



Manual de Procedimientos para el Manejo y Mantenimiento de la Colonia de Axolotes del Laboratorio de Restauración Ecológica



Horacio Mena González • Kenia Montes de Oca

Manual de Procedimientos para el Manejo y Mantenimiento de la
Colonia de Axolotes del Laboratorio de Restauración Ecológica
Horacio Mena González
Kenia Montes de Oca

En la cubierta: *Ambystoma mexicanum*

Revisores: Luis Zambrano González; Ángel Merlo Galeazzi
Diseño de portada: Claudia Mena González / Diana Martínez Almaguer
Diseño: D.G. Diana Martínez Almaguer / D.G. Julio César Montero
Laboratorio de Restauración Ecológica, 2014

Primera edición: 10 de febrero de 2014

D.R.©2014 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán,
C.P. 04510, México, Distrito Federal
www.unam.mx
INSTITUTO DE BIOLOGÍA
www.ibiologia.unam.mx

ISBN 978 607 02 5826 8
Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la
autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.
Impreso y hecho en México



Manual de Procedimientos para el Manejo y Mantenimiento de la Colonia de Axolotes del Laboratorio de Restauración Ecológica es una publicación del Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se terminó el 10 de febrero de 2014. Es una publicación en medio electrónico e-book en formatos .EPUB, .MOBI, .PDF y .AZW. El diseño y cuidado de la edición estuvieron a cargo de Horacio Mena.

Este libro se encuentra alojado en los servidores de la UNAM. Si has encontrado útil la información y quieres ayudarnos al rescate de esta emblemática especie, realiza un donativo, que será destinado a la producción de materiales como este, que apoyan el rescate de Xochimilco y del axolote.

Aportación destinada a: Fundación UNAM A.C.
Cuenta banamex: 533019
Clabe: 002180087005330195
Referencia: Recuperemos a Xochimilco y al Axolote
Código: 313.01.310

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	13
2. MANEJO DE LA COLONIA	14
2.1. Diagrama de flujo general	14
3. PERSONAL A CARGO DE LA COLONIA	15
3.1. Responsable técnico	15
3.2. Alumno de servicio social	15
-Características esenciales	16
4. INSTALACIONES Y EQUIPO	17
4.1. Diagrama de flujo	17
4.2. Laboratorio y colonia	18
4.2.1. Limpieza general de las instalaciones.....	21
a) Piso	21
b) Tarja	21
c) Estantes	21
-Recomendaciones específicas	21
4.3. Ubicación de los organismos	22
4.3.1. Contenedores	22
4.4. Equipo	23
4.4.1. Redes	24
a) Desinfección	24
-Parcial	24
-Intensiva	24
b) Lavado	24
c) Identificación y etiquetado	24
d) Ubicación	25

4.4.2. Bombas de aire	25
-Composición	26
-Técnicas de reparación	26
-Recomendaciones específicas	26
4.4.3. Lista de equipo para el manejo y mantenimiento de la colonia.....	27
5. MANEJO DE CONTENEDORES PARA AXOLOTES.....	28
5.1. Diagrama de flujo	28
5.2. Tinas de 300L	29
5.2.1. Agua.....	29
a) Cambio parcial de agua	29
b) Cambio total de agua	30
5.2.2. Filtros	30
a) Filtro con bomba interna	30
- Composición	30
-Técnica de limpieza recomendada	31
- Desinfección	31
- Recomendaciones específicas	31
b) Filtro con bomba externa	31
-Composición	31
-Técnica de limpieza recomendada	32
- Desinfección	32
- Recomendaciones específicas	32
5.2.3. Grava	33
a) Sifoneo	33
b) Enjuague	33

Axolotes

5.2.4.	Técnica de limpieza recomendada para la tina	33
5.2.5.	Desinfección de la tina	34
5.2.6.	Recomendaciones específicas.....	34
5.3.	Pecera de 100L.....	34
5.3.1.	Agua.....	35
	a) Cambio parcial de agua	35
	b) Cambio total de agua	35
5.3.2.	Grava	35
	- Sifoneo	35
	- Recomendaciones específicas	36
5.3.3.	Filtros y mangueras	36
	a) Técnica de limpieza de filtros	36
	b) Técnica de limpieza de mangueras	36
5.3.4.	Técnica de limpieza para pecera de 100L	36
5.3.5.	Desinfección de pecera de 100L	36
5.3.6.	Recomendaciones específicas	36
5.4.	Pecera de 40L	37
5.4.1.	Agua	37
	a) Cambio parcial de agua	37
	b) Cambio total de agua	37
5.4.2.	Filtros y mangueras	37
	- Técnica de limpieza de filtros y mangueras	37
	- Desinfección de filtros y mangueras	38
	- Recomendaciones específicas	38
5.4.3.	Técnica de limpieza para pecera de 40L	38
5.4.4.	Desinfección de pecera de 40L.....	39

5.4.5. Recomendaciones específicas	39
6. HOSPITALIZACIÓN Y CUARENTENA.....	40
6.1. Palanganas	41
- Técnica de limpieza de palanganas	41
- Recomendaciones especiales	41
6.2. Redes	41
6.3. Control de alimento	42
6.4. Medicación	42
6.5. Monitoreo de avance o recuperación	43
6.6. Recomendaciones específicas	43
7. EVALUACIÓN DE SALUD	44
7.1. Diagrama de flujo	44
7.2. Formato	45
7.3. Identificación de los organismos	46
8. ALIMENTACIÓN	47
8.1. Diagrama de flujo	47
8.2. Pecera de charales	47
8.2.1. Agua	48
a) Cambio parcial agua	48
b) Cambio total de agua	48
8.2.2. Filtro	48
- Técnica de limpieza de filtro	49
- Recomendaciones específicas	50
8.2.3. Técnica de limpieza recomendada para pecera de charales	50
8.2.4. Recomendaciones específicas	50



Axolotes

8.3. Recepción de alimento	50
8.4. Alimentación de charales	51
8.5. Alimentación de axolotes	51
8.6. Recomendaciones específicas	51
9. REPRODUCCIÓN	52
9.1. Diagrama de flujo	52
9.2. Parámetros reproductivos	53
9.3. Fisiología y ciclo reproductivo	53
9.4. Selección y manejo de reproductores	54
a) Alimentación para reproductores	55
b) Acondicionamiento de las peceras o contenedores para reproducción	55
c) Estímulo de la reproducción	56
9.5. Cortejo	56
9.6. Fertilización, eclosión y cuidado de huevos	56
a) Contenedores y recolección de huevos	57
b) Desarrollo embrionario y eclosión	58
9.7. Alimentación de las crías	59
9.8. Recomendaciones específicas durante la eclosión de huevos	60
10. PECERA DE CÍCLIDOS	61
10.1. Agua	61
10.1.1. Cambio parcial de agua	61
a) Grava	
b) Sifoneo	
c) Vegetación artificial	
10.1.2. Cambio total de agua	62

10.2. Filtro	62
-Composición	62
-Técnica de limpieza	62
- Recomendaciones específicas	63
10.3. Limpieza de pecera	63
- Técnica de limpieza recomendada	63
- Recomendaciones específicas	63
10.4. Alimentación	63
11.RECOMENDACIONES GENERALES PARA LOS PROCEDIMIENTOS QUE SE REALIZAN EN LA COLONIA	64
12. REFERENCIAS	65

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Esquema de la orientación de contenedores y tarjas en la colonia	19
Figura 2. Esquema de bomba de aire con sus componentes señalados	26
Figura 3. Esquema de filtro con bomba interna señalando sus principales componentes.....	30
Figura 4. Esquema de filtro con bomba externa señalando sus principales componentes	31
Figura 5. Esquema de filtro interno de pecera de charales con sus principales componentes señalados	48
Figura 6. Resumen del desarrollo embrionario	58
Figura 7. Esquema de filtro de vaso externo de la pecera de cíclidos con sus principales componentes señalados	62
Tabla 1. Formato para evaluación de salud	45

Axolotl



**RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA**

D.G. BIÓL. ARMANDO TOVAR GARZA

Colonia de axolotes del Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la UNAM 2014

1. INTRODUCCIÓN

En tiempos prehispánicos el axolote o monstruo de agua era considerado el hermano gemelo de Quetzalcóatl, que es parte de la leyenda del quinto sol, la cual es equivalente al Génesis en la Biblia.

También fue considerado una fuente de alimento nutritivo con propiedades curativas. Hoy en día es el eslabón más importante dentro de un ecosistema que nos ofrece grandes beneficios en cuanto a clima, agua, hortalizas y paisaje ecológico. Es el guardián de un ecosistema que sigue dando vida a la Ciudad de México. La especie *Ambystoma mexicanum* o axolote de Xochimilco es una especie endémica y emblemática de la cuenca de la Ciudad de México, particularmente del lago de Xochimilco. Es por esto que la colonia de axolotes del Laboratorio de Restauración Ecológica (LRE) tiene como propósitos fundamentales el estudio de la especie en cuanto a conducta, desarrollo, salud y preferencias. También busca contar con una cantidad de axolotes que abastezcan los diferentes proyectos experimentales que se desarrollan dentro del laboratorio. Para que los propósitos antes mencionados se cumplan sin dificultades, es necesario contar con un manual integral de procedimientos para el manejo de la colonia.

El presente manual incluye los diagramas de flujo, así como la explicación detallada y específica de las principales acciones que se realizan en los diferentes ejes que conforman el manejo de la colonia. Entre los diagramas de flujo se incluye uno general, otro sobre instalaciones y equipo, otro sobre alimentación, otro sobre evaluación de salud y otro sobre reproducción.

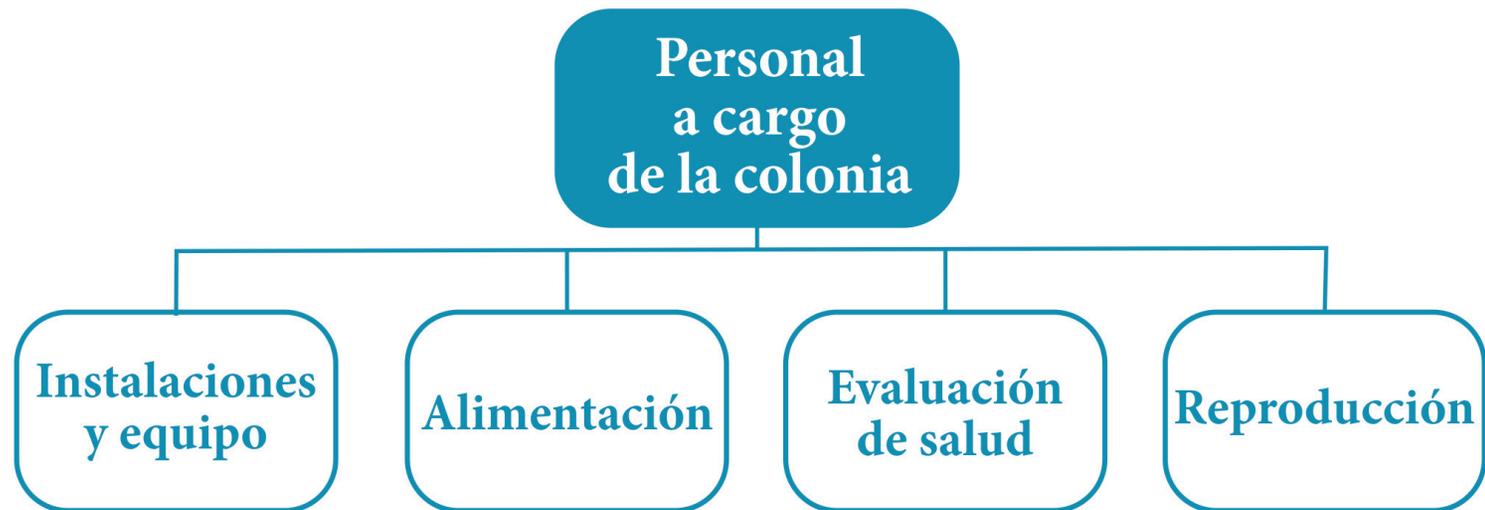
Se espera que este manual, realizado con la recopilación de experiencias y el respaldo técnico-científico, sea de utilidad para el mantenimiento de la colonia en cuestión y como fundamento para el manejo integral de colonias de la misma u otras especies en otras instituciones.



“Xolotl” códice Borgia

2. MANEJO DE LA COLONIA

El manejo de la colonia debe estar a cargo de un responsable técnico con experiencia en el manejo integral de la especie y un alumno de servicio social como apoyo para el mantenimiento de la misma. Ambos trabajarán conjuntamente para el correcto funcionamiento de las instalaciones, equipo, alimentación de los organismos, evaluación de salud y reproducción.



3.PERSONAL A CARGO DE LA COLONIA

Es recomendable que el personal a cargo de la colonia se mantenga en constante comunicación, de modo que se resuelvan sencillamente los problemas que se presenten en la colonia o incluso se puedan evitar.

3.1. Responsable Técnico

Médico Veterinario o Biólogo, con experiencia en el manejo de la especie, proactivo, responsable, capacidad de respuesta ante contingencias, apto para la toma y resolución de riesgos inteligentes. El Responsable Técnico será el enlace con el Jefe del Laboratorio para satisfacer las necesidades que se presenten en la colonia. También será el responsable de programar las actividades que requieran manejos adicionales a los preestablecidos.

3.2. Alumno de Servicio Social

Interesado en el mantenimiento y conservación de la especie, disciplinado, organizado, proactivo, con disponibilidad para estar en la colonia de 5 a 6 días (ocasionalmente sábados y domingos) en un tiempo de 2 a 4 horas al día.

Axolotes

-Características esenciales:



El personal deberá estar capacitado en el manejo integral de la especie, así como mostrar responsabilidad para el diseño y ejecución de las actividades programadas.

Los organismos vivos requieren atención permanente durante toda la semana.

4. INSTALACIONES Y EQUIPO

Las instalaciones, alojamientos y equipo adecuado y en buen estado son parte fundamental para el mantenimiento de los organismos.

4.1. Diagrama de flujo



4.2. Laboratorio y colonia

Actualmente el laboratorio cuenta con un área específica y aislada para el mantenimiento de la colonia de axolotes (Figura 1). Esta área cuenta con un sistema de enfriamiento (aire acondicionado) que debe permanecer a una temperatura de entre 16 y 20 °C y cuyos filtros reciben mantenimiento una vez al mes por personal capacitado de la misma institución.



**“La colonia de axolotes
debe estar a una
temperatura de entre
16 y 20 °C”**

“Por el bienestar
de los organismos”



Mantener
CERRADO

La colonia cuenta con un regulador de horas luz ubicado en la primera puerta de acceso a la colonia. Este controla el ciclo de luz en los organismos y está programado para 12 horas de luz por 12 horas de obscuridad. Cada 8 días deberá verificarse que esté en el horario adecuado.

Las tres lámparas centrales ubicadas en el techo de la colonia se encuentran conectadas al regulador. De las tres, las dos laterales cuentan con un apagador de cadena por si se requiere más o menos luz. Junto a la conexión del regulador se encuentra un apagador que controla las luces adicionales de la colonia, las cuales deberán apagarse al terminar las actividades.

La puerta de acceso a la colonia deberá permanecer cerrada las 24 horas del día los 7 días de la semana. De lo contrario, el frío que se concentrará en la misma escapará y provocará variaciones en la temperatura del interior, un mayor gasto de energía eléctrica y la posibilidad de que los organismos enfermen.

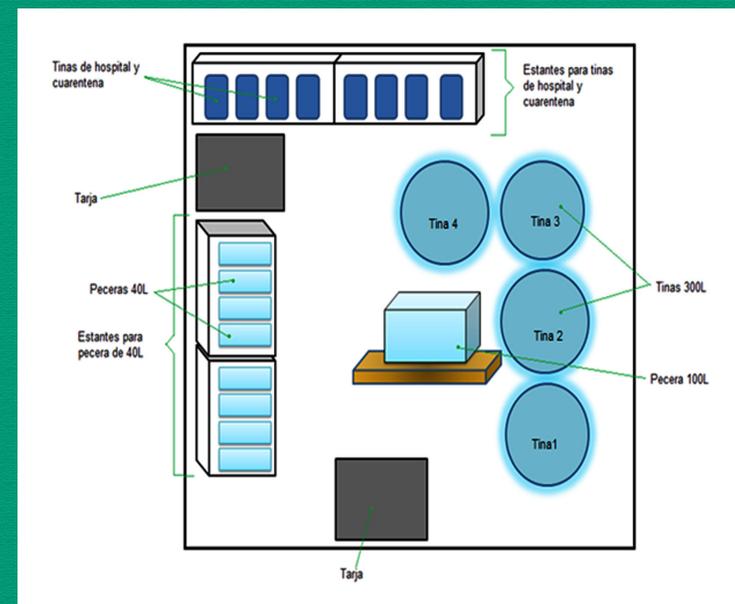


Figura 1. Esquema de la orientación de contenedores y tarjas en la colonia

Colonia de axolotes Laboratorio de Restauración Ecológica IB-UNAM 2014



Axolotes

La limpieza de las instalaciones es una parte importante que requiere atención para el adecuado mantenimiento de la colonia.

4.2.1. Limpieza general de las instalaciones

La limpieza de las instalaciones es una parte importante que requiere atención para el adecuado mantenimiento de la colonia.

a) Piso. El piso de la colonia debe mantenerse libre de restos de alimento, polvo y basura en general, pues estos factores incrementan la carga bacteriana. Si una red u otro elemento del equipo cae y después, sin ser enjuagado, es utilizado en el manejo de los organismos, podría exponer a los mismos a infecciones dérmicas por *Pseudomona fluorescens* o algún otro parásito. Para prevenir esto, se sugiere mantener los pasillos siempre limpios y sin objetos que impidan el paso. El piso se limpiará con agua con cloro una vez por semana y solo con agua 2 veces por semana. También es recomendable colocar varias jergas en lugares donde comúnmente cae agua (debajo de la tarja o estantes de peceras) o donde pasa la gente (entrada de la colonia y pasillos).

b) Tarja. La tarja siempre debe estar limpia y con las llaves del agua completamente cerradas. El material que se pone a secar en la tarja se coloca en un contenedor etiquetado como “material seco”. Esto garantiza que el material estará disponible para cuando se necesite.

c) Estantes. Los estantes tienen bases de unicel para soportar adecuadamente a las peceras. En algunos casos, el agua que escurre puede llegar a maltratar esta base y se tiene que cambiar dependiendo de su estado. Además, para evitar que caiga polvo en las peceras es necesario limpiar con un trapo los estantes.

*Tiempo: Cambio de unicel cada cuatro meses. Limpieza de estante una vez por semana aproximadamente.

-Recomendaciones específicas

*La desinfección de materiales como tambos, cubetas, sifones y manguera es necesaria y puede ser realizada con cloro diluido en agua (3ml/L).

4.3. Ubicación de los organismos

Los organismos deberán estar ubicados, identificados y registrados de manera correcta en la base de datos de inventario de la colonia, la cual se actualizará cada que sea necesario. Se sugiere llevar registros mensuales donde se informe ubicación, altas, bajas, donaciones, animales enfermos, muertos, etc.

Los organismos pueden ubicarse por año de nacimiento, sexo y función zootécnica (ya sean pies de cría, organismos para investigación, exhibición, donación etc.).

4.3.1. Contenedores

La colonia cuenta con cuatro tinas redondas de fibra de vidrio con una capacidad máxima de 300 litros. También cuenta con espacio para ubicar 19 peceras de 40 litros y dos espacios adicionales donde se podrían ubicar seis peceras más de la misma capacidad. Estos últimos espacios actualmente se utilizan exclusivamente para alojar animales hospitalizados o en cuarentena, pues pueden colocarse hasta diez contenedores de seis a ocho litros cada uno.

**“Por el bienestar
de los organismos”**



**!Exclusivo para lavar material
de animales SANOS!**



Las actividades diarias en la colonia, y en general en el laboratorio, requieren que se cuente con equipo en buenas condiciones. El material dañado, o incluso ausente, puede tener repercusiones directas en la salud de los organismos.

De acuerdo con lo anterior, a continuación se presenta el manejo de algunos elementos del equipo de la colonia, así como una lista del equipo necesario para el mantenimiento y manejo de la colonia.

4.4. Equipo

4.4.1. Redes

En la colonia se utiliza una gran cantidad de redes tanto para manejo y alimentación como para medicación, por lo que se debe mantener un estricto control para evitar infecciones de cualquier tipo.

a) Desinfección. Es recomendable mantener las redes en constante desinfección, ya que pueden ser una vía de infección para los organismos, e incluso para el personal a cargo. Las redes se desinfectan de dos formas: parcial o intensiva.

-Parcial. Todas las redes deberán permanecer en un recipiente con desinfectante (Cloruro de benzalconio o cloro diluido en agua a razón de 2ml/L). Después de ser utilizada, cada red se enjuaga y se sumerge nuevamente en el recipiente.

* Tiempo: Permanente

-Intensiva. Se realiza de 1 a 2 veces al mes y consiste en preparar desinfectante concentrado, ya sea cloro a razón de 2ml /L de agua o cloruro de benzalconio a razón de 4ml/L de agua. Se dejan en desinfección por 24 horas y se enjuagan perfectamente para su posterior uso.

*Tiempo: Una vez cada mes

b) Lavado. Las redes se lavan cada que se utilizan y se dejan en desinfección parcial.

c) Identificación y etiquetado. La mayoría de las peceras están ubicadas en estantes y las redes que se utilizan se etiquetan de acuerdo al estante en el que se encuentren. Si en el estante 1 hay cuatro peceras, entonces la red se marca con ese número y se utilizará solo para esos contenedores. Del mismo modo, se etiquetan las redes utilizadas en cualquiera de las 4 tinas de 300 l (por ejemplo, tina 1, tina 2, tina 3 o tina 4).

Los estantes tienen más de un piso, por lo que se recomienda manejar con redes diferentes cada uno de los pisos. Si se desea cambiar una red de etiqueta para usarla en otro(s) contenedor(es), es necesario llevar a cabo una desinfección intensiva previa al cambio.



d) Ubicación. Se recomienda mantener las redes a un lado de la tarja más cercana al contenedor de pertenencia.

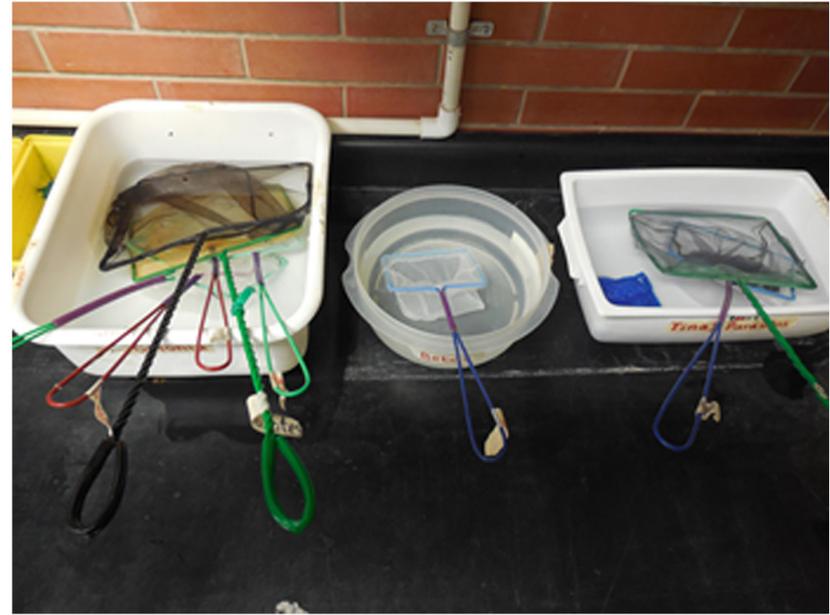
Identificación de redes de manejo y mantenimiento en desinfección

4.4.2. Bombas de aire

Por sus características en vida libre, los axolotes no requieren de la presencia constante de bombas de aire ni filtros. Para el caso de la colonia, los utilizamos para incrementar la duración del agua y el mantenimiento de los charales, que son su alimento. Si las bombas de aire tienen llave reguladora de presión, sugerimos disminuir la presión al mínimo los días que tengan poco alimento lo cual disminuirá el movimiento del agua y, en consecuencia, el estrés en los organismos.

La presión de aire de las bombas puede regularse a través de la optimización de su uso y de la utilización de llaves de paso. Como ejemplo, una bomba elite 802 (Figura 2) en buenas condiciones puede abastecer sin problemas cuatro peceras de 40 L.

En el caso de los filtros de bomba externa, se requiere conectar el filtro a las bombas de aire por medio de mangueras.



Identificación de redes de manejo y mantenimiento en desinfección

Axolotes

“Sugerimos disminuir al mínimo la presión de las bombas para no estresar a los axolotes...”

- Composición

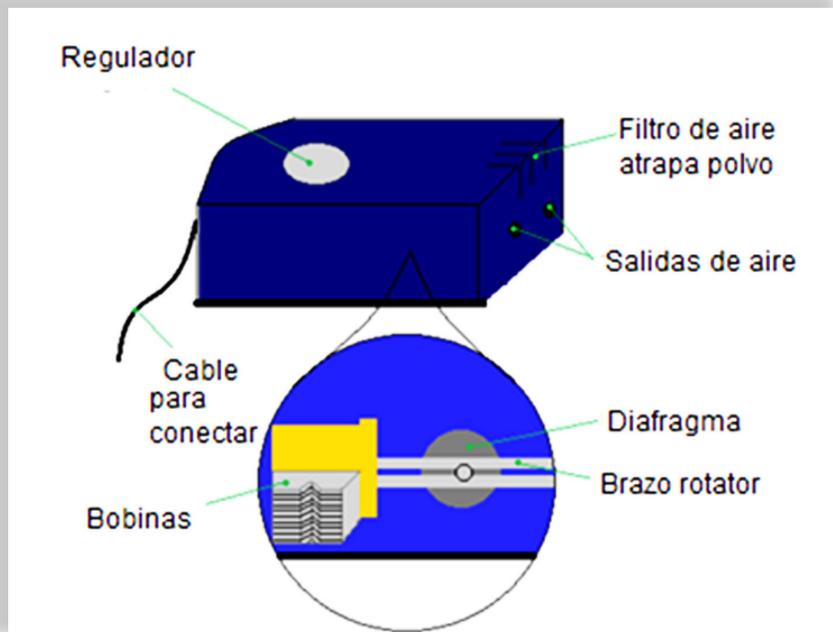


Figura 2. Esquema de bomba de aire con sus componentes señalados

- Técnicas de reparación

Los componentes de la bomba pueden llegar a desgastarse con el tiempo, principalmente el diafragma o el empaque que se encuentra dentro. Para repararlo se abre la bomba retirando la tapa de abajo, se ubica el diafragma y se retira junto con la goma interna; a continuación se observa el empaque, que es muy delgado y normalmente se encontrará roto y deberá cambiarse.

Los repuestos de la bomba se venden en paquete y se pueden comprar en tiendas especializadas en acuarios.

- Recomendaciones específicas

- Este tipo de bombas no cierran herméticamente, por lo que no deberán ser expuestas al agua.

4.4.3. Lista de equipo para el manejo y mantenimiento de la colonia

Antibenzil (cloruro de benzalconio)	Filtros de bomba interna	Pecera de 100L
Alcohol	Filtros de caja	Peceras de 40L
Anticloro	Formatos de salud	Pistola de silicón
Balanza	Grava	Productos para trapear
Carbón activado	Guantes de hule	Redes de diferentes tamaños: 10x7cm, 20x15, 25x20cm y 13x10cm
Cinta métrica o ictiómetro	Guantes de látex	Repuestos para bombas de aire
Cloro	Guata o fibra para filtrar	Sifones
Cubetas	Jergas	Silicón
Cubre bocas	Libreta de bitácora	Tambo de 40L
Cucharas de plástico	Manguera para agua	Tambo de 60L
Difusores de aire	Mangueras para aire	Tijeras
Escobas	Marcadores permanentes	Tinas de 300L
Escobillón	<i>Masking tape</i>	Trapos
Esponja limpiacristales	Mortero con pistilo	Tubos de PVC
Estuche de disección	Palanganas de 10L	Unicel delgado
Fibras o zacates para tallar	Palanganas de 11L	
	Palanganas de 5L	

5. MANEJO DE CONTENEDORES PARA AXOLOTES (TINAS, PECERAS Y PALANGANAS)

Las tinas tienen una capacidad aproximada de 300 L, pero logran una función adecuada a una capacidad de 120 L. Su diseño circular permite un desplazamiento adecuado de los organismos, lo cual redundará en la disminución del estrés si la densidad de población es adecuada. Se sugiere no tener más de 10 a 13 organismos adultos en estos contenedores.

La pecera de 100 L tiene una capacidad adecuada para 5 organismos y las peceras de cuarenta litros pueden alojar adecuadamente a dos organismos con una talla de 19 a 23 cm y un peso de 55 a 90 g. Se sugiere mantener individualmente los organismos de 25 cm o más y peso mayor a 100 g.

5.1. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo expresa los puntos críticos y esenciales a considerar durante el manejo de los diferentes contenedores.



5.2. Tinas de 300L

Por la densidad de población que pueden soportar y por ser el contenedor de elección para el mantenimiento de axolotes, es necesario contar con una técnica de limpieza y desinfección adecuada y estandarizada.



5.2.1. Agua

Las tinas contienen grandes cantidades de agua, de manera que es aconsejable mantenerlas con buena calidad el mayor tiempo posible, lo cual disminuirá los cambios del líquido y favorecerá su ahorro. En la colonia de axolotes realizamos dos técnicas de cambio de agua, una total y otra parcial.

a) **Cambio parcial de agua.** Con este manejo se extraen residuos orgánicos y el agua turbia sin necesidad de mover los organismos del contenedor ni extraer la grava (si es que la tiene). La técnica consiste en eliminar el agua con un sifón, colocándolo entre la grava para eliminar los residuos que se encuentren entre ella y procurando que el nivel del agua no baje demasiado y que cubra por completo a los axolotes.

El cambio parcial puede llevarse a cabo eliminando 1/3 o incluso la mitad del agua del contenedor, tomando como referencia la calidad del agua.

***Tiempo:** Una vez por semana

b) Cambio total de agua. A diferencia del anterior, este cambio consiste en la eliminación total del agua, lo cual permite la limpieza de las paredes de la tina, el lavado de la grava e incluso la desinfección, en caso de ser necesaria. Previamente a la extracción de agua, es necesario contar con palanganas o contenedores de aproximadamente 11 litros para colocar los organismos.

***Tiempo:** Una vez cada 3 a 4 semanas

5.2.2. Filtros

Para mantener una calidad óptima de aguase utilizan 2 filtros de caja con bomba externa, o bien un filtro de capacidad adecuada con bomba interna.

a) Filtros con bomba interna. Este tipo de filtros (Figura 3) cuenta con un sistema completamente sumergible y con regulador de la fuerza de aire. Para este tipo de contenedores se usan aquellos que tienen dos secciones; existen varias marcas y modelos, pero funcionan de la misma manera.

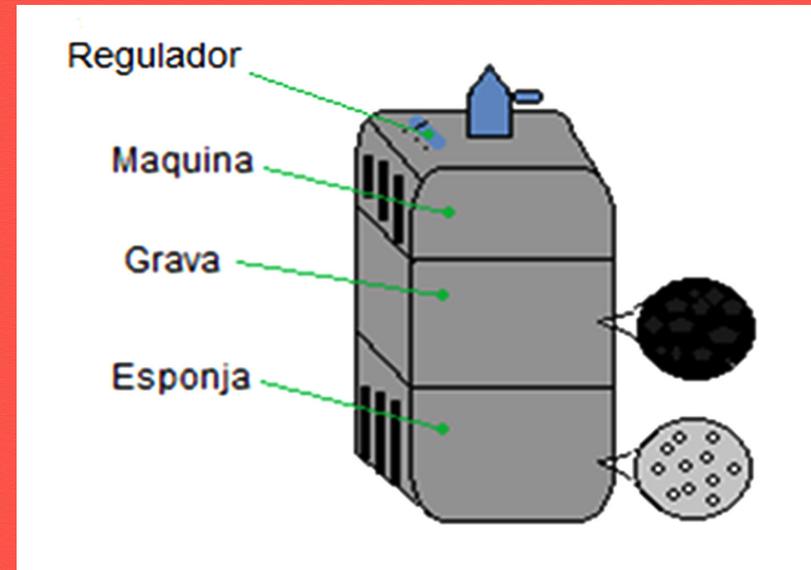


Figura 3. Esquema de filtro con bomba interna señalando sus principales componentes.



-Técnica de limpieza recomendada

La técnica de lavado es simple: consiste en desarmar el filtro y separar cada uno de sus componentes para poder enjuagarlos individualmente. La esponja se enjuaga hasta que el agua salga clara; lo mismo se hace con la grava. En el caso de la maquinaria, se recomienda tallarla con un cepillo y posteriormente enjuagarla.

*Tiempo: Una vez cada dos semanas

-Desinfección

Se desarma el filtro y se coloca cada una de las partes dentro de un contenedor con desinfectante preparado (cloruro de benzalconio a una concentración de 2ml/L de agua). Se deja en el contenedor por un tiempo mínimo de 15 minutos y se enjuaga perfectamente.

* Tiempo: Cada que el filtro se utilice en otro contenedor o haya alguna enfermedad.

-Recomendaciones específicas

•Es importante tener cuidado de que el enchufe del filtro no toque el agua y que al conectarlo esté completamente seco. El resto de la maquinaria está diseñado para permanecer dentro del agua.

•Para lograr una mayor oxigenación, se le coloca una manguera externa que aumenta la entrada de aire; sino se

le coloca la manguera, entonces la propia máquina del filtro moverá el agua.

•Se recomienda usar la esponja del filtro como indicador de limpieza de manera que identifiquemos cada cuándo se debe lavar.

•Algunos componentes del filtro, como la esponja y la grava, se gastan con el paso del tiempo, por lo que se recomienda evaluar su estado cada que se haga el lavado y cambiarlos en caso de ser necesario.

***Tiempo:** Cada mes aproximadamente, dependiendo el deterioro.

b) Filtros con bomba externa

Este tipo de filtros consta de una caja plástica rellena con grava, carbón activado hasta el nivel medio y el resto relleno con fibra para filtración (guata). Como este filtro no cuenta con fuente de aire propia, se conecta a una bomba externa por medio de una manguera (Figura 4).

-Composición

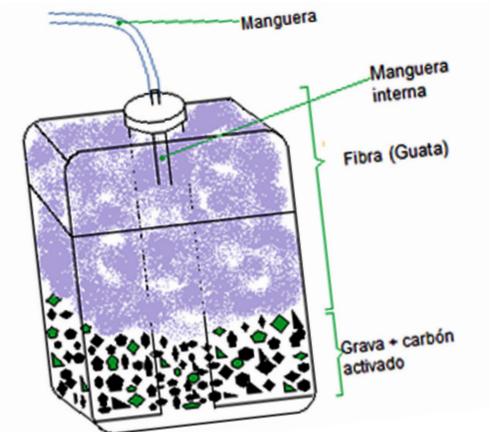


Figura 4. Esquema de filtro con bomba interna señalando sus principales componentes

-Técnica de limpieza recomendada

El primer paso para limpiar el filtro es desconectarlo de la bomba de aire; posteriormente se desarma separando todas sus partes. Las partes plásticas se tallan con una fibra sin jabón y se enjuagan; la fibra filtradora se talla y se enjuaga hasta que quede lo más blanca posible; la grava se enjuaga hasta que el agua salga clara y las mangueras se colocan en el chorro de agua de modo que se limpie por dentro. Si permanece la suciedad en los extremos de la manguera, se recortan.

***Tiempo:** Una vez cada dos semanas

-Desinfección

La técnica de desinfección es igual a la de los filtros internos. Las partes se colocan en un recipiente con desinfectante (cloruro de benzalconio a una concentración de 2ml/L de agua o cloro a la misma dilución) por 24 horas y después se enjuagan. Antes de llevar a cabo la desinfección se debe lavar el filtro como se indica en el apartado anterior.

***Tiempo:** Cada que el filtro se use en otra pecera o haya alguna enfermedad.

-Recomendaciones específicas

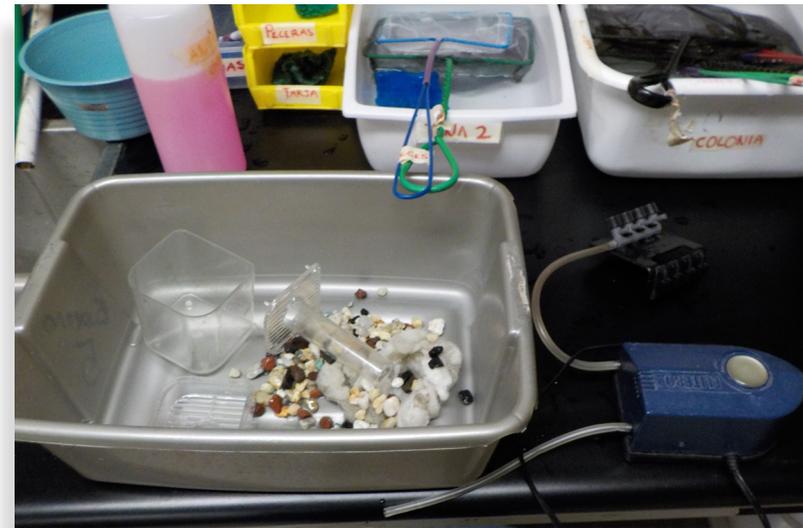
- El filtro se desconecta de la bomba de aire antes de desarmarlo.
- Se recomienda observar la contaminación de la fibra filtradora para determinar cada cuánto se debe lavar el filtro.

- La fibra filtradora o guata se cambia regularmente cuando se observe filamentosos. Para que filtre de manera eficiente, es necesario que tenga una consistencia esponjosa.

- Algunas veces los filtros de bomba externa tienen carbón activado y arena filtradora en lugar de la grava; sin embargo, se lava de la misma manera.

- La manguera interna del filtro se cambia cada que se observe desgastada.

***Tiempo:** Una vez cada dos meses dependiendo de su estado general.



5.2.3. Grava

La grava acumula una gran cantidad de restos orgánicos, por lo que se sugiere realizar una limpieza regular.

a) Sifoneo. Este método se utiliza cuando se realiza un cambio parcial de agua. La limpieza de la grava se lleva a cabo únicamente con el sifón, lo cual evita la suspensión de partículas orgánicas. Es necesario colocar el sifón dentro de la grava y removerla con el fin de que succione toda la materia orgánica. El procedimiento termina una vez que se ha sifoneado toda la zona cubierta con grava y el agua que sale del sifón deja de observarse con partículas.

*Tiempo: Una a dos veces por semana.

b) Enjuague. La limpieza de grava con sifón no garantiza su limpieza total; por ello se sugiere enjuagarla como medida complementaria al sifoneo. Se recomienda hacerlo cada vez que se realice un cambio total de agua. Para garantizar la limpieza de toda la grava es necesario dividirla en tres partes o más, cada una de las cuales se coloca en un contenedor y se enjuaga manteniéndola en constante movimiento hasta que el agua con la que se está enjuagando salga clara. No se recomienda utilizar jabón.

*Tiempo: Una vez al mes

Axolotes

5.2.4. Técnica de limpieza recomendada para las tinas

Las paredes internas de las tinas se tallan únicamente con un poco de agua; posteriormente se enjuagan con aproximadamente dos litros de agua, la cual se retira, y por último las paredes se limpian con un trapo limpio.

Es posible realizar limpieza de las paredes de la tina al hacer cambio parcial de agua, pero se corre el riesgo de ensuciar el líquido que permanece en el contenedor. Este procedimiento consiste en tallar las paredes de la tina al tiempo que se está eliminando el agua, de modo que el sifón elimina la suciedad producida por el tallado.

*Tiempo: Cada que se vacíe la tina



Lavado y desinfección de tinas



5.2.5. Desinfección de la tina

Una vez que se han limpiado las paredes de la tina, se prepara el desinfectante, ya sea cloro o solución de cloruro de benzalconio, ambos diluidos a una concentración de 2ml/L de agua. Con el desinfectante se talla completamente el interior de la tina y se deja actuar por 30 minutos y en ciertos casos como la presencia de enfermedades o cambio de poblaciones hasta por 24 horas, pasado este tiempo se enjuaga la tina y se puede volver a llenar en caso de ser necesario.

***Tiempo:** Cada que se realice un cambio de grupo de axolotes, o cada que se presente alguna enfermedad.

5.2.6. Recomendaciones específicas

- Se recomienda realizar la limpieza una vez que la tina esté vacía.
- La desinfección se realiza cada que salgan axolotes de un grupo y entren otros diferentes; también cada que salgan o ingresen axolotes que estuvieron en los canales de Xochimilco.
- Las tinas pueden contener varios tubos de PVC como refugio para los axolotes, los cuales se lavan preferentemente una vez por semana y se desinfectan junto con el resto de los componentes del contenedor.

5.3. Pecera de 100L

Esta pecera es la más visible debido a que se encuentra en el centro de la colonia. Es importante mantenerla en óptimas condiciones.



5.3.1. Agua

Es el segundo contenedor de la colonia con mayor cantidad de agua. Requiere de cambios parciales frecuentes, pero la presencia de grava permite que estos se alarguen un poco más si se tiene una adecuada limpieza de la grava.

a) **Cambio parcial de agua.** El cambio parcial se realiza de la misma manera que el de las tinas; con el sifón se elimina una parte del agua y la cantidad dependerá de la turbidez que presenta. En caso de que se deba eliminar más de la mitad del agua, se recomienda optar por un cambio total.

***Tiempo:** 1 vez al mes

b) **Cambio total de agua.** Este tipo de cambio permite la limpieza total de la pecera. Se realiza cada que los cambios parciales de agua dejan de ser suficientes para la buena calidad del agua.

5.3.2. Grava

La grava permite que el agua se filtre, ya que en esta área es donde se concentra la materia orgánica. Para que no se vea comprometida la calidad del agua es necesario llevar a cabo una limpieza regular de este componente.

-Sifoneo

Consiste en eliminar las partículas orgánicas presentes en la grava, tanto en la parte interna como en la superficie. Con ayuda de un sifón se mueve la grava, procurando que se limpie toda la zona cubierta con este material. Esta técnica se repite hasta que el agua que sale del sifón se observe clara.

AXOLOTLDES

-Recomendaciones específicas

- Si el agua no se observa clara y el nivel de la misma ya es bajo, es necesario realizar un cambio total y sacar la grava para lavarla en partes hasta que ya no saque partículas.
- Después de usar el sifón se debe desinfectar, ya que se utiliza para todas las peceras.

5.3.3. Filtros y mangueras

Por la cantidad de agua que contiene esta pecera y la cantidad de organismos que aloja, es recomendable colocar dos filtros de bomba externa que promuevan un mayor movimiento del medio líquido y, como consecuencia, una mayor filtración.

a) Técnica de limpieza de filtros. Para la limpieza de este tipo de filtros se recomienda desconectarlos, desarmarlos y proceder a enjuagar y tallar cada una de sus partes hasta que el agua con la que se enjuaga salga clara (ver página 17).

b) Técnica de limpieza de mangueras . Este tipo de filtros se conectan a sus bombas por mangueras y éstas son uno de los elementos que se ensucian frecuentemente, por lo cual se sugiere revisarlas periódicamente. En caso de ser necesario, se desconectan y se tallan con un zacate o fibra sin jabón; si los extremos continúan sucios, se cortan.

*Tiempo: Una vez cada dos semanas

5.3.4. Técnica de limpieza recomendada para la pecera de 100L

Se recomienda vaciarla pecera y extraer todos los elementos. Los organismos se colocan en contenedores limpios con agua y anticloro. Una vez vaciada la pecera de 100L, se tallan todas sus paredes, tanto internas como externas, con una fibra sin jabón y se enjuaga.

5.3.5. Desinfección de la pecera

Después del lavado de la pecera, se prepara el desinfectante y se frota las paredes con una fibra, usando el desinfectante. Se deja reposar por un periodo mínimo de 15 minutos y se enjuaga perfectamente. No es necesario aplicar desinfectante en las paredes externas de la pecera.

***Tiempo:** Cada que se presente alguna enfermedad o se utilice una pecera después de algún tiempo de no ser utilizada.

5.3.6. Recomendaciones específicas

- Procurar la limpieza de las esquinas y marcos de la pecera.
- Esta pecera contiene tubos de PVC para refugio de los axolotes. Estos tubos se lavan una vez por semana y se desinfectan junto con el resto de los componentes.

5.4. Peceras de 40L

La colonia cuenta con peceras de 40 litros, donde se pueden colocar hasta tres axolotes de 15 a 20 cm de longitud.



5.4.1. Agua

Como la cantidad de agua es poca, es posible que se enturbie con más rapidez que los otros contenedores, principalmente cuando hay más de dos axolotes de tamaño medio. Este tipo de pecera carece de grava, por lo que la limpieza de heces se realiza con redes.

a) **Cambio parcial de agua.** Este cambio es sencillo, pues no hay grava que limpiarse realiza con el sifón, eliminando máximo la mitad del agua de la pecera. Se lleva a cabo cada vez que el agua se observa turbia.

***Tiempo:** Una vez por semana

b) **Cambio total de agua.** Se extraen los organismos de la pecera y se colocan en contenedores previamente desinfectados. Se elimina toda el agua con el sifón o alguna palangana y se lava la pecera. Este tipo de cambio se realiza cuando las paredes de la pecera se observan sucias.

5.4.2. Filtros y mangueras

Estas peceras utilizan solo un filtro de bomba externa, por lo que su limpieza es muy sencilla.

- *Técnica de limpieza de filtro y manguera*

El filtro se desarma y se lavan las partes plásticas con una fibra sin jabón. La grava, la fibra y la manguera se enjuagan perfectamente.



***Tiempo:** Una vez cada dos semanas

- Desinfección de filtro y manguera

Los componentes del filtro, junto con la manguera, se colocan en un contenedor con desinfectante (cloro o benzalconio a 2 ml/L de agua), se deja actuar por 15 minutos y se enjuaga cada una de las partes.

***Tiempo:** Una vez al mes

- Recomendaciones específicas

- Por el tamaño y la cantidad de agua, este tipo de peceras aloja máximo tres axolotes de 15 a 20 cm.
- Se recomienda observar la fibra filtradora para saber si el filtro requiere lavarse.
- Las peceras de 40L contienen un tubo de PVC para refugio de los organismos; estos tubos se lavan una vez por semana y se desinfectan junto con los otros componentes.

5.4.3. Técnica de limpieza recomendada para la pecera de 40L

Una vez que la pecera está vacía, se tallan las paredes, tanto internas como externas, y los marcos con una fibra sin jabón; posteriormente se enjuaga bien y de ser necesario se desinfecta.

***Tiempo:** Una vez al mes



5.4.4. Desinfección de la pecera de 40L

La técnica de desinfección es la misma para todos los contenedores: una vez que se ha lavado la pecera, se prepara el desinfectante con cloruro de benzalconio o cloro (2ml/L de agua); a continuación se tallan las paredes internas, se deja reposar por un tiempo mínimo de 15 minutos y se enjuaga.

***Tiempo:** Una vez al mes o cada que se utilice la pecera después de largo tiempo en desuso.

5.4.5. Recomendaciones específicas

- Las peceras cuentan con soportes de unicel que se gastan con el tiempo por el peso del contenedor y por el agua que llega a caer al manipular a los organismos. Es recomendable que se revisen y se cambien de manera regular para evitar oxidación en los estantes que soportan las peceras.

Axolotles

La zona de hospital y cuarentena está diseñada para ubicar a los organismos enfermos, convalecientes o que están en observación.

Por lo tanto, es importante esterilizar todos los materiales que se usen en ella.

6. HOSPITALIZACIÓN Y CUARENTENA

Como un control del estado de recuperación de los organismos se registra la cantidad de charales que consumen de un día para otro, por lo que es importante administrar poca cantidad de alimento. También se registra la presencia de heces en el contenedor y sus características.

***Tiempo:** Todos los días



6.1. Palanganas

En esta zona se utilizan como contenedores únicamente palanganas pequeñas de aproximadamente 10 L, de modo que la medicación y los cambios de agua son más sencillos.

-Técnica de limpieza recomendada

Las palanganas se lavan diariamente tallando sus paredes internas.

* **Tiempo:** Todos los días; máximo cada tercer día

-Recomendaciones específicas

- Cada que se utilice un contenedor en el hospital o cuarentena es necesario desinfectarlo.

6.2. Redes

Las redes que se utilicen para la zona de cuarentena y hospital deben estar etiquetadas y de ninguna manera deben de usarse para los otros contenedores de la colonia. Esta es una barrera importante en la prevención de enfermedades y por ello se recomienda mantenerla en desinfectante diariamente.



Área de hospitalización y cuarentena



6.4. Medicación

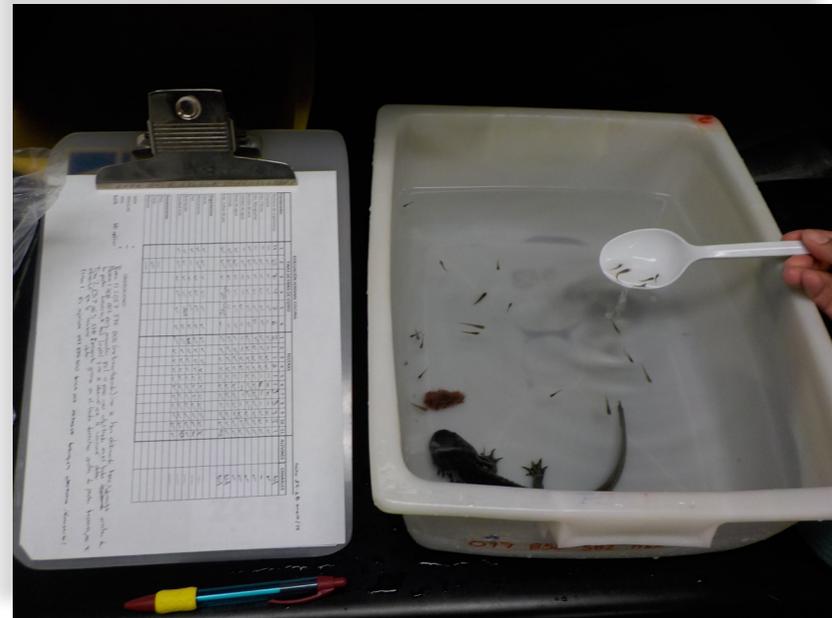
La vía de administración de medicamentos puede ser dérmica, oral, intramuscular o diluida en el agua del contenedor (baños). En este último caso es necesario enjuagar correctamente los contenedores y tener un control de los días en los que se requiere mantener el agua con medicamento y los días que se debe enjuagar.

***Tiempo:** Depende del tratamiento.

6.3. Control de alimento

Como un control del estado de recuperación de los organismos se registra la cantidad de charales que consumen de un día para otro, por lo que es importante administrar poca cantidad de alimento. También se registra la presencia de heces en el contenedor y sus características.

***Tiempo:** Todos los días



6.5. Monitoreo de avance o recuperación

Los organismos ubicados en la zona de hospital y cuarentena deben de estar en constante observación utilizando indicadores de su estado de salud, como los siguientes:

- Estado de la piel:** Observar que no presenten úlceras, pérdida de continuidad en la coloración de la piel, zonas dérmicas de color anormal, ectoparásitos, mordidas e inflamación nodular.

- Posición de la cola:** El ápice, o punta de la cola, debe estar recto con una continuación relajada desde su implantación. La cola en forma de gancho es un signo de enfermedad.

- Movilidad:** Se estimula un poco el movimiento, ya sea con ayuda de una red o con la mano perfectamente limpia. El resultado debe ser un movimiento armónico, constante y con control total. Un organismo apático, inmóvil o con nado irregular indica enfermedad.

- Alimentación:** Si se realiza el control de alimento como se explicó anteriormente, se tendrá un buen indicio del estado de salud del organismo.

- Heces:** La heces de un axolote saludable presentan una consistencia estable y un color muy oscuro, casi negro, con forma de balón de fútbol americano.

o Los axolotes presentan una conformación sólida en forma de rombo. Los organismos emaciados con cuerpo en forma de rectángulo angosto deberán observarse, pues son sugerentes de la presencia de enfermedad.

6.6. Recomendaciones específicas

- En algunos casos se recomienda colocar una piedra multi-burbuja, o difusor, conectada a una bomba de aire por medio de una manguera. Esto se hace en caso que se necesite oxigenar la palangana.



Axolote sano. Fotografía de Carmen Loyola

- Debido a que esta zona aloja los organismos enfermos, es necesario tener un control de limpieza estricto.

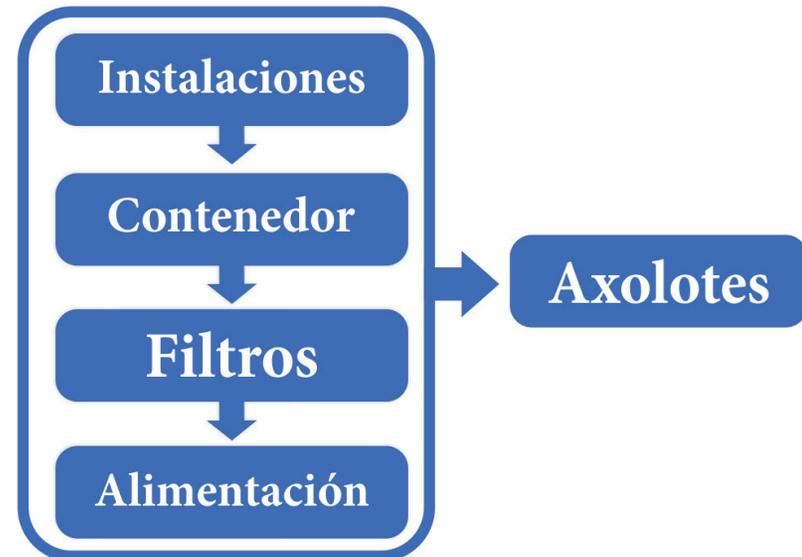
- Es necesario realizar constantemente el monitoreo del avance o recuperación, ya que lo ideal es regresar los organismos a sus peceras lo antes posible, puesto que en las palanganas su movimiento es limitado.

La salud de los organismos es sumamente sensible a variaciones en la temperatura o desajustes en las rutinas de alimentación, limpieza, desinfección, estado de los contenedores, filtros e instalaciones en general.

Todos estos eventos están conectados con la presencia de salud o enfermedad.

7. EVALUACIÓN DE SALUD

7.1. Diagrama de flujo





7.3 Identificación de los Organismos

Para llevar buenos registros de nuestros organismos la identificación es fundamental. En la coloniase utiliza un método invasivo que consiste en la implantación de un chip dorsal a medio centímetro del lado derecho de la columna previo procedimiento anestésico. Los registros individuales o grupales pueden incluir el árbol genealógico, la bitácora de manejo, la calidad de agua, la alimentación, los registros reproductivos, las enfermedades y sus tratamientos, etc. Toda esta información será de gran utilidad para el manejo integral de la especie.



8. ALIMENTACIÓN

En la colonia los axolotes se alimentan con charales, que son abastecidos cada semana por un proveedor externo.

8.1. Diagrama de flujo



8.2. Pecera de charales

La pecera de charales tiene una gran cantidad de agua, que se enturbia constantemente si no se maneja adecuadamente.



La buena calidad del agua es esencial para la salud del alimento y en consecuencia, de la colonia, ya que es el único caso en el que se comparte agua de una pecera a otra.

8.2.1. Agua

a) **Cambio parcial de agua.** Los cambios parciales de agua se realizan con el sifón cada que el agua se observe turbia. Se extrae máximo la mitad del agua, se rellena con agua limpia y se agrega anticloro (una gota cada 2 litros). Cada que se realiza este cambio de agua se debe de desconectar el filtro, ya que se puede descomponer si está trabajando sin agua. Al terminar la extracción del agua se deberán sacar los charales muertos y desecharlos. De ser necesario, se lava el filtro.

b) **Cambio total de agua.** Es recomendable realizar el cambio total de agua cuando ya quede muy poco alimento, o bien cuando el contenedor requiera de limpieza. En este caso, los charales se pueden retirar y colocar en contenedores limpios. El filtro se desconecta y se retira; por último se vacía completamente la pecera con un sifón o con una palangana pequeña.

8.2.2. Filtro

El filtro es marca Atlas modelo AT-2000F (Figura 5); es de tipo interno y cuenta con cuatro compartimentos, el primero de los cuales es la maquinaria (que es totalmente sumergible); después tiene un espacio con esponja; el siguiente segmento tiene una capa de carbón activado entre dos capas de esponja; por último tiene otro segmento con esponja.

Para que la oxigenación sea adecuada para la cantidad de organismos que aloja la pecera, el filtro tiene conectada una manguera externa.

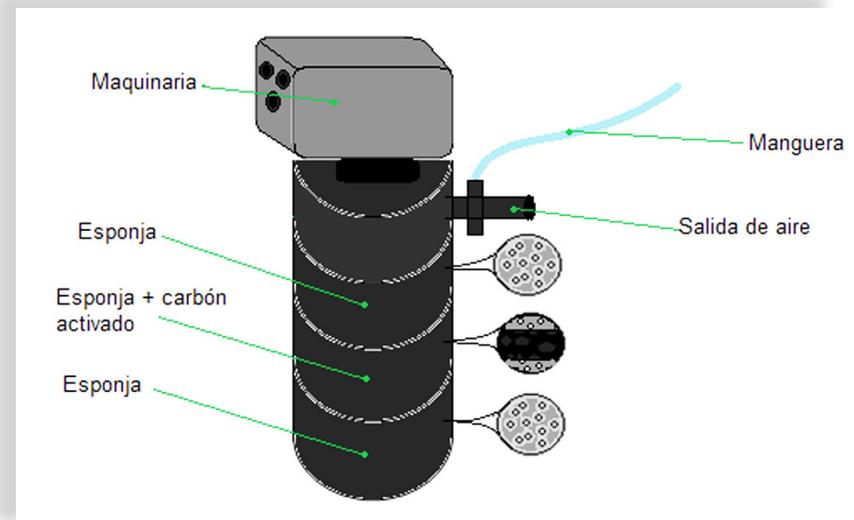


Figura 5. Esquema de filtro interno de pecera de charales con sus principales componentes señalados



El filtro es muy potente, por lo que puede llegar a absorber pequeños charales. Para reducir este efecto, el filtro se encuentra cubierto con dos mallas que dejan libre solo la salida de aire, la manguera y la maquinaria. La primera malla se encuentra sujeta al filtro con ligas; para asegurar la sujeción, se le coloca una liga a cada uno de los segmentos. La segunda malla cubre la primera y está sujeta sólo de la parte superior, justo debajo de la maquinaria.

-Técnica de limpieza recomendada para el filtro.

El filtro se puede mojar excepto la clavija) y se puede desarmar separando cada una de sus partes para una mejor limpieza. Se recomienda trabajar los segmentos por separado.

La salida de aire se limpia con un escobillón y se tallan todas las partes con una fibra sin jabón. El siguiente segmento tiene esponja, por lo que solo se extrae y se talla al chorro del agua. El segmento que sigue tiene tanto esponja como carbón activado, por lo que lo ideal es vaciar el carbón activado en una palangana pequeña y enjuagarlo. El último segmento tiene sólo esponja, por lo que se maneja de la misma manera que el segundo.

La mallas que cubren el filtro se cepillan por ambos lados hasta que se vean lo más blancas posible y se enjuagan. Se colocan al final cuando ya esté todo el filtro armado y se aseguran con ligas, como se detalla en el apartado anterior.

-Recomendaciones específicas

- Observar detalladamente la manera en la que está armado el filtro para volver a colocar cada una de las partes en su lugar una vez enjuagadas.
- Al desarmar el filtro para su limpieza es recomendable no revolver las piezas de cada segmento, sino volver a armar cada parte después de lavarla.

8.2.3. Técnica recomendada para la limpieza de la pecera de charales

Se tallan las paredes con un escobillón especial para cristales de pecera o con una fibra sin jabón. Se enjuaga bien y se seca con un trapo. Si se requiere desinfección, se siguen los mismos pasos que para la desinfección de tinajas.

8.2.4. Recomendaciones específicas

- Para mantener una buena calidad del agua se recomienda extraer los charales muertos; de esta manera los cambios parciales de agua se realizarán con menor frecuencia.

***Tiempo:** Todos los días

Axolotes

8.3. Recepción de alimento

El alimento se recibe en bolsas de plástico. Primero se enjuaga la parte externa de cada bolsa, después se colocan dentro de la pecera para evitar la muerte de los charales por shock térmico. Pasados 10 minutos se sacan las bolsas y de forma separada se vacía el contenido en una red de las más grandes (20x25 cm.); a continuación se enjuaga con abundante agua y finalmente los charales son vaciados en el contenedor; este paso se repite con cada bolsa hasta que todos los charales estén en la pecera.

Las bolsas que contenían a los charales se enjuagan y se extienden sobre una superficie para que se sequen. Una vez que se secan, se doblan y se guardan para ser utilizadas de nuevo para otros fines.

***Tiempo:** Una vez a la semana

8.4. Alimentación de charales

Los charales son alimentados con hojuelas para peces. Es importante alimentarlos diariamente, ya que pueden llegar a lastimar a los axolotes si se encuentran hambrientos. La cantidad de alimento que se administra depende de la cantidad de charales que haya en la pecera.

8.5. Alimentación de axolotes

Para alimentar a los axolotes se extraen los charales con la red de 20 x 25 cm. Previamente se tendrá una palangana pequeña (5L) con agua de la pecera de charales, donde se colocarán los charales que se extraigan.

Con ayuda de una cuchara de plástico se toman los charales de la palangana y se administra una cucharada llena de charales por axolote de tamaño mediano. En el caso de los axolotes más grandes, se administra hasta dos cucharadas para cada uno.

8.6. Recomendaciones específicas

- Nunca utilizar como alimento los charales que caigan al piso, tarjas, muebles de trabajo, etc.



Axolotes



9. REPRODUCCIÓN

El éxito de la reproducción se centra en una adecuada selección de los pies de cría, en el estímulo del proceso, en el manejo conveniente de huevos y en el cuidado de los alevines en las primeras etapas.

9.1. Diagrama de flujo



9.2. Parámetros reproductivos

Los parámetros reproductivos son valores que se pueden considerar como guía de los diferentes eventos que acontecen en torno a la reproducción de la especie.

Los axolotes alcanzan su madurez sexual en forma larval acuática (evento conocido como neotenia). Usualmente este evento ocurre entre el año y año medio de edad. Pueden alcanzar hasta 30 cm de longitud y vivir hasta diez o doce años en promedio. Los huevos de axolote y las larvas se desarrollan mejor a una temperatura entre los 20 y 22 °C; en el caso de los adultos la temperatura ideal es de 18°C. El número de huevos producidos depende de la talla de la hembra y puede ser desde 660 hasta 1000 en una sola puesta, con intervalos de tres a seis meses. En óptimas condiciones de cautiverio, la hembra es capaz de producir huevos una vez cada dos meses, sin disminución en la cantidad de los mismos, pero esta capacidad reproductiva solo puede mantenerse por cinco o seis años, tiempo después del cual la producción disminuye y los rangos de mortalidad aumentan, de modo que los organismos presentan a partir de entonces poca utilidad reproductiva. Actualmente, con los cuidados e instalaciones adecuadas se ha logrado que el éxito reproductivo sea del 90%.

Axolotes

9.3. Fisiología y ciclo reproductivo

En el macho el aparato reproductor se presenta en forma de cloaca, que es una abertura que comparten el tracto digestivo y el reproductivo. En un macho sexualmente maduro se puede observar en la superficie de la cloaca en posición boca arriba la presencia de un crecimiento bilobulado similar a lo que serían los testículos en las especies domésticas. Las hembras poseen una glándula similar interna que se encarga de producir huevos. También en ellas es posible determinar por la forma de su cuerpo si están cercanas a desovar. Normalmente se aprecian más pesadas que el resto de los ejemplares y presentan una línea media corporal redonda. Los machos maduros carecen de esta forma corporal y se muestran delgados.

El ciclo reproductivo de los axolotes está relacionado con las estaciones del año, pues en las colonias mantenidas en cautiverio se ha observado que los desoves y la fecundación no ocurren normalmente cuando hay un decremento en las horas luz, aparentemente inducidos por un cambio en el fotoperiodo.

El fotoperiodo normal consta de 12 horas de luz por 12 horas de oscuridad, con una temperatura promedio de 12 °C. En los machos el patrón natural de la formación de espermatozoides depende de la temperatura. Los espermatozoides maduran durante el verano y se mantienen almacenados hasta el invierno en unos depósitos internos del aparato reproductor llamados

9.4. Selección y manejo de reproductores

En principio se debe considerar que el manejo para machos y hembras será diferente. Antes de presentarlos se sugiere mantener a los machos en alojamientos individuales por espacio de dos semanas. Transcurrido este tiempo, macho y hembra son puestos en un mismo alojamiento, lo cual por sí mismo suele estimular al macho, quien manifestará en poco tiempo un aumento en la sensibilidad para detectar a la hembra. La conducta de cortejo será entonces más intensa, y se promoverá un apareamiento más espontáneo y vigoroso, que aumentará las probabilidades de una reproducción exitosa.

Cuando se realice la selección de reproductores es importante considerar la utilización de hembras de un año de edad, con una talla a partir de los 21cm, de preferencia que no hallan ovopositado y que presenten el abdomen abultado.

Los machos deberán tener una talla a partir de los 23 cm y un año de edad. En ambos casos se aconseja poner especial atención en la morfología, la coloración, la ausencia de enfermedades visibles en la piel, el vigor de la pareja y el tamaño de las agallas (cuyo tamaño es directamente proporcional a la calidad estética de los ejemplares resultantes del apareamiento).



Axolote macho: sin crecimiento bilobulado en la región de la cloaca y cuerpo delgado.



Axolote hembra: sin crecimiento bilobulado en la región de la cloaca y cuerpo en forma de barril.

Axolotes

a) Alimentación para reproductores. Los axolotes seleccionados para reproducción o pie de cría deberán mantenerse separados por sexo y se sugiere alimentarlos cada tercer día.

b) Acondicionamiento de las peceras o contenedores para reproducción. Es aconsejable mantener la temperatura del ambiente a $16^{\circ}\text{C} + 1^{\circ}\text{C}$ y la del agua entre 12°C y 14°C . El fotoperiodo puede ser de 10 hrs luz por 14 de oscuridad y se sugiere que los recambios de agua sean realizados uno total seguido de uno parcial cada tercer día.

Es importante acondicionar las peceras o contenedores donde se planea llevar a cabo la reproducción con rafia insertada en platos de plástico, que flotarán simulando plantas acuáticas (Figura 6). Esta rafia favorece la ovoposición adecuada por parte de las hembras y la liberación de espermatozoides por parte de los machos, lo cual facilita la fertilización de huevos. De ser posible, el agua debe tener un flujo continuo y proveerse de oxigenación constante y suficiente.



Figura 6. Rafia en platos de unicel o plástico simulando plantas acuáticas

c) **Estímulo de la reproducción.** Después de haber seleccionado al pie de cría, se debe separar a los machos de las hembras y mantenerlos a una temperatura promedio de 21 °C. El fotoperiodo deberá ser normal, al menos durante una semana; esto es, 12 horas de luz por 12 horas de obscuridad. Posteriormente se juntan en la misma pecera una hembra y dos machos (esta relación favorece el éxito reproductivo). A partir de este momento se reducirá el fotoperiodo a 10 horas luz por 14 de obscuridad y la temperatura del agua se ubicará entre 8 y 11 °C. Dado que la disminución de la temperatura es un factor condicionante que desencadena las respuestas reproductivas de la especie, este método es el que mejores resultados ha dado, aunque en ocasiones el estímulo puede darse en condiciones normales.

9.5. Cortejo

El tiempo de cortejo es variable, puede durar desde horas a días. El tiempo de ovoposición dura en promedio 3 días. En los inicios del cortejo el macho y la hembra se rosan con la nariz, primero a lo largo del flanco y luego alrededor de la cloaca. Después, cada animal presiona su hocico en la cloaca del otro y ambos comienzan a moverse en círculo; pasados algunos minutos, el macho interrumpe la secuencia y la hembra se mantiene cerca y toca con su hocico la cola del macho. Durante este periodo de cortejo el macho mueve lentamente su cola de lado a lado de forma ondulante; también la hembra mueve su cola, aunque no de manera tan consistente como el macho. La hembra sigue al macho por algún tiempo hasta que éste se detiene y baja

su cloaca con un vigoroso movimiento de su abdomen. En este momento el macho deposita en el sustrato su espermatóforo, que es una pequeña estructura con forma de cono y consistencia gelatinosa blanca donde están contenidos los espermatozoides. El proceso de deposición del espermatóforo toma aproximadamente medio minuto, tiempo después del cual el macho reanuda su camino hacia adelante. Los espermatóforos depositados no se adhieren al sustrato; de hecho, mantienen una orientación hacia arriba para que la hembra recoja el tapón de esperma, lo cual hace moviendo rápidamente su cola y ubicando su cloaca sobre el espermatóforo. En este momento el comportamiento de ella es indistinguible del que realiza el macho cuando libera espermatóforos. Después de que la hembra ha retraído el tapón de esperma los dos animales se mueven de manera independiente. Después de un tiempo el cortejo vuelve a establecerse, pero es más corto. El proceso de cortejo y transferencia de esperma se repite varias veces durante el curso de un encuentro.

9.6. Fertilización, cuidado de huevos y eclosión

La fertilización se refiere al momento en el cual el huevo es penetrado por un espermatozoide. Para el caso de los axolotes, este evento ocurre normalmente cuando de dos a cuatro espermatozoides penetran un huevo. El desarrollo de los huevos fertilizados puede ser controlado regulando la temperatura. Los rangos de tolerancia se encuentran entre los 8 y 24 °C.

a) **Contenedores y recolección de huevos.** Después de la ovoposición la hembra es retirada del contenedor. Los huevos permanecen adheridos a la rafia y se dejan madurar por espacio de una semana sin ser tocados. En cuanto se aprecie un crecimiento en forma de frijol, solo en ese momento se sacan y se cuentan. Los huevos son retirados de la rafia con la uña, se ponen en una cuchara y se trasladan a sus diferentes unidades de desarrollo e incubación, las cuales fueron previamente preparadas aplicando azul de metileno al agua y manteniéndolas en reposo por espacio de una hora. Transcurrido este tiempo, se meten los huevos y se regula el oxígeno. Es importante que el huevo no se mueva por acción de las burbujas, pues de esa forma podrá madurar en perfectas condiciones.

Los huevos, embriones en desarrollo y pequeñas larvas pueden ser guardados en contenedores de 20 cm de diámetro y 8 cm de profundidad. El nivel del agua deberá mantenerse a 4 cm aproximadamente para permitir una apropiada aireación. En estos contenedores se pueden tener de 50 a 100 huevos o embriones. Es importante evitar que se aglomeren, pues esta situación impide una correcta aireación y favorece la mortalidad.

La temperatura del nuevo contenedor deberá ser igual a aquella donde se encontraban los huevos previamente; también deberá contar con un sistema de oxigenación permanente. La limpieza de los contenedores es fundamental.



Axolotes



b) Desarrollo embrionario y eclosión. Después de la fertilización observaremos dentro de los huevos un punto negro que irá creciendo poco a poco, pasando por diferentes formas y etapas hasta que en poco tiempo se pueda diferenciar visualmente el pequeño axolote. La eclosión se da entre los 12 y los 15 días.

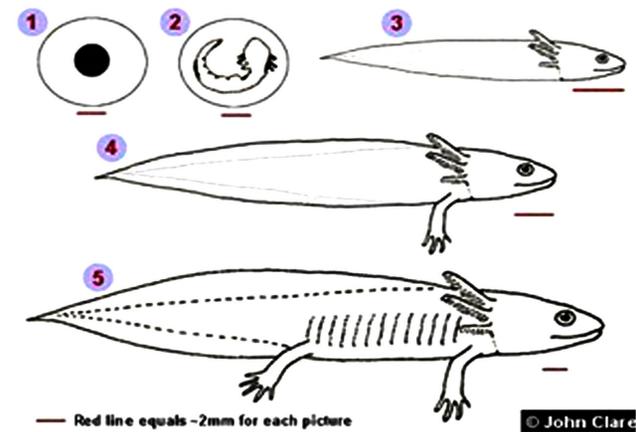


Figura 6. Resumen del desarrollo embrionario

Axolotes



9.7. Alimentación de las crías

Se sugiere manipular las crías hasta los tres meses. El primer sifoneo podemos realizarlo a los ocho días de eclosión y el lavado de filtro cada ocho días (si es individual). El primer alimento, que puede consistir solo en tubifex, será administrado a partir de los once días. Antes de administrarse, el tubifex debe lavarse con agua unas 3 veces para retirar la parte muerta; después se debe poner en un recipiente donde quede cubierto por agua, a la cual se le añade azul de metileno, acriflavina, permanganato de potasio y sulfato de cobre, a razón de una gota de cada medicamento por cada 2L de agua. Posteriormente se deja medicando por un periodo de 1 a 2 horas y se vuelve a enjuagar varias veces para retirar los restos de medicamento y el resto de tubifex muerto. Ya desinfectado, se pone en una pecera de 40 L con dos filtros y se toma el necesario para alimentar a los organismos. Se sugiere distribuirlo en pequeñas bolitas en todo el espacio del contenedor. Con el paso de los días las larvas deben ser separadas de acuerdo a su tamaño para evitar canibalismo y mortalidad por aglomeración o hacinamiento. A partir de los 5 cm de talla se pueden administrar charales pequeños como alimento.



9.8. Recomendaciones específicas durante la eclosión de huevos

- Eliminar el cloro, sea con el uso de productos anticloro para acuarios o bien dejando en reposo el agua que se utilizará para las peceras por lo menos durante 24 horas antes de su uso, lo cual promoverá la evaporación del cloro de la misma.
- Para estas peceras se recomienda una oxigenación permanente y revisar que la temperatura se encuentre entre 18 y 20 °C. Como tratamiento preventivo se puede utilizar azul de metileno.
- El principal problema que enfrentan las crías para sobrevivir ocurre normalmente entre la cuarta y la sexta semana de crecimiento. En este periodo las crías son más susceptibles a la

presencia de enfermedades que provocan alta mortalidad. Los posibles agentes infecciosos que ocasionan la enfermedad pueden ser de tipo fúngico, protozoarios o ectoparásitos del tipo de los oodínidos, que atacan la piel debilitándola y favoreciendo la presencia de enfermedades secundarias. Para disminuir o prevenir la presencia de cualquier tipo de enfermedad en las crías se sugiere evitar la sobrepoblación de peceras, pues provoca un aumento en la concentración de amonio, originado por la excreción de orina y heces de los individuos; esto, junto con el alimento muerto no consumido o degradado, disminuye la calidad del agua, incrementa el estrés y provoca mortalidad. Para evitar lo anterior actualmente se sugiere mantener 30 individuos por pecera de 20 litros, o bien 50 individuos si la pecera es de 40 litros; esta medida, más la realización de cambios parciales de agua, disminuirá de forma considerable la presencia de enfermedades.

- En los juveniles de más de 6 cm, evitar en todo momento el alojamiento en el mismo contenedor de animales con tallas diferentes, lo cual disminuirá de forma importante la presencia de canibalismo. Realizar las separaciones tratando de mantener el menor número posible de individuos juntos.

10. PECERA DE CÍCLIDOS

En el laboratorio hay una pecera con cíclidos convicto, dentro de la cual en ocasiones se colocan aquellos charales que crecieron.

10.1. Agua

Esta pecera cuenta con un filtro muy eficiente, con el que la buena calidad del agua se mantiene durante largo tiempo.

10.1.1. Cambio parcial de agua

En el caso de esta pecera el cambio parcial del agua se realiza con el fin de poder lavar de manera adecuada los componentes.

a) Grava. Esta pecera contiene una gruesa capa de grava y es donde más suciedad se acumula, de modo que se debe limpiar periódicamente para evitar problemas de salud.

b) Sifoneo. El sifoneo consiste en eliminar residuos orgánicos que se quedan entre la grava, para lo cual se utiliza un sifón, que se introduce dentro de la grava y se mueve constantemente con el fin de eliminar los residuos orgánicos de toda la superficie. Es importante cuidar que no baje mucho el nivel del agua, ya que aún habrá organismos en la pecera. Se usa como indicador la cantidad de partículas que salen del agua del sifón: si sale clara, entonces es momento de parar el proceso.

c) Vegetación artificial. Esta pecera cuenta con vegetación artificial, que también se debe de lavar. Una vez que se ha realizado el sifoneo es recomendable sacar la vegetación artificial y tallar cada una de las hojas con una esponja sin jabón; por último se enjuagan y se acomodan de nuevo en la pecera. Algunas veces esta pecera tiene adornos de barro e incluso piedras de río; ambos elementos también deben ser lavados una vez que se ha sifoneado.

* **Tiempo:** Una vez cada dos meses

10.1.2. Cambio total de agua

El cambio total de agua se realiza con poca frecuencia, ya que el correcto sifoneo, la limpieza de las paredes de la pecera y la limpieza del filtro garantizan la limpieza de la pecera por largo tiempo. Este tipo de cambio de agua implica el enjuague de la grava, colocándola en un contenedor y tallándola por partes.

*Tiempo: Si se presenta alguna enfermedad o la grava no se observa limpia después del sifoneo.

10.2. Filtro

Esta pecera tiene un filtro de vaso externo marca Fluvial modelo 105 (Figura 7), el cual filtra de modo externo.

-Composición

Cuenta con un sistema de filtrado químico y uno de filtrado biológico, los cuales se encuentran separados en el vaso externo. Tiene dos fibras de filtrado y piedras porosas. Cuenta con una salida de agua filtrada que favorece el movimiento del agua. Las mangueras se encuentran al vacío.

-Técnica de limpieza sugerida

Primero se desconecta el filtro, después se levanta la palanca que sostiene las mangueras, la cual permite que deje de fluir el agua por la manguera, de modo que el vaso filtrador se puede abrir para sacar cada uno de los componentes de filtración, luego de

lo cual se lava cada uno por separado y se tallan las paredes y componentes plásticos con una fibra sin usar jabón; como el vaso está separado de las mangueras, éstas se pueden sacar de la pecera y enjuagarse, al igual que la reja de salida. Para echar a andar la pecera se colocan en su interior las mangueras y los sujetadores; una vez que el filtro ya ha sido armado se conectan las mangueras al vaso.

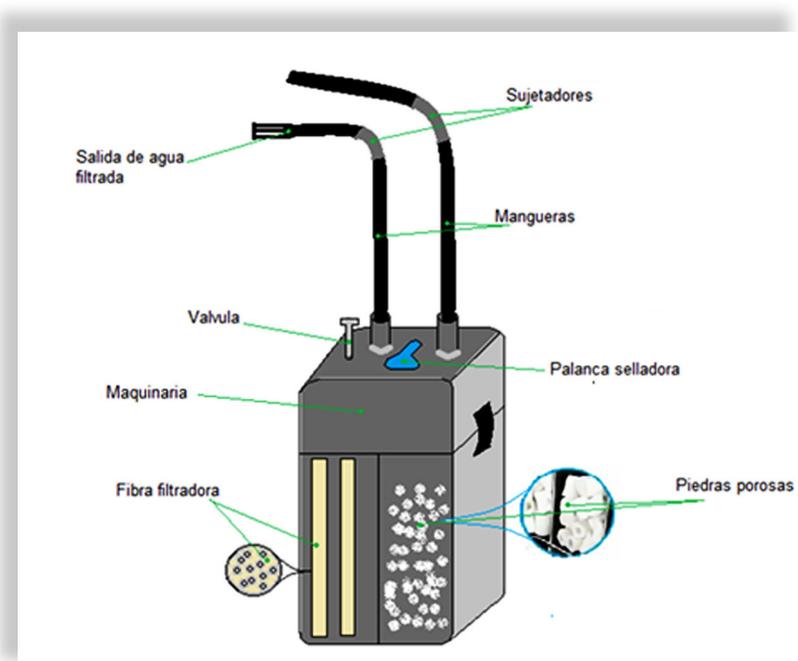


Figura 7. Esquema de filtro de vaso externo de la pecera de cíclidos con sus principales componentes señalados

-Recomendaciones específicas.

- El filtro cuenta con una válvula que permite que las mangueras se llenen de agua una vez que el filtro se ha limpiado y antes de ponerlo en funcionamiento nuevamente; de este modo, solo se presiona ésta válvula varias veces hasta que dejen de salir burbujas de la salida de agua.
- Es preciso tener cuidado al armar y desarmar los componentes del filtro para colocarlos en el mismo lugar una vez que se han lavado.

10.3. Limpieza de pecera

A pesar del correcto funcionamiento del filtro, en las paredes internas de las peceras puede haber acumulación de suciedad, por lo que se deben tallar con periodicidad.

-Técnica de limpieza recomendada

Tallar las paredes de la pecera con ayuda de un limpiacristales al momento en que se está llevando a cabo el sifoneo, para que de esta manera sean desechadas las partículas despegadas.

*Tiempo: Una vez al mes

-Recomendaciones específicas

- Cada que se lleve a cabo la limpieza de esta pecera, se debe limpiar con un trapo limpio tanto la cara interna como la externa de la tapa de este contenedor.

10.4. Alimentación

Los charales y los cíclidos de esta pecera se alimentan únicamente de alimento en hojuelas de tipo básico. Se les da aproximadamente dos pizcas diariamente.

11. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LOS PROCEDIMIENTOS QUE SE REALIZAN EN LA COLONIA

- Utilizar anticloro (una gota por cada 2 L u otra dependiendo las recomendaciones del fabricante) en todos los contenedores que tengan contacto con cualquier organismo.
- Realizar un inventario de material cada dos meses para llevar un control del material que hace falta.
- La temperatura de la colonia debe permanecer a 20°C. El aumento p romueve estrés en los organismos, seguido de enfermedad.
- Se debe tener cuidado al tallar las peceras, ya que el filo de sus paredes puede causar cortaduras.
- Es recomendable tener material y equipo de reserva ante cualquier contingencia.
- El trabajo en la colonia se realiza preferentemente con cubrebocas.
- El agua que sale del sifón se coloca dentro de tambos para después ser desechada con ayuda de cubetas.
- Todos los días se anotan las actividades realizadas en una bitácora.
- Las redes que se utilizan son de diferentes tamaños dependiendo del propósito. Las más grandes (25 x20cm) se usan para los charales y para los ajolotes más grandes, mientras que los tamaños menores se utilizan para el manejo de los axolotes dependiendo su tamaño.

AXOLOTL

12. REFERENCIAS

Amstrong, J.B. Duhon, S.T. y Malacinsky G.M. 1989. "Raising the axolotl in captivity". En: Amstrong, J. y Malacinski G. (eds). *Developmental Biology of the axolotl*. New York. Oxford University press. p. 320.

Bordzilobskaya, N.P., Dettlaff, T.A., Duhon, S.T., Malacinsky M.G. 1989. "Developmental-Stage Series of Axolotl Embryos". En Amstrong, J. y Malacinski G. (eds). *Developmental Biology in the axolotl*. Oxford University press. p. 206- 217.

Duhon, S. 1987. "The I.U. Axolotl Colony's. Short Guide to the Care An Feeding of Axolotls". An overview of the methods used at the Indiana University Axolotl Colony. En: A report of the subcommittee on amphibian standards, Institute of laboratory Animal Resources, National Research Council. Washington, D.C. p. 15-18.

Eisthen, H. 1989. "Courtship and mating behavior in the axolotl". *Axolotl Newsletter*, 18:18-19.
Stephan O. 1999. "Conservación del ajolote (*Ambystoma mexicanum*) mediante su cultivo y siembra en el Parque Ecológico de Xochimilco". Patronato del Parque Ecológico de Xochimilco AC. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L087. México D.F. p.38.

Ensástegui L.J. 2003. Cultivo experimental del ajolote (*Ambystoma mexicanum*) como estrategia para su conservación en el parque ecológico Xochimilco", Tesis Licenciatura en biología UNAM, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. p. 68.

Sciences H.M., Soriano L.M., Mota R.D., Vergara I.A., Ramírez N.R., Olmos H.A., Toca R. J., Alonso S.M. 2006. "The Axolotl (*Ambystoma mexicanum*): Factors that limit its production and alternatives for its conservation". *International Journal of Zoological Research* 2 (4): 362-368.