



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Unidad Xochimilco

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL

LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

**“Programa para proyectos de fomento y desarrollo de Áreas Naturales
Protegidas y de Valor Ambiental – Manejo de *Ambystoma altamirani* bajo cuidado
humano”**

Presentadora de servicio social:

Angeles Segoviano Paola

Matrícula:

2152031173

Asesor:

Dr. Javier L. Olivares Orozco

Número Económico:

6288

Lugar de realización:

Dirección General del Sistema de Áreas Naturales Protegidas y Áreas de Valor Ambiental
- Av. de los Fresnos, Torres de Potrero, Álvaro Obregón, 01770 Ciudad de México, CDMX

Fecha de inicio y terminación:

06 de junio del 2022 al 06 de diciembre del 2022

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. JUSTIFICACIÓN	4
3. OBJETIVOS	5
3.1 Objetivo general	5
3.2 Objetivos específicos	5
4. MATERIALES	5
5. METODOLOGÍA Y RESULTADOS	7
5.1 Recintos y calidad de agua	7
5.2 Monitoreo de ejemplares	16
5.2.1 Zoometrías	16
5.2.2 Alimentación	19
5.3 Colecta de material parental	20
5.3.1 Selección y discriminación de ejemplares	20
5.3.2 Cuarentena	21
6. CONCLUSIONES	22
7. BIBLIOGRAFÍA	23
8. ANEXOS	25

1. INTRODUCCIÓN

El género *Ambystoma* está constituido por 33 especies descritas, las cuales se distribuyen en Norteamérica, desde el suroeste de Alaska y sur de Canadá, hasta el Altiplano Mexicano (Frost, 2019). En México habitan diecisiete especies endémicas de ajolotes, entre ellas se encuentra *Ambystoma altamirani* conocida comúnmente como “Ajolote de arroyo de montaña”.

Ambystoma altamirani fue descrita por primera vez en 1945 por Smith y Taylor en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala; esta especie presenta un hocico redondeado con una lengua elipsoidal, estrecha y adherente; dientes vomero palatinos; fosas nasales dirigidas hacia los laterales y los ojos están colocados dorso lateralmente. La cabeza se ensancha en dirección a las sienes y posteriormente se estrecha para terminar con dos salientes laterales que la separan del cuello; el cuello es más delgado que la cabeza y el cuerpo. El cuerpo es más estrecho que la cabeza y un poco deprimido, presenta doce pliegues laterales, sin embargo, los dos primeros son poco conspicuos. Las extremidades anteriores alcanzan la nariz extendiéndose hacia delante y dirigida hacia atrás abarca tres cuartas partes de la distancia entre ingle y axila; las extremidades posteriores extendidas hacia enfrente abarcan la distancia entre la axila y la ingle, inclusive en algunos casos la superan. La cola es larga e inicia redondeada, pero en su mitad posterior se comprime lateralmente, en los individuos más jóvenes se presenta una cresta poco llamativa. Los labios de la cloaca son más grandes en los machos que en las hembras y durante la reproducción se puede ver una cloaca abultada en machos.

Esta especie se distribuye en el centro del Estado de México (Isidro Fabela, Jilotzingo, Jiquipilco, Naucalpan de Juárez, Nicolás Romero y Villa del Carbón), al sur de la Ciudad de México (en Sierra de las Cruces, porción sur del Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo, en el Parque Nacional Desierto de los Leones y porción sur de la Sierra del Ajusco) y al noroeste de Morelos (en Huitzilac y Ocuilan, en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala); particularmente en arroyos permanentes que cruzan a través de bosques de pino y oyamel (Vázquez y Ávila, 2020).

El ajolote de arroyo de montaña se encuentra listado en diversas categorías de riesgo por distintas organizaciones especializadas en la conservación de la biodiversidad. Se encuentra en la categoría Amenazada (A) en la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT, 2010), en la lista roja de IUCN como En Peligro (Endangered, En) (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020) y en la Medida de Vulnerabilidad Ambiental (EVS) presenta un valor de 13 (vulnerabilidad media), este valor es asignado basándose en tres ejes: área de distribución de la especie, distribución ecológica y el grado de especialización reproductiva (ciclo de vida bifásico). Esto causado por múltiples factores de presión a los que se encuentran sometidos los ecosistemas naturales donde esta especie habita; entre ellos está la introducción de especies exóticas como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) la cual se ha destacado como un depredador del ajolote

de arroyo; la reducción de su hábitat, esto a causa de la significativa cantidad de agua captada de los cauces para el aprovechamiento de la ciudad; los rituales de carácter religioso, debido al aporte de desechos inorgánicos que contribuyen a la contaminación de los cuerpos de agua y la fauna exótica.

2. JUSTIFICACIÓN

Si bien se pueden llevar a cabo acciones para la conservación de las poblaciones silvestres dentro de su propio hábitat, desde hace varias décadas hemos sido espectadores del enorme deterioro que experimentan los ambientes naturales y la consiguiente desaparición o extinción de especies (Dirzo y Raven, 2003). En respuesta a esta problemática ha surgido la conservación *ex situ* bajo cuidado humano; si bien el uso de los animales y los medios por los que se explotan, así como los aspectos culturales que conducen a las interacciones con las personas, están implicados en una presión menor o mayor en las poblaciones de las especies utilizadas que se ve reflejado en su uso sostenible o en su extinción (Lascuráin, *et al.* 2009); sin embargo, contribuyen en varias formas a la conservación de la biodiversidad, funcionando no únicamente como refugio de estas especies sino también como centros de investigación.

Las Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA) son predios registrados que operan con un plan de manejo aprobado por la SEMARNAT. Promueven esquemas alternativos de producción compatibles con el cuidado del ambiente, a través del uso racional, ordenado y planificado de los recursos naturales renovables siendo su objetivo la conservación del hábitat natural, poblaciones y ejemplares de especies silvestres, así mismo podrán tener objetivos específicos de restauración, protección, mantenimiento, recuperación, reproducción, repoblación, reintroducción, investigación, rescate, resguardo, rehabilitación, exhibición, recreación, educación ambiental y aprovechamiento sustentable (SEMARNAT, 2018).

Las UMAs se clasifican en extensivas e intensivas. Las primeras, también llamadas de vida libre, son aquellas donde las especies sujetas a manejo se encuentran libres en el predio, además de que se alimentan y resguardan bajo las condiciones naturales y sólo ocasionalmente se les proporciona alimento o cobijo. En el caso de las UMAs intensivas, el manejo se efectúa bajo condiciones controladas y el mantenimiento de los ejemplares lo realizan técnicos en instalaciones regularmente cerradas con un control cercano de los ejemplares existentes.

Los animales en vida silvestre que son extraídos de su hábitat natural y son incorporados al manejo bajo cuidado humano experimentan cambios de tipo conductual y físico en respuesta no solo al estrés de cambio ambiental que sufren, sino también a los nuevos factores ajenos a su cotidianidad, como lo es la manipulación, el manejo, el

control alimenticio y la restricción de enfermedades (Rodero & Herrera, 2000); si bien podría sonar a una mejora, esto pondrá a prueba tanto la resiliencia de los individuos, como el manejo y la adecuación de sus encierros.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Describir las actividades desarrolladas para el manejo bajo cuidado humano de *Ambystoma altamirani* en la UMA “El Pantano”.

3.2 Objetivos particulares

- Coadyuvar en el mantenimiento, limpieza, cuidado y monitoreo de la calidad del agua de los acuarios y estanques de la UMA El Pantano.
- Apoyo en la toma de datos morfométricos, etológicos, alimenticios y reproductivos de la colonia de *A. altamirani* de la UMA El Pantano.
- Colaborar en el tratamiento y seguimiento a la salud de la colonia de *A. altamirani* de la UMA El Pantano.
- Colaborar en el llenado de bitácoras, captura fotográfica, sistematización de la información, generación de reportes y presentaciones.

4. MATERIALES

Las instalaciones de la UMA “El Pantano” se localizan dentro del Centro de Administración, Vigilancia y Monitoreo (CAVM) El Pantano, al interior del Parque Nacional Desierto de los Leones (PNDL). Se trabajó dentro la colonia fundadora de la UMA “El Pantano” la cual estuvo compuesta inicialmente por 12 ejemplares de *Ambystoma altamirani*, para conformar dicha colonia se llevó a cabo una colecta de material parental dentro de la Reserva Ecológica Comunitaria San Nicolás Totolapan (RECSNT), el día 10 de mayo del 2022, donde se colectaron 12 ejemplares, de estos 11 se encontraban en estadio adulto (2 hembras y 9 machos), y un ejemplar en estadio juvenil², con longitudes de entre 140 - 210 mm. Para completar la colonia se llevó a cabo una segunda colecta la cual se realizó en dos eventos; el primero se llevó a cabo el 25

de agosto del 2022 y el segundo el 31 del mismo mes, durante está, se colectaron un total de 18 individuos.

Todos los ejemplares ingresados a la colonia de la UMA fueron medidos, pesados, sexados en caso de ser posible, diferenciados e identificados. Esta información se utilizó para el llenado de sus actas de alta (**Anexo 1**) junto con una clave de registro única.

Tabla 1. Composición y características de los ejemplares de la colonia fundadora.

CLAVE DE REGISTRO	Fecha de colecta	Estadio	Sexo	Peso inicial (gr)	L H-C inicial (mm)	LC inicial (mm)
PA 1.0	25/08/2022	Adulto	M	18	70	9.41
PA 2.0	25/8/2022	Adulto	M	31	90	123.2
PA 3.0	25/8/2022	Juvenil 2	IND	18	71.7	92.3
PA 4.0	25/8/2022	Adulto	H	13	67.7	83.4
PA 5.0	25/8/2022	Adulto	M	12	66.5	7.98
PA 6.0	25/8/2022	Adulto	H	15	72.3	88.3
PA 7.0	25/8/2022	Adulto	M	13	62.9	79.8
PA 8.0	25/8/2022	Adulto	M	14	72.5	99.1
PA 9.0	25/8/2022	Adulto	M	15	72.7	93.7
PA 10.0	25/8/2022	Adulto	M	14	66.8	87.5
PA 11.0	25/8/2022	Adulto	M	18	69.4	93.2
PA 12.0	25/8/2022	Adulto	M	4	62.9	80.8
PA 13.0	31/8/2022	Juvenil 2	IND	9	56	62
PA 14.0	31/8/2022	Adulto	H	20	76.1	87.0
PA 15.0	31/8/2022	Juvenil 2	IND	10	55	73.8
PA 16.0	31/8/2022	Adulto	H	29	98.5	114.1
PA 17.0	31/8/2022	Juvenil 2	IND	10	56	65
PA 18.0	31/8/2022	Juvenil 2	IND	7	56	61.1
PA 19.0	31/8/2022	Juvenil 2	IND	11	62.1	70.8
PA 20.0	31/8/2022	Adulto	H	23	76.4	98.2
PA 21.0	31/8/2022	Juvenil 2	IND	10	57.2	72.8
PA 22.0	31/8/2022	Juvenil 2	IND	14	64	76
PA 23.0	31/8/2022	Juvenil 2	IND	20	69.4	90
PA 24.0	31/8/2022	Juvenil 2	IND	14	69	80

PA 25.0	31/8/2022	Adulto	H	40	92.5	121.
PA 26.0	31/8/2022	Adulto	H	17	76	85
PA 27.0	31/8/2022	Adulto	H	21	86.1	100.8
PA 28.0	31/8/2022	Juvenil 2	IND	15	66	78
PA 29.0	31/8/2022	Juvenil 2	IND	8	58	62
PA 30.0	31/8/2022	Juvenil 2	IND	15.	65	75

5. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

5.1 Recintos y calidad de agua

Las instalaciones de la UMA “El Pantano” se localizan dentro del Centro de Administración, Vigilancia y Monitoreo (CAVM) “El pantano”, al interior del PNDL. La infraestructura para el manejo de los ejemplares se compone por dos espacios acondicionados denominados módulos internos “A” y “B”, y un módulo externo al que se le brinda mantenimiento con el propósito de utilizarlo en un futuro cuando se cuente con un mayor número de ejemplares. La captación de agua que alimenta las instalaciones de la UMA proviene del cauce del río “Santo Desierto”, a través de tuberías de PVC hidráulico de 1” de diámetro, el agua ingresa desde la desembocadura de uno de los brazos del arroyo principal a ambos módulos. Inicialmente, la entrada de agua no contaba con ningún tipo de sistema de filtración, posterior a la identificación de problemas de contaminación en los recintos se incorporaron filtros mecánicos que se describen más adelante. Por otra parte, el flujo de las salidas de ambos módulos converge en una salida de 4” conectada nuevamente al cauce del río.

El módulo interno “A” fue acondicionado para albergar a una colonia de 40 ejemplares con 7 recintos de distintas capacidades, distribuidos en dos estantes y dos mesas de trabajo. Para mejorar las condiciones de mantenimiento y reducir la contaminación de los recintos se implementaron dos filtros mecánicos en los tubos de ingreso de agua, estos fueron colocados sobre la manguera principal que alimentaba al módulo. Ambos contenedores fueron de material plástico y forma cilíndrica (60 x 40 cm), el primero se colocó el día 29 de octubre y se utilizaron como materiales de filtrado tezontle y esponja. Este filtro redujo la entrada de desechos orgánicos de gran tamaño, sin embargo, el sedimento aún era capaz de ingresar y acumularse en los recintos. El segundo filtro se instaló el día 22 de noviembre, contrario a los materiales previamente utilizados, este filtro fue relleno con guata. El resultado de la utilización de este material fue positivo ya que se observó una notable disminución de la entrada de sedimentos a los recintos.

La gran diversidad de especies de anfibios es el resultado de la variedad de hábitats que han colonizado exitosamente. Albergar y mantener anfibios requiere prestar atención a distintos factores del entorno como la temperatura, luz y humedad, que pueden variar significativamente entre hábitats de gran extensión y microhábitats. Además, propiciar la ocurrencia de las condiciones ambientales naturales puede ser clave para la supervivencia en cautiverio o la reproducción de algunas especies (Schad, 2007). Teniendo esto en cuenta y la limitada información de *A. altamirani* bajo cuidado humano se desarrollaron diferentes tipos de recintos que son alimentados por los afluentes naturales del PNDL.

El módulo "A" cuenta con siete recintos, cinco de los cuales cuentan con una capacidad de 80 L, uno de 60 L y uno más con capacidad de 200 L. Todos los recintos comparten el flujo de agua y cuentan con un nivel de 17 cm; el flujo de agua ingresa a través de los recintos 1 y 2 situados en la parte superior del estante, que a su vez distribuyen el agua hacia la zona inferior en los recintos 3, 4 y 5; en el segundo mueble se ubicó el recinto 7 el cual se destinó para el mantenimiento de micro y macroinvertebrados por lo cual su salida de agua se instaló a 35 cm de altura, esta salida fue dirigida hacia la parte inferior del estante donde fue ubicado el recinto 6 el cual mantenía un nivel más alto de agua (25 cm). Para la salida de los cuatro recintos inferiores se instaló un tubo en común de 1" el cual dirige el agua hacia el estanque 2 cuyo flujo reingresa al río "Santo Desierto".

En el módulo "B" se instalaron tres recintos destinados a cuarentena cada uno con capacidad de 120 L de capacidad contó con dos salidas a una altura de 17 cm, estas estaban cubiertas con malla de 1" de luz. Dicha cubierta resultó insuficiente para liberar la cantidad de materia orgánica acumulada por lo que se presentaron diversos eventos de desborde en los recintos, para remediar estas situaciones, el desagüe se cambió por tubos de PVC de 1" y 30 cm de longitud a los que se le hicieron hendiduras en los costados (**Figura 1**) las cuales permitieron una mayor salida de agua. Se adaptaron tres recintos con el sistema mencionado y fueron dispuestos en la zona superior de los estantes.

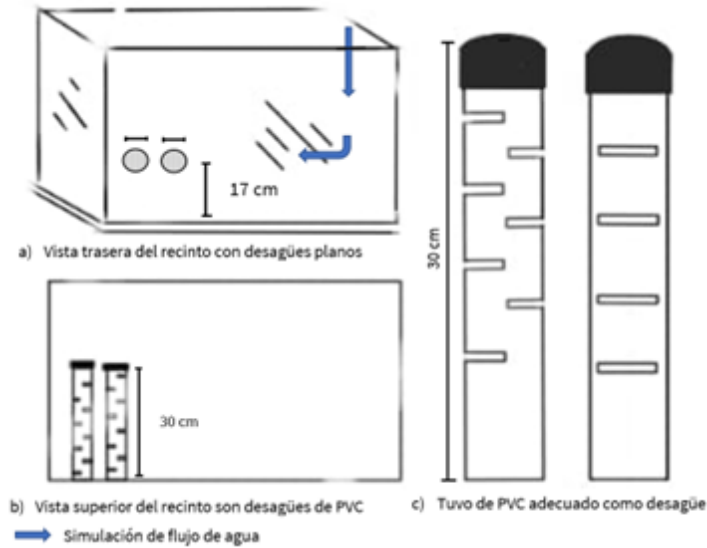


Figura 1. Esquema del recinto tipo 1.

Finalmente, en un estante independiente se instalaron dos recintos tipo 3, uno de 120 L y uno de 80 L, ambos cuentan con una división de 10 cm de forma vertical en partes iguales de la zona media superior, en uno de los lados una pared es más alta por 5 cm, teniendo la caída de agua del lado contrario, del lado más corto cuenta con una división horizontal, con la parte inferior llena de guata y en la superior se colocó un costal de canutillo de cerámica, ambos recintos cuenta con entrada individual y dos salidas con desagüe de PVC de 30 cm con hendiduras a los costados (**Figura 2**); la salida de todos los recintos desembocan en el estanque 2.

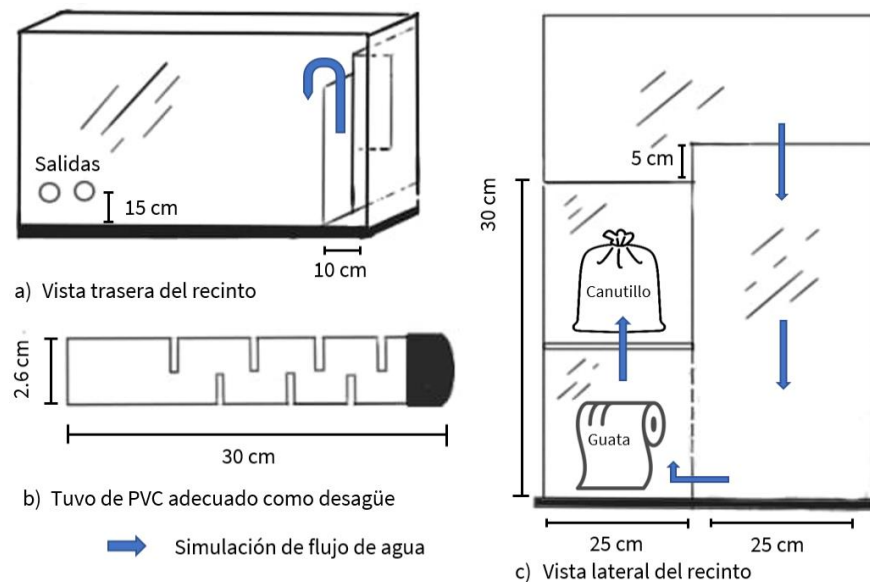


Figura 2. Esquema del recinto tipo 3.

El enriquecimiento de los recintos del módulo "A" estuvo conformado únicamente por materiales localizados al interior del PNDL, buscando simular lo más posible las condiciones naturales de su hábitat. Inicialmente, cada recinto estaba adecuado con una

capa de 3 cm de sustrato lodoso, el recinto uno contaba con un par de cúmulos rocosos con una minúscula salida de agua, el recinto dos tenía una isla lodosa con una superficie extensa fuera del medio acuoso, los recintos 3, 4, 5 y 6 contaban con un par de rocas sin salida del medio acuoso. En múltiples ocasiones se encontró a los ejemplares de los recintos 1 y 2 en las superficies fuera del agua y en el caso de los ejemplares de los recintos 3, 4, 5 y 6 se les encontraba situados en la estructura sobresaliente del desagüe por lo que se procedió a colocar cúmulos de rocas con zonas externas al medio acuoso de mayor superficie, de igual forma se utilizaron estos cúmulos para formar cuevas en la parte sumergida con el fin de proporcionar zonas de huida a los ejemplares. En cuanto al sustrato, se extrajo por completo el lodo por la acumulación de desechos orgánicos que albergaba, reflejado en el aumento de parámetros fisicoquímicos del agua, este se sustituyó con grava proveniente del arroyo la cual es más fácil de manejar y mantener limpia, y alberga menor cantidad de desechos orgánicos.

Para el enriquecimiento del Módulo “B” se utilizaron materiales con características que limitan la proliferación de patógenos y que se pudieran desinfectar con facilidad. Con el propósito de crear zonas de huida se utilizaron tubos de PVC de 3” cortados a la mitad y limados para evitar heridas en los ejemplares, no se utilizó ningún tipo de sustrato para tener un mejor monitoreo de sus evacuaciones.

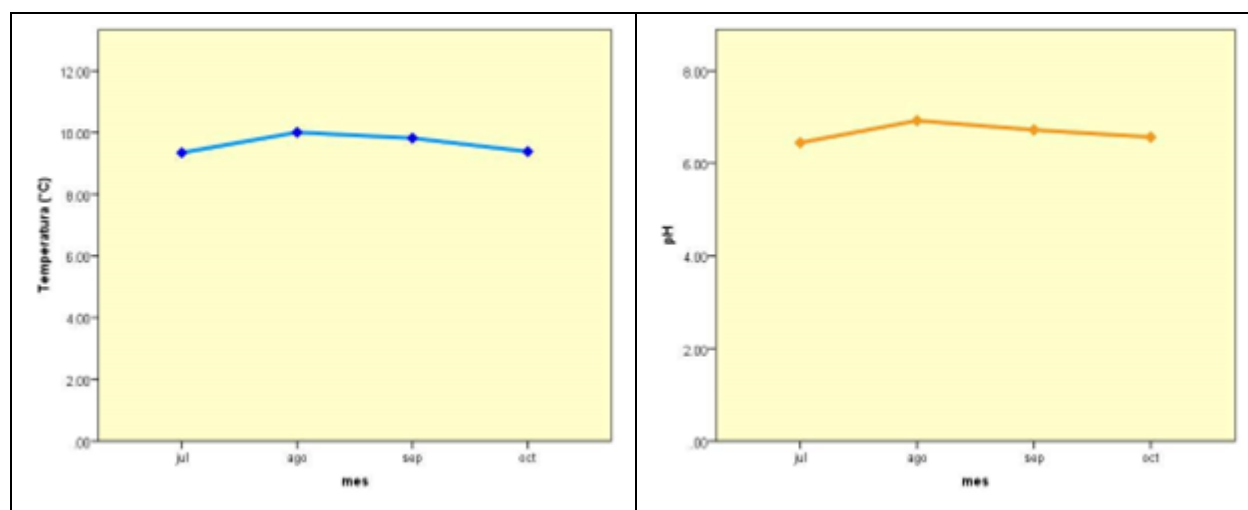
En condiciones de cautiverio y semicautiverio es ideal proveer un periodo de luz lo más parecido a la naturaleza. Con este objetivo, los ejemplares de la colonia son dispuestos en bandejas con agua que se exponen al sol en periodos cortos de tiempo (de entre 10 y 15 minutos) tres veces por semana con el objetivo de adecuar sus requerimientos fisiológicos.

Los anfibios pasan su vida entre el agua y la tierra ya que aparte de contar con pulmones son capaces de mantener un intercambio gaseoso dentro del agua gracias a su piel altamente vascularizada (Suárez, 2017), la cual se mantiene húmeda gracias a la constante secreción de sustancias, sin embargo, a causa de esto la piel es altamente permeable y vuelve a los ejemplares susceptibles a los cambios en el medio ambiente, por lo cual es primordial tener un registro de los parámetros fisicoquímicos del agua de los recintos. La mayoría de las especies de anfibios, requieren de medios poco alterados para sobrevivir; presentan muchas limitaciones y necesidades específicas en la selección del hábitat, como lugares para reproducirse que son esenciales en la sobrevivencia de estos (García, 2013).

Las mediciones de los parámetros de calidad del agua se llevaron a cabo de forma directa en los recintos y con una periodicidad quincenal. Se empleó un multiparamétrico portátil (HANNA® HI98196) para el registro de los siguientes parámetros: pH, temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L) y potencial de óxido reducción (ORP, mV), los cuales fueron registrados.

Por otra parte, la medición de los parámetros químicos; nitritos (NO_2^- , $\mu\text{g/L}$), nitratos (NO_3^- , mg/L), amonio (NH_4^+ , mg/L) y cloro (Cl , mg/L), se llevaron a cabo a través de la colecta de muestras provenientes de la entrada del flujo de agua que alimenta ambos módulos internos, los recintos 1, 4 y 7, así como del estanque 2 de la UMA. Estas muestras se almacenaron en frascos de vidrio previamente etiquetados (datos: origen de muestra, hora de toma, e identificación de muestra), fueron transportados a las instalaciones del ANP “La Loma” en una hielera con el objetivo de preservar sus características. El mismo día de la toma de muestra se realizaron las mediciones de los parámetros mencionados con el apoyo de un fotómetro (HANNA® HI83303) siguiendo las instrucciones en el manual del fabricante, todos los datos obtenidos se registraron en el formato correspondiente (**Anexo 2**).

En la **figura 3** podemos observar que tanto la temperatura (esquina sup. izq.) como el pH (esquina sup. der.) mantienen una tendencia similar señalando que estos dos parámetros se han mantenido estables, situación contraria a lo que se presenta con el oxígeno disuelto (esquina inf. izq.) que entre los meses de julio y agosto registramos una menor concentración que a partir de septiembre, esto puede relacionarse con la temporada de lluvias ya que uno de los efectos en el arroyo de donde proviene el agua que abastece la UMA, presenta infraestructura (captador) del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) en la cual todo el sedimento y materia orgánica se arrastra hasta el sistema de tuberías de la UMA, grandes cantidades de materia orgánica disminuyen el porcentaje de oxigenación en el agua. Finalmente, el parámetro del potencial óxido-reducción (ORP; esquina inf. der.) o redox es un parámetro que mide la capacidad que tiene una solución de absorber o expeler sales diluidas y de manera efectiva nos permite tener un registro de saneamiento de agua y nos brinda información acerca del potencial de oxidación o de reducción.



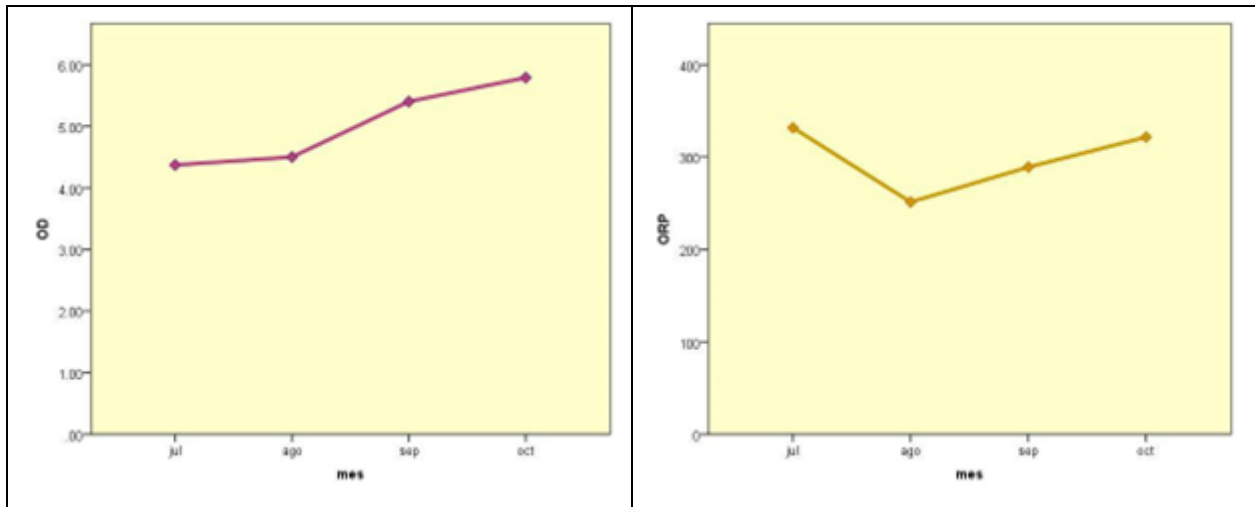
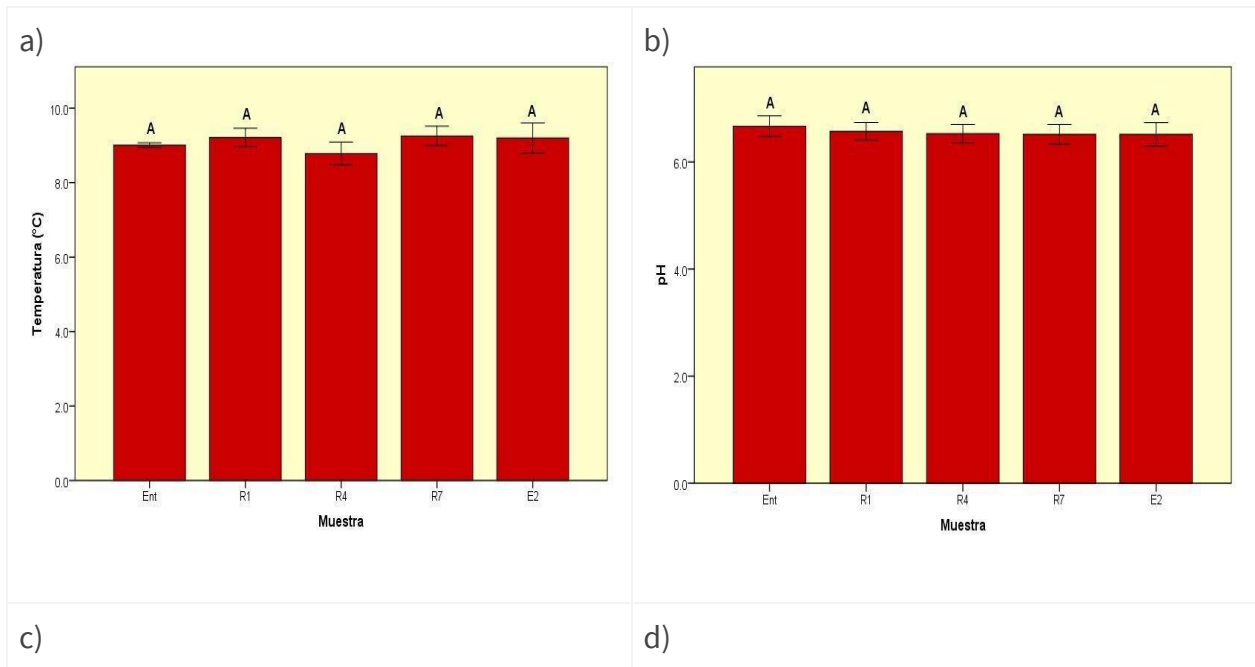


Figura 3. Evolución de los parámetros de calidad del agua (promedios de temperatura, pH, oxígeno disuelto y potencial de óxido reducción) analizados en la UMA “El Pantano”.

En un acuario de agua dulce, los valores desde 250 mV se consideran apropiados, en la gráfica correspondiente se puede observar que en el mes de agosto el potencial redox disminuye a su valor mínimo apropiado, tomando en cuenta la temporada de lluvias para ese mes y que la corriente acumula y arrastra la materia orgánica que llega a las instalaciones de la UMA, aumentando los desechos generados por la colonia fundadora; el valor de este parámetro se ve alterado por un exceso de materia en este periodo.



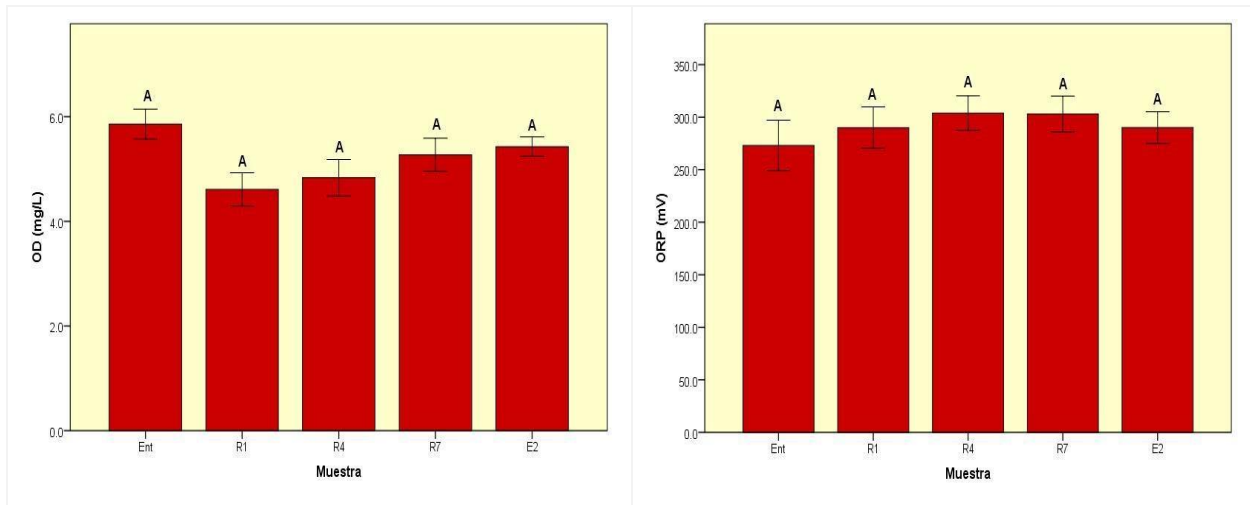
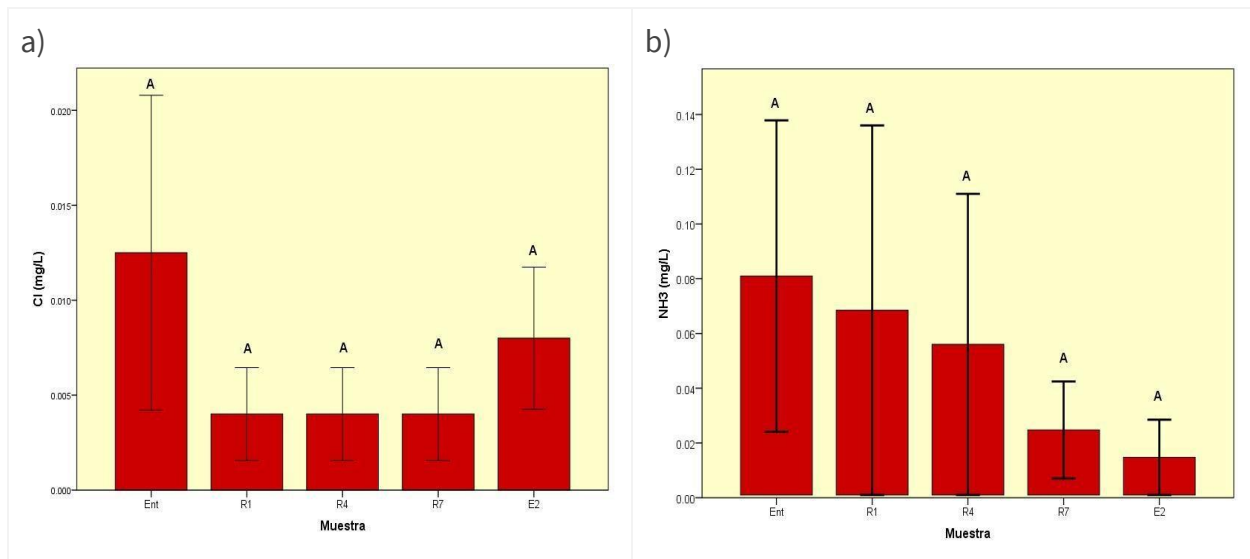


Figura 4. Análisis comparativo de los parámetros de calidad del agua: a) temperatura, b) pH, c) oxígeno disuelto y d) potencial de oxidorreducción a través de un análisis de varianza (letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$) de las muestras analizadas en la entrada, los recintos y los estanques de la UMA “El Pantano” durante el periodo de julio a octubre de 2022.

En la **figura 4** se muestran las gráficas de los sitios de toma de datos con el multiparamétrico y el parámetro medido donde se realizó un análisis de varianza con cada uno. En cuanto a la temperatura a) con valores entre 8-9 °C y el pH b) apenas arriba del valor de 6, se mantienen estables en ese rango presentando una tendencia similar sin mostrar un valor significativo. La concentración de oxígeno disuelto c), presenta valores significativos en el análisis de varianza ya que en el recinto 1 fue registrado un valor cercano a 4 en el parámetro OD, esto quizás debido a que es el primer recinto donde llega el agua directamente del cauce, esta podría no contener una concentración mayor de oxígeno disuelto y al ir pasando entre recintos la concentración se ve beneficiada. Finalmente, en la gráfica d) en el parámetro de ORP se observa que la entrada y el estanque dos presentan bajos valores a comparación de los recintos, esto puede deberse ya que el estanque dos y la entrada están ubicadas en el módulo externo pueden acumular mayor materia orgánica que pueda llegar a caer en el agua.



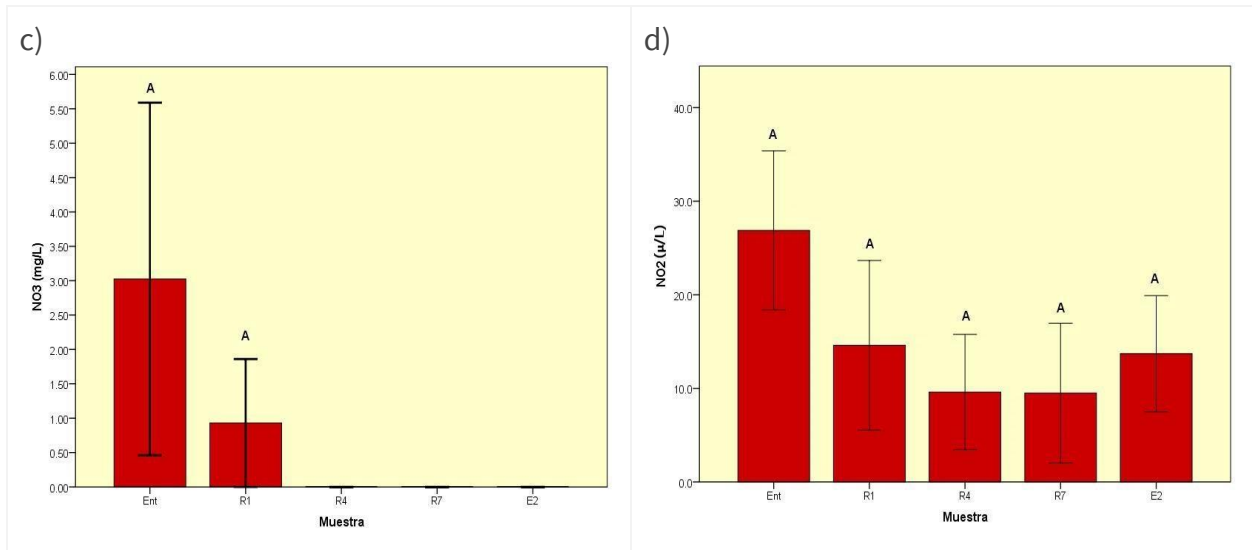


Figura 5. Análisis comparativo de los parámetros de calidad del agua: a) cloro (Cl), b) amoníaco (NH₄), c) nitratos (NO₃) y d) nitritos (NO₂) a través de un análisis de varianza (letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$) de las muestras analizadas en la entrada, los recintos y los estanques de la UMA “El Pantano” durante el periodo de julio a octubre de 2022.

Finalmente, en la **figura 5** se muestran las gráficas del análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos obtenidos de muestras de agua de los recintos y módulo exterior de la UMA. En el caso del cloro a), en el módulo externo se presenta mayor concentración posiblemente por el lavado de suelos, mayor presencia de materia orgánica o por algún agente contaminante que no se encuentra en el módulo interno en los recintos de la colonia fundadora. En cuanto al amoníaco b), este presenta una tendencia particular en escalera, donde el nivel más alto es la entrada (en el módulo externo) y disminuye mesuradamente en el paso por los recintos de la colonia en el módulo interno, obteniendo el dato más bajo en el estanque 2 (módulo externo) donde termina el recorrido de agua en la UMA, esto indica que el agua que llega a la UMA puede tener valores elevados de amoníaco debido al sedimento que se va acumulando en la corriente, algas o desechos orgánicos como heces fecales de otros organismos. En el caso de los nitratos y nitritos c) y d), el alto nivel de estos parámetros en el agua, podrían afectar el desarrollo y la supervivencia de las larvas ya en un futuro logrando la reproducción, este parámetro dentro de los recintos de la colonia fundadora no ha presentado valores tan elevados como en el módulo externo a excepción de la temporada de lluvias ya que el arrastre de materia orgánica por la corriente de agua genera valores más elevados.

Durante el primer periodo del proyecto se tuvieron problemas con la calidad de agua por acumulación de desechos orgánicos dentro del sustrato (lodo) colocado y el sedimento acumulado por la caída libre del agua, siendo este tipo de enriquecimiento difícil de mantener por la falta de material y la cantidad de tiempo que conllevaba, por lo cual se realizó el cambio de enriquecimiento, notándose una solución favorable, pues el nuevo sustrato permitió la visualización de desechos siendo esto un aviso para la realización de la limpieza, por lo tanto se programó una limpieza semanal, la cual consistió en el aspirado del sedimento acumulado, la limpieza de los componentes de enriquecimiento dentro del mismo recinto, el vaciado de este, la limpieza de sus paredes y finalmente su llenado.

Durante los meses de junio y julio se validó como una solución, viéndose reflejada la disminución de componentes químicos en el agua, así como el aumento de parámetros como la oxigenación; pero durante la temporada de lluvias no fue funcional, siendo no solo demasiada la cantidad de agua que fluía sino la cantidad de sedimento, parásitos, desechos orgánicos y componentes químicos que el arroyo arrastró, por lo consiguiente se instalaron dos filtros mecánicos en cada entrada de agua de los módulos internos y se reforzó la limpieza de los recintos, programando 3 limpiezas semanales, dos de ellas denominadas limpiezas parciales donde se hacía únicamente el aspirado de sedimento, el retiro de desechos y el recambio de agua del 70%, y la limpieza completa de recintos donde se realizaba el retiro de todo el material de enriquecimiento para su limpieza, aspirado de sedimento, vaciado completo y limpieza de las paredes para posteriormente hacer el reacomodo de los materiales y el llenado de estos; para complementar la limpieza se realizaba el vaciado de los filtros y la limpieza de sus componentes, resultando de estas acciones se disminuyó la entrada y la acumulación de desechos, la cantidad de compuestos químicos y la mejora de parámetros, como la oxigenación y el pH, pero, al no ser posible la colocación de un filtro químico se logró impedir por completo el paso de patógenos o contaminantes químicos.

5.2 Monitoreo de ejemplares

5.2.1 Zoometrías

A todos los ejemplares que conformaron la colonia se les realizó una zoometría donde se tomaron las siguientes medidas; ancho de la cabeza (ANCC), ancho abdominal (ANCA) el cual se tomara usando de referencia el 6 surco lateral, la longitud hocico – cloaca (LH-C), la longitud de la cola (LC), longitud total (LT) y peso vivo (PV), estas medidas se registrarán en su acta de alta (**Anexo 1**) junto con su clave de registro única; para la determinación del estadio de los ejemplares se utilizaron las categorías definidas para *A. altamirani* descritas por García (2013, **Cuadro 1**), adicionalmente se buscó complementar dichas descripciones con los registros que se obtuvieron de la colonia.

Cuadro 1. Descripción de caracteres morfológicos según el estadio de *Ambystoma altamirani* (García, 2013).

ESTADIO	CARACTERÍSTICAS
Larvas	Longitud hocico - cloaca \leq a 30 mm.
Juvenil1	Longitud hocico - cloaca $>$ a 30mm y \leq a 60 mm, con presencia de branquias.

Juvenil2	Longitud hocico – cloaca \geq 61 mm, incluyendo individuos de talla relativamente grande que aún no han perdido sus caracteres larvarios.
Adultos	Individuos que han experimentado su metamorfosis (sin branquias) independientemente de su talla.

El periodo de registro de PV se realizó de forma mensual con la finalidad de comparar la pérdida o ganancia de peso. Las mediciones se llevaron a cabo de forma individual y antes de llevarse a cabo la alimentación evitando que este factor interviniera en el registro de los datos. Esto se realizará con la ayuda de una báscula digital (Remo 200 gr) los datos de las mediciones realizadas fueron registrados en su formato correspondiente (**Anexo 3**).

La primer medición de la primer colecta (**Grafico 1**) fue el día 10 de Mayo del año presente que al compararlo con el segundo peso obtenido el 14 de Junio se registró una disminución en la mayor parte de la colonia, 4 se mantuvieron en su peso y únicamente un ejemplar mostró un ganancia, si bien durante este periodo no se tenía una rutina establecida de alimentación, el estrés causado por la transportación, el cambio de hábitat y ambiente pudieron influir en la pérdida; la tercer medición se llevó a cabo el día 12 de Julio, durante este periodo la alimentación fue rutinaria y consistió únicamente de lombrices de tierra, si bien no hubo una ganancia de peso en muchos ejemplares, la mayor parte de la colonia se mantuvo en peso, esto podría hablar de la aclimatación de los ejemplares a su nuevo ambiente o de la constancia de la alimentación; la cuarta toma de peso se realizó el 12 de Agosto, el peso de la mitad se mantuvo y la mitad bajo, aunque dieta seguía siendo la misma se observó rechazo por parte de algunos ejemplares en repetidas ocasiones, atribuyéndosele la causa ya que fue la única alteración en la rutina.

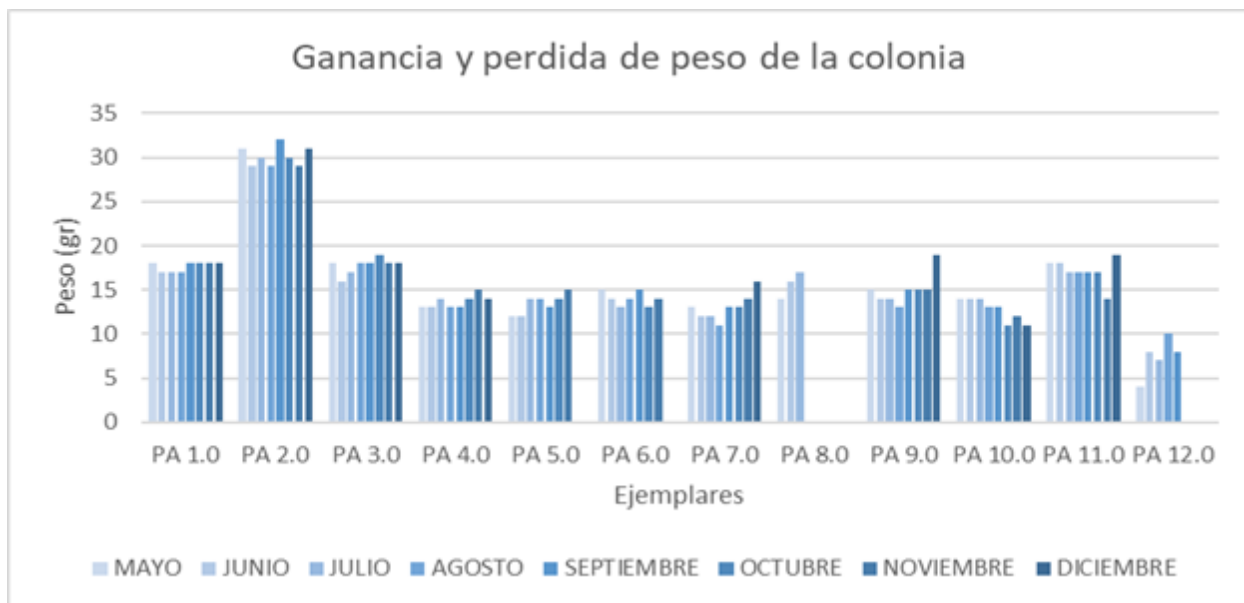


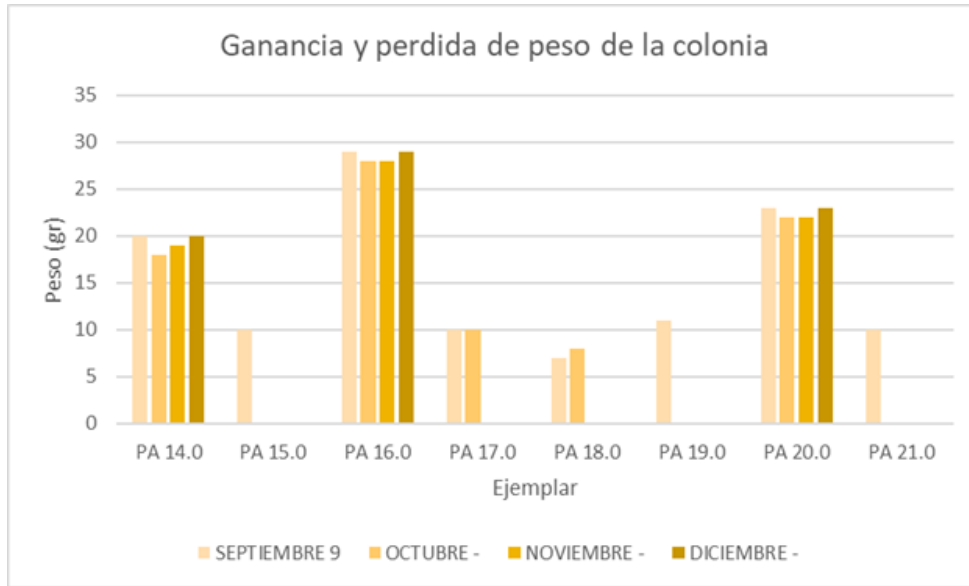
Gráfico 1. Evolución de la pérdida y ganancia de peso de los ejemplares de la primera colecta.

Para la quinta toma de muestra los ejemplares de la segunda colecta (**Gráfico 2.**) formaban parte de la colonia por lo que la primer medición completa de la colonia fundadora se realizó el 2 de Septiembre, durante este periodo la aceptación de los primeros ejemplares a la dieta usual se vio disminuida al punto de ser nula en algunos de ellos, viendo reflejado nuevamente en la pérdida de peso de múltiples ejemplares, sin embargo este no fue el caso de toda la colonia ya que se observó un ganancia en una parte de los ejemplares, al ser la primer toma de peso de la segunda colecta no se llevó a cabo una comparación.

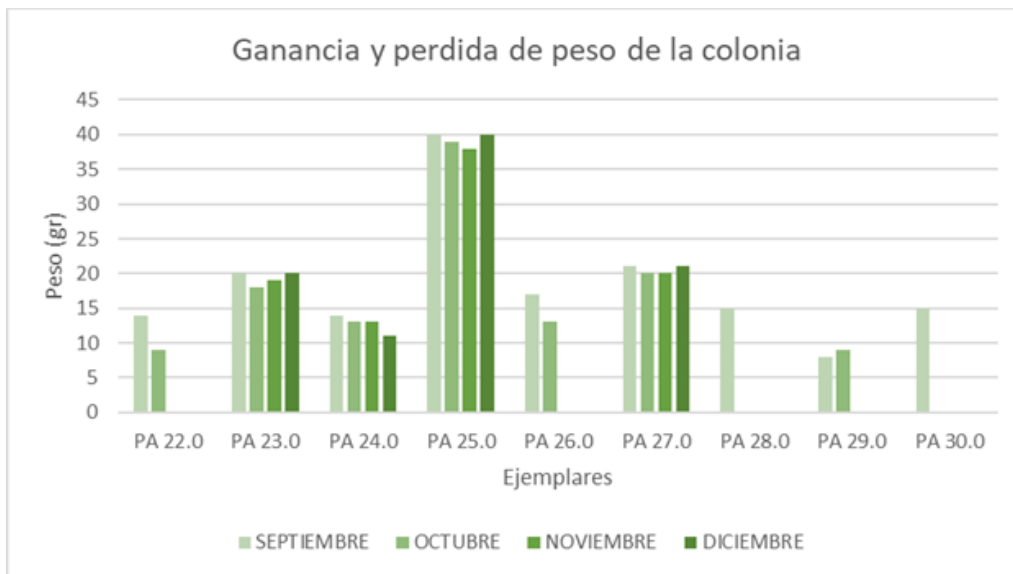
La sexta medición fue realizada el día 12 de Octubre en el caso de la primer colecta se vio un peso mantenido, esto puede ser reflejo del aumento de la diversidad en la dieta a la cual respondieron de forma interesada todos los ejemplares; a diferencia de esto los ejemplares de la segunda colecta mostraron una pérdida de peso que al igual que a la primer colecta se le atribuye al periodo de adaptación de los ejemplares; sin embargo, hubo dos ejemplares que tuvieron una ganancia de peso en su primer periodo en cautiverio los cuales fueron PA 12.0 y PA 18.0 los cuales padecían de piebaldismo y albinismo respectivamente, infiriendo que al tener mayor vulnerabilidad en vida silvestre al ser reubicados a un ambiente más controlado y menos demandante puedan tener una mayor probabilidad de supervivencia.

Para la séptima medición se llevó a cabo el día 14 de noviembre, durante este periodo se observó nuevamente una disminución en el peso de la primera colecta, deduciendo que el causante fue el no poder mantener la diversidad de la dieta, la cual fue poco constante y en ocasiones el consumo fue nulo, a diferencia de esto una parte de la segunda colecta tubo una ganancia de peso o la mantuvieron, con la diferencia que la segunda colecta aún se mostraba atraída a la dieta simple.

La última medición fue realizada el día 13 de diciembre, en esta ocasión se vio un aumento de peso en toda la colonia, manteniéndose constante la diversidad de la dieta y adicionando un cuarto componente a está, siendo una posible causa de dicho aumento; lo que da a relucir la importancia de la diversidad de la dieta en la manutención de la colonia.



a)



b)

Gráfico 2. Evolución de la pérdida y ganancia de peso de los ejemplares a)14 a 21 y b) 22 a 30 pertenecientes a la segunda colecta.

5.2.2 Alimentación

La alimentación de las larvas de *Ambystoma altamirani* se compone principalmente por macroinvertebrados. Los organismos juveniles y adultos manejan una alimentación compuesta por macroinvertebrados como efemerópteros, ostrácodos, gasterópodos, dípteros, lepidópteros, tricópteros, planarias y gusanos (Vázquez, 2020). El consumo alimenticio es otro factor importante que determina la salud de los animales, por lo cual fue primordial establecer un protocolo bien definido al momento de alimentar

a los ejemplares, esto con el propósito de detectar cualquier alteración que ayudará a diagnosticar no solo de forma individual sino a la colonia en su conjunto.

La alimentación a los ejemplares estuvo inicialmente conformada únicamente lombriz por lo que se realizó un cultivo de lombriz de tierra nativa del PNDL, está se Alberto dentro de un contenedor de plástico rígido con una capacidad de 50 L llenado al 80% de su capacidad con tierra, para el manejo se procuró mantener una humedad no mayor al 80% y únicamente se alimentó a la población con fruta una vez a la semana, el alimento proporcionado fue cortado en secciones con las menores dimensiones posibles para poder ser consumida de forma más eficiente, y fue extendido por toda la superficie de tierra para ampliar la posibilidad de su consumo; para evitar la disminución de la población por las continuas extracciones, se realizaron búsquedas y colectas de nuevos individuos de forma quincenal.

La dieta inicial estuvo compuesta únicamente de lombriz de tierra nativa del PNDL y macro invertebrados que llegaban a través del flujo imposibilitado un control, durante el primer mes no se estableció una rutina de alimento y el recinto 2 el cual contaba con una isla de tierra, planta y lodo contaba con una pequeña colonia de lombrices la cuál proveía a los individuos albergados, por lo que su consumo era desconocido, posteriormente durante el segundo mes de su colecta se estableció una rutina de alimentación en la que cada tercer día se ofrecía alimento hasta saciedad a la cual la colonia mostró una respuesta favorable habiendo consumido fluctuante los tres días, en el segundo mes de su estancia se hizo el retiro de la isla del recinto dos, lo cual permitió un mejor registro de consumo de los ejemplares.

Esta rutina se pudo mantener durante tres meses hasta que el consumo de lombriz fue disminuyendo al punto de ser nulo por lo que se buscó nuevos componentes que complementarían la dieta y cumplieran los requerimientos como especie nativa para evitar introducción de una especie nueva en el PNDL y la conveniencia de tener un cultivo sustentable, por lo que se intentó con grillos a los cuales la colonia se mostró interesada teniendo una respuesta inmediata hacia este nuevo componente; la problemática a la que nos enfrentamos con este nuevo elemento era la dificultad de proveer de forma constante siendo su captura el único medio para su obtención, se planteó la posibilidad de un cultivo de grillos, sin embargo nos enfrentamos a su necesidad de calor constante para su reproducción el cuál no era posible de proporcionar en la UMA, por lo que la idea fue descartada, por lo que se continuó con el método de obtención.

Con la alternancia de elementos en la dieta se observó nuevamente un consumo de ambos elementos, empero, la cantidad de consumo de lombriz se volvió mínimo, durante el quinto mes del proyecto se introdujeron tricópteros como tercer componente de la dieta siendo estos fáciles de coleccionar y en grandes cantidades a lo largo del arroyo, nuevamente hubo una respuesta positiva e inmediata a este nuevo elemento pero únicamente en parte de la colonia ya que algunos ejemplares reaccionaba y aceptaban únicamente grillos, se mantuvo el ofrecimiento hasta tener una respuesta positiva y la dieta se volvió más estable en cuanto a la alternancia y la cantidad; durante la visita de expertos en la conservación *ex situ* de ejemplares del género *Ambystoma* se sugirió el agregar camarón a la dieta con el objetivo de incrementar la talla, siendo este similar a los componentes de su dieta natural, si bien no hubo una respuesta esperada al primer ofrecimiento, debido al poco interés causado y el poco o nulo consumo de este por la

mayoría de los ejemplares, se calendarizo su ofrecimiento cada 15 días, durante el segundo intento se vio una mayor respuesta y se aprovechó su aparente palatabilidad frotando lombrices en estos para posteriormente ofrecerlas a lo cual se vio una respuesta positiva por parte de los ejemplares consumiendo nuevamente este elemento.

Se puede inferir la importancia de la diversidad en la dieta en relación con el consumo de alimento por parte de los ejemplares, con el propósito de definir si este rasgo es en causa de sus necesidades metabólicas se sugieren análisis bromatológicos de los diversos componentes de la dieta, análisis de digestibilidad y en caso de ser posible hacer análisis de contenido gástrico en ejemplares silvestres para la comparación de dietas.

5.3 Colecta de material parental

5.3.1 Selección y discriminación de ejemplares

Si bien durante primer colecta realizada el 10 de Mayo no se llevó a cabo una metodología o una discriminación de ejemplares, para la segunda colecta se desarrolló, iniciando la búsqueda activa en el transecto más alto marcado en la RECSNT y finalizó en el transecto más bajo, donde se realizó la búsqueda indiscriminada de ejemplares en estadio Juvenil2 y adultos, los cuales se colocaron en baldes donde fueron evaluados, discriminados, seleccionando aquellos con una condición corporal mayor (ANCA > ANCC) teniendo una mayor reserva energética para enfrentar el estrés implicado en el manejo, transporte y adaptación a su nuevo entorno; posteriormente se llevó a cabo una revisión individual con ayuda de bolsas transparentes, donde se descartaron a los ejemplares que mostraron algún signo de enfermedad y/o con características que pudieran fomentar vulnerabilidad; una vez que los ejemplares pasaron ambos filtros se colocaron en bolsas transparentes (35 x 45 cm) con una proporción de agua y aire de 1:1 siendo el nivel de agua suficiente para permitir el movimiento de los organismos, posteriormente se colocaron en la hielera previamente preparada con geles refrigerantes, esta fue trasladada con el mayor cuidado posible sin abrirse de no ser necesario para mantener la temperatura y evitando movimientos bruscos que agitaran a los ejemplares; terminada la colecta del día se trasladaron en las mismas condiciones hasta las instalaciones de la UMA donde se les dio un tiempo de aclimatación (20-30 minutos) antes de ser liberados en sus respectivos recintos.

5.3.2 Cuarentena

Los animales que ingresen a la colección deben ser puestos en cuarentena por un mínimo de 30 días (es preferible una duración de 60 días) idealmente en un edificio separado del resto de la colección. Un período de cuarentena debe dar suficiente tiempo

para que aparezca cualquier síntoma que no esté relacionado con el estrés del transporte. Como mínimo, debería haber una sala dedicada para la cuarentena de anfibios. Los animales nuevos pueden parecer saludables y exhibir conductas normales, pero pueden ser portadores de agentes patógenos a los que los animales de la colección podrían nunca haberse expuestos y ser sensibles (ATAG, 2008).

Los organismos de la primera colecta (10 de mayo) no fueron sometidos a cuarentena, integrándose al módulo A de forma inmediata, repartiendo de forma indiscriminada dos ejemplares en cada recinto; a diferencia de los recién llegados de la segunda colecta (25 y 31 de agosto del 2022) los cuales se mantuvieron aislados de la colonia principal durante 47 días dentro del módulo B, los doce ejemplares en estadio juvenil² fueron colocados en el recinto tipo 2 donde estuvieron aislados de forma individual, las 6 hembras adultas fueron repartidas en los tres recintos tipo 1, se reubicaron de acuerdo con su talla colocando las de tallas similares juntas; durante la cuarentena el día 23 de septiembre dentro los recintos de las hembras adultas se observó una abundante cantidad de nemátodos en el fondo de este, por lo que se procedió a tratar con desparasitante a todos los ejemplares de cuarentena (tratamiento de 15 días), se colectaron los nemátodos y se conservaron en alcohol 96° sin desnaturalizar para posteriormente ser enviados al Laboratorio de Herpetología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FES-I) para su identificación; los ejemplares adultos no mostraron ningún signo de enfermedad posterior a su tratamiento, empero, los individuos en estadio juvenil² entraron en proceso de metamorfosis, el primer ejemplar que llevó a cabo la metamorfosis se observó el día 28 de septiembre, durando alrededor de una semana la absorción completa de las branquias y la aleta dorsal, lo cual se asoció al estrés causado por el manejo, el transporte y los bajos niveles de oxígeno en los recintos tipo 2, por lo que se reubicaron en los recintos del tipo 1. Los ejemplares se mantuvieron en observación y posterior al final de su tratamiento contra parásitos no se observó ningún signo de enfermedad por lo que el 12 de octubre se integraron a la colonia dentro del módulo A.

Al ser una especie con la cual se ha empezado a trabajar recientemente bajo cuidado humano es importante la recopilación de información de su respuesta a los diferentes escenarios a los que son expuestos los ejemplares; si bien el agua que alimenta los recintos que resguardan a los organismos es proveniente del mismo arroyo donde se encuentran de forma silvestre, el flujo de agua no es el mismo ya que en los recintos la acumulación de desechos orgánicos es influida por dos factores los cuales son el tipo de sustrato que se utiliza como enriquecimiento y el protocolo de limpieza, viéndose reflejado en la calidad del agua. La diversidad en la dieta demostró ser fundamental para la adaptación de los individuos a su nuevo entorno y para la preservación de su talla, por lo cual el desarrollo de una dieta sustentable es primordial; la cuarentena es de vital importancia al momento de introducir ejemplares nuevos a la colonia, ya que con esto podemos aislar a ambas partes de enfermedades infecciosas y permite el desarrollo de estrategias para el control de estas.

6. CONCLUSION

Se observaron dos diferencias importantes en cuanto a la calidad del agua de los recintos, están relacionadas estrechamente a la temporada de lluvias y sequia por lo que adecuar los protocolos para el cuidado y mantenimientos de los recintos de acuerdo con la temporada se volvió indispensable.

Si bien otras especies de *Ambystoma* han sido foco de la atención de muchos investigadores que han brindado basta información de su biología y otros aspectos, de *A. altamirani* se tiene escasa información por lo cual es importante registrar y documentar toda la información obtenida de esta especie a lo largo del proyecto para utilizarla en bien buscando el bienestar animal en manejo *ex situ*.

La salud de los individuos de la especie *A. altamirani* como muchos otros anfibios está estrechamente relacionada a las condiciones de su entorno, sin embargo, en el caso específico de la UMA "El Pantano" al tener un suministro de agua directa del arroyo sin un filtro químico dificulta el control de la entrada de parásitos, patógenos y sustancias químicas acumuladas a lo largo del cuerpo de agua, por lo cual es primordial la colocación de no solo un filtro químico.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Amphibian Taxon Advisory Group (ATAG). 2008. Guía para el Manejo de Anfibios en Cautiverio.
- Dirzo, R. y P. Raven. 2003. Global state of biodiversity and loss. *Ann. Rev. Environ. Res.*, 28:137-167.
- Frost, D. 2019. Amphibian Species of the World: An Online Reference. Versión 6.0. Consultado http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/index.php//content/search?taxon=Ambystoma&subtree=&subtree_id=&english_name=&author=&year=&country=525.
- Garcia, I. 2013. Algunos aspectos ecológicos y reproductivos del ajolote (*Ambystoma altamirani*, Dugés, 1895) del Municipio de Jilotzingo, Estado de México. Tesis de licenciatura. UNAM.
- Heredia-Bobadilla, R. & Sunny, A. 2021. Análisis de la categoría de riesgo de los ajolotes de arroyos de alta montaña (Caudata: *Ambystoma*). *Act. Zoo*, 37: 1-19.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Ambystoma altamirani*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T59049A53973139. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T59049A53973139.en>. Accessed on 01 November 2022.
- Lascuráin, M., List, R., Barraza L., Díaz E., Gual F., Maunder M., Dorantes J. & Luna V. 2009. Conservación de especies *ex situ*, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México: 517-544.
- Rodero, E. & Herrera, M. 2000. El concepto de raza, un enfoque epistemológico. *Archivos de Zootecnia*. 49(186): 5-16.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental– Especies nativas de México de flora y fauna silvestres –

Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio—
Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 30 diciembre de 2010.

- SEMARNAT. 2018. Programa de Acción para la Conservación de las Especies *Ambystoma spp*, SEMARNAT/CONANP, México (Año de edición 2018).
- Schad, K. (2007). Amphibian Population Management Guidelines. Amphibian Ark, Amphibian population Management Workshop. Amphibian Ark, www.amphibianark.org. San Diego, CA. USA, pp: 1-132.
- Suárez, E. 2017. Reptiles y anfibios como bioindicadores para implementar en estudios de impacto ambiental y planes de manejo ambiental.
- Vázquez-Trejo, M., & Ávila Akerberg, V. D. 2020. Ecología y conocimiento tradicional del ajolote de montaña (*Ambystoma altamirani*) en el municipio de Isidro Fabela, Estado de México, México.

8. ANEXOS

Anexo 1. Acta de Alta



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE
DIRECCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ÁREAS
NATURALES PROTEGIDAS Y ÁREAS DE VALOR AMBIENTAL
DIRECCIÓN DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y ÁREAS
DE VALOR AMBIENTAL

UNIDAD DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA VIDA SILVESTRE “EL PANTANO”

CLAVE DE REGISTRO: DGVS-UMA-IN-1014-CDMX/2021

ACTA DE ALTA

NOMBRE CIENTÍFICO	<i>Ambystoma altamirani</i>	CLAVE DE REGISRTO		
NOMBRE COMÚN	Ajolote de arroyo de montaña			
FECHA	CAUSA DE ALTA	ESTADIO	SEXO	
			H	M

DATOS MORFOMÉTRICOS				
ANCC	LC	LH-C	LT	PV

CALIDAD DEL AGUA				
SITIO	pH	T (°C)	O ₂	ORP
IN SITU				
INICIAL				
FINAL				

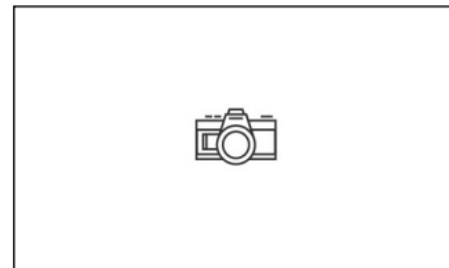
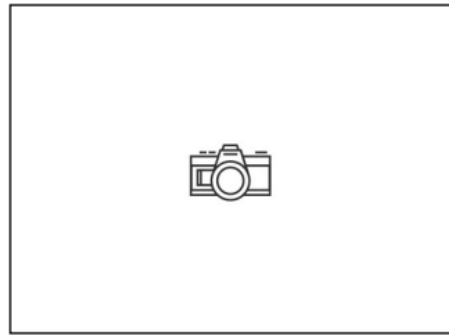
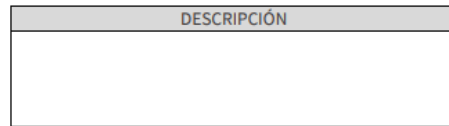
LUGAR DE EXTRACCIÓN	
---------------------	--

*Todas las medidas de longitud se expresarán en mm y las medidas de peso en gr. ANCC: Ancho de la cabeza; LT: Longitud total; LHC: longitud hocico-cloaca; LC: Longitud de cola; PV: Peso vivo.

DATOS CLÍNICOS Y OBSERVACIONES

Sin otro particular, se firma de conformidad

Biól. Regina Ibarra
Responsable Técnico de la UMA



CIUDAD INNOVADORA
Y DE DERECHOS

