

Implementación de una técnica de marcaje no invasiva para el ajolote del altiplano
(*Ambystoma velasci*) (Dugès, 1888)

Implementation of a non-invasive marking technique in the highland axolotl
(*Ambystoma velasci*) (Dugès, 1888)

Salvador Romero-Castañón, Mayra J. Romero Ruíz, Miguel A. Zambrano González, Briseida L. Castro Bautista, Arcángel Molina-Martínez y Fernando Utrera-Quintana

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Benemérita Universidad. Autónoma de Puebla.
Km. 7.5 Carretera Cañada Morelos-El Salado. 75470, Tecamachalco, Puebla. México.

NOTA SOBRE LOS AUTORES

Salvador Romero-Castañón: salvador.romero@correo.buap.mx  <https://orcid.org/0000-0001-7142-9451>

Miguel A. Zambrano González: miguel.zambranog@correo.buap.mx  <https://orcid.org/0009-0006-1462-8407>

Briseida L. Castro Bautista: briseida.castro@correo.buap.mx  <https://orcid.org/0000-0002-3713-3058>

Arcángel Molina-Martínez: arcangel.molina@correo.buap.mx  <https://orcid.org/0000-0001-5424-3997>

Fernando Utrera Quintana: fernando.utrera@correo.buap.mx  <https://orcid.org/0000-0002-5203-0661>

Esta investigación fue financiada con recursos de los autores.

Los autores no tienen ningún conflicto de interés al haber hecho esta investigación.

Remita cualquier duda sobre este artículo a Salvador Romero-Castañón.

RESUMEN

El estudio se realizó en Loma alta, municipio de Chignahuapan, Puebla, México. Se capturaron 30 individuos de ajolote del altiplano (*Ambystoma velasci*) con el objetivo determinar su patrón de marcas naturales en su piel, y evaluar si estas marcas cambian durante el tiempo o con el crecimiento del individuo; con el fin de implementar una técnica de marcaje natural no invasiva. Se obtuvieron medidas morfométricas de los individuos. Se determinó que todos los individuos

Recibido: 03/03/2023

Aceptado: 10/07/2023

Publicado: 30/12/2023



Copyright © 2023 Salvador Romero-Castañón, Mayra J. Romero Ruíz, Miguel A. Zambrano González, Briseida L. Castro Bautista, Arcángel Molina-Martínez y Fernando Utrera-Quintana.
Esta obra está protegida por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

presentaron un patrón de marcas naturales diferentes, y se comprobó que estas marcas permanecen iguales durante la vida del individuo, por lo que se propone esta técnica de marcaje natural para estudios poblacionales de esta especie y para otras del género *Ambystoma*. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indicó que los datos morfométricos obtenidos no presentaban una distribución normal, y mediante la comparación entre sexos, mediante una prueba no paramétrica de Wilcoxon, se comprobó que los machos presentan una longitud de la cola significativamente mayor que las hembras.

Palabras clave: *Ambystoma*, Puebla, México, marcaje.

ABSTRACT

The present study was carried out in Loma Alta, municipality of Chignahuapan, Puebla, Mexico. Thirty individuals of highland axolotl (*Ambystoma velasci*) were captured with the objective of determining their pattern of natural marks, and to evaluate if these marks change over time or with the growth of the individual, in order to implement a non-invasive natural marking technique. Morphometric measurements were obtained from all individuals. It was determined that all individuals presented a different pattern of natural marks, and these marks remain the same during the life of the individual, which is why this natural marking technique is proposed for population studies of this species and for others of the genus *Ambystoma*. The Shapiro-Wilk normality test indicated that the morphometric data obtained did not present a normal distribution, and by comparing the sexes, using a non-parametric Wilcoxon test, it was verified that males have a significantly longer tail length than females.

Keywords: *Ambystoma*, Puebla, Mexico, marking.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de la herpetofauna de México constituye uno de los elementos más importantes de la fauna del país. En particular, los anfibios contribuyen considerablemente a que México sea considerado un país megadiverso, pues poseen un grado de endemismo cercano al 60% de sus especies (Flores-Villela, 1993).

En relación con los anfibios; en un marco mundial el porcentaje de familias de cada orden presentes en México es de un 10% para cecílicos, el grupo menos diverso de anfibios en México, un 20.37% de anuros y hasta un 40% en salamandras. En total el 9.87% de géneros de anfibios del mundo se distribuyen en México. (Parra-Olea, 2014).

El tema del decrecimiento de anfibios ha llegado a considerarse como una emergencia ecológica progresiva. Se cree que más de una docena de especies de anfibios se han extinguido

recientemente. Los rangos de distribución geográfica de muchas especies se han reducido dramáticamente (Stebbins y Cohen 1995., Lips *et al.*, 1999).

Estudios recientes que investigan las causas de la disminución de anfibios en lugares específicos han revelado que los cambios globales pueden jugar un papel. Es posible que el calentamiento regional, los aumentos en la radiación ultravioleta y las enfermedades epidémicas se generen mediante fenómenos globales. Estos cambios globales pueden ser inducidos, por lo menos parcialmente, por la creciente intensidad y extensión del impacto humano en los sistemas climáticos y ecológicos (Lips *et al.*, 1999).

El ajolote es una salamandra (clase Amphibia, orden Urodela) perteneciente a la familia *Ambystomatidae*, la cual está conformada por treinta especies, incluyendo un par que sólo se conocen por el registro fósil, y cuya distribución se circunscribe al continente americano, desde el sur de Alaska, este de Canadá, gran parte de Estados Unidos y ocho estados México, hasta la meseta central (Vázquez y Hunab, 2011; Akerberg *et al.* 2021). La distribución histórica estimada para *Ambystoma velasci* en México, objeto de estudio del presente trabajo; se presenta entre el 15 y el 40% del territorio nacional. Esta especie se encuentra desde el centro de México sobre el Eje Neovolcánico Transversal, hacia el norte por el Altiplano Mexicano y parcialmente las Sierras Madre Oriental y Occidental (Andreu y Miguel, 2005). La distribución actual de esta especie en nuestro país se encuentra limitada, con poblaciones aún presentes en los Estados de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Durango, Nuevo León, Zacatecas, Chihuahua, San Luis Potosí, Michoacán, Estado de México, Querétaro y Veracruz. En México de acuerdo a la Norma 059 (Semarnat, 2010) para la protección de especies silvestres nativas, el ajolote *A. velasci* se encuentra en categoría de riesgo y sujeto a protección especial al igual que otras especies (Pérez-Macias *et al.*, 2017).

En el caso de anfibios y lagartijas, se ha utilizado como técnica de marcaje el método de cortes de falanges en patas y manos. En este caso se asigna una codificación a cada falange, y se cortan solo las puntas de las falanges que correspondan, de manera que la locomoción del organismo no se vea afectada (Gallina-Tessaro y López González, 2011). Sin embargo, esta técnica es traumática e invasiva para los ejemplares. En el caso de anfibios se utilizan también como técnica de marcaje los microchips, pero genera altos costos de inversión. El marcaje natural, no invasivo es una técnica que se ha utilizado en algunas especies de fauna silvestre, y se logra a través del fototrampeo, fotoidentificación o mediante la captura de ejemplares. Para diferenciar individuos, se utilizan patrones de manchas, cicatrices y patrones de coloración (Ugalde de la Cruz, 2015). De ahí radica la importancia y objetivo de este trabajo, en implementar una técnica de marcaje no invasiva en la especie *A. velasci*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Loma alta, municipio de Chignahuapan, Puebla, México; en las coordenadas 14Q0600834, 2186942 UTM, a una altitud de 2352 m.s.n.m.

En diferentes jagüeyes se capturaron ejemplares de *A. velasci*, mediante el uso de red atarraya y manualmente. Se obtuvieron medidas morfométricas de cada uno de los individuos (peso, longitud total, longitud de la cola y longitud cabeza-cloaca) y se determinó el sexo. Se registró su patrón de manchas interbranquiales, del flanco izquierdo, mediante un cuadrante donde en el eje de las x, se dividió en A, B, C; y en el eje de las y, del 1 al 11 (Fig. 1), estableciendo una clave e identificando a cada individuo con un número y una fotografía (Fig. 2)

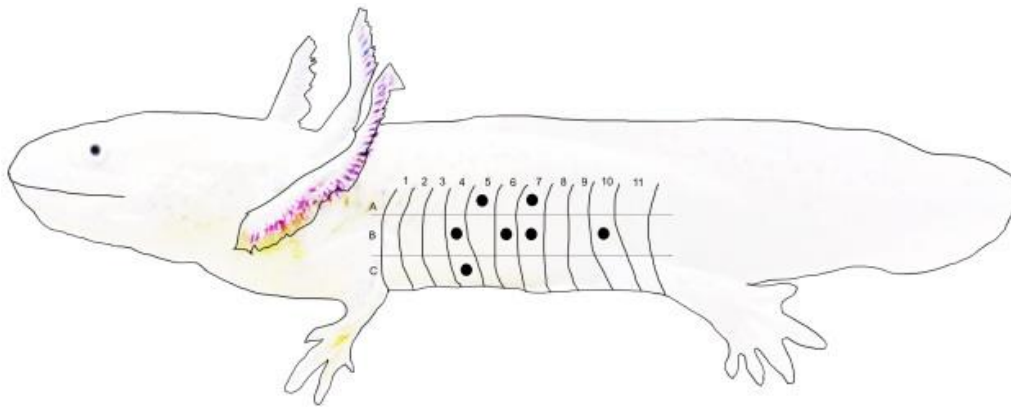


Figura 1. Ejemplo de clave de identificación para un individuo de *A. velasci*, de acuerdo a su patrón de manchas: A5 A7 B4 B6 B7 B10 C4



Figura 2. Fotoregistro de un individuo de *A. velasci*.

Todos los patrones de marcas naturales se compararon mediante una prueba de Chi cuadrada, para determinar si éstos eran diferentes o había alguna repetición. Las variables obtenidas (peso, longitud total, longitud de la cola y longitud cabeza-cloaca) fueron evaluadas a través de la prueba de Shapiro-Wilk. (Shapiro y Wilk, 1965). La comparación entre sexos de las variables somáticas obtenidas en campo se realizó a través de la prueba de Wilcoxon. Las pruebas estadísticas fueron realizadas en el software PAST ver 3.8 (Hammer *et al.* 2001).

De los individuos capturados, ocho de ellos se mantuvieron cautivos en peceras, durante nueve meses, para determinar si su patrón de marcas naturales cambiaba con el tiempo o durante el crecimiento del animal. Estos individuos fueron revisados y monitoreados cada quince días, durante todo este período.

RESULTADOS

Se colectaron un total de treinta individuos de los cuales quince fueron hembras y quince machos. El patrón de manchas registrado para cada individuo fue único, no se repitió en ninguna ocasión, por lo que no fue posible realizar la prueba estadística, ya que los datos no mostraron una varianza. En relación a los datos morfométricos obtenidos los promedios totales obtenidos son: Longitud cabeza-cloaca: 10.7 cm; longitud de cola: 9.5 cm; longitud total: 19.4 cm; peso: 48.2 gr. El cuadro 1 nos muestra los valores en promedio, comparando machos, hembras y en general, con valores mínimos y máximos.

Cuadro 1. Datos morfométricos de *A. velasci* obtenidos. Medidas en cm, y peso en gr. (LCC: Longitud cabeza-cloaca, LC: Longitud cola, LT: Longitud total).

	LCC	LC	LT	Peso
Promedio hembras	9.9	8.7	18.7	42.4
Desv standard Hembras	2.7 \pm	2.6 \pm	5,17 \pm	29 \pm
Valor mínimo hembras	6.5	6	13	11

Valor máximo hembras	14	14	27	90
Promedio machos	11.6	10.2	21	54.9
Desv standard machos	2.7 \pm	2.7 \pm	5,7 \pm	30 \pm
Valor mínimo machos	7	6	13	10
Valor máximo machos	15	14	29	94
Promedio todos	10.7	9.4	19,8	48.2
Desv standard todos	2.8 \pm	2.7 \pm	5.5 \pm	30 \pm
Valor mínimo todos	6.5	6	13	10
Valor máximo todos	15	14	29	94

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indicó que los datos obtenidos no presentaban una distribución normal ($P < 0.05$ en todos los casos), por lo cual se procedió a la comparación entre sexos utilizando la prueba no paramétrica de Wilcoxon. A partir de esta comparación se obtuvo que los machos presentan una longitud de la cola significativamente mayor que las hembras ($W = 75$, $P = 0.038$; Fig. 3). Las demás comparaciones no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$ en todos los casos).

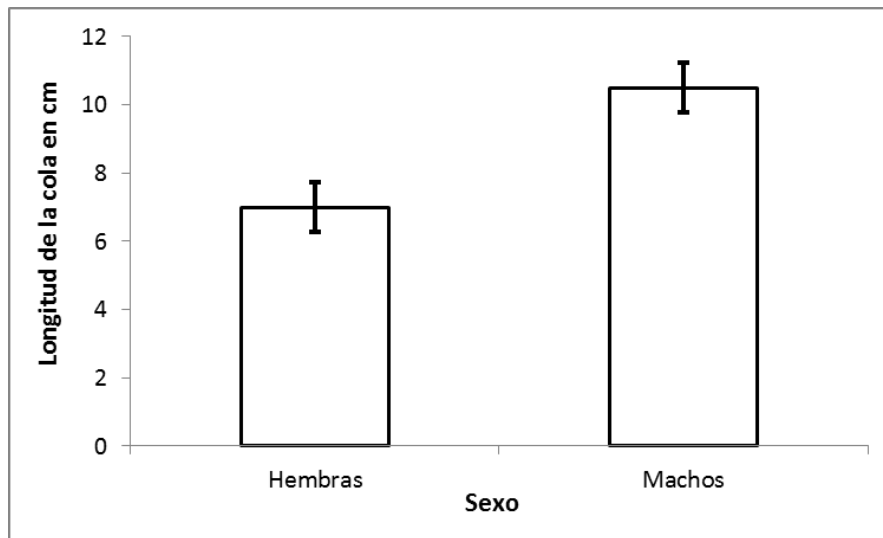


Figura 3. Comparación de las medianas de la longitud de la cola de organismos de *A. velasci*. Las barras de error representan el error estándar.

En los 8 ejemplares que se mantuvieron cautivos en peceras, durante 9 meses; los resultados mostraron que el patrón de manchas interbranquiales, nunca cambiaron; manteniéndose iguales siempre.

DISCUSIÓN

Debido a que todos los patrones eran completamente diferentes, no hubo una varianza que permitiera analizar estadísticamente los datos, sin embargo, descriptivamente se puede demostrar que ninguno es igual. En los individuos cautivos se determinó que ninguno sufrió algún cambio. Por consiguiente, se comprueba, que estas marcas naturales al parecer no cambian con el tiempo ni durante el crecimiento del individuo.

Con estos resultados en relación al patrón de marcas naturales, se propone que se implemente como una técnica de marcaje natural no invasiva para el ajolote (*A. velasci*), pudiendo así diferenciar individuos, y que esto sea aplicado para conteos, estimaciones de densidades y abundancias poblacionales in situ, e inclusive ex situ. Esta técnica tiene la ventaja de no ser invasiva, no causando ningún traumatismo; y pudiera ser implementada en otras especies de *Ambystoma*.

Los datos morfométricos obtenidos en los ejemplares capturados de *A. velasci*, coinciden con lo reportado en la literatura (Brunkow y Collins, 1996; Harshbarger *et al.*, 1999; Velarde, 2014); a diferencia de la longitud de la cola, que no coincide con lo reportado por Irschick y Shaffer (1997), donde obtienen un promedio de 4.6 cm, y en el presente trabajo se obtuvo en promedio una longitud de 9.5 cm. Se compararon los datos entre sexos; donde hay una diferencia significativa en la longitud de la cola, en la que los machos presentan mayor tamaño. Este dato pudiera

aplicarse como una técnica de sexado, alternado con la que realizamos para este estudio, que es través de la protuberancia cloacal.

Es escasa la literatura e información sobre el ajolote del altiplano *A. velasci*, que se encuentra también en categoría de riesgo; y por consiguiente hay pocas estrategias y acciones para manejar y conservar esta especie. El presente trabajo es una contribución y aportación de datos que pueden ser el parteaguas para iniciar un plan de manejo para esta especie de ajolote, que en la zona de estudio ha sido aprovechada durante años por los pobladores como fuente de alimento y uso medicinal. Además de la importancia que tiene para la investigación en la medicina regenerativa por sus características neoténicas (Voss *et al.* 2009; Vance, 2017).

CONCLUSIONES

Todos los individuos de ajolote (*Ambystoma velasci*) presentaron un patrón de marcas naturales diferentes en los espacios interbranquiales del flanco izquierdo. El patrón de marcas naturales en el ajolote (*A. velasci*) no cambian con el tiempo ni durante el crecimiento del individuo, manteniéndose igual siempre. Se propone implementar como una técnica de marcaje natural no invasiva para el ajolote (*A. velasci*), el patrón de marcas naturales de su flanco izquierdo; pudiendo así diferenciar individuos, y esto sea aplicado para conteos, estimaciones de densidades y abundancias poblacionales in situ, y ex situ. La longitud de la cola en los individuos de sexo machos, presenta diferencias significativas en relación a las hembras, por lo que pudiera aplicarse como técnica de sexado, siendo la longitud mayor en machos que en hembras.

LITERATURA CITADA

- Andreu, G. C., & Miguel, X. A. (2005). Herpetofauna del Parque Sierra de Nanchititla, estado de México, México. Lista, distribución y conservación. *CIENCIA ergo-sum*, 12(1), 44-53.
- Akerberg, V. D. Á., Martínez, T. M. G., Hernández, A. G., & Trejo, M. V. (2021). El género *Ambystoma* en México ¿Qué son los ajolotes?. *CIENCIA ergo-sum*, 28(2).
- Brunkow, P. E., & Collins, J. P. (1996). Effects of individual variation in size on growth and development of larval salamanders. *Ecology*, 77, 1483-1492.
<https://doi.org/10.2307/2265545>
- Flores-Villela, O. 1993. Herpetofauna of Mexico: distribution and endemism. In *Biological diversity of Mexico: origins and distributions*, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds.). Oxford University Press, New York. p. 253-280.
- Gallina-Tessaro, S., & López González, C. (2011). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Universidad Autónoma de Querétaro e Instituto de Ecología, AC México. 390p.

- Hammer, O. D. A., Harper, P. D., & Ryan, P. D. (2001). Past: paleontological statistics software package for education and taxonomic analysis. *Paleontologia Electronica*, 4: 1–9.
- Harshbarger, J. C., Chang, S. C., DeLanney, L. E., Rose, F. L., & Green, D. E. (1999). Cutaneous mastocytomas in the neotenic caudate amphibians *Ambystoma mexicanum* (axolotl) and *Ambystoma tigrinum* (tiger salamander). *Journal of cancer research and clinical oncology*, 125(3), 187-192.
<https://doi.org/10.1007/s004320050262>
- Irschick, D. J., & Shaffer, H. B. (1997). The polytypic species revisited: morphological differentiation among tiger salamanders (*Ambystoma tigrinum*) (Amphibia: Caudata). *Herpetologica*, 30-49.
- Lips, K. R., Reaser, J. K., Young, B. E., & Ibañez, R. (1999). El monitoreo de anfibios en América Latina: Un manual para coordinar esfuerzos. The nature conservancy, 2.
- Parra-Olea, G., Flores-Villela, O., & Mendoza-Almeralla, C. (2014). Biodiversidad de anfibios en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 460-466.
<https://doi.org/10.7550/rmb.32027>
- Pérez-Macías, O., Romero-Castañón, S., Vázquez, S. G., Alarcón, H. S., Orozco, G. N., Olivares, C. I. 2017. El Axolote (*Ambystoma velasci*) del Altiplano en Puebla. *Divulgación Acuícola*. Año 4 No. 36: 15-18
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección de especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. México.
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52:591–611.
<https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- Stebbins, R. C. y N. W. Cohen. 1995. A natural history of amphibians. Princeton University Press, New Jersey.
<https://doi.org/10.1515/9780691234618>
- Ugalde de la Cruz, A. (2015). Movimientos migratorios, estructura poblacional, y tasa de supervivencia de las ballenas azules del pacífico noroeste con base en datos de fotoidentificación (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas).
- Vance, E. 2017. The axolotl paradox. *Nature*. 551: 286-289.
<https://doi.org/10.1038/d41586-017-05921-w>

- Velarde-Mendoza, T. (2012). Importancia ecológica y cultural de una especie endémica de ajolote (*Ambystoma dumerilii*) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Etnobiología*, 10(2), 40-49.
- Velarde M. (2014). Ajolote del Altiplano: *Ambystoma velasci* . 01 de Julio de 2014., de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Vázquez, M., & Hunab, A. (2011). El ajolote de Xochimilco. *Ciencias*, 98(098).
- Voss, S. R., Epperlein, H. H., & Tanaka, E. M. (2009). *Ambystoma mexicanum*, the axolotl: A versatile amphibian model for regeneration, development, and evolution studies. *Cold Spring Harbory Protocols*, 4(8), 1-8.

<https://doi.org/10.1101/pdb.emo128>

Copyright © 2023 Salvador Romero-Castañón, Mayra J. Romero Ruíz, Miguel A. Zambrano González, Briseida L. Castro Bautista, Arcángel Molina-Martínez y Fernando Utrera-Quintana.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)