



FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y
BIOLÓGICAS
CARRERA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA

“VALORES HEMATOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS DEL AXOLOTL
(*Ambystoma mexicanum*)
MANTENIDOS EN CAUTIVERIO EN LA CIUDAD DE LIMA-PERÚ”

Tesis para optar el título profesional de:
Médico Veterinario Zootecnista

Presentado por:
Brayan Alfonso Anaya Lavalle (0000-0002-6251-7190)

Asesor:
Siever Miguel Morales Cauti (0000-0002-5396-8889)

Lima – Perú
2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 04 de marzo del 2021.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. NANCY CARLOS ERAZO
Miembro: Mg. SERGIO PAOLO BARAHONA PADILLA
Miembro: M.V. GIANMARCO PAOLO ROJAS MORENO

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

“VALORES HEMATOLOGICOS Y BIOQUIMICOS DEL AXOLOTL (*Ambystoma mexicanum*) MANTENIDOS EN CAUTIVERIO EN LA CIUDAD DE LIMA-PERU”

Presentada por el bachiller:

BRAYAN ALFONSO ANAYA LAVALLE

Para optar el Título Profesional de **Médico Veterinario y Zootecnista**

Asesorada por: **Mg. SIEVER MIGUEL MORALES CAUTI**

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del bachiller de la carrera de **Medicina Veterinaria y Zootecnia** en la sustentación, concluyen de manera unánime (x) por mayoría simple () calificar a:

Tesis: BRAYAN ALFONSO ANAYA LAVALLE			Nota : Diecisiete
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (x)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Mg. NANCY CARLOS ERAZO
Presidente



Mg. SIEVER MIGUEL MORALES CAUTI
Asesor



Mg. SERGIO PAOLO BARAHONA PADILLA
Miembro 1



M.V. GIANMARCO PAOLO ROJAS MORENO
Miembro 2

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Población y muestra.-.....	9
Sitio de Estudio.-.....	9
Mantenimiento de los sujetos.-	9
Cuarentena.-	10
Alimentación.-	11
Colección de muestras.-	11
Procesamiento de muestras.-.....	12
Análisis de resultados.-.....	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
CONCLUSIÓN	19
LITERATURA CITADA.....	20

RESUMEN

El axolotl o ajolote es un anfibio caudado utilizado en numerosos estudios biomédicos por su capacidad regenerativa. Actualmente se encuentra en la categoría de peligro crítico de extinción a consecuencia de la contaminación acuática, la caza indiscriminada y la introducción de especies invasoras (e.g Carpa y Tilapia) en los canales del Xochimilco. El objetivo del presente estudio fue determinar los rangos de valores de varios parámetros hematológicos y bioquímicos de axolotls cautivos en Lima, para que puedan ser utilizados como referencia durante la evaluación clínica, en laboratorios biomédicos o consultorios veterinarios de especies no convencionales. El estudio se realizó en una colección privada de axolotls en el distrito de San Juan de Miraflores, Lima-Perú. Se utilizó la totalidad de la población (32 axolotls), los cuales fueron restringidos químicamente, para realizar una colecta de sangre, lográndose establecer rangos referenciales para 13 parámetros hematológicos y 10 bioquímicos.

Palabras clave. Axolotl; *Ambystoma mexicanum*; anfibio, bioquímica, hemograma.

ABSTRACT

The axolotl is a caudate amphibian used in numerous biomedical studies for its regenerative capacity. It is currently in the category of critically endangered due to aquatic pollution, indiscriminate hunting and the introduction of invasive species (e.g. carp and tilapia) in the canals of Xochimilco. The aim of the present study was to determine the ranges of values of several haematological and biochemical parameters of captive axolotls in Lima, so that they can be used as a reference during clinical evaluation in biomedical laboratories or veterinary clinics of non-conventional species. The study was carried out in a private collection of axolotls in the district of San Juan de Miraflores, Lima-Peru. The entire population (32 axolotls), which were chemically restricted, was used for blood collection, establishing reference ranges for 13 haematological and 10 biochemical parameters.

Key words. Axolotl; *Ambystoma mexicanum*; amphibian, biochemistry, hemogram.

¹Universidad Científica del Sur, Facultad de Ciencias Veterinaria y Biológicas, Lima-Perú.

²Autor correspondiente, E-mail: brnanaya@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El axolotl o ajolote (*Ambystoma mexicanum*), endémico de la ciudad de México, es un anfibio caudado de cuerpo robusto con tres pares de branquias externas. Fue descrito por primera vez en 1798 como una forma inmadura de salamandra tigre (*Ambystoma tigrinum*) en el libro “The Naturalist’s miscellany” (Shaw y Nodder, 1798). En la antigüedad fue inspiración para la creación de la leyenda del dios “Xolotl” y fuente de alimento, con propiedades medicinales para las culturas mesoamericanas (Barcat, 2018; Zapata y Solís, 2013). Actualmente es una de las especies más importantes para las investigaciones biomédicas, debido a que no experimenta metamorfosis y se reproduce juvenil (Neotenia) y a que posee la capacidad de regenerar cualquier tipo de tejido (Zapata y Solís, 2013; Vásquez-Molina, 2010). Sin embargo, la especie se encuentra en la categoría de peligro crítico de extinción en México, debido a la contaminación del lago Xochimilco (único lugar donde se encuentra en estado silvestre) (Voss *et al.*, 2015; Vásquez-Molina, 2010), la aparición de enfermedades emergentes como la Chitridiomicosis (Mendoza-Almerallaa *et al.*, 2015; Fowler, 2012), la caza indiscriminada y la introducción de especies invasoras (Zambrano, 2010).

Por esta razón una de las medidas de conservación propuestas por los investigadores mexicanos, es retornar a los sistemas de agricultura prehispánicos realizados por las culturas mesoamericanas (Chinampas) y liberar axolotls criados en cautiverio en dichos lugares, para protegerlos de los pescadores, ataques de carpa, tilapia y el agua

contaminada (Voss *et al.*, 2015). Un piloto de dicho proyecto fue ejecutado por el centro de investigaciones biológicas y acuícolas de Cuemanco (CIBAC) en el año 2013 en el cual se liberaron 3000 axolotls criados en cautiverio, en el Elijó de San Gregorio de Atlapulco (reserva ubicada al sur del Xochimilco), para verificar sus capacidades adaptativas en libertad, encontrándose que los ejemplares se reprodujeron y desovaron un año después a su liberación (Vance, 2018).

El axolotl ha sido sujeto de múltiples investigaciones tales como, inducción de metamorfosis con hormona tiroidea (Rosenkilde *et al.*, 1995), criopreservación de semen (Chester y Figiel., 2013), fecundación *in vitro* (Mansour *et al.*, 2011), anestesiología (Zullian *et al.*, 2016), creación de quimeras hematopoyéticas (Lopez, 2015), entre otras. Sin embargo, los estudios hematológicos son escasos, algunos están incompletos, y otros fueron realizados con ejemplares enfermos (Wright, 2001) o con especies no emparentadas (Finkler, 2013; Solis, 2007).

Rosenkilde y colaboradores (1995), en su publicación “Amphibian Hematology: Metamorphosis-Related Changes in Blood Cells”. Proporcionaron datos cuantitativos de las líneas celulares hematológicas para axolotl, rana marrón (*Hypsiboas pulchellus*) y sapo común (*Bufo bufo*) en etapa larvaria y durante la metamorfosis (Rosenkilde *et al.*, 1995).

Boutilier en el año 1992 publicó un reporte de hematología y bioquímica sanguínea, realizado en una hembra adulta de axolotl que se veía afectada por una neoplasia ovárica, a pesar de que el individuo no se encontraba sano, esta referencia es el primer estudio de hematología reportado en axolotls de cautiverio (Wright, 2001; Boutilier, 1992).

En 2008 se publica la investigación titulada “Caracterización leucocitaria y niveles de hematocrito de *Aequidens mauseanus* (Cichlidae) y *Ambystoma mexicanum* (Ambystomidae), en la que se identificó la morfología de las líneas celulares hematológicas para ambas especies, durante estudios de ecotoxicología (Iannacone *et al.*, 2008).

En octubre 2013 y mayo de 2014, Barriga-Vallejos y su equipo a través de la investigación “Assessing population health of the Toluca axolotl *Ambystoma rivulare* (Taylor 1940) from México, using leukocyte profiles”, presentaron datos de referencia para estudios de hematología en anfibios, a partir del análisis de muestras sanguíneas provenientes del axolotl de Toluca (*Ambystoma rivulare*), como parte de una evaluación sanitaria, de la población que habita en el Rancho Corral de Piedra en el estado de México (Barriga -Vallejos *et al.*, 2015).

Takami y Une en el año 2017, en su investigación titulada “Blood Clinical Biochemistries and packed cell volumes for the Mexican axolotl”, analizaron parámetros de bioquímica sérica y hematocrito provenientes de axolotls mantenidos en cautiverio (Takami y Une, 2017). De todo lo anterior, se puede evidenciar la carencia de estudios hematológicos para la especie *Ambystoma mexicanum*, especialmente en parámetros como Eritrocitos, Linfocitos, leucocitos, etc. Por tal motivo el objetivo del presente estudio fue determinar los rangos de los valores hematológicos y bioquímicos de los axolotls mantenidos en cautiverio, en el distrito de San Juan de Miraflores Lima-Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Población y muestra.- Obteniendo previamente la autorización del Comité de Ética Institucional de la Universidad Científica del Sur, se recolectaron 32 larvas de axolotls de variedad silvestre (coloración verde olivo y negro, natural de los ejemplares del lago Xochimilco), en aparente estado de salud, comprobado por evaluación clínica (piel brillante sin presencia de lesiones hemorrágicas, úlceras o crecimiento de hongos, branquias largas con presencia de filamentos, heces firmes en forma de frejol, sin diarrea) (Wright, 2001). Con un tamaño promedio de 5 cm de largo y 3 gramos de peso, nacidos en cautiverio en el acuario “Huancayo” del distrito de Ate, Lima-Perú, el cual tenía autorización para comercializarlos en calidad de mascotas, según el reglamento nacional (Ley Forestal y de Fauna Silvestre N°2963) (SERFOR, 2015).

Sitio de Estudio.- Los ejemplares fueron trasladados en bolsas plásticas llenas de agua, a un local propio ubicado en el distrito de San Juan de Miraflores, Lima-Perú (Latitud: -12.1630737, Longitud: -76.9785711). Desde que ingresaron a dicho establecimiento, se conformó la población de 32 axolotls que fueron utilizados para la presente investigación. Fueron mantenidos, bajo condiciones controladas, durante un año, hasta que alcanzaron un peso de 50 gramos y 30 centímetros de longitud como mínimo, para poder obtener una muestra de sangre suficiente (0.5-0.8 ml) para procesarla en laboratorio.

Mantenimiento de los sujetos.- Cada axolotl fue alojado individualmente, en recipientes plásticos de 60 cm de largo por 30 cm de ancho, y 4 litros de capacidad,

para evitar conductas de canibalismo (Wright y Whitaker, 2001). Los recipientes fueron llenados con agua de grifo (pH 6.5 y densidad 1.050 g/ml), la cual fue tratada con solución acondicionadora para peces de acuario (Nutrafin Acua-Plus) a razón de 0.1 ml por cada litro de agua. Se les ofreció un fotoperiodo de 12 horas de luz y oscuridad (Takami y Une, 2017). No se utilizó ningún tipo de sustrato o decoración en los recipientes, para evitar laceraciones en la piel y la presentación de timpanismo por ingesta accidental. Se realizaron cambios de agua dos veces a la semana, retirando el 50 % del volumen total de líquido y completando con agua limpia previamente acondicionada. La temperatura fue mantenida en un rango de 8.3 a 10°C (Mena y Montes, 2014; Servin, 2011; Schad, 2008). Se realizó limpieza de sedimento, heces y restos de muda con ayuda de un sifón para acuarios. No se utilizaron equipos de filtración automatizado debido a que las corrientes generadas por la recirculación de agua, provocan lesiones y estrés en los ejemplares (Mena y Montes, 2014; Servin, 2011; Schad, 2008).

Cuarentena.- Se estableció un periodo de cuarentena de 90 días para observar si alguno de los ejemplares desarrollaba síntomas de enfermedades como Saprolegniosis (hongos algodonosos en la piel) o Enfermedad de pierna roja (Inapetencia, hemorragias petequiales en abdomen, cabeza y patas), causada por la bacteria *Aeromona hydrophila* (Wright y Whitaker, 2001). La cuarentena también fue aprovechada para tomar medidas y pesos de los individuos (el control de pesos y tamaño se actualizó cada mes durante todo el procedimiento) y realizar análisis coprológicos por método de sedimentación (Wright y Whitaker, 2001). En dos ejemplares se encontró trofozoítos de protozoarios flagelados, los cuales no recibieron

tratamiento, ya que no ocasionaron signos clínicos en los ejemplares y son atribuibles a población comensal del intestino (Wright y Whitaker, 2001).

Alimentación.- Los axolotls fueron alimentados con presas vivas, 3 veces por semana, empleando para este fin *Artemia salina* y *Tubifex tubifex* (previamente desinfectado con albendazol y metronidazol), por su alto valor nutricional, garantizando un óptimo desarrollo (Servin, 2011; Browne, 2009).

Colección de muestras.- Se realizó en dos etapas para no sobrepasar 1 % de peso vivo de sangre recolectada (Campbell, 2015a; Wright, 2001). La primera etapa se realizó el análisis bioquímico y la segunda etapa, el muestreo para procesamiento de eritrocitos, hematocrito, hemoglobina, valores absolutos y relativos de las diferentes líneas celulares de leucocitos. Todos los ejemplares (9 hembras y 18 machos) no recibieron alimento durante 48 horas previas a la contención química para reducir el riesgo de emesis (Wright, 2001). Para la contención química se utilizó Eugenol (U.S.P 926) (solución a base de clavo de olor con 99.5% de pureza) diluido en 1 litro de agua proveniente de las peceras de los axolotls (dosis: 350 ul/L) (Baitchman, 2014). Se colocó a cada animal, manipulándolos con guantes de Polietileno sin talco (Marca R&G), en un recipiente de 20 cm de largo por 15 cm de ancho y 1 litro de capacidad, con la solución anestésica anteriormente descrita, la solución anestésica se mantuvo a la misma temperatura del recinto (10 °C). Luego de 30-40 minutos, se produjo la pérdida del reflejo de enderezamiento y se alcanzó plano quirúrgico (Baitchman, 2014). Se retiró al individuo de la solución anestésica y fue posicionado de ventrodorsal en una esponja humedecida con agua del recinto. En todo momento se conservó la humedad de la piel y branquias, irrigándolas con agua del recinto sin anestésico (Baitchman, 2014; Wright *et al.*, 2001). La frecuencia cardíaca y saturación

de oxígeno fue monitoreada con pulsioxímetro (EDAN H100) y Doppler fetal (Jumper JPO-1008) (Wright *et al.*, 2001; Baitchman, 2014). Se preparó una jeringa heparinizada, utilizando una de Tuberculina de 1 mL (25 G x 5/8"; Vanish Point), la cual se cargó con heparina de sodio (Laboratorios Rovi de 1000 UI /ml) hasta el máximo de su capacidad y rápidamente se expulsó todo el contenido en el frasco, eliminando la mayor cantidad del producto (Wright *et al.*, 2001; Takami y Une, 2017). Se recolectó un volumen de sangre igual al 1 % del peso vivo del animal (0.5-0.8 ml) en un minuto de tiempo cronometrado (Campbell, 2015a; Wright, 2001), utilizando como punto de venopunción las venas branquiales (Zwemer, 1991). Las muestras fueron almacenadas en tubos de heparina de litio (VACUETTE LH; Nipro) y mantenidas en refrigeración a 4 °C hasta su procesamiento (una hora después) (Wright *et al.*, 2001; Zwemer, 1991). Todos los ejemplares fueron devueltos a sus recintos, luego de 30 minutos (periodo de recuperación), 24 horas después no se observaron efectos secundarios y recibieron alimento.

Procesamiento de muestras.- Las muestras de la primera etapa (bioquímica sanguínea) fueron procesadas en el laboratorio de la Unidad de Cuidados Intensivos Veterinarios (UCIVET), utilizando el analizador automatizado Vet Scan Vs2 Abaxis. Se empleó el rotor Vet Scan Avian Reptilian Profile Plus, el cual nos permite analizar 10 parámetros. Aspartato Aminotransferasa (AST) mediante el método modificado IFCC, Creatina Kinasa (CK) mediante fosforilación inversa, Glucosa (GLU) utilizando el método de reducción de cobre, Calcio (Ca) con la reacción de Arsenazo III, fósforo (PHOS) mediante sucrosa fosforilasa, proteínas Totales (TP) utilizando la reacción de buriel, albúmina (ALB) utilizando la coloración Verde de Bromocresol, Sodio (Na) mediante coloración enzimática y Potasio (K) por espectrofotometría. En el caso de los

parámetros hematológicos, las muestras fueron enviadas al laboratorio Vet Diagnostics, en el cual se utilizó conteo manual, empleando un microscopio óptico trinocular de campo claro (marca: Eurotech) Cámara de Neubauer, tinción Natt-Herrick (Conteo total de leucocitos y eritrocitos) y tinción Wright-Giemsa (Conteo diferencial de leucocitos) para calcular el número de Eritrocitos (RBC), Leucocitos (WBC), Eosinófilos, Basófilos, Heterófilos, Azurófilos y Linfocitos (Campbell, 2015a; Wright, 2001). Los trombocitos no se pudieron contabilizar debido a la presencia de núcleo y la dificultad para diferenciarlos de los linfocitos (Campbell, 2015b; Wright, 2001). Para la hemoglobina (Hb) se utilizó método fotométrico de metahemoglobina azida fotométrica utilizando un hemoglobinómetro portátil (Marca Mission), el hematocrito (Ht) se calculó mediante centrifugación de tubos microcapilares a 12000 revoluciones por minuto y tabla lectora de microhematocrito (marca CRITOCAPS; laboratorios Oxford). Para hemoglobina corpuscular media (HCM), Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (CHCM) y Valor Corpuscular Medio (VCM) se utilizaron las fórmulas matemáticas respectivas $VCM = \text{Hematocrito (L/L)} * 1000 / \text{Eritrocitos} * (10^{12}/L)$; $HCM = \text{Hb (g/dl)} * 10 / \text{Eritrocitos} * (10^{12}/L)$; $CHCM = \text{Hb (g/dl)} * 10 / \text{Hematocrito (L/L)}$.

Análisis de resultados.- Los rangos referenciales se establecieron según los lineamientos de la Sociedad Americana de Patología Clínica Veterinaria (ASVCP), para muestras de fauna silvestre, exóticos y neonatos, con tamaños muestrales mayores e iguales a 20 y menores a 40 (Kristen y Friedrich, 2012). El reglamento indica que, de los resultados obtenidos durante la evaluación bioquímica de los axolotls, se deben descartar los “valores aberrantes” (valores superiores a los publicados por investigaciones previas como, por ejemplo: Takami y Une en 2017), puesto que son atribuidos a errores de muestreo o procesamiento. Se descartó un total de cinco

valores (1 de AST, 3 de Glucosa y 1 de Fósforo) (Takami y Une, 2017; Kristen y Friedrichs, 2012). Utilizando el programa informático Excel 2019 y el paquete estadístico SPSS, se calcularon del conjunto de datos restantes, una media aritmética a las cual sumamos y restamos sus respectivas desviaciones estándar (DE), para generar el intervalo máximo y mínimo (Takami y Une, 2017; Kristen y Friedrichs, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinaron rangos referenciales, desviación estándar (DE) y media de 13 parámetros hematológicos y 10 bioquímicos para la especie *Ambystoma mexicanum* (Tabla 1), utilizando 32 axolotls criados en cautividad, bajo condiciones controladas, en un local ubicado en el distrito de San Juan de Miraflores Lima-Perú.

Debido a los pocos estudios reportados en el campo de parámetros hematológicos (glóbulos rojos, glóbulos blancos, plaquetas, etc.) para la especie *Ambystoma mexicanum*, es difícil realizar una comparativa entre nuestros resultados y los de otros autores, puesto que solo existen 2 reportes. El de José Iannacone realizado 2008 en el cual describe la morfología de las líneas celulares de los axolotls, pero, no especifica los valores absolutos de leucocitos, solo los relativos (Iannacone *et al.*, 2008).

En 2017 Takami y Une calcularon solo el hematocrito y la bioquímica (Takami y Une, 2017).

Por otro lado, las publicaciones realizadas por Boutilier en 1992 en el libro “Amphibian Medicine” en relación a valores de leucocitos, eritrocitos y hemoglobina, fueron realizadas en una sola hembra de axolotl afectada por neoplasias ováricas (Wright, 2001; Boutilier, 1992).

Analizando el valor de hematocrito (Ht) reportado por Iannacone, observamos que no guarda ninguna similitud con los resultados del presente estudio (Tabla 1), siendo Ht: 8.5-33.8 % (Iannacone, *et al.*, 2008) y Ht: 37,8-49,2 % (Tabla 1) respectivamente. Estas

diferencias pueden deberse a la hidratación, la dieta empleada o efectos del anestésico utilizado. Un estudio publicado en esturiones siberianos (*Acipenser baerii*) en el año 2015, reveló que el anestésico Eugenol produce una pequeña elevación de los valores de hemoglobina y hematocrito a medida que transcurre el tiempo de exposición a la droga, retornando a valores basales 24 horas después (Gomułka *et al*, 2015). El mismo estudio se repitió en ratas en 2018 observándose que no existe diferencias significativas entre los parámetros hematológicos pre y post exposición a dosis de Eugenol, excepto la hemoglobina que tiende a disminuir (Pandian *et al*, 2018).

Por otro lado, los valores de hematocrito reportados por Takami y Une (Ht: 18-47 %) (Takami y Une, 2017) son similares a los nuestros (Ht: 37.8-49.2) (Tabla 1).

En relación a la bioquímica sanguínea, podemos observar que los resultados de Aspartato aminotransferasa (AST) reportados por Takami y Une son diferentes a los reportados por el presente trabajo, siendo AST: 81-1139 U/L (Takami y Une, 2017) y AST: 113-285 U/L (Tabla 1) respectivamente. Esta diferencia se puede explicar debido a que la enzima AST puede elevarse por hemolisis, estrés, producción de huevos, lesiones hepáticas y musculo-esqueléticas.

En el caso de glucosa los resultados presentados por Takami y Une son similares a los del presente trabajo, Glucosa: 17-55 mg/dl (Takami y Une, 2017) y Glucosa: 30.2-57.9 mg/dl (Tabla 1) respectivamente. Sin embargo, cabe acotar que la glucosa es un parámetro que se ve afectado por el tiempo de procesamiento de la muestra, ya que al pasar las horas las células consumen la glucosa residual obteniendo resultados bajos, tal vez esta puede ser una razón por la cual el rango mínimo de glucosa propuesto por Takami y Une es más bajo que el nuestro. Gomułka comenta que en esturiones

anestesiados con Eugenol se observó elevación de los valores de glucosa, en respuesta al estrés del manejo y la respuesta al cortisol (Gomułka *et al*, 2015).

En creatina quinasa (CK) se encontró que nuestros resultados están dentro del rango observado por Takami y Une, siendo CK: 20-435 (Takami y Une, 2017) y CK: 91.6-345.2 (Tabla 1) respectivamente. De igual manera los valores de albumina, globulina, proteínas totales, sodio, potasio y calcio son similares en ambos estudios.

En el caso del fósforo la situación cambia, ya que se puede evidenciar que los valores reportados por Takami y Une son diferentes a los presentados en la tabla 1, siendo Fósforo: 3-6 mg/dL (Takami y Une, 2017) y Fósforo: 1.8-3.8 mg/dL (Tabla 1) respectivamente. Las diferencias pueden explicarse por la producción de huevos en las hembras, ya que, en especies de aves, reptiles y anfibios, hay una tendencia a la elevación de los valores de calcio y fosforo por estimulación hormonal o formación del cascarón de los huevos. También se ha registrado elevaciones de fosforo y calcio en cuadros de acidosis respiratoria, mientras que en alcalosis respiratoria ocurre lo contrario (Ghosh y Joshi, 2008). Por esta razón sería conveniente monitorear la ventilación de los anfibios anestesiados y separar parámetros de electrolitos en grupos específicos para machos y hembras, teniendo en cuenta también si el muestreo fue ejecutado en temporada de apareamiento.

Tabla 1. Parámetros hematológicos y bioquímicos del axolotl (*Ambystoma mexicanum*) con su respectiva media, y desviación estándar (DE)

Parámetro	Unidad	Media ± DE	Rango
Eritrocitos	x 10 ⁶ /μl	1.3 ± 0.3	1.0 – 1.6
Hemoglobina	g/dl	11.8 ± 1.7	10.1 – 15.5
Hematocrito	%	43.5 ± 5.7	37.8 – 49.2
VCM	fl	356.1 ± 50.9	305.3 – 407.0
HCM	pg	97.7 ± 21.3	76.4 – 118.9
CHCM	%	27.2 ± 2.9	24.3 – 30.0
Leucocitos	x 10 ³ /μl	8.8 ± 1.0	7.8 – 9.7
Heterófilos	x 10 ³ /μl	4.5 ± 0.9	3.5 – 5.4
Linfocitos	x 10 ³ /μl	3.3 ± 1.0	2.3 – 4.3
Monocitos	x 10 ³ /μl	0.2 ± 0.1	0.05 – 0.3
Azurófilos	x 10 ³ /μl	0.3 ± 0.2	0.06 – 0.5
Basófilos	x 10 ³ /μl	0.2 ± 0.2	0.02 – 0.4
Eosinófilos	x 10 ³ /μl	0.3 ± 0.2	0.1 – 0.4
Glucosa	mg/dl	44.0 ± 13.8	30.2 – 57.9
AST	U/L	199.4 ± 86.4	113.0 – 285.7
Creatina Kinasa	U/L	218.4 ± 126.8	91.6 – 345.2
Calcio	mg/dl	7.6 ± 1.7	5.9 – 9.2
Fosforo	mg/dl	2.8 ± 1.0	1.8 – 3.8
Proteínas	g/dl	1.9 ± 0.2	1.7 – 2.1
Albumina	g/dl	0.7 ± 0.2	0.5 – 0.8
Globulina	g/dl	1.2 ± 0.1	1.1 – 1.4
Potasio	mmol/L	3.9 ± 1.6	2.3 – 5.6
Sodio	mmol/L	107.1 ± 3.4	103.8 – 110.5

CONCLUSIÓN

Los valores hematológicos y bioquímicos de los axolotls (*Ambystoma mexicanum*) mantenidos en cautiverio en el distrito de San Juan de Miraflores Lima-Perú, pueden utilizarse como información referencial durante evaluaciones clínicas de ejemplares criados en acuarios y colecciones privadas del Perú.

LITERATURA CITADA

1. Baitchman E, y Stetter M. 2014. Amphibians. En West G, Heard D, Caulkett N, eds. Zoo and wild animals immobilization and anaesthesia. 2ª ed. New York, USA: Jhon Willey & Sons, Inc. p 303-310.
2. Barriga-Vallejos C, Hernández-Gallegos O, Hunt Von Herbing I, Lopez-Moreno A E, Ruiz-Gómez M D, Granados-Gonzales J, Garduño-Paz M V, Mendez-Sanchez J F, Banda-Leal, Davis A K. 2015. Assessing population health of Toluca axolotl *Ambystoma rivulare* (Taylor 1940) from Mexico using leukocyte profiles. Herpetological conservation and biology 10:592-601.
3. Boutilier R G, Stiffler D F, Toews D P. 1992. Exchange of respiratory gases, ions, and water in amphibious and aquatic amphibians. En: Feder M E, y Burggren W W, eds. Environmental Physiology of Amphibians. USA: University of Chicago Press. p 81-124.

4. Browne R. 2009. Amphibian diet and nutrition. Amphibian ark science and research. [Internet], [26 April 2016]. Disponible en: <http://portal.isis.org/partners/ark/researchguide/amphibian%20husbandry/amphibian%20diet%20%and%20nutricion.pdf>.
5. Campbell T W. 2015a. Blood Sample Collection and Preparation in Amphibians. En: Exotic Animal Haematology and Cytology. Campbell T W. ed. USA: Jhon Willey & Sons, Inc. p 181-182.
6. Campbell, T.W. 2015b. Peripheral Blood of Amphibians. En: Exotic Animal Haematology and Cytology. Campbell T W. ed. USA: Jhon Willey & Sons, Inc. p 89-94.
7. Chester R, Figiel J. 2013. Cryopreservation of Sperm from the axolotl *Ambystoma mexicanum*: Implications for conservation. Herpetological Conservation and Biology 34:1-360.
8. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora [Cites]. 2009. Appendix 1, 2 y 3. Cites.org. [Internet], [27 April 2016]. Disponible en:

- <https://www.cites.org/eng/app/appendices.php>.
9. Finkler M S. 2013. Sexual dimorphism in visceral organ mass and haematology in spotted salamanders *Ambystoma maculatum* before and after breeding. *Copeia* 13:338-345.
 10. Fowler M. 2012. Diagnosis and control of amphibian chytridiomycosis. En: Zoo and wild animal medicine. Rudolf P. ed. USA: Elsevier. p 217-224.
 11. Ghosh A K, Joshi S R. 2008. Disorders of calcium, phosphorus and magnesium metabolism. *J Assoc Physician India* 56: 613-621.
 12. Gomułka P, Dągowski J, Własow T, Szczepkowski M, Czerniak E, Ziomek E, Szczerbowski A, Łuczyński M, y Szkudlarek M. 2015. Haematological and Biochemical Blood Profile in Russian Sturgeon Following Propofol and Eugenol Anaesthesia. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 15: 13-17.
 13. Iannacone J, Pascual G, Alvaríño L. 2008. Caracterización leucocitaria y niveles de hematocrito de *Aequidens mauseanus* (Cichlidae) y *Ambystoma mexicanum*

- (*Ambystomidae*): Estandarización para su empleo en respuestas subletales a tóxicos. Lima: Universidad Federico Villarreal. Proyecto ecotoxicología neotropical. p 9-17.
14. Barcat J A. 2018. Bestiario Biomédico: ajolote. *MEDICINA (Buenos Aires)* 78: 298-300.
 15. Kristen R, Friedrichs K. 2012. American Society of Veterinarian Clinical Pathology [ASVCP] reference interval guidelines: Determination of de novoreference intervals in veterinary species and other related topics. *Veterinary clinical pathology* 41: 441-453.
 16. Lopez, D. 2015. Mapping haematopoiesis in a fully regenerative vertebrate: The axolotl. *Blood journal* 1:1232-1240.
 17. Mansour N, Lahnsteiner F, Patzner R. 2011. Collection of gametes from live axolotl, *Ambystoma mexicanum*, and standardization of in vitro fertilization. *Theriotechnology* 34:1-360.
 18. Mena H, Montes K. 2014. Manual de procedimientos para el manejo y mantenimiento de la colonia de axolotes del laboratorio de restauración ecológica. 1st ed.

- México: Laboratorio de restauración ecológica del instituto de biología de la Universidad Autónoma de México Press. p 14-66.
19. Mendoza-Almerallaa C, Burrowesb P, Parra-Olea G. 2015. La Chitridiomycosis en los anfibios de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86 15:238-248.
 20. Pandian M, Padmaja R, Ravindran R. 2018. Effect of 4-Allyl-2-Methoxyphenol (Eugenol) On Red Blood Cells in Subacute Restraint Stress Induced Wistar Albino Rats. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences* 12: 81-85.
 21. Rosenkilde P, Sorensen I, Ussing A P. 1995. Amphibian haematology: metamorphosis-related changes in blood cells. *Netherlands journal of zoology*. 45:213-215.
 22. Servin E. 2011. Manual para el mantenimiento en cautiverio y medicina veterinaria aplicada al axolotl de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*) en el zoológico de Chapultepec. Tesis de licenciatura. México: Universidad Nacional Autónoma de México 50p.
 23. Schad K. 2008. Amphibian population management guidelines. *Amphibian ark: Amphibian population management workshop*

- [Internet], [26 April 2016]. Disponible en:
<http://www.amphibianark.org>.
24. Shaw G, Nodder F. 1798. The naturalist's miscellany or coloured figures of natural objects drawn and described immediately from nature. 9^a ed. Londres.
25. Solis M E, Bandeff J M, Yug-Wern H. 2007. Haematology and serum chemistry of Ozark and Eastern Hellbenders. *Herpetologica* 63:285-292.
26. [SERFOR] Servicio nacional forestal y de fauna silvestre. Ley forestal y de fauna silvestre N°29763. 2015. Lima: SERFOR [Internet], [13 November 2019]. Disponible en:
<https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/lffs-y-sus-reglamentos.pdf>.
27. Takami Y, Une Y. 2017. Blood clinical biochemistries and packed cell volumes for the mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *Journal of herpetological medicine and surgery* 27:104-110.
28. Vázquez-Molina A. 2010. El ajolote de Xochimilco. *Ciencias* 98:54-59.

29. Vance E. 2017. The Axolotl Paradox. *Nature* 551(7680):286-289.
30. Voss S, Zambrano L, Woodcock M. 2015. A Tale of Two Axolotls. *BioScience* 10:1-6.
31. Wright K M. 2001a. Amphibian haematology. En: Wright K M, Whitaker B R. eds. *Amphibian medicine and captive husbandry*. USA: Krieger Publishing Company. p 135-144.
32. Wright K M, Barnett S, Cover J. 2001b. Amphibian husbandry and housing. En: Wright K M, Whitaker B R. eds. *Amphibian medicine and captive husbandry*. USA: Krieger Publishing Company. p 35-59.
33. Wright K M, Whitaker B. 2001c. Quarantine. En: Wright K M, Whitaker B R. eds. *Amphibian medicine and captive husbandry*. USA: Krieger Publishing Company. p 357-365.
34. Wright K M. 2001d. Restraint Techniques and Euthanasia. En: Wright K M, Whitaker B R. eds. *Amphibian medicine and captive husbandry*. USA: Krieger Publishing Company. p 130-140.
35. Zambrano L, Mosig P, Mckay J, Griffiths R, Shaffer B, Flores- Villela O. 2010. *Ambystoma mexicanum*. The IUCN red list of threatened species. [Internet], [26 April 2016]. Disponible

en: <http://dx.doi.org/10.2305/iucn.uk.2010-2.rlts.t1095a3229615.en>.

36. Zapata M C, Solís L. 2013. Axolotl: el auténtico monstruo del Lago Xochimilco. Kuxulkab Revista de divulgación de la división académica de ciencias biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco 19 (36):41-45.
37. Zullian C, Dodelet-Devillers A, Roy S, Vachon P. 2016. Evaluation of the anesthetic effects of ms222 in the adult Mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*). Veterinary medicine: research and reports 16:17.
38. Zwemer C F. 1991. An effective acquisition and stable containment technique for *Ambystoma mexicanum* whole blood. Axolotl Newsletter 40:1