proteínas filamentosas que permiten a las células adherirse a tejidos, superficies líquidas (películas) y sólidas (Biofilm). Las mismas, pueden desarrollarse en casi cualquier superficie expuesta a un ambiente acuoso (Trulear y Characklis, 1982).

Si bien, la presencia de la biopelícula en los acuarios o contenedores con ajolotes no es nociva, los factores que la originan son indicadores de una alteración en la calidad del agua.

Factores que contribuyen al desarrollo de la biopelícula:

- Poca oxigenación.
- Materia orgánica acumulada.
- Escaso movimiento en la superficie del agua.
- Residuos de alimento.

Lo que se recomienda hacer en caso de la aparición de la biopelícula es realizar un cambio completo de agua con su correspondiente limpieza y desinfección, después se colocan nuevamente a los organismos, se aumenta la filtración (o añade un filtro de cascada) y un oxigenador para evitar la reaparición del biofilm.

Zona de cuarentena

Esta zona es destinada para los ajolotes que se encuentran convalecientes, lesionados o enfermos.

Para la zona de cuarentena se utilizan contenedores con capacidad de 5 a 10 L de agua marcados con el volumen preciso de agua, lo que facilitara la dosificación de fármacos en el agua de ser necesarios, y los materiales que se utilicen para dicha zona, se deben esterilizar antes y después de usarlos (véase limpieza y desinfección de las peceras y los contenedores).

Para realizar la desinfección de los reservorios pertenecientes a la zona de cuarentena:

1. Trasladar los organismos a recipientes limpios con agua declorada.
2. Desinfectar los reservorios como se describe en el acápite «Limpieza y desinfección de las peceras y los contenedores».
3. Retornar los organismos a los contenedores limpios con agua declorada.

Alimentación

Alimentación de juveniles y adultos

De acuerdo con la experiencia adquirida en el LACUIC, el régimen alimenticio que mejor ha resultado para el mantenimiento de los ajolotes es el siguiente: Alimento peletizado con 45 % de proteína y 8 % de lípidos, suplementado con gusanos de fango *Tubifex* sp. (líoofilizado comercial) y *Artemia* sp. (líoofilizada comercial).

Los mejores porcentajes de crecimiento y supervivencia se han logrado con la dieta peletizada evaluada por Manjarrez-Alcívar *et al.* (2022) que corresponde al alimento peletizado con 45 % de proteína y 8 % de lípidos. Sin embargo, la suplementación con alimentos secos ha resultado en aún mejores estados de salud. De igual forma se ha demostrado que la adición de aceites puede hacer más atractivo los alimentos comerciales dirigidos a otras especies (con los mismos porcentajes de proteínas y lípidos), como los formulados para tilapia, carpa o trucha.

Ocaranza-Joya *et al.* (2021) mencionan que el aceite de krill y el aceite de pollo son buenos efectores de alimentación para el ajolote, provocando un comportamiento alimentario positivo, un resultado de suma importancia dado que mantener al ajolote mexicano en cautiverio es costoso por su dieta que se compone de alimentos vivos. Así que, el agregar compuestos atrayentes a una dieta que consiste en alimento procesado (pellets) aumenta la detectabilidad de los alimentos y, por ende, su ingesta (Montemayor-Leal *et al.*, 2005). Por lo

anterior, se recomienda en caso de ser posible, agregar este tipo de aceites a las dietas de los ajolotes para eficientar su consumo.

En LACUIC se les proporciona alimento formulado una vez al día, todos los días, mientras que el *Tubifex* sp. y la *Artemia* sp. se les brinda dos veces a la semana. Cabe mencionar que, si la temperatura del agua es menor a 16 °C, se les puede alimentar solo de dos a cuatro veces por semana, esto dependerá del número de recambios por semana que se pueda realizar o la eficiencia de la biofiltración.

Alimentación de las crías

En los estadios larvarios tempranos, a causa del pequeño tamaño de las crías, el alimento vivo tiene un papel importante en su desarrollo (Chaparro-Herrera *et al.*, 2011). La sobrevivencia de las larvas presenta altas fluctuaciones debido a diversos factores, como los fisicoquímicos, factores genéticos, etológicos, biológicos y nutricionales (Rivera y Botero, 2009).

Cuando las larvas de ajolote eclosionan se les proporcionan crías de *Daphnia magna*, y cuando miden 3 cm de longitud se les proporcionan *D. magna* adulta. Este crustáceo resulta ser favorable para el desarrollo de las larvas de ajolote, además de ser un alimento vivo de bajo costo y de fácil producción en cultivo. Una vez que los ajolotes alcanzan una longitud total de 5 cm pueden comenzar a recibir gránulos de alimento.

Daphnia magna, es un crustáceo cladócero cíclicamente partenogenético de ambientes dulceacuícolas (Hobaek y Larsson, 1990). Para la alimentación de organismos acuáticos es favorable ya que es un alimento vivo, de bajo costo, de fácil producción en cultivo y adecuado para el desarrollo de las larvas, ya que contiene 44.47 % de proteína, 8.98 % de lípidos, 15.82 % de carbohidratos, 11.59 % de humedad, 19.34 % de cenizas y un alto nivel de ácidos grasos esenciales (Suantika *et al.*, 2016). Por consiguiente, contar con cultivos de *D. magna* es ideal para el desarrollo y crecimiento de las crías de ajolote.

Nota: La *D. magna* al ser un organismo filtrador no selectivo puede ser un vector de microorganismos potencialmente patógenos para el *A. mexicanum*, sobre todo si el cultivo no recibe un protocolo adecuado de limpieza y mantenimiento. Por tal motivo se aconseja la desinfección de la *D. magna* previo a la

suministración como alimento. Para dicho fin una alternativa es el uso de permanganato de potasio en una concentración de 2 ppm (Lazur y Yanong, 2013) durante 30 minutos para la pulga que se suministrara como alimento.

Cambio de alimento vivo a alimento procesado

En LACUIC se realizó la prueba del «destete», que consiste en proporcionar el alimento nuevo en pequeñas cantidades hasta que finalmente sea lo único que se le brinde al organismo. Primero se comenzó con un porcentaje de 80 % de *D. magna* y un 20 % de alimento en gránulo, después fue 50 % y 50 %, luego 20 % de *D. magna* y 80 % de alimento gránulo, y al final 100 % de alimento granulado.

La prueba del destete comienza cuando las crías de ajolote alcanzan una longitud de 5 cm, momento en que ya han terminado de formar sus extremidades.

Periodo de alimentación

Todos los días se les proporciona *D. magna*. En caso de que los contenedores donde se ubican las crías de ajolote aún contengan alimento vivo, se les proporcionará el crustáceo cada dos días.

Cuando se realizan las pruebas de destete, se les proporciona alimento cada dos días, y una vez que ingieran el alimento procesado se les brindan los gránulos todos los días. Las crías son lentas para detectar el alimento y al día siguiente es probable encontrar restos de alimento en el fondo del reservorio, por lo que habrá que retirar el exceso y cambiar por alimento nuevo porque ya no les llama la atención el alimento viejo y para evitar el crecimiento de hongos y bacterias a causa del alimento acumulado.

Reproducción

Madurez sexual y ciclo reproductivo

Al carecer los ajolotes de metamorfosis, estos alcanzan la madurez sexual sin perder las características larvarias. Vázquez y Hunab (2010) señalan que, en condiciones experimentales, las hembras alcanzan la madurez sexual entre los 12 y 18 meses de edad. Farkas y Monaghan (2015) agregan que los machos alcanzan la madurez sexual alrededor de los 10 meses, y la vida reproductiva óptima para ambos dura entre los cinco a seis años.

En su hábitat natural, la temporada de apareamiento de los ajolotes es en época de invierno, en los meses fríos de octubre a febrero (Rosales-Peña y Vargas, 2021). En el manual de Mena-González y Montes de Oca (2014) se explica que el ciclo reproductivo de los ajolotes se relaciona con las estaciones del año, con el cambio de fotoperiodo. Además, la formación de espermatozoides en los machos depende de la temperatura, estos maduran en verano y se almacenan hasta el invierno.

Diferencias entre machos y hembras

Según López-Félix (comunicación personal, 8 de mayo de 2022) la diferenciación sexual es visible a partir de los 8 meses; las principales diferencias son:

- Los machos presentan un incremento en los labios cloacales, esto se debe por la formación y crecimiento de los testículos (Figura 5) (Uribe y Mejía-Roa, 2015; Rivera-Pacheco, 2018).

- Las hembras adultas suelen tener el cuerpo más robusto en comparación de los machos (Figuras 6 y 7), esto es más notorio cuando entran en temporada de apareamiento. Rosales-Peña y Vargas (2021) explica que este hecho se debe al incremento en el tamaño de los ovarios y oviductos; normalmente las hembras se aprecian más pesadas que el resto de los ejemplares y presentan una línea media corporal redonda (Mena-González y Montes de Oca, 2014).
- Los ajolotes machos son de complexión delgada, correosos y de cola alargada (Figura 7), sin embargo, puede variar por la alimentación y cuestiones de genética (Mena-González y Montes de Oca, 2014).
- Una característica que indica la madurez sexual en los machos es el ennegrecimiento en la punta de los dedos, sin embargo, esta característica no es tan fidedigna ya que algunas hembras también lo presentan (Figura 8) (Farkas y Monaghan, 2015).

Figura 5. Labios cloacales desarrollados de un ajolote macho (M) reproductor.
Fuente propia.



Figura 6. Ajolote hembra (H) reproductora.
Fuente propia.

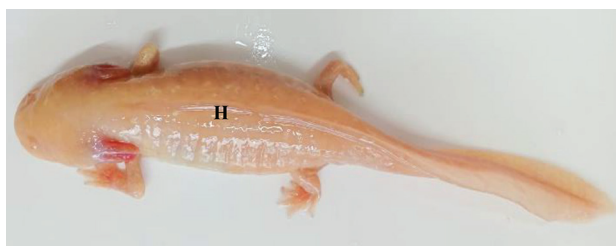


Figura 7. Comparación física entre un macho (M) y una hembra (H) en la cual se puede apreciar que la hembra es más robusta; labios cloacales del macho visibles. Fuente propia.

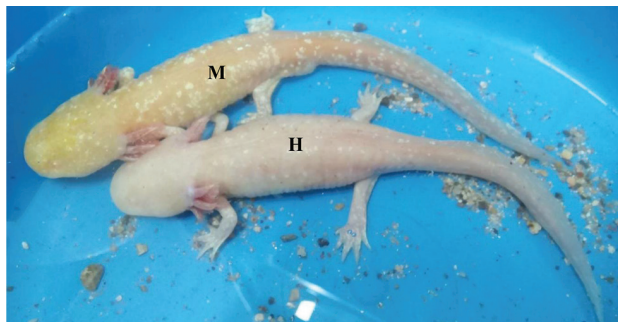
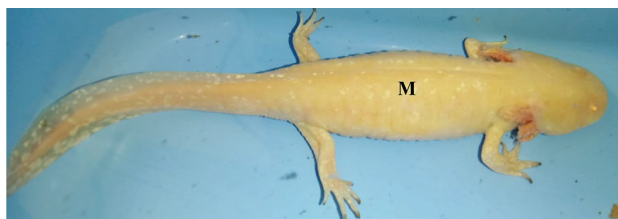


Figura 8. Macho (M) reproductor con la punta de sus dedos ennegrecidas. Fuente propia.



Selección de reproductores

Los ajolotes mexicanos son capaces de reproducirse varias veces al año y generar más descendencia en cada evento de reproducción, esto ocasionó que se convirtiera en una especie famosa entre los naturalistas (Voss *et al.*, 2015). Sin embargo, una alta reproducción de los ejemplares puede ocasionar un estrés para ellos, que trae como consecuencia disminución de peso y el deterioro de su sistema inmune, por lo cual se recomienda rotar a los reproductores, proporcionales alimentos ricos en proteínas y lípidos (ver apartado Alimentación), y también probióticos. Park *et al.* (2004) recomiendan que las hembras que ya se reprodujeron tomen un descanso de 2 a 4 meses para volver a ser inducidas a desovar, asimismo un intervalo de descanso para los machos de 2 a 3 semanas.

Para la selección de los reproductores, se toman en cuenta las características físicas de los individuos, como su tamaño, peso y coloración, una vez elegidos se aíslan los machos de forma individual. Mena-González y Montes de Oca (2014) sugieren hacer esto por dos semanas, y una vez culminado el tiempo de espera, se colocan al macho y la hembra en un mismo sitio. El motivo del aislamiento es para estimular al macho, esto aumenta su sensibilidad para detectar a la hembra lo que incrementa las probabilidades de una reproducción exitosa.

Cabe mencionar que, cuando los machos están listos para reproducirse habrá una inflamación en sus labios cloacales.

Siguiendo la recomendación de Mena-González y Montes de Oca (2014), se deben acondicionar las peceras o contenedores donde se establecerán a los reproductores, los parámetros cambiarán antes, durante y después del cortejo (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros ideales para la reproducción del *Ambystoma mexicanum* en laboratorio

Parámetros	Acondicionamiento de las peceras o contenedores	Estimulación de la reproducción (para el macho)	Estimulación de la reproducción (hembra y macho)
Temperatura del agua	Entre 12 °C y 14 °C	21 °C	Entre 8 °C y 11 °C**
Temperatura del ambiente	16 °C ± 1 °C	25 °C*	–
Tiempo con luz	10 h	12 h	10 h
Tiempo de oscuridad	14 h	12 h	14 h

Fuente: Adaptado de Mena-González y Montes de Oca (2014).

* Establecida en LACUIC.

** Sin embargo, en el Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura experimental se han logrado reproducir con la temperatura del agua en 16 °C, aumentando el tiempo de oscuridad.

Se recomienda colocar manojos de rafia con los reproductores, ya que las hembras colocan sus huevos en plantas y/o rocas, así que la rafia simulará ser una planta, así será más fácil retirar los huevos. De ser posible, utilizar rafias de color verde o azul para que simulen el hábitat natural, aunque las rafias rojas y moradas también cumplen bien con la simulación.

Cortejo

La fertilización en ajolotes es interna, no hay cópula para reproducirse, sucede que el macho transfiere su esperma a una hembra a través de un espermatóforo depositado en el medio ambiente (Maex *et al.*, 2016). La hembra recoge dicho paquete en el interior de su cloaca después de haber sido persuadida en el cortejo.

El tiempo de cortejo es variable, puede durar desde horas a días, y el tiempo de ovoposición dura en promedio tres días (Mena-González y Montes de Oca, 2014).

Maex *et al.* (2016) describen el cortejo de los ajolotes de la siguiente manera: «los machos empujan vigorosamente a la hembra con el hocico y realizan la llamada “danza del hula” en la que abren ampliamente la cloaca y ondulando la cola. La hembra responde al cortejo del macho al empujar la región cloacal de este. Posteriormente, el macho avanza y deposita el espermatóforo en el suelo/sustrato, y la hembra recoge el capuchón espermático con su cloaca». Además, estos mismos autores confirman que los machos secretan factores similares a precursores de sodefrina durante el cortejo y así atraen a la hembra.

Una vez transcurran 24 a 72 horas posteriores a la fertilización, la hembra ovopositará en el sustrato y/o la rafia (Servín, 2011).

Manejo de las puestas

Aunque la cantidad de huevos varía acorde al número de desoves, la mayoría de las hembras pondrán entre 200 y 1000 huevos por desove (Farkas y Monaghan, 2015). Los huevos de ajolote eclosionan, en promedio, a los 15 días, si la temperatura del agua se encuentra entre los 18 °C y 20 °C. Si la temperatura del agua es menor a los 16 °C la eclosión puede prolongarse hasta un mes (Gresens, 2004; Park *et al.*, 2004; Schreckenberg y Jacobson, 1975).

Indicaciones que seguir después del desove

Es importante retirar la rafia con huevos de la pecera o contenedor donde se encuentren los reproductores para su transferencia a una pecera o contenedor de 20 a 40 L, con agua libre de hipoclorito de sodio. Se debe registrar la fecha de cada uno de los desoves para llevar un mejor manejo.

Preparación de los contenedores para los huevos

Los contenedores donde se ubican los huevos deben de estar limpios y desinfectados. Se recomienda utilizar contenedores de 40 L de agua declorada.

De preferencia utilizar peceras o contenedores de cristal donde se logre apreciar el desarrollo embrionario de las larvas, para poder registrar el inicio de las eclosiones.

Preparación de los contenedores para las larvas

Las larvas recién eclosionadas se trasladan a contenedores (previamente desinfectados) de 120 cm × 40 cm, y 10 cm de profundidad. El número de larvas que se colocan es de 100 a 150, si el número de larvas es mayor deben colocarse en estanques de 300 L con aireación.

Mena-González y Montes de Oca (2014) señalan que el principal problema para la supervivencia de las crías ocurre normalmente entre la cuarta y la sexta semana de crecimiento porque las crías son más susceptibles a la presencia de enfermedades que provocan alta mortalidad, por lo que sugieren evitar el hacinamiento. En este periodo es recomendable agregar microalga que funciona tanto para alimentar a las larvas como a la *Daphnia*.

Los recambios de agua son fundamentales para un desarrollo óptimo de las larvas de ajolote, pero hay que tener cuidado porque su longitud no sobrepasa los 1.5 cm. Se recomienda utilizar una lámpara para ubicarlos y hacer recambios quincenales para no estresarlos.

Manejo de las crías

El monitoreo de las crías debe ser constante, y llevar a cabo un registro de la cantidad de crías y el número de pérdidas.

Con el correcto manejo de las crías se pretende lograr un óptimo crecimiento y desarrollo de las mismas, controlando los parámetros y los periodos de alimentación. Sin embargo, no garantiza que todas crezcan y desarrollen a la par, habrá crías en las que su crecimiento y desarrollo sean acelerados, por ende, el monitoreo diario es esencial para evitar la depredación entre las crías, ya que pueden presentar comportamiento caníbal.

Cuando las larvas eclosionan miden alrededor de 1 cm de longitud, a los siete días alcanzan los 1.5 cm. Cuando las crías alcancen los 2 cm de longitud se deberán separar de aquellas que tengan una longitud menor.

Al transcurrir dieciocho días de haber eclosionado, las crías ya habrán desarrollado las patas delanteras y medirán 3 cm. Para esta fase se deberán separar a las crías con extremidades a contenedores con capacidad de 30 L de agua decolorada, por cada contenedor habrá que colocar de diez a catorce crías.

Se debe de tomar precauciones al tener organismos jóvenes conviviendo en los mismos contenedores y más cuando están en desarrollo, por lo tanto, si alguna cría de ajolote ya alcanzó los 6 cm de longitud y los demás organismos que cohabitan en el mismo contenedor aún tienen una talla menor, se recomienda reubicarla.

Manejo de los juveniles

Se utilizan contenedores de 30 L de agua decolorada donde se trasladarán a los ajolotes de 6 cm, que serán ahora considerados juveniles. Se colocarán de ocho a diez juveniles por contenedores.

Procurar que cada ajolote juvenil tenga la misma talla aproximadamente, si algún juvenil es más grande que el resto habrá que trasladarlo con juveniles de su misma talla, o en su defecto a un nuevo contenedor, esta acción disminuirá el canibalismo entre los juveniles.

Cuando los juveniles alcancen una longitud de 11 cm (Figura 9) se cambiarán a peceras de 40 L, de cinco juveniles por pecera. A cada pecera se le colocará un aireador y un filtro de cascada.

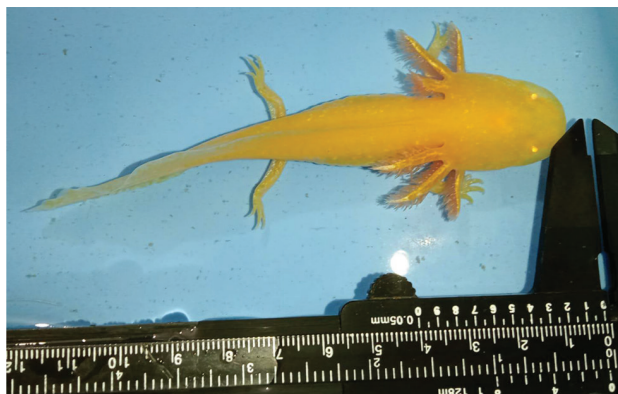


Figura 9. Ajolote juvenil
con 11 cm de longitud.
Fuente propia.

Enfermedades y medicación

Los ajolotes tienen un sistema inmunológico inmunodeficiente (Ching y Wedgwood, 1967), esto ocasiona que sean susceptibles a infecciones diversas. Estos organismos producen solo dos clases de inmunoglobulinas y generan anticuerpos muy lentamente (Farkas y Monaghan, 2015). A pesar de su inmunodeficiencia, el ajolote puede enfrentar infecciones bacterianas, pero será susceptible a ellas si estuvo bajo estrés crónico.

Takami y Une (2017) identificaron 116 enfermedades, catalogándolas en 7 grupos: enfermedades de la piel, enfermedades gastrointestinales, enfermedades urogenitales, enfermedades neurológicas, enfermedades oftalmológicas, enfermedades musculoesqueléticas, y otras.

Servín-Zamora y Mena-González (2014) catalogaron las enfermedades de los ajolotes en dos grupos: las enfermedades no infecciosas (estas enfermedades se deben a una mala calidad de agua y/o dieta inadecuada) y las enfermedades infecciosas (causadas por parásitos, bacterias, virus y hongos). Aunque esta clasificación puede ayudar al reconocimiento y control de ciertas patologías, lo cierto es que la mayoría de estas son producto de factores que se entrecruzan y no solo son el producto de efectos individuales sino producto de la sinergia entre estos. La mala nutrición y/o la mala calidad del agua pueden ser por sí mismas mortíferas para la salud de los ajolotes, sin embargo, ambos factores pueden desencadenar la aparición de enfermedades infecciosas. Por lo anterior, la mejor forma de prevenirlas es a través de un manejo estricto de la calidad del agua y la alimentación. Así como la higiene en la manipulación de los animales.

Signos y síntomas de enfermedad en los ajolotes

Existen diferentes signos que nos indican el estado de salud de nuestros ajolotes:

- Cambios en sus hábitos alimenticios. Si el ajolote está estresado por una infección o por la mala calidad del agua, probablemente reducirá la cantidad de alimento que consume o dejará de comer antes de que se manifiesten otros síntomas.
- Terminación de la punta de la cola en forma de gancho (Figura 10).
- Flotar o «inclinarse» en el agua de costado (Figura 11), esto puede indicar que hay alguna infección que afecta el equilibrio del animal o que el ajolote tiene gases adicionales.
- El mal estado de las branquias es una señal temprana de mala calidad del agua, pero también puede ser una señal temprana de estrés en el interior, esto puede reflejarse en una disminución de las branquias (Figura 12), y si las branquias se ven pálidas y/o flácidas puede ser signos de infección (Borland, 2000).
- Presencia de masas en la piel o «puntos blancos» que se conecten y asemejen a los hilos de una telaraña sobre su piel.
- Piel con un tinte grisáceo (en ajolotes oscuros), ampollas o llagas abiertas (Figura 13 y Figura 14), o blanco pálido o piel demasiado roja (Figura 14) puede indicar que tiene un parásito o una infección sistémica avanzada (Borland, 2000).
- Cuerpo (abdomen) hinchado, no hay que confundirlo con una hembra llena de huevos.
- Protuberancia en la cabeza del ajolote, cerca de las branquias (Figura 15).
- Incremento en la queratinización o aumento de secreción mucosa que genera la apariencia de piel retenida (Wright y Whitaker, 2001).
- Falta de consistencia en las heces.
- Heces con una coloración blanca a gris.
- Inactividad.
- Anemia (la palidez de las branquias indica una anemia severa) (Figura 16).
- Apetito aberrante, intentos reiterados de ingerir objetos no comestibles.
- Rascarse/frotarse contra sustrato u objetos en el acuario.
- Ascitis y edema subcutáneo.

- Lesiones del ojo (exoftalmia, opacidad).
- Lesiones en la piel (heridas, hematomas, manchas, ampollas, bultos, abscesos) (Figura 17).
- Cuerpo arqueado (Figura 18).

Figura 10. Cría de ajolote con terminación de la punta de la cola en forma de gancho (FG), comparada con una cría que tiene la terminación de la punta de la cola con una forma normal (FN). La piel grisácea es también un signo de alteraciones. Fuente propia.

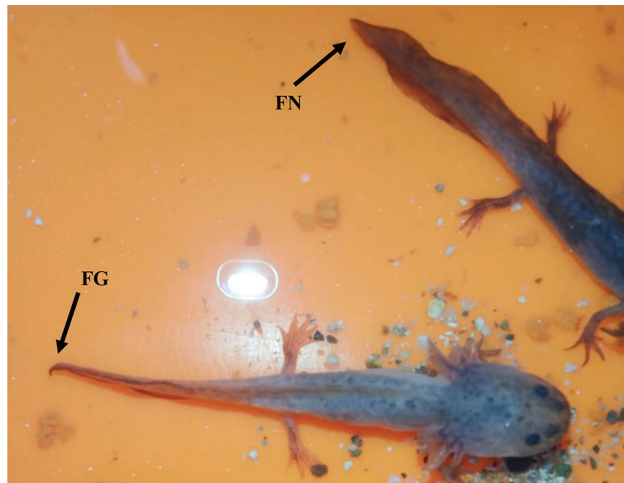


Figura 11. Ajolote flotando en el agua de costado por una obstrucción intestinal (gases adicionales). Fuente propia.



Figura 12. Ajolote adulto con una notoria disminución de sus branquias. Fuente propia.



Figura 13. Ajolote con una llaga abierta en la cola.
Fuente propia.



Figura 14. Ajolote variedad Golden con la piel rojiza; se señalan las llagas abiertas.
Fuente propia.



Figura 15. Ajolote mexicano con protuberancia cerca de sus branquias.
Fuente propia.



Figura 16. Ajolote con anemia, las branquias disminuyen su tamaño y se tornan de un color rosa pálido. Fuente propia.



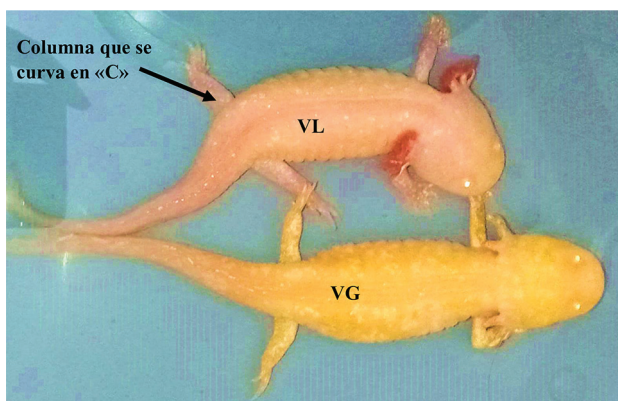
Figura 17. Lesión en el brazo
mordedura de otro ajolote.

Fuente propia.



Figura 18. Comparación
entre un ajolote arqueado
(variante leucístico [VL]) y
un ajolote (variante Golden
[VG]) sin la anomalía.

Fuente propia.



Protocolo en caso de la presencia de alguna patología

Lo primero que tenemos que hacer es aislar a los organismos enfermos de los sanos a la zona de cuarentena (ver apartado Zona de cuarentena).

Es aconsejable contar con una bitácora exclusiva para la zona de cuarentena ya que en ella se registrará la cantidad de organismos que se encuentren enfermos, los síntomas que presentan, la fecha de ingreso, fecha de alta, cantidad de alimento, días en los cuales se alimentó, recambios de agua y observaciones adicionales (ver Tabla 3). La evaluación de los organismos debe de ser diaria.

Es importante identificar todos los síntomas que presente el organismo para suministrar el tratamiento correcto y tomar las medidas preventivas necesarias para evitar que se propague en los otros animales.

Como medida preventiva, para reforzar la respuesta del ajolote al estrés, se recomienda suministrar una terapia que le facilite mantener su balance iónico como es el medio Holtfreter que consiste en NaCl: 3.46 g, KCl: 0.05 g, CaCl₂: 0.1 g, NaHCO₃: 0.2 g (buffer) por cada litro de agua destilada a un pH: ajustado a 7.4.

Protocolo para las enfermedades no infecciosas

- Retirar a los organismos de las peceras y/o contenedores, limpiar y desinfectar las peceras y/o contenedores y agregar agua de clorada.
- Lavar y desinfectar los filtros (ver apartado Filtros).
- Añadir Holtfreter.
- En el caso de los ajolotes que presenten la anomalía de estar «arqueados» (Figura 18) no se ha encontrado tratamiento, por lo tanto, se les mantiene aislados y en constante revisión.

Si los síntomas corresponden a una enfermedad no infecciosa relacionada al alimento, se recomienda:

- Revisar las propiedades del alimento y cambiarlo si los porcentajes de proteínas y lípidos son inadecuados para la dieta del *A. mexicanum*.
- Complementar/Variar la alimentación del *A. mexicanum*.
- Disminuir la cantidad de alimento, en especial si los organismos presentan protuberancias cerca de las branquias (Figura 15), lipidosis corneal y ajolotes con obesidad.
- Si el ajolote se encuentra flotando además de trasladarlo a la zona de cuarentena, hay que colocarlo en un contenedor con poca profundidad y disminuir las cantidades de alimento.

Protocolo para enfermedades infecciosas

Como recomendación general antes de comenzar un tratamiento asegurarse de realizar un examen físico (p. 42) adecuado del ejemplar, así como pruebas diagnósticas complementarias que permitan identificar de la mejor manera posible las etiologías asociadas al padecimiento encontrado. De preferencia consultar

con un profesional de la salud animal si no se cuenta con experiencia previa en el manejo y control de enfermedades y en el uso de fármacos.

- Servín-Zamora y Mena-González (2014) mencionan que, una de las enfermedades micóticas más comunes es la *Saprolegnia* spp., un Oomyceto que se identifica por su crecimiento algodonoso sobre la piel y branquias de los animales, que les ocasiona letargia, anorexia, estrés respiratorio e incluso la muerte, estos mismos autores recomiendan aplicar itraconazol en baños de 0.01 % en una solución salina del 0.6 %.

En el laboratorio se siguió dicha recomendación. También funciona al aplicar primero los baños en solución salina por lo menos media hora (máximo una hora), después se traslada a los animales a contenedores limpios y desinfectados, y se añade el itraconazol. Se recomienda dejarlo de 24 a 48 h.

Se aconseja que, dichos baños se apliquen en contenedores limpios y desinfectados. Si algunos organismos tienen un mayor avance del Oomyceto se recomienda no mezclarlos ni utilizar los mismos materiales con los demás organismos.

Un medicamento que resulta útil para la *Saprolegnia* en ajolotes adultos es la acriflavina, no obstante, es importante tener cuidado con el uso constante de este medicamento.

- En el caso de ser una infección bacteriana, el sulfametaxazol con trimetoprima (800 mg / 160 mg), funciona para tratar y erradicar la infección. Para añadirlo en las peceras con capacidad de 100 L, se disolverán 400 mg de sulfametaxazol con 80 mg de Trimetoprima en 1 L de agua deionada y se verterá en dichas peceras con los organismos enfermos. En el caso de las crías, se les proporcionan 100 ml de medicamento disuelto por cada 25 L.

Tanto para los adultos como para las crías se les proporciona el medicamento cada tercer día, después de haberles hecho un recambio total. Este tratamiento se realiza por dos semanas.

- En LACUIC se utiliza un antibiótico comercial basado en sulfato de kanamicina al 32 % (KanaPlex™ Seachem®) para tratar enfermedades causadas por bacterias y hongos. El tratamiento consiste en agregar 125 mg por cada 20 L, cada dos días por una semana antes de aplicar el tratamiento se deben retirar los filtros.

- Para tratar las infecciones bacterianas, fúngicas y protozoarios con sulfatiazol al 69% (en LACUIC se utiliza el antibiótico comercial SulfaPlex™ Seachem®). Se añaden 240 mg por cada 40 L, el periodo de uso del tratamiento es de aproximadamente tres semanas como máximo. Se recomienda retirar los filtros antes de aplicar el medicamento.
- El tratamiento para infecciones externas consiste en aplicar 135 mg de Neoplex™ (que contiene 43 % de sulfato de neomicina) para cada 8 L de agua. Una vez a la semana por tres semanas. No utilizar filtros.

Borland (2000) aconseja que, al comprar tratamientos para ajolotes, hay que evitar tratamientos que contengan:

- Cobre, otros metales pesados en tratamientos a largo plazo.
- Tetraciclina o antibióticos relacionados (por ejemplo, doxiciclina u oxitetraciclina). Aunque en LACUIC hemos utilizado la oxitetraciclina en afecciones que sugieren infecciones bacterianas, a una concentración de 500 mg diluidos en un litro de agua declorada para dos peceras de 100 L cada una, con buenos resultados.

De los tratamientos que Borland (2000) recomienda, podemos encontrar:

- Derivados de nitrofurano (Nitrofurazona, Furazolidona).
- Ácido nalidíxico.
- Formalina.
- Sulfamidas (sulfametazina, sulfatiazol, sulfacetamida).
- Cloruro de sodio u otras sales.

Tabla 3. Formato para llevar a cabo el registro clínico de la salud de los ajolotes

Historia clínica: <i>Ambystoma mexicanum</i> (ajolote)			
Persona encargada del tratamiento:			
Número de reservorio	Cantidad de organismos	Fecha de ingreso	Fecha de alta
Datos generales			
Peso del organismo (g)	Talla del organismo (cm)	Sexo (Macho) (Hembra) (Desconocido)	
Origen (Criadero) (Cautiverio)	Etapas de vida (Larva/Cría) (Juvenil) (Adulto)		
Dieta			
Tipo de alimento proporcionado (Pellets) (<i>Artemia</i> liofilizada) (<i>Tubifex</i> liofilizado) (<i>Daphnia</i>)		Cantidad	
Ambiente dentro del estanque (zona de cuarentena)			
Temperatura	pH	Oxígeno	Condición del estanque (Limpio) (Sucio)
Recambio (Sí) (No)		Fecha del último recambio	
Anamnesis			
Motivo del ingreso al área de cuarentena:			
Enfermedades anteriores:			
Tratamientos:			
Evolución:			
Examen físico			
Posición en la columna de agua	Flotación positiva	Normal	Flotación negativa
Propiocepción	Normal		Pérdida

Actitud	Vivaz		Aletargado		
	Observaciones extras de conducta:				
Respuesta de estímulos	Reactivo		No reactivo		
Frecuencia respiratoria	Normal		Bradipnea / Tanquipnea		
Tipo de respiración predominante	Pulmonar		Branquial		
Branquias	Coloración (Normal) (Pálidas)		Volumen (Normal) (Pérdida)		
Tegumento	Color normal	Alterado (especificar de ser el caso)		Presencia de masas algodonosas	
Cloaca	Hiperémico		Hemorrágico		
Integridad física	Mencionar si existe deterioro de alguna extremidad, en caso de la pérdida de alguna especificar cuál fue el miembro amputado o herido.				
Condición corporal	Muy delgado	Delgado	Peso ideal	Sobrepeso	Obesidad
Apetito	Fatal total		Disminuido		Normal
Heces fecales	Consistencia (Sólidas) (Pastoso)		Color (Obscuras) (Blanca-Gris)		Forma (Ovoide) (Sin forma)

Lesiones externas	Tumores (Sí) (No) Abultamiento (Sí) (No) Ampollas (Sí) (No) Pérdida de extremidades (Sí) (No) Úlceras (Sí) (No) Hematomas (Sí) (No) Exceso de moco (Sí) (No) Ascitis y edema subcutáneo (Sí) (No) Exoftalmia (Sí) (No) Nódulos (Sí) (No) Dermatitis (Sí) (No)	
Tratamiento		
Observaciones extras		
Evolución		
Día 1		
Día 2		
Día 3		
Día 4		
Día 5		

Bibliografía

- Adamson, C. J., Morrison-Welch, N., y Rogers, C. D. (2022). The amazing and anomalous axolotls as scientific models. *Developmental Dynamics*, 251(6), 922-933. doi:10.1002/dvdy.470
- Akerberg, V. D. Á., Martínez, T. M. G., Hernández, A. G., y Trejo, M. V. (2021). El género *Ambystoma* en México ¿Qué son los ajolotes? *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 28(2).
- Andreu, G. C., Aviña, R. C., y Miguel, X. A. (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. *CIENCIA ergo-sum*, 10(3), 304-308.
- Ayala, C., Ramos, A. G., Merlo, Á., y Zambrano, L. (2019). Microhabitat selection of axolotls, *Ambystoma mexicanum*, in artificial and natural aquatic systems. *Hydrobiologia*, 828(1), 11-20. doi:10.1007/s10750-018-3792-8
- Balderas-Valdivia, C. J., y González-Hernández, A. (2025). *Inventario de la Herpetofauna de México*. Herpetología Mexicana. Recuperado de: www.herpetologiamexicana.org/inventario-de-especies/
- Borland, S. (2000). Practical axolotl. *Axolotl Newslett*, 28, 17-22.
- Chaparro-Herrera, D. D. J., Nandini, S., y Sarma, S. S. S. (2013). Effect of water quality on the feeding ecology of axolotl *Ambystoma mexicanum*. *Journal of Limnology*, 72(3), e46.
- Chaparro-Herrera, D. J., Nandini, S., Sarma, S. S. S., y Zambrano, L. (2011). Feeding behaviour of larval *Ambystoma mexicanum*. *Amphibia-Reptilia*, 32(4), 509-517. doi:10.1163/156853811X610348

- Ching, Y. C., y Wedgwood, R. J. (1967). Immunologic responses in the axolotl, *Siredon mexicanum*. *The Journal of Immunology*, 99(1), 191-200.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de fauna y flora Silvestres. (2021). Apéndices I, II y III en vigor a partir del 22 de junio de 2021. Consultado el 30 de mayo de 2022. <https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2021/S-Appendices-2021-06-22.pdf>
- Corona-Salto, A. (2012). *Calidad del agua tratada por un humedal artificial para su uso en el cultivo del ajolote Ambystoma mexicanum Shaw, 1978 (Amphibia: Urodela) en Xochimilco D. F.* [tesis de pregrado, Universidad Autónoma Metropolitana]. México.
- Díaz-García, J. M. (2019). Servicios ecosistémicos de los anfibios en México: un análisis de diversidad, distribución y conservación. *Etnobiología*, 17(1), 49-60.
- Farkas, J. E., y Monaghan, J. R. (2015). *Housing and Maintenance of Ambystoma mexicanum, the Mexican Axolotl. Salamanders in Regeneration Research*, 27-46. doi:10.1007/978-1-4939-2495-0_3
- Frost, S. K., y Malacinski, G. M. (1979). The developmental genetics of pigment mutants in the Mexican axolotl. *Developmental Genetics*, 1(4), 271-294. doi:10.1002/dvg.1020010402
- Frost, S. K., Briggs, F., y Malacinski, G. M. (1984). A color atlas of pigment genes in the Mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *Differentiation*, 26(1-3), 182-188. doi:10.1111/j.1432-0436.1984.tb01393.x
- Garza-Galván, S. (2018). Proyecto de decreto por el que se declara el día 1 de febrero de cada año como «Día Nacional del Ajolote Mexicano». *Gaceta del Senado*. Consultado el 5 de octubre 2022. https://www.senado.gob.mx/64/gaceta_del_senado/documento/78949
- Gresens, J. (2004). An Introduction to the Mexican Axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *Lab Animal*, 33(9), 41-47. doi:10.1038/labani1004-41
- Gutiérrez, M. C. Z., y Juárez, L. G. S. (2013). Axolotl: el auténtico monstruo del lago de Xochimilco. *Kuxulkab'*, 19(36).
- Hobaek, A., y Larsson, P. (1990). Sex Determination in *Daphnia magna*. *Ecology*, 71(6), 2255-2268. doi:10.2307/1938637

- Jiménez, I. C., Negrete, J. O., y Salazar, C. G. S. (2020). *Ambystoma mexicanum*, un extraordinario modelo animal para estudiar la capacidad regenerativa. *Revista Fesahancccal*, 6(2), 13-19.
- Lazur, A. M., y Yanong, R. P. E. (2013). *The use of potassium permanganate in fish ponds (FA23)*. University of Florida, IFAS Extension. (Trabajo original publicado en 1992; revisado en 2002, 2009, 2013). <https://edis.ifas.ufl.edu>
- López-Félix, E. (8 de mayo de 2022). *Madurez sexual y ciclo reproductivo*. [comunicación personal].
- Maex, M., Van Bocxlaer, I., Mortier, A., Proost, P., y Bossuyt, F. (2016). Courtship pheromone use in a model urodele, the Mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *Scientific reports*, 6(1), 1-9.
- Malacinski, G. M. (1978). The Mexican axolotl, *Ambystoma mexicanum*: its biology and developmental genetics, and its autonomous cell-lethal genes. *American Zoologist*, 18(2), 195-206.
- Manjarrez-Alcívar, I., Vega-Villasante, F., Montoya-Martínez, C., E., López-Félix, E. F., Badillo-Zapata, D., y Martínez-Cárdenas, L. (2022). New findings in the searching of an optimal diet for the axolotl *Ambystoma mexicanum*: protein levels. *Agro Productividad*, VI. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i6.2188>
- Marangio, M. S. (1975). Phototaxis in Larvae and Adults of the Marbled Salamander, *Ambystoma opacum*. *Journal of Herpetology*, 9(3), 293-297. <https://doi.org/10.2307/1563194>
- Marco, A., Quilchano, C., y Blaustein, A. R. (1999). Sensitivity to nitrate and nitrite in pond-breeding amphibians from the Pacific Northwest, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18(12), 2836-2839.
- Marín-Martínez, A. I. (2007). *Preferencia de plantas para la oviposición del Ajolote Ambystoma mexicanum en condiciones de laboratorio* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. México. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/335587>
- Mena-González, H., y Montes de Oca, K. (2014). *Manual de procedimientos para el manejo y mantenimiento de la colonia de axolotes del Laboratorio de Restauración Ecológica*. Laboratorio de Restauración Ecológica, Instituto de Biología de la UNAM.

- Mena-González, H., y Servín-Zamora, E. (2014). *Manual básico para el cuidado en cautiverio del axolote de Xochimilco (Ambystoma Mexicanum)*. Laboratorio de Restauración Ecológica, Instituto de Biología de la UNAM.
- Mendoza, T. V. (2012). Importancia ecológica y cultural de una especie endémica de ajolote (*Ambystoma dumerilii*) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Etnobiología*, 10(2), 40-49.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: synthesis* (Vol. 5, pp. 563-563). Island Press.
- Molina Vázquez, A. (2010). El ajolote de Xochimilco. *Ciencias*, (98), 54-59. <https://www.redalyc.org/pdf/644/64415002006.pdf>
- Montemayor-Leal, J., Mendoza-Alfaro, R., Aguilera-González, C., y Rodríguez-Almaraz, G. (2005). Moléculas sintéticas y extractos animales y vegetales como atractantes alimenticios para el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Revista AquaTIC*, (22), 1-10.
- Ocaranza-Joya, V. S., Martínez-Cárdenas, L., Badillo-Zapata, D., Montoya-Martínez, C. E., López-Félix, E. F., y Vega Villasante, F. (2021). First attempt to fill gaps in the feeding of the axolotl: Atractability of animal oils for *Ambystoma mexicanum*. *Agro Productividad*, VI. <https://revista-agro-productividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/2056>
- Park, D., McGuire, J. M., Majchrzak, A. L., Ziobro, J. M., y Eisthen, H. L. (2004). Discrimination of conspecific sex and reproductive condition using chemical cues in axolotls (*Ambystoma mexicanum*). *Journal of Comparative Physiology A: Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, 190(5), 415-427. doi:10.1007/s00359-004-0510-y
- Ramos, A. G., Mena-González, H., y Zambrano, L. (2021). The potential of temporary shelters to increase survival of the endangered Mexican axolotl. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(6), 1535-1542. <https://doi.org/10.1002/aqc.3520>
- RED LIST. (2022). International Union for Conservation of Nature. *Ambystoma mexicanum*. Consultado el 4 de agosto 2022. <https://www.iucnredlist.org/search?query=ambystoma%20mexicanum&searchType=species>
- Rivera-Pacheco, J. C. (2018). *Caracterización y criopreservación de espermatozoides del Ajolote Mexicano Ambystoma mexicanum (Anfibia: Amb-*

- ystomatidae*) [tesis de posgrado, Universidad Autónoma Metropolitana]. <https://doi.org/10.24275/UAMI.6395W7131>
- Rivera, C. M., y Botero, M. (2009). Alimento vivo enriquecido con ácidos grasos para el desarrollo larvario de peces. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 22(4), 607-618.
- Robles-Mendoza, C., García-Basilio, C. E., y Vanegas-Pérez, R. C. (2009). Soluciones de mantenimiento de juveniles del ajolote *Ambystoma mexicanum* (Amphibia: Caudata). *Hidrobiológica*, 19(3), 205-210.
- Rosales-Peña, M., y Vargas, A. R. (2021). Manejo y cuidados del *Ambystoma mexicanum* en el acuario del CCH-Vallejo. *Revista del Siladin del CCH. Consciencia*, 5, 21-36.
- Rudh, A., y Qvarnström, A. (2013). Adaptive colouration in amphibians. *Seminars in cell & developmental biology*, 24(6-7), 553-561. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2013.05.004>
- Schreckenberg, G. M., y Jacobson, A. G. (1975). Etapas normales de desarrollo del ajolote, *Ambystoma mexicanum*. *Biología del desarrollo*, 42(2), 391-399.
- Secretaría de Cultura. (16 de octubre de 2020). *El Penacho de Moctezuma: Plumaria del México Antiguo*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/cultura/prensa/el-penacho-de-moctezuma-plumaria-del-mexico-antiguo?idiom=es>
- Servín Zamora, E. (2011). *Manual de mantenimiento en cautiverio y medicina veterinaria aplicada al ajolote de Xochimilco (Ambystoma mexicanum) en el Zoológico de Chapultepec* [tesis de pregrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México]. Ciudad de México. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000669778>
- Servín-Zamora, E., y Mena-González, H. (2014). *Manual básico para el cuidado en cautiverio del Ambystoma mexicanum*. Universidad Autónoma de México.
- Suantika, G., Muhammad, H., Azizah, F. F. N., Rachminiwati, N., Situmorang, M. L., Astuti, D. I., y Aditiawati, P. (2016). The use of Cyanobacteria *Arthrospira platensis* and Cladoceran *Daphnia magna* as complementary protein and lipid sources in transitional diet for Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) Nursery. *Natural Resources*, 7(07), 423.

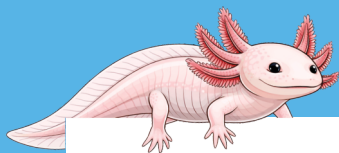
- Takami, Y., y Une, Y. (2017). A retrospective study of diseases in *Ambystoma mexicanum*: a report of 97 cases. *Journal of Veterinary Medical Science*, 17-0066.
- Tobón, N. A. A., Arellano, G. E. C., y Jiménez, O. V. (2021). *Ambystoma mexicanum*, la importancia de esta especie en la medicina regenerativa y estrategias para su conservación. *RD-ICUAP*, 7(21), 1-16.
- Trulear, M. G., y Characklis, W. G. (1982). Dynamics of biofilm processes. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 1288-1301.
- Uribe, M. C., y Mejía-Roa, V. (2015). Testicular structure and germ cells morphology in salamanders. *Spermatogenesis*, 4(3). doi: 10.4161/21565562.2014.988090
- Vázquez, M., y Hunab, A. (2010). El ajolote de Xochimilco. *Ciencias*, 98(098).
- Velasco, S. J., Arroyo, D. M., González, A. M., Hernández, M. P. A., Beltrán, R. S. A., Aquino, P. R. I., López, H. H., Velázquez, O. C. I., y Retana, O. D. A. (2021). Growth and survival of the axolotl (*Ambystoma mexicanum*), fed with the probiotic PROBION-forte©, under laboratory conditions. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 9(5), 45-51. <https://doi.org/10.22271/fish.2021.v9.i5a.2564>
- Vieira, W. A., Wells, K. M., y McCusker, C. D. (2020). Advancements to the axolotl model for regeneration and aging. *Gerontology*, 66(3), 212-222.
- Voss, S. R., Woodcock, M. R., y Zambrano, L. (2015). A tale of two axolotls. *BioScience*, 65(12), 1134-1140.
- Wright, K. N., y Whitaker B. R. (2001). Pharmacotherapeutics. En K. N. Wright y B. R. Whitaker (eds.), *Amphibian Medicine and Captive Husbandry* (pp. 309-330). Krieger Publishing Co.
- Zambrano, L., Vega, E., Herrera M., L. G., Prado, E., y Reynoso, V. H. (2007). A population matrix model and population viability analysis to predict the fate of endangered species in highly managed water systems. *Animal Conservation*, 10(3), 297-303. doi:10.1111/j.1469-1795.2007.00105.x

*Conservación y manejo del ajolote mexicano
bajo condiciones de laboratorio*

se terminó de editar en julio de 2026
en el Centro Universitario de la Costa
Av. Universidad 203, delegación Ixtapa,
48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México.
<https://www.cuc.udg.mx/e-libro>

La edición consta de 1 ejemplar.

Cuidado de la edición: Laura Biurcos Hernández
Ilustración y diseño de cubierta: Francisco Gerardo Herrera Segobiano



El ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*) no solo es una especie icónica entre la diversidad biológica de la nación; es un símbolo viviente de resiliencia, regeneración y la compleja relación entre los humanos y la naturaleza.

Admirado desde tiempos antiguos y ahora convertido en un organismo modelo de la ciencia moderna, su existencia enfrenta una paradoja inquietante: mientras prospera en condiciones controladas, su presencia en la naturaleza está desapareciendo.

En ***Conservación y manejo del ajolote mexicano bajo condiciones de laboratorio***, un grupo de especialistas reúne experiencia científica, conocimiento técnico y compromiso ético para ofrecer una guía integral dirigida al cuidado, reproducción y mantenimiento de esta especie en cautiverio.

Desde fundamentos biológicos hasta protocolos de manejo práctico, esta obra se convierte en una herramienta indispensable para investigadores, estudiantes y profesionales dedicados a la biología, acuicultura y conservación.

Este libro es más que un manual; más bien, es un llamado a la reflexión sobre el papel de la ciencia en la protección de las especies en peligro de extinción. En cada página, el rigor académico y la urgencia de actuar se entrelazan, recordándonos que conservar el ajolote no se trata solo de preservar una especie, sino también de salvaguardar una parte invaluable del patrimonio natural y cultural de México.

Porque entender al ajolote es, en última instancia, entender nuestra responsabilidad con la vida.