



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

“Evaluación taxonómica de una población de *Storeria*  
(Squamata: Natricidae) de Cuatro Ciénegas, Coahuila,  
México.”

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**BIOLOGO**

PRESENTA:

**AARON VITE HERNANDEZ**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. URI OMAR GARCIA VAZQUEZ**



CIUDAD DE MÉXICO

2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos académicos**

La elaboración de este trabajo fue posible gracias al financiamiento para el trabajo de campo y de laboratorio de la Dirección general de apoyo al personal, Universidad Nacional Autónoma de México (Proyectos PAPIIT IN218022 y PAPIIME PE208422) y el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACyT A1-S-37838) otorgado a Uri Omar García Vázquez.

Agradezco a la FES Zaragoza y a la UNAM por la educación otorgada y recibirme como miembro de su comunidad.

A mi director de Tesis el Dr. Uri Omar García Vázquez, por las facilidades para la elaboración del trabajo, las observaciones al manuscrito y por la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo en laboratorio y campo.

Al jurado designado: Dr. Manuel Feria Ortiz, Dr. David Nahum Espinosa Organista, Dra. Marysol Trujano Ortega y Dr. Sergio Diaz Martínez por las observaciones a mi manuscrito y el apoyo recibido.

Al M. en C. Antonio Esaú Valdenegro Brito por la ayuda en el trabajo de fotografía.

Al M. en C. Juan Carlos García Sánchez por su ayuda en los programas utilizados para la elaboración del proyecto.

Al Biólogo Rodrigo Gabriel Martínez Fuentes por su ayuda en las técnicas de laboratorio.

## **Agradecimientos personales**

Una vez más al Dr. Uri Omar García Vázquez por su paciencia, comprensión, orientación y apoyo brindados, un ejemplo a seguir como profesional y como ser humano.

A mis compañeros del laboratorio de Sistemática Molecular por la amena convivencia en campo y en laboratorio.

A mis amigos de toda la vida: Ángel, Miguel y Fabian Nieto por su amistad, apoyo y todos los buenos momentos a través de estos años.

A mi amiga y novia Lizette por su compañía, motivación, paciencia y amor, te amo muchísimo.

A mi hermano Joel por su compañía y por su apoyo.

Agradezco infinitamente a mi madre Erika por todo su esfuerzo, amor, apoyo emocional y económico para ayudarme a concluir esta etapa, además de ser una gran mujer, una inspiración para mí.

Agradezco profundamente a mi padre Joel, por sus enseñanzas, consejos y amor recibidos que me ayudaron a cumplir esta etapa, aún después de su vida.

## Índice

|   |    |
|---|----|
| Resumen .....                                   | 1  |
| Introducción .....                              | 2  |
| La sistemática filogenética .....               | 3  |
| Concepto de especie .....                       | 7  |
| Género <i>Storeria</i> .....                    | 7  |
| Antecedentes.....                               | 9  |
| Cuatro Ciénegas, Coahuila .....                 | 10 |
| Biodiversidad en Cuatro Ciénegas, Coahuila..... | 11 |
| Justificación .....                             | 12 |
| Objetivos.....                                  | 13 |
| Objetivo general .....                          | 13 |
| Objetivos particulares.....                     | 13 |
| Materiales y métodos .....                      | 14 |
| Caracteres moleculares .....                    | 14 |
| Reconstrucción filogenética.....                | 18 |
| Análisis bayesiano. ....                        | 18 |
| Análisis de Máxima verosimilitud .....          | 19 |
| Distancias genéticas.....                       | 20 |
| Morfología.....                                 | 20 |
| Caracteres merísticos .....                     | 24 |
| Caracteres morfométricos.....                   | 25 |

|   |    |
|---|----|
| Coloración.....                                       | 27 |
| Dentición .....                                       | 28 |
| Resultados.....                                       | 29 |
| Reconstrucción filogenética .....                     | 29 |
| Distancias genéticas .....                            | 31 |
| Caracteres merísticos .....                           | 31 |
| Caracteres morfométricos.....                         | 33 |
| Coloración.....                                       | 35 |
| Comparación con otras especies.....                   | 35 |
| Asignación taxonómica de <i>Storeria</i> sp. VCC..... | 37 |
| Descripción de <i>Storeria</i> sp. VCC.....           | 38 |
| Discusión .....                                       | 44 |
| Conclusiones.....                                     | 49 |
| Referencias .....                                     | 50 |

## Resumen

Se revisaron diez ejemplares de una población no identificada del género *Storeria* Baird & Girard, 1853 provenientes del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, así como 13 ejemplares de *Storeria dekayi* (Holbrook, 1839), 16 de *S. storerioides* (Cope, 1866) y siete de *S. occipitamaculata* (Storer, 1839) para fines comparativos. Para los análisis filogenéticos se obtuvieron secuencias del gen mitocondrial NADH deshidrogenasa subunidad 2 (ND2) de *Storeria* sp. del Valle de Cuatro Ciénegas, así como de *Storeria storerioides*, *S. dekayi* y *S. occipitamaculata*. Se corrieron dos análisis filogenéticos independientes, un análisis bayesiano y un análisis de máxima verosimilitud. A partir de la revisión morfológica se encontraron diferencias en los ejemplares del Valle de Cuatro Ciénegas, que se diferencian de *S. storerioides* por la ausencia de escama loreal; de *S. storerioides* y *S. occipitamaculata* por un arreglo de 17 escamas dorsales y de *S. dekayi* difiere en la coloración corporal, la coloración de la cabeza y un menor tamaño corporal. A partir de las hipótesis filogenéticas obtenidas, se observa que *Storeria dekayi* es una especie parafilética con respecto a las poblaciones de *Storeria* del Valle de Cuatro Ciénegas. Con base en evidencia molecular y morfológica se concluye que la población de *Storeria* del Valle de Cuatro Ciénegas es una especie nueva que se distingue de otras especies del género, además se sugiere que *S. dekayi* representa un complejo compuesto por al menos dos especies: *S. dekayi* y *S. temporalineata*.

Palabras clave: *Storeria*, Cuatro Ciénegas, taxonomía.

## Introducción

El término “Diversidad Biológica” se refiere a la variedad de formas de vida que se manifiestan como genes, individuos, poblaciones, especies y comunidades, hasta ecosistemas y paisajes; incluyen las interacciones entre los diferentes niveles (Jiménez et al., 2014). Sin embargo, la diversidad biológica no es homogénea en todo el mundo, en 12 países se concentra aproximadamente el 70% del total de especies que existen y apenas conforman el 10% del total de la superficie terrestre, a estos países se les ha dado la denominación de “megadiversos” y son Australia, Brasil, Colombia, Costa Rica, China, Ecuador, Nueva Guinea, México, Indonesia, Kenia, Papúa Nueva Guinea y Perú (Sarukhan, 2009). México ocupa el quinto lugar en esta lista después de Brasil, Indonesia, Colombia y China, debido a que el territorio se encuentra en una zona donde convergen las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical; además, la topografía, la variedad de climas y la historia geológica y biológica complejas son características que lo definen como un territorio con condiciones climáticas y de hábitats que permitieron el origen de una gran cantidad de especies en todos los grupos taxonómicos, muchas de ellas endémicas (Sarukhan, 2009; Martínez-Meyer, 2014).

En el planeta se estima que existen 11 millones de especies vivas, de las cuales solo una mínima parte están descritas; es decir, que la mayoría son desconocidas para la humanidad (Mora, 2011). México alberga entre el 10 y 12 % de las especies del planeta en una superficie que representa el 1.4 % del total de superficie terrestre mundial, el grupo del que más conocimiento se tiene es el de los vertebrados con 5784 especies de las cuales 1322 son endémicas, aunque estos números se actualizan constantemente (Sánchez-Cordero et al., 2014). En cuanto al número de especies de reptiles, México

ocupa el segundo lugar después de Australia con 988 especies descritas actualmente (Nash, 2022).

No obstante, la gran diversidad presente en México, la época actual se caracteriza por una tendencia de gran pérdida, incluso se habla de la sexta “extinción masiva” (Wake y Vradsburg, 2008). Esta situación tiene múltiples causas, tales como el cambio de uso de suelo, principalmente por cultivos y ganadería; deforestación; sobreexplotación de ecosistemas; tráfico ilegal; contaminación y reducción de cuerpos de agua; introducción de especies exóticas y cambio climático (Parry, 2007; Aguirre-Muñoz et al., 2009; CONABIO, 2010). A pesar del conocimiento actual, se estima que apenas se conoce entre el 30 y 50 % de las especies que existen en el país, por lo que aún hay especies por descubrir; sin embargo, es posible que algunas de éstas se encuentren en peligro de desaparecer antes de ser estudiadas, descritas y catalogadas; por lo que el problema debe abordarse con un cambio verdadero en la manera como nos relacionamos con la naturaleza (Wheeler, 2007).

### **La sistemática filogenética**

La sistemática filogenética es la rama de la ciencia enfocada en estudiar los orígenes y las causas de la diversidad biológica en el tiempo, mediante el reconocimiento de las relaciones genealógicas de los organismos (Morrone, 2000), propone hipótesis de la historia evolutiva de las especies las cuales se representan mediante cladogramas que proporcionan información para describir grupos recién descubiertos o poco estudiados y

que puede derivar en propuestas para su clasificación y nombramiento ante la comunidad científica (Lipscomb, 1998).

Una de las tareas más importantes de la sistemática es la reconstrucción de las relaciones evolutivas, para lo cual la sistemática filogenética utiliza diferentes métodos, donde los más utilizados son: Máxima Parsimonia (MP), Máxima Verosimilitud (MV) y la Inferencia Bayesiana (IB) (Peña, 2011).

En MP se busca el o los árboles filogenéticos que impliquen el mínimo de cambios evolutivos para explicar una matriz de datos; algunas críticas a este método, en particular cuando se utilizan caracteres moleculares, son la falta de modelos evolutivos y el fenómeno conocido como “atracción de ramas largas” que ocurre cuando hay una gran cantidad de homoplasias lo que deriva en relaciones genealógicas falsas, además de que la evolución no siempre sigue el principio de parsimonia (Eguiarte, 1997; Peña, 2011).

MV e IB son métodos estadísticos basados en modelos de evolución donde se toma el conocimiento *a priori* de los caracteres, especialmente cuando son caracteres moleculares. A diferencia de MP, estos métodos estadísticos no buscan el árbol con menos pasos, sino que se basan en la probabilidad y verosimilitud tomando en cuenta la concordancia de las secuencias y diferentes modelos de evolución (Peña, 2011).

El método de MV estima la probabilidad de los datos dados los árboles, hay una cantidad casi infinita de hipótesis y cada una de ellas tiene una probabilidad de replicar los datos, la hipótesis que se considera más probable es aquella que tenga mayor probabilidad de replicar los datos observados; es decir, la de mayor verosimilitud (Olea et al., 2018).

El método de IB se fundamenta en la generación de hipótesis filogenéticas sustentadas por un valor llamado probabilidad posterior, el que indica la probabilidad condicional de una hipótesis dados los datos observados; es decir, la probabilidad de que la hipótesis dé como resultado los datos observados. Debido a la complejidad para obtener las probabilidades posteriores en este tipo de datos, la IB busca el árbol que maximice la probabilidad dados los datos, para hallar las probabilidades posteriores más altas. IB toma muestras de árboles analizándolos por simulaciones (Cadenas de Markov-Montecarlo), mediante algoritmos heurísticos los cuales toman un árbol *a priori* generado al azar como punto de partida para explorar arboles vecinos o distantes, si la probabilidad posterior del siguiente árbol es mayor que el inicial, entonces parte de éste para buscar uno de mayor probabilidad, en caso contrario, vuelve al anterior. Esta operación se replica varias veces (generaciones) hasta que se alcanza una probabilidad posterior estable (Olea et al., 2018).

Independientemente del método o métodos seleccionados es fundamental el uso de caracteres cuantificables tanto morfológicos (medidas y número de las estructuras, formas de un carácter) como moleculares (tipos y número de cromosomas, hibridación de DNA, presencia o ausencia de isoenzimas o su frecuencia, secuencias de DNA) (Eguiarte et al., 1997). Los datos morfológicos proporcionan información sobre las características de los especímenes y cómo varían de otros, en general el uso de estos es accesible y se pueden revisar especímenes de museo o incluso fósiles, una posible desventaja es que se debe revisar una gran cantidad de ejemplares para encontrar las variaciones intraespecíficas de un carácter (Hillis, 1987). Por otro lado, los datos moleculares proporcionan un conjunto mayor de datos en muestras pequeñas, incluso de

un individuo; además, proporcionan un registro filogenético que abarca desde tiempos muy recientes hasta muy cercanos al origen de la vida. Este tipo de evidencia permite diferenciar especies con pocas o nulas diferencias morfológicas (especies crípticas) (Goyenechea, 2007).

El enfoque actual para evaluar la diversidad biológica es la “taxonomía integrativa”, este enfoque propone tomar información de diferentes campos dentro de la Biología (por ejemplo, la filogeografía, genética de poblaciones, ecología, etología, bioinformática, entre otros) para reunirla, interpretarla y obtener resultados sustentados en diferentes disciplinas con perspectivas diferentes y resolver problemas relacionados con la estructura de los grupos biológicos y entender mejor algunos procesos que ocurren en ellos (ej. diversificación, especiación, límites entre especies) (Dayrat, 2005). La taxonomía integrativa aporta un marco teórico riguroso en el que, a diferencia de la taxonomía tradicional, se evalúa a los grupos biológicos más allá del nivel morfológico, bajo este enfoque los caracteres moleculares juegan un papel fundamental, pues actualmente el primer paso es construir hipótesis filogenéticas con base en estos caracteres, posteriormente reunir información de otras disciplinas para compararla con las hipótesis obtenidas y obtener una perspectiva complementaria de lo que ocurre dentro de los taxones (Dayrat, 2005; Schlick-Steiner et al., 2010).

## **Concepto de especie**

Dentro de la biología, la definición de especie ha sido tema de debate entre investigadores por mucho tiempo. Por ejemplo, Llorente y Aguirre (2000) propone que existen al menos 34 conceptos de especie con 22 criterios distintos, Wilkins (2011) por otro lado reconoce 26 conceptos diferentes. A diferencia de lo anterior de Queiroz (2007) propone un concepto unificado de especie, y lo define desde la idea en que coinciden los diferentes enfoques: “Una especie es un linaje de metapoblaciones que evolucionan independientemente”. Para el enfoque del presente estudio se utilizó este concepto ya que permite validar a las especies tomando en cuenta las diferentes propiedades de las metapoblaciones como evidencia de que son linajes independientes (Torretti, 2010).

## **Género *Storeria***

El género *Storeria* es un grupo de serpientes que se encuentra ampliamente distribuido en el continente americano, desde Canadá en las provincias de Nueva Escocia hasta el sureste de Saskatchewan y en Estados Unidos desde Dakota del norte, hacia el sur a en el estado de Florida, a través de la vertiente del Golfo de México y el sureste de Texas. En México se encuentra desde Chihuahua hasta el oeste de Oaxaca hacia Yucatán, con poblaciones aisladas al sur de Guatemala y centro de Honduras (Ernst, 2012).

Son serpientes terrestres de un tamaño relativamente corto (400 mm de longitud total máxima), vivíparas, de hábitos diurnos que se alimentan principalmente de lombrices y babosas. En el dorso son de color gris oscuro, gris claro, café claro u oscuro; los

ejemplares juveniles suelen ser más oscuros que los adultos, tienen un patrón de manchas transversales o puntos a lo largo del dorso, en el vientre tienen una coloración gris a rosa o rojo anaranjado, la cabeza puede ser más oscura que el resto del cuerpo o de la misma tonalidad, es más pequeña en proporción del resto del cuerpo y se distingue de este, los ojos son relativamente grandes y oscuros. Las escamas dorsales son quilladas distribuidas en hileras de 15-17 escamas, pero usualmente solo 15 cerca de la cloaca. Poseen 107-148 escamas ventrales, la escama anal está dividida, 34–69 escamas subcaudales distribuidas en dos hileras. En las escamas dorsales de la cabeza la escama rostral es más ancha que larga, dos internasales, una frontal medial grande, una supraocular, y dos escamas parietales.

La parte lateral de la cabeza presenta dos escamas nasales (ocasionalmente 1) con el orificio nasal colocado posteriormente en la primera, de cero a una loreal, 1-2 preoculares, 2-3 postoculares, 1-3 temporales, 6-7 supralabiales, y siete infralabiales. En la parte ventral de la cabeza, presenta una escama mental pequeña, cuatro escudos mentonales (dos largos anteriores en contacto, dos posteriores más cortos que pueden estar separadas por escamas más pequeñas).

Hay falta de un consenso sobre el número de especies que componen el género *Storeria*, por ejemplo, Uetz (2022) reconoce cinco especies dentro del género: *S. dekayi* (Holbrook, 1839), *S. occipitomaculata* (Storer, 1839), *S. hidalgoensis* (Taylor, 1942), *S. storerioides* (Cope, 1866) y *S. victa* Hay 1892; mientras que, Pyron et al. (2016) proponen solo cuatro especies válidas: *S. dekayi*, *S. occipitomaculata*, *S. storerioides* y *S. victa*, ya que consideran a *S. hidalgoensis* como sinónimo de *S. occipitomaculata*.

*Storeria storerioides* se restringe a bosques altos por arriba de los 2500 metros sobre el nivel del mar; En México se distribuye desde San Luis Potosí e Hidalgo hacia el oeste a través de los estados de Jalisco, Michoacán, México y Morelos; y en el noroeste desde Chihuahua hasta el sur de Guerrero y oeste de Oaxaca (Ernst, 2008). *Storeria occipitomaculata* se distribuye desde Nueva Escocia hasta el sureste de Saskatchewan en Canadá, y al sur hasta el centro de Florida y la costa del Golfo, hasta el este de Texas en Estados Unidos, con poblaciones aisladas en la Sierra Madre Oriental en México (Ernst, 2002; Pyron, 2016). Mientras que *Storeria victa* se distribuye en la península de Florida, al este del Rio Suwanee y al norte del pantano de Okefeenoke (Hay, 1892).

En particular, *Storeria dekayi* se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1400 metros, ocurre desde el sur de Canadá en Maine, Quebec y Ontario, hasta el sur de la península de la Florida, desde Dakota del Sur y Nebraska, hacia el sur a través del este de Texas, en México se distribuye en la Sierra Madre Oriental, Vertiente Atlántica y una distribución discontinua en Centroamérica con registros en Chiapas, Guatemala y Honduras, (Christman, 1982; Ernst, 2003).

## **Antecedentes**

En particular, *S. dekayi* es una de las especies más estudiadas desde el punto de vista taxonómico, han existido múltiples discusiones sobre el estatus de sus poblaciones. Muestra de ello, Trapido (1944) describe la variación dentro de las poblaciones de *Storeria dekayi* diferenciando seis subespecies: *S. d. anomala* (Dugés, 1888), *S. d. dekayi* (Holbrook, 1839), *S. d. temporalineata* Trapido, 1944, *S. d. texana* Trapido, 1944, *S. d.*

*tropica* Trapido, 1944, y *S. d. wrightorum* Trapido, 1944 principalmente por las variaciones en las manchas de las escamas supra e infralabiales.

Anderson (1961) reconoce dos grupos dentro de las poblaciones de la costa del Golfo de México: el grupo norte que lo conforma *S. d. dekayi*, *S. d. wrightorum*, *S. d. victa* y *S. d. texana*; y el grupo del sur conformado por *S. tropica*, la cual reconoce como una especie distinta con cuatro subespecies *S. t. limnetes* Anderson, 1961, *S. t. anomala* Anderson, 1961, *S. t. temporalineata* Anderson, 1961 y las poblaciones de Guatemala y Honduras como *S. t. tropica*. Posteriormente Sabath & Sabath (1969) compara las subespecies de *S. dekayi* y *S. tropica*, y al no encontrar diferencias morfológicas claras propone a las subespecies de *S. tropica* de nuevo como subespecies de *S. dekayi*.

Pyron et al. (2016) concluyen que *Storeria dekayi* es una sola especie y no reconoce ninguna de subespecie, es importante mencionar que en este estudio no se incluyó a las poblaciones que se distribuyen en México y Centroamérica. Por otro lado, García-Vázquez et al. (2019) en un estudio de la diversidad herpetofaunística del Valle de Cuatro Ciénegas, reporta la presencia de una población de *Storeria*, de la cual no existía registro previo y sugiere que se trata de una especie nueva no descrita.

### **Cuatro Ciénegas, Coahuila**

El Valle de Cuatro Ciénegas se encuentra en el centro de Coahuila, mide aproximadamente 120 km<sup>2</sup> y tiene una altitud promedio de 740 metros. Esta aislado por Sierras, en el este por la Sierra de San Vicente y la Sierra de la Purísima, en la parte

oeste por la Sierra de la Fragua y en la parte norte y noreste por la Sierra de la Madera y Sierra Menchaca, estas Sierras presentan bosques de coníferas que pueden alcanzar los 2500 msnm, la región además cuenta con ríos externos y subterráneos que alimentan a lagunas, pozos y pantanos, alrededor de los cuales se forman hábitats semiacuáticos como playas asociadas a dunas de yeso y pastizales halófilos (Pinkava, 1984). La temperatura promedio anual es de 21.9 °C, en los meses más fríos la temperatura promedio es 12.9 °C y en los más cálidos es de 28.8 °C, aunque puede alcanzar los 44 °C, con una precipitación de 211 mm por año (Montiel et al., 2018).

El origen geológico del Valle de Cuatro Ciénegas se estima que sucedió hace 15 millones de años y desde su formación ha tenido condiciones estables, las que sirvieron como refugio para varias especies animales y en múltiples ocasiones provocó una radiación adaptativa y eventos de especiación excepcionales que derivaron en su nivel de endemismo alto (McCoy, 1984). Por otra parte, por su posición geográfica, el Valle de Cuatro Ciénegas se encuentra situado en los límites de la provincia biogeográfica Neártica, en la parte sur del desierto más grande de América del Norte, cerca de los límites de la provincia biogeográfica Neotropical por lo que es una zona de cruce importante entre especies (Álvarez & Ojeda, 2019).

### **Biodiversidad en Cuatro Ciénegas, Coahuila**

La combinación de las condiciones del Valle de Cuatro Ciénegas resulta en una región única con una riqueza y endemidad altas, que incluyen a plantas vasculares con 860

especies, 23 (2.7 %) de ellas endémicas de la región (Ezcurra, et al., 2019); en fauna, de las 885 especies reportadas, 38 (4.3%) son endémicas (Álvarez & Ojeda, 2019).

En particular, la diversidad herpetofaunística de Cuatro Ciénegas se compone por cinco familias de anfibios y 14 de reptiles, incluidos seis géneros y 11 especies de anfibios, 37 géneros y 61 especies de reptiles, de las cuales dos anfibios y nueve reptiles son endémicas para el Valle de Cuatro Ciénegas, algunos ejemplos de estas son *Gerrhonotus mccoysi* García-Vázquez, Contreras-Arquieta, Trujano-Ortega & Nieto-Montes de Oca, 2018; *Terrapene coahuila* Schmdit & OwensS, 1944 y *Scincella kikaapoa* García-Vázquez, Canseco-Márquez & Nieto-Montes de Oca, 2010 (García-Vázquez et al., 2019).

## **Justificación**

El origen complejo del Valle de Cuatro Ciénegas ha conformado un ecosistema único en Norte América, que por sus cuerpos de agua lo convierten en un oasis en medio del Desierto Chihuahuense, el que funciona como refugio para una variedad de taxones amplia aislándolos de otras poblaciones por un tiempo prolongado y dando como resultado su eventual especiación, por lo que la región posee una endemividad alta (Mc Coy, 1984; Álvarez & Ojeda, 2019). La población de *Storeria* del Valle de Cuatro Ciénegas se encuentra aislada de otras poblaciones, pues el registro más cercano de este género se encuentra en Saltillo, Coahuila, aproximadamente a 200 km al sureste de Cuatro Ciénegas, por lo tanto, es posible que el tiempo de aislamiento respecto a otras poblaciones sea suficiente para promover su especiación y entonces represente una especie nueva no descrita, como lo propone García-Vázquez et al. (2019). El presente

estudio pretende aclarar el estado taxonómico y la posición filogenética de la población de *Storeria* del Valle de Cuatro Ciénegas respecto a las otras especies del género, con base en evidencia molecular y morfológica.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Realizar una revisión taxonómica de los ejemplares de *Storeria* del Valle de Cuatro Ciénegas, con base en morfología y DNA mitocondrial (mtDNA).

### **Objetivos particulares**

- Determinar la posición filogenética de la población de *Storeria* del Valle de Cuatro Ciénegas, con base en un fragmento del gen de DNA mitocondrial NADH deshidrogenasa subunidad II (ND2).
- Determinar si los ejemplares de *Storeria* del Valle de Cuatro Ciénegas poseen caracteres morfológicos que los distinguen de otras especies.
- Establecer el estatus taxonómico de los ejemplares de *Storeria* del Valle de Cuatro Ciénegas.

## Materiales y métodos

### Caracteres moleculares

Se obtuvieron 22 muestras de tejidos del género *Storeria*: dos de *Storeria* sp. VCC, siete de *S. dekayi*, 11 de *S. storerioides* y tres de *S. occipitomaculata* obtenidas de ejemplares provenientes de diferentes localidades de México y Estados Unidos, obtenidos del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias, UNAM (MZFC) y de la Facultad de Estudios superiores Zaragoza (FESZ) (Cuadro 1; Fig. 1).

Cuadro 1. Localidades de las muestras utilizadas para los análisis filogenéticos moleculares.

| Núm. | Especie                 | Número de Colecta | Localidad   | Procedencia |
|------|-------------------------|-------------------|---|-------------|
| 1    | <i>Storeria</i> sp. VCC | UOGV 2164         | Carretera Cuatro Ciénegas – Nueva Atalaya, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. | MZFC        |
| 2    | <i>Storeria</i> sp. VCC | ANMO 1442         | Carretera Cuatro Ciénegas – Nueva Atalaya, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. | MZFC        |
| 3    | <i>S. dekayi</i>        | ANMO 1655         | Tlanchinol, Hidalgo, México.  | MZFC        |
| 4    | <i>S. dekayi</i>        | ISZ187            | Tlatlauquitepec, Puebla, México.  | MZFC        |
| 5    | <i>S. dekayi</i>        | AMH 122           | Tenango de Doria, PUEBLA, México  | MZFC        |
| 6    | <i>S. dekayi</i>        | JAC 26039         | Tlanchinol, Hidalgo, México   | MZFC        |
| 7    | <i>S. dekayi</i>        | ISZ 24            | Tlatlauquitepec, Puebla, México   | MZFC        |
| 8    | <i>S. dekayi</i>        | KU 290676         | Kansas, USA.  | MZFC        |

| Núm. | Especie                    | Número de Colecta | Localidad   | Procedencia |
|------|----------------------------|-------------------|---|-------------|
| 9    | <i>S. dekeyi</i>           | TNHC<br>66469     | Texas, USA  | MZFC        |
| 10   | <i>S. storerioides</i>     | RICB 21           | Estado de México, México                            | FESZ        |
| 11   | <i>S. storerioides</i>     | RICB 414          | Ajusco, Ciudad de México,<br>México                 | FESZ        |
| 12   | <i>S. storerioides</i>     | UOGV<br>1902      | Magdalena Contreras, Ciudad<br>de México, México    | MZFC        |
| 13   | <i>S. storerioides</i>     | UOGV 737          | Magdalena Contreras, Ciudad<br>de México, México    | MZFC        |
| 14   | <i>S. storerioides</i>     | UOGV<br>3639      | Ejido del Terrero, Minatitlán,<br>Colima, México    | FESZ        |
| 15   | <i>S. storerioides</i>     | JAC 26962         | Carretera Uruapan a Tancítaro,<br>Michoacán, México | MZFC        |
| 16   | <i>S. storerioides</i>     | JAC 28625         | Tapalpa, Jalisco, México                            | MZFC        |
| 17   | <i>S. storerioides</i>     | UOGV<br>2901      | Sierra de Quila, Jalisco, México                    | MZFC        |
| 18   | <i>S. storerioides</i>     | AMNH<br>22675     | Ciudad de México, México.                           | MZFC        |
| 19   | <i>S. storerioides</i>     | JAC 29229         | Chihuahua, México                                   | MZFC        |
| 20   | <i>S. occipitomaculata</i> | JAC 29645         | Tamaulipas, México                                  | MZFC        |
| 21   | <i>S. occipitomaculata</i> | JAC 29763         | Tamaulipas, México                                  | MZFC        |
| 22   | <i>S. occipitomaculata</i> | UOGV 526          | Pabillo, Nuevo León, México                         | MZFC        |

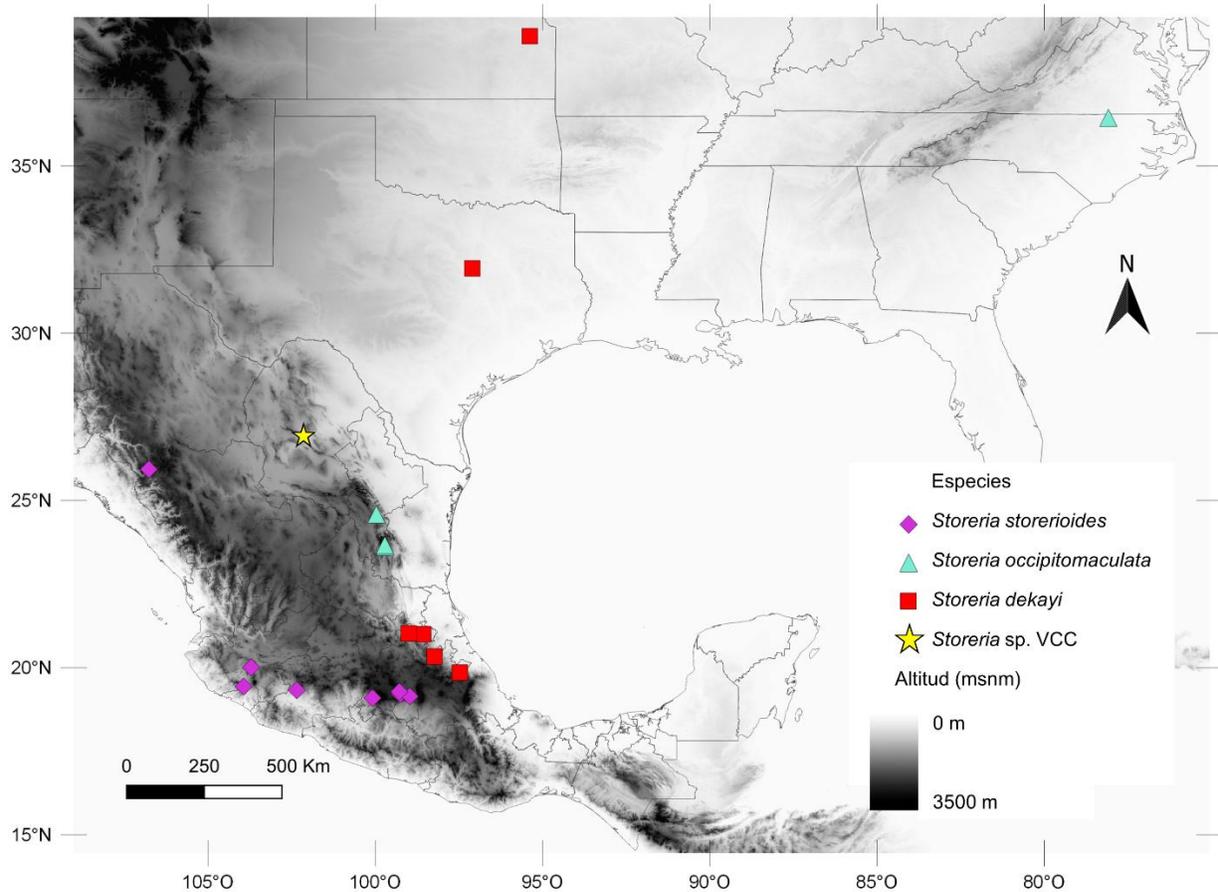


Figura 1. Localidades de las muestras utilizadas en este estudio para análisis filogenéticos moleculares.

**Extracción de DNA.-** La extracción del DNA genómico se realizó mediante la técnica de acetato de amonio a partir de tejido hepático conservado en alcohol (Hillis & Bull., 1993). Una vez realizada la extracción, se visualizó la calidad del DNA mediante la técnica de electroforesis en gel de agarosa, empleando un marcador molecular con marcas cada 100 pb, la visualización del gel se llevó a cabo por medio de un transiluminador de luz ultravioleta.

**Amplificación.-** Se amplificó un fragmento de DNA mitocondrial (mtDNA) del gen NADH deshidrogenasa subunidad 2 (ND2). La amplificación del DNA se realizó por medio de la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) con los primers L4437b (de Queiroz et al., 2002) y H50 (Alfaro y Arnold, 2001) (Cuadro 2). La reacción de PCR incluyó un ciclo de siete minutos de desnaturalización a 94 ° C, seguido de 40 ciclos de desnaturalización a 94 °C, alineamiento por 30 s a 46°C y elongación por un minuto a 72 °C (de Queiroz et al., 2002). Para determinar el tamaño del fragmento amplificado los productos obtenidos se visualizaron en un gel de agarosa al 1% junto con una escalera de peso molecular de 1000 pb.

Cuadro 2. Primers utilizados para la amplificación y secuenciación

| Nombre  | Secuencia del primer                        | Referencia              |
|---------|---|-------------------------|
| L4437-b | 5´-CAG CTA AAA AAG CTA TCG GGC CCA TAC C-3´ | de Queiroz et al., 2002 |
| H50     | 5´ - CGG TGC TAT TTT TAG TGT TGC TA - 3´    | Alfaro y Arnold, 2001   |

**Purificación y Secuenciación.-** Los productos obtenidos de la PCR se purificaron mediante la técnica de Polietilenoglicol (PEG) para conservar solo los fragmentos de interés (Lis, 1980). Posteriormente las muestras purificadas se enviaron a Macro Gen Korea Inc para su secuenciación (Standard- Seq de Macrogen Inc. ©).

**Edición y alineamiento.**- Las secuencias obtenidas se ensamblaron y editaron en el software Secuencer 5.4 (Gene Code Corp, Ann Arbor, USA), posteriormente se alinearon mediante el algoritmo de Muscle (Edgar, 2004) incluido en el programa MEGA X (Kummar, 2018).

**Modelo de evolución y esquema de partición.**- Con el alineamiento obtenido se determinó el esquema de partición y el modelo de sustitución de nucleótidos que mejor se ajustaron a los datos, la búsqueda se realizó bajo el criterio de información Aikaike corregido (AICC) y se utilizó el algoritmo de búsqueda greedy, en el programa Partition Finder v2.1.1 (Lanfear et al., 2016).

### **Reconstrucción filogenética**

Para generar una hipótesis de las relaciones evolutivas se utilizaron dos métodos de inferencia filogenética, un análisis bayesiano y un análisis de máxima verosimilitud. Adicional a las secuencias generadas, se obtuvieron de la plataforma publica GenBank (Sayers et al., 2021) una secuencia de *Storeria occipitomaculata* de Estados Unidos y una de *Regina rígida* (Say, 1825), ésta última se utilizó como grupo externo para enraizar los árboles.

**Análisis bayesiano.** Se utilizó el esquema de partición y el modelo de sustitución de nucleótidos sugerido por PartitionFinder (Posición 1: HKY+I, Posición 2: F81+I, Posición

3: GTR+G). Se ejecutó un análisis bayesiano mediante el programa Mr. Bayes 3.2 (Ronquist, 2012), se corrieron dos cadenas independientes durante 20 millones de generaciones, los árboles se guardaron cada 5000 generaciones. Para determinar la convergencia de las cadenas los resultados se evaluaron en el programa Tracer v1.10.4 (Rambaut et al., 2018), los árboles obtenidos se combinaron en el programa LogCombiner v1.10.4 (Rambaut et al., 2018). Con base en los árboles generados se obtuvo el árbol de máxima credibilidad en el programa TreeAnnotator v1.10.4 (Rambaut et al., 2018) tras eliminar el 25 % de los árboles generados como burning. Los clados considerados como bien soportados fueron aquellos con una probabilidad posterior (PP) igual o mayor a 0.95.

**Análisis de Máxima verosimilitud:** Se realizó un análisis de máxima verosimilitud en el software RAxML 8 (Stamatakis, 2014) bajo el modelo GTRGAMMA para las particiones definidas por Partition Finder v2.1.1 (Posición 1 = 1-566\3; Posición 2= 2-566\3; Posición 3 = 3-566\3) (Lanfear et al., 2016), se realizó una búsqueda heurística con 1000 repeticiones. El soporte de los nodos se evaluó mediante un bootstrap no paramétrico de 1000 réplicas y los nodos considerados como bien soportados fueron aquellos con valores de Bootstrap (Bs) iguales o mayores a 70 (Hillis y Bull, 1993). Los árboles obtenidos de ambos análisis se visualizaron y editaron en el programa Figtree v1.4.4 (Rambaut, 2018).

## **Distancias genéticas**

Se realizó un análisis de distancias genéticas por grupos en el programa MEGA X (Kumar et al., 2018), esto con el propósito de calcular el grado de divergencia entre las secuencias disponibles, para ello se utilizó el modelo de Kimura-2 (Kimura, 1980). Esta distancia se muestra como un porcentaje en el que 0 significa que no hay divergencia y 100 que las secuencias son completamente diferentes entre sí.

## **Morfología**

Se revisaron diez ejemplares de *Storeria* del Valle de Cuatro Ciénegas (*Storeria* sp. VCC) recolectados en Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. Así mismo se revisaron 13 ejemplares de *Storeria dekayi*, 16 de *S. storerioides* y siete de *S. occipitamaculata* depositados en el Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias, UNAM (MZFC) y del Museo de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM (MZFZ) (Cuadro 3, Fig. 2) para comparar la morfología entre las especies y determinar si *Storeria* sp. VCC presenta diferencias morfológicas que la distingan de las otras especies. Los caracteres de *Storeria victa* se tomaron de la literatura, pues en los museos no se contaban con ejemplares de esta especie.

Cuadro 3. Muestras de *Storeria* utilizadas para la revisión de morfología y comparación.

| Núm. | Especie                 | Num. de Museo | Num. Colecta | Localidad   |
|------|-------------------------|---------------|--------------|---|
| 1    | <i>Storeria sp. VCC</i> | MZFC 29641    | UOGV 1996    | Carretera Cuatro Ciénegas – Nueva Atalaya, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. |
| 2    | <i>Storeria sp. VCC</i> | MZFC 29642    | UOGV 1997    | Carretera Cuatro Ciénegas – Nueva Atalaya, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. |
| 3    | <i>Storeria sp. VCC</i> | MZFC 29643    | UOGV 1998    | Carretera Cuatro Ciénegas – Nueva Atalaya, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. |
| 4    | <i>Storeria sp. VCC</i> |               | UOGV 1999    | Carretera Cuatro Ciénegas – Nueva Atalaya, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. |
| 5    | <i>Storeria sp. VCC</i> | MZFC 29645    | UOGV 2000    | Carretera Cuatro Ciénegas – Nueva Atalaya, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. |
| 6    | <i>Storeria sp. VCC</i> | MZFC 29646    | UOGV 2001    | Carretera Cuatro Ciénegas – Nueva Atalaya, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. |
| 7    | <i>Storeria sp. VCC</i> | MZFC 29647    | UOGV 2002    | Carretera Cuatro Ciénegas – Nueva Atalaya, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. |
| 8    | <i>Storeria sp. VCC</i> |               | UOGV 2005    | Carretera Cuatro Ciénegas – Nueva Atalaya, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. |
| 9    | <i>Storeria sp. VCC</i> | MZFC 29651    | UOGV 2164    | Carretera Cuatro Ciénegas – Nueva Atalaya, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. |
| 10   | <i>Storeria sp. VCC</i> | MZFC 29652    | ANMO 1442    | Carretera Cuatro Ciénegas – Nueva Atalaya, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. |
| 11   | <i>Storeria dekayi</i>  | MZFC 21022    | MMM 694      | Hidalgo, México.  |

| Núm. | Especie                          | Num. de Museo | Num. Colecta | Localidad   |
|------|----------------------------------|---------------|--------------|---|
| 12   | <i>Storeria dekayi</i>           | MZFC 14227    | AMH 123      | Tenango de Doria, Hidalgo, México.                                  |
| 13   | <i>Storeria dekayi</i>           | -             | AEVB 020     | Ahuacatlán, Carretera Ahuacatlán - Tepango, Puebla, México.         |
| 14   | <i>Storeria dekayi</i>           | MZFC 21019    | OFV 242      | Arroyo Apantlazol, Tlanchinol, Hidalgo, México.                     |
| 15   | <i>Storeria dekayi</i>           | MZFC 21020    | OFV 247      | Arroyo Apantlazol, Tlanchinol, Hidalgo, México.                     |
| 16   | <i>Storeria dekayi</i>           | MZFC 19275    | JAC 24631    | Carretera El Lobo-La Vuelta, Landa de Matamoros, Querétaro, México. |
| 17   | <i>Storeria dekayi</i>           | MZFC 14226    | AMH 122      | Tenango de Doria, Hidalgo, México.                                  |
| 18   | <i>Storeria dekayi</i>           | MZFC 21021    | OFV 248      | Tlanchinol, Hidalgo, México.  |
| 19   | <i>Storeria dekayi</i>           | MZFC 21126    | MMM          | Zoquizoquipan, Hidalgo, México.                                     |
| 20   | <i>Storeria dekayi</i>           | MZFC 21258    | -            | Hidalgo, México   |
| 21   | <i>Storeria dekayi</i>           | -             | ANMO 4345    | -   |
| 22   | <i>Storeria dekayi</i>           | -             | ANMO 04322   | -   |
| 23   | <i>Storeria dekayi</i>           | -             | ANMO 04380   | -   |
| 24   | <i>Storeria occipitomaculata</i> | MZFC 95354    | FMQ 2307     | Mimbres, Nuevo León, México   |
| 25   | <i>Storeria occipitomaculata</i> | MZFC 08530    | FMO 3235     | Gómez Farias, Tamaulipas, México                                    |
| 26   | <i>Storeria occipitomaculata</i> | MZFC 21133    | FMQ 3297     | Zoquizoquipan, Hidalgo, México.                                     |

| Núm. | Especie                          | Num. de Museo | Num. Colecta | Localidad  |
|------|----------------------------------|---------------|--------------|--|
| 27   | <i>Storeria occipitomaculata</i> | MZFC 07493    | FMQ 3038     | Zoquizoquipan, Hidalgo, México.                            |
| 28   | <i>Storeria occipitomaculata</i> | MZFC 11301    | GSB 112      | San Francisco, San Luis Potosí, México.                    |
| 29   | <i>Storeria occipitomaculata</i> | MZFC 13690    | EPR 1070     | Zaragoza, San Luis Potosí, México.                         |
| 30   | <i>Storeria storerioides</i>     | -             | MFO 43       | Chapa de Mota, Estado de México, México                    |
| 31   | <i>Storeria storerioides</i>     | -             | IDLH 317     | Guerrero, México   |
| 32   | <i>Storeria storerioides</i>     | -             | RICB 21      | Reserva el Peñon, Valle de Bravo, Estado de México, México |
| 33   | <i>Storeria storerioides</i>     | -             | MFO 908      | Huitzilac, Tres Marías, Morelos, México.                   |
| 34   | <i>Storeria storerioides</i>     | -             | MFO 909      | Huitzilac, Tres Marías, Morelos, México.                   |
| 35   | <i>Storeria storerioides</i>     | -             | MFO 910      | Huitzilac, Tres Marías, Morelos, México.                   |
| 36   | <i>Storeria storerioides</i>     | -             | MFO 911      | Huitzilac, Tres Marías, Morelos, México.                   |

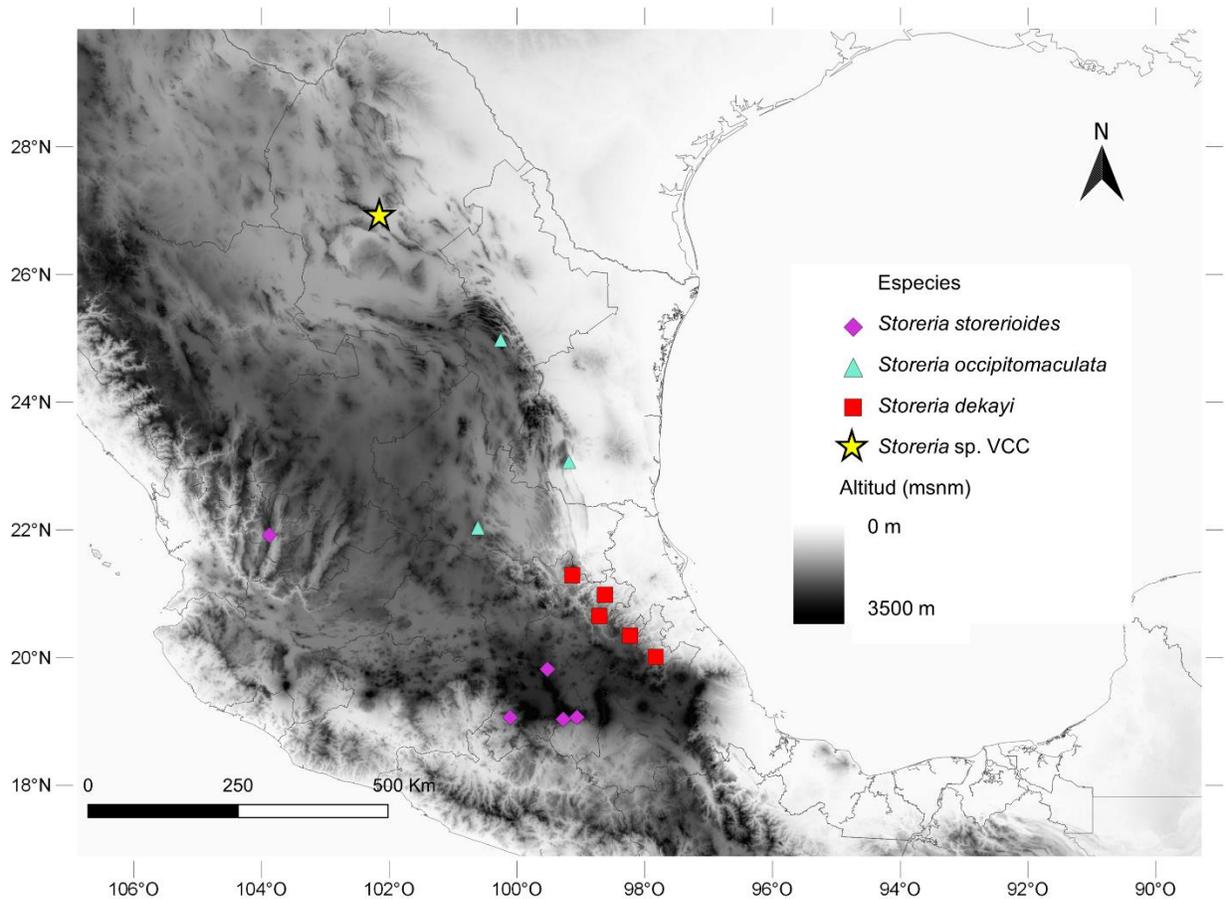


Figura 2. Localidades de las muestras utilizadas para la revisión morfológica de *Storeria* en este estudio.

### Caracteres merísticos

Con ayuda de un estereoscopio se revisaron los caracteres sugeridos por Trapido (1944) y Anderson (1961) que incluyen el número de escamas de la cabeza (internasales, nasales, postoculares, supralabiales, infralabiales, parietales y gulares) (Fig. 3) y el número de las escamas del cuerpo (ventrales, subcaudales y número de filas en las que

se encuentra arregladas las escamas dorsales). Los caracteres bilaterales se contabilizaron de ambos lados de la cabeza, del total de la muestra (n = 10) se obtuvo el valor mínimo, el valor máximo, el promedio y el error estándar.

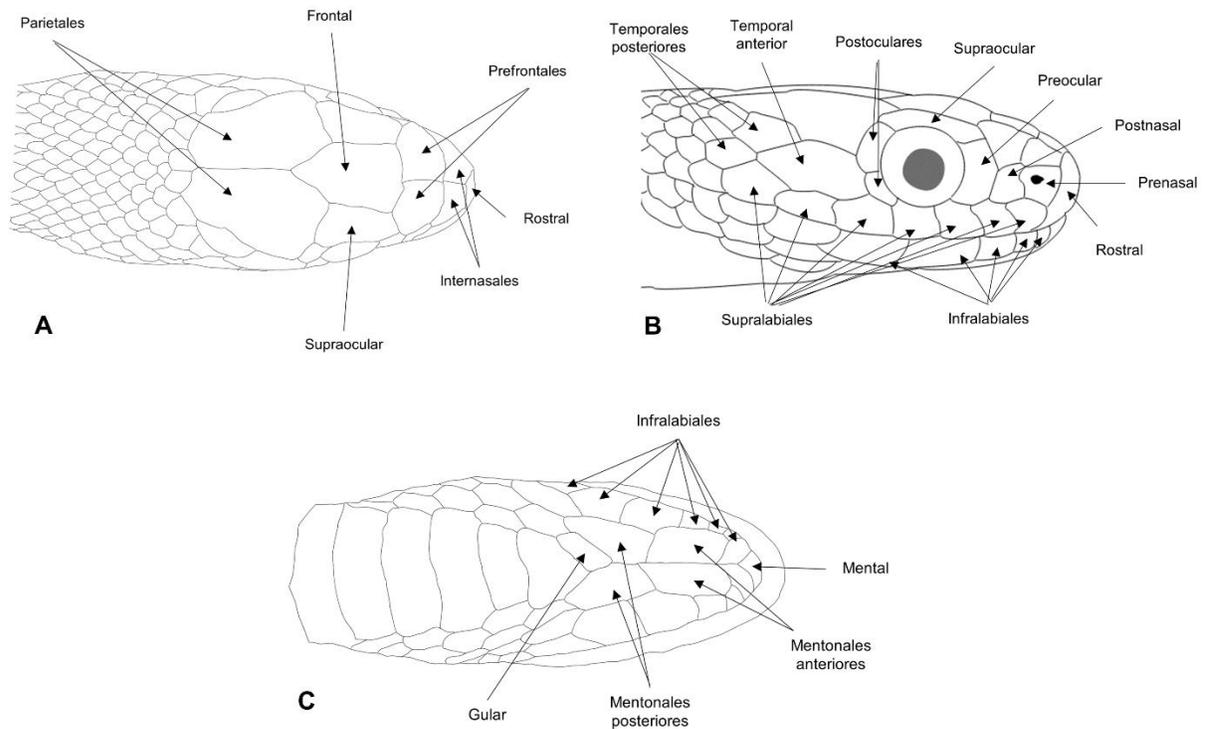


Figura 3. Escutelación de la cabeza en el género *Storeria*: A) Vista dorsal, B) Vista Lateral, C) Vista ventral.

### Caracteres morfométricos

Se revisaron seis caracteres morfométricos para evaluar si existen diferencias en el tamaño entre los ejemplares examinados. Las mediciones se realizaron con un vernier

digital con una precisión de 0.1 mm (Mitutoyo), los caracteres que se tomaron en cuenta son los siguientes:

- Longitud Hocico–Cloaca (LHC): Longitud que abarca desde la punta del hocico hasta la parte posterior de la cloaca al final de la escama cloacal.
- Longitud de la Cola (LC): Abarca desde la parte posterior de la cloaca hasta el final de la cola.
- Longitud total (LT): La suma de la Longitud Hocico–Cloaca y la Longitud de la Cola.
- Longitud de la cabeza (LCa): Longitud de la escama rostral hasta la sutura posterior de la escama parietal.
- Proporción Longitud de la Cabeza / Longitud total (PCaL): Porcentaje que representa la longitud que ocupa la cabeza con respecto a la Longitud Total.
- Proporción de la Cola /Longitud total (PCL): Porcentaje que representa la proporción que ocupa la longitud de la Cola con respecto a la Longitud Total.

Los caracteres morfométricos se tomaron a cada uno de los diez ejemplares de *Storeria* sp. VCC y de los ejemplares de otras especies, de cada medida se obtuvieron sus mínimos, máximos y sus promedios muestrales ( $\bar{x}$ ), las longitudes se tomaron en milímetros (mm) y las proporciones se representan como un porcentaje (%) de la longitud obtenida del carácter revisado, con respecto al total del cuerpo.

## **Comparación**

Para determinar si existían diferencias significativas, se compararon los ejemplares de *Storeria* sp. VCC con respecto a otras especies por medio de una Prueba de T para dos muestras independientes, esta prueba consistió en comparar las medias de dos poblaciones independientes dando un valor estadístico (Valor T calculado), comparándolo con un valor de referencia (Valor T crítico) y con un valor de confianza (valor P), si el valor T calculado fue mayor al Valor T crítico se determinó que las medias de ambas poblaciones son diferentes siempre y cuando que el Valor P fue menor a 0.05, esta prueba se realizó en el paquete de análisis de datos incluido en Excel (Microsoft corporation, 2018).

## **Coloración**

La descripción del color se realizó comenzando por la vista dorsal desde la cabeza hasta la cola, posteriormente en vista ventral desde la cabeza hasta la cola, se siguieron las definiciones de color de Köhler (2012).

Respecto a la coloración de la cabeza, se tomaron en cuenta las variaciones descritas por Trapido (1944) y Anderson (1961), de acuerdo con estos autores el patrón de coloración de la cabeza distingue a las subespecies de *S. dekayi*, por lo que el patrón de coloración en la cabeza de los ejemplares de *S. dekayi* y de *Storeria* sp. VCC se comparó con los patrones descritos por estos autores, para determinar si coincidían con el de alguno de las subespecies descritas (Fig. 4).

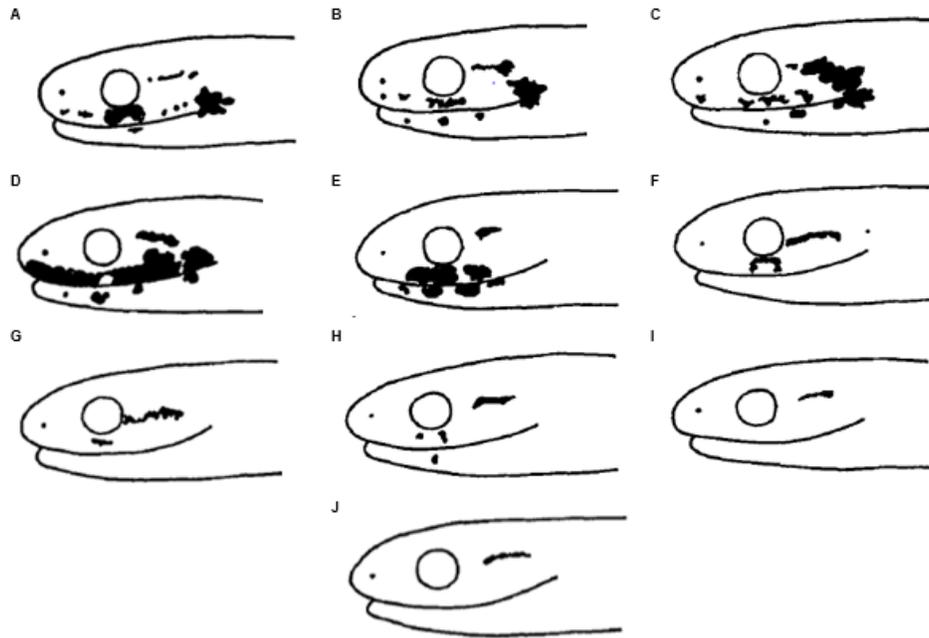


Figura 4. Variación en el patrón de manchas de la cabeza de las subespecies de *Storeria dekayi* (Anderson, 1961): A, B, C y D *S. d. texana*; E *S. d. dekayi*; F, G y H *S. d. limnetes*; I y J *S. d. temporalineata*.

## Dentición

El conteo de la dentición se realizó extrayendo la maxila y el ectopterigoideo de tres ejemplares de *Storeria* sp. VCC (MZFC 29641, MZFC 29645 y MZFC 29651) con un bisturí y pinzas para tejido, posteriormente se colocaron en una solución de Hidróxido de Potasio (KOH) al 2% para limpiar el tejido residual de las maxilas, se dejaron secar por diez minutos antes de observarlas con ayuda de un estereoscopio y se contabilizaron las piezas dentales o bien los orificios donde estos se encontraban insertados.

## Resultados

### Reconstrucción filogenética

El producto final del alineamiento fue de 566 pares de bases. En ambos análisis se obtuvieron topologías similares (Figs. 5 y 6), el clado conformado por *S. dekayi* de Estados Unidos (Clado A), *Storeria* sp. VCC (Clado B) y *S. dekayi* de la Sierra Madre Oriental (Clado C) (A,(B,C)) representa el grupo hermano de los haplotipos de *S. storerioides* (Clado D) + *S. occipitamaculata* (Clado E) ((A,(B,C), (D,E)); la relación de los clados D y E únicamente se soporta en la hipótesis filogenética obtenida del análisis de Máxima Verosimilitud (Bs= 86, PP = 0.66). En particular, el clado A es hermano del clado compuesto por los clados B y C (Bs= 84, PP= 0.982) esta relación se encuentra bien soportada en ambas hipótesis filogenéticas (Bs= 98, PP= 1). *S. dekayi* es parafilética son respecto a los haplotipos de *Storeria* sp. VCC que a su vez representan un clado bien soportado (Bs= 100, PP= 0.99).

En lo que respecta al clado D, *Storeria storerioides* representa un grupo monofilético bien soportado en ambas hipótesis filogenéticas (Bs= 99, PP= 1), hermano del clado E (Bs= 100, PP= 1) formado por el haplotipo de *S. occipitamaculata* de Carolina del Norte, que a su vez representa el grupo hermano de los tres haplotipos de *S. occipitamaculata* de la Sierra Madre Oriental.

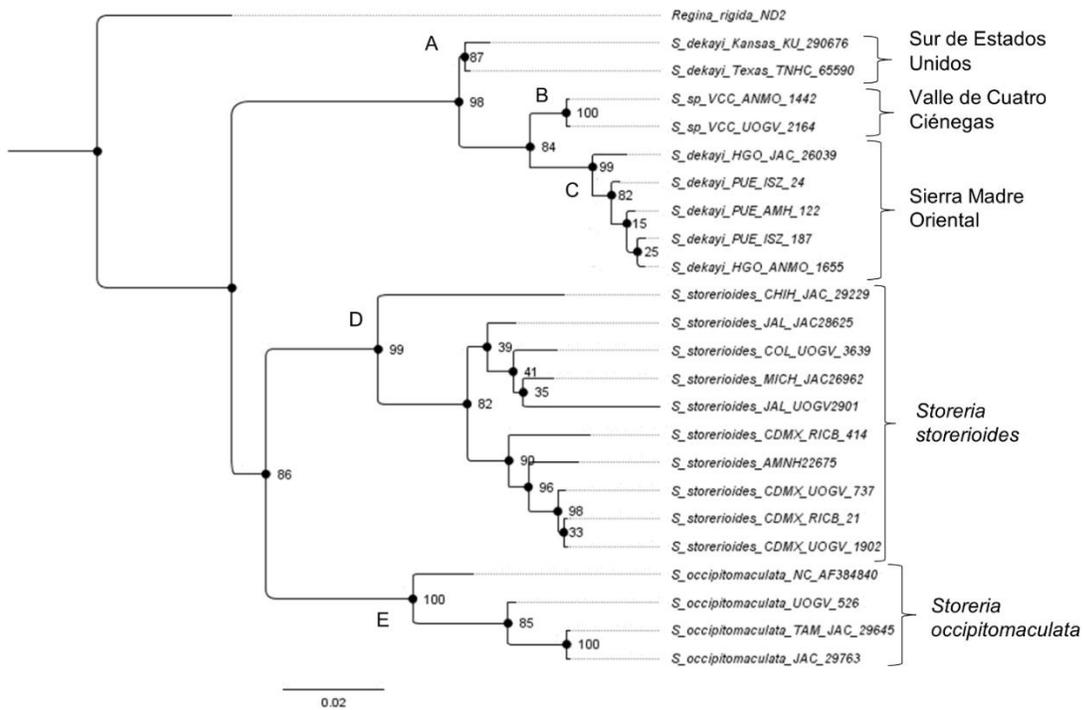


Figura 5. Árbol filogenético de máxima verosimilitud, los nodos representan el valor de Bootstrap.

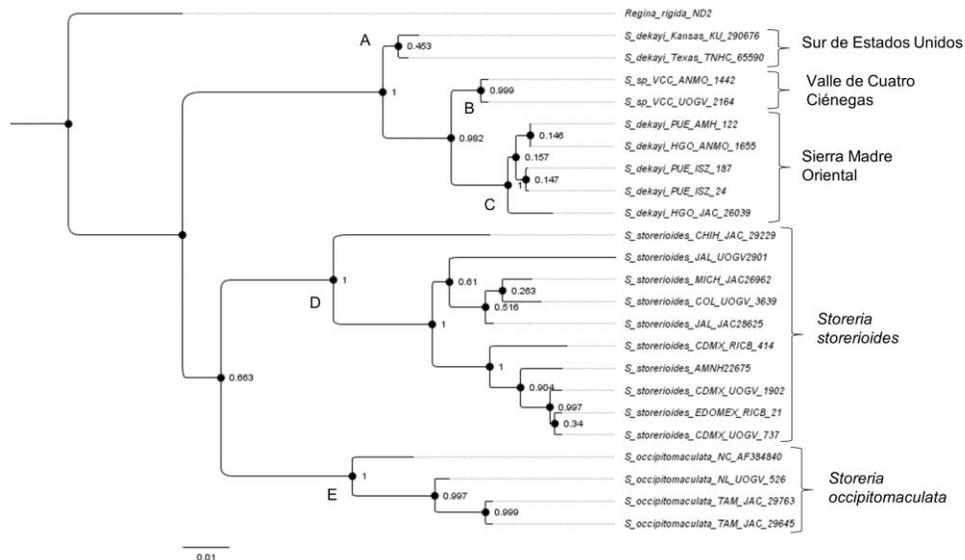


Figura 6. Árbol de máxima credibilidad obtenido de la inferencia bayesiana, los nodos indican la probabilidad posterior.

## Distancias genéticas

Las distancias genéticas por grupos (Cuadro 4) indican que existe una divergencia genética en *Storeria* sp. VCC de 2.24% con respecto a las muestras de *S. dekayi* de la Sierra Madre Oriental y de 2.27% con respecto de las muestras del sur de Estados Unidos, mientras que la distancia respecto a *S. storerioides* es de 10.6 % y de 10% con *S. occipitamaculata*.

Cuadro 4. Matriz de distancias genéticas de *Storeria* sp VCC con respecto a otras especies del género *Storeria*.

|                            | <i>S. sp. VCC</i> | <i>S. dekayi</i> SMOr | <i>S. dekayi</i> Sur EU | <i>S. storerioides</i> | <i>S. occipitamaculata</i> |
|----------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|
| <i>S. sp. VCC</i>          | 0 %               |                       |                         |                        |                            |
| <i>S. dekayi</i> SMOr      | 2.4 %             | 0 %                   |                         |                        |                            |
| <i>S. dekayi</i> Sur EU    | 2.7 %             | 3.4 %                 | 0 %                     |                        |                            |
| <i>S. storerioides</i>     | 10.6 %            | 11.2 %                | 9.3 %                   | 0 %                    |                            |
| <i>S. occipitamaculata</i> | 10 %              | 9.7 %                 | 8.2 %                   | 6.5 %                  | 0 %                        |

## Caracteres merísticos

**Escutelación.-** Los diez ejemplares examinados de *Storeria* sp. VCC presentaron las escamas dorsales quilladas y en arreglos de 17 filas a excepción de MZFC 29645 donde se presentaron en arreglo de 15 filas en la parte proximal a la cabeza y organizadas en 16 hileras en la parte distal en los ejemplares UOGV 2005 y en MZFC 29641; presentaron 128-136 ventrales,  $\bar{x} = 132.4$ , con la escama cloacal dividida y 44-59 sub caudales  $\bar{x}$

=53.6. El segundo par de escamas mentonales se encuentra separado por dos escamas gulares en el 7 de los 10 ejemplares examinados; escama loreal ausente; 7/6-7 supralabiales,  $\bar{x} = 7/6.9$ ; 6-7/6-8 infralabiales,  $\bar{x} = 6.8/ 7$ ; 1/1 preocular,  $\bar{x} = 1/1$ , 2-3/2-3 posoculares  $\bar{x} = 2.1/2.2$ ; 1/1 prenasal  $\bar{x} = 1/1$ ; 1-2/1-2 postnasales  $\bar{x} = 1.1/1.1$  (Cuadros 5 y 6).

Cuadro 5. Caracteres merísticos de los ejemplares de *Storeria* sp. VCC.

| Tipo de escama                      | UOGV 2005 | MZFC 29643 | UOGV 1999 | MZFC 29645 | MZFC 29641 | MZFC 29652 | MZFC 29646 | MZFC 29642 | MZFC 29647 | MZFC 29651 |
|-------------------------------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Filas Dorsales proximal a la cabeza | 17        | 17         | 17        | 15         | 17         | 17         | 17         | 17         | 17         | 17         |
| Filas Dorsales medio cuerpo         | 17        | 17         | 17        | 17         | 17         | 17         | 17         | 17         | 17         | 17         |
| Filas Dorsales distal de la cabeza  | 16        | 17         | 17        | 17         | 16         | 17         | 17         | 17         | 17         | 17         |
| Ventrales                           | 128       | 128        | 131       | 133        | 136        | 136        | 131        | 138        | 135        | 128        |
| Subcaudales                         | 48        | 56         | 55        | 44         | 56         | 56         | 59         | 53         | 55         | 53         |
| Sup. Lab. Der.                      | 7         | 7          | 7         | 7          | 7          | 7          | 7          | 6          | 7          | 7          |
| Sup. Lab. Izq.                      | 7         | 7          | 7         | 7          | 7          | 7          | 7          | 7          | 7          | 7          |
| Inf. Lab. Der                       | 7         | 8          | 7         | 6          | 7          | 8          | 7          | 6          | 7          | 7          |
| Inf. Lab. Izq.                      | 7         | 7          | 7         | 6          | 7          | 7          | 7          | 6          | 7          | 7          |
| Gulares                             | 1         | 2          | 2         | 2          | 2          | 1          | 2          | 2          | 1          | 2          |
| Postoculares Der.                   | 2         | 2          | 2         | 2          | 3          | 2          | 2          | 2          | 2          | 3          |
| Postoculares Izq.                   | 2         | 2          | 2         | 2          | 3          | 2          | 3          | 1          | 2          | 2          |
| Postnasales Der.                    | 1         | 1          | 1         | 1          | 1          | 1          | 2          | 1          | 1          | 1          |
| Postnasales Izq.                    | 1         | 1          | 1         | 1          | 1          | 2          | 1          | 1          | 1          | 1          |

Cuadro 6. Promedios, mínimo y máximos del número de escamas.

| Escama                              | Promedio      | Mínimo | Máximo |
|-------------------------------------|---------------|--------|--------|
| Filas Dorsales proximal a la cabeza | 16.8 ± 0.2    | 15     | 17     |
| Filas Dorsales medio cuerpo         | 17 ± 0        | 17     | 17     |
| Filas Dorsales distal de la cabeza  | 16.8 ± 0.133  | 16     | 17     |
| Ventrales                           | 132.4 ± 1.185 | 128    | 138    |
| Subcaudales                         | 53.5 ± 1.392  | 44     | 59     |
| Supralabiales Derecho               | 6.9 ± 0.1     | 6      | 7      |
| Supralabiales Izquierdo             | 7 ± 0         | 7      | 7      |
| Infralabiales Derecho               | 7 ± 0.211     | 6      | 8      |
| Infralabiales Izquierdo             | 6.8 ± 0.133   | 6      | 7      |
| Gulares                             | 1.7 ± 0.153   | 1      | 2      |
| Posoculares Derecho                 | 2.2 ± 0.133   | 2      | 3      |
| Posoculares Izquierdo               | 2.1 ± 0.18    | 1      | 3      |
| Posnasales Derecho                  | 1.1 ± 0.1     | 1      | 2      |
| Posnasales Derecho                  | 1.1 ± 0.1     | 1      | 2      |

### Caracteres morfométricos

Se obtuvieron cuatro medidas de los ejemplares de *Storeria* sp. VCC (Cuadro 7), tomando como referencia las medidas obtenidas se obtuvieron dos proporciones, la proporción Cola / Cuerpo (PCC) que representa el tamaño de la cola con respecto al tamaño total del cuerpo, la proporción de Cabeza / Cuerpo que representa el tamaño de la cabeza en relación con el tamaño total, de las medidas se obtuvieron los mínimos, máximos y el promedio con su error estándar asociado (Cuadro 8).

Cuadro 7. Caracteres morfométricos tomados de los ejemplares de *Storeria* sp. VCC: longitud hocico-cloaca (LHC), longitud de la cola (LC), longitud de la cabeza (LCa), longitud total (LT), proporción cola / cuerpo (PCC) y proporción cabeza / cuerpo (PCaC).

| Núm. de catálogo | LHC (mm) | LC (mm) | LCa (mm) | LT (mm) | PCC (%) | PCaC (%) |
|------------------|----------|---------|----------|---------|---------|----------|
| UOGV 2005        | 177.7    | 41.3    | 7.07     | 219     | 18.86   | 3.23     |
| MZFC 29643       | 205.7    | 58.9    | 9.1      | 264.6   | 22.26   | 3.44     |
| UOGV 1999        | 194.4    | 58.8    | 7.36     | 253.2   | 23.22   | 2.91     |
| MZFC29645        | 189.8    | 53.2    | 8.01     | 243     | 21.89   | 3.30     |
| MZFC 29641       | 190      | 56.6    | 7.48     | 246.60  | 22.95   | 3.03     |
| MZFC 29652       | 238.8    | 69.2    | 8        | 308     | 22.47   | 2.60     |
| MZFC 29646       | 165.2    | 48.8    | 9.16     | 214     | 22.80   | 4.28     |
| MZFC 29642       | 172.4    | 56.6    | 8.6      | 229     | 24.72   | 3.76     |
| MZFC 29647       | 193.32   | 61.68   | 8.45     | 255     | 24.19   | 3.31     |
| MZFC 29651       | 178.24   | 49.76   | 9.2      | 228     | 21.82   | 4.04     |

Cuadro 8. Mínimos, máximos y Promedios con error estándar de los caracteres morfométricos obtenidos de los ejemplares de *Storeria* sp. VCC.

| Carácter                          | Mínimo   | Máximo   | Promedio ( $\bar{x}$ ) |
|-----------------------------------|----------|----------|------------------------|
| Longitud Hocico-cloaca (LHC)      | 165.2 mm | 238.8 mm | 190.55 mm $\pm$ 6.56   |
| Longitud de la Cola (LC)          | 41.3 mm  | 69.2 mm  | 55.48 mm $\pm$ 2.44    |
| Longitud de la Cabeza (LCa)       | 7.36 mm  | 9.2 mm   | 8.36 mm $\pm$ 0.25     |
| Longitud Total (LT)               | 214 mm   | 308 mm   | 246.06 mm $\pm$ 8.63   |
| Proporción cola / Cuerpo (PCC)    | 18.85 %  | 24.71 %  | 22.51 % $\pm$ 0.5%     |
| Proporción Cabeza / Cuerpo (PCaC) | 2.5 %    | 4.28 %   | 3.4 % $\pm$ 0.16       |

## Coloración

El patrón de coloración en *Storeria* sp. VCC en el dorso es de un color Gris ahumado (266) , en el vientre la coloración es crema (261) y están ausentes las manchas oscuras desde la escama mental hasta la cola (285), en la cabeza las escamas parietales, rostrales y supraoculares tienen pequeñas manchas marrón oscuro (285) que a simple vista le dan a esta parte de la cabeza una tonalidad más oscura que el resto del cuerpo, en la vista lateral no se encontraron manchas en las escamas labiales y temporales (Fig. 7).

## Comparación con otras especies

Derivado de la revisión de los ejemplares se encontraron características morfológicas que distinguen a *Storeria* sp. VCC de las otras especies del género (Cuadro 9).

Cuadro 9. Caracteres y estados de carácter morfológicos de las especies del género *Storeria*.

| Caracter                         | Filas de Escamas dorsales | Loreal   | Supralabiales | Preoculares | $\bar{x}$ Long. Total (mm) | Coloración corporal                              |
|----------------------------------|---------------------------|----------|---------------|-------------|----------------------------|--|
| <i>Storeria storerioides</i>     | 15                        | Presente | 7             | 2           | 229.56                     | Gris oscuro, vientre claro con manchas pequeñas. |
| <i>Storeria occipitomaculata</i> | 15                        | Ausente  | 6             | 2           | 236.14                     | Dorso gris o marrón, vientre rojizo o rosado.    |

| Caracter                | Filas de Escamas dorsales | Loreal  | Supralabiales | Preoculares | $\bar{x}$ Long. Total (mm) | Coloración corporal   |
|-------------------------|---------------------------|---------|---------------|-------------|----------------------------|---|
| * <i>Storeria victa</i> | 15                        | Ausente | 7             | 1           | -                          | Dorso marrón con manchas oscuras, vientre claro con manchas   |
| <i>Storeria dekayi</i>  | 17                        | Ausente | 7             | 1           | 325                        | Dorso gris, marrón o marrón rojizo, vientre claro con manchas |
| <i>Storeria</i> sp. VCC | 17                        | Ausente | 7             | 1           | 245.98                     | Dorso gris ahumado, vientre crema sin manchas.                |

\* Tomado de Trapido (1944).

Los ejemplares examinados de *Storeria* sp. VCC se diferencian de *S. storerioides* por la ausencia de la escama loreal, de *S. occipitomaculata*, *S. storerioides* y *S. victa* por poseer un arreglo de 17 hileras de escamas dorsales (15 hileras de escamas dorsales en *S. occipitomaculata*, *S. storerioides* y *S. victa*). Si bien, la población de *Storeria* sp. VCC comparte la mayoría de los caracteres morfológicos con las poblaciones de *S. dekayi* de la Sierra Madre Oriental, *Storeria* sp. VCC presenta algunos caracteres que la distinguen de ellas, por ejemplo, se diferencia por ser de menor tamaño, por poseer una coloración más clara respecto a *S. dekayi* de la Sierra Madre Oriental, además tienen las escamas labiales claras y sin manchas, a diferencia de los ejemplares de *S. dekayi* que presentan manchas oscuras (Fig. 7).

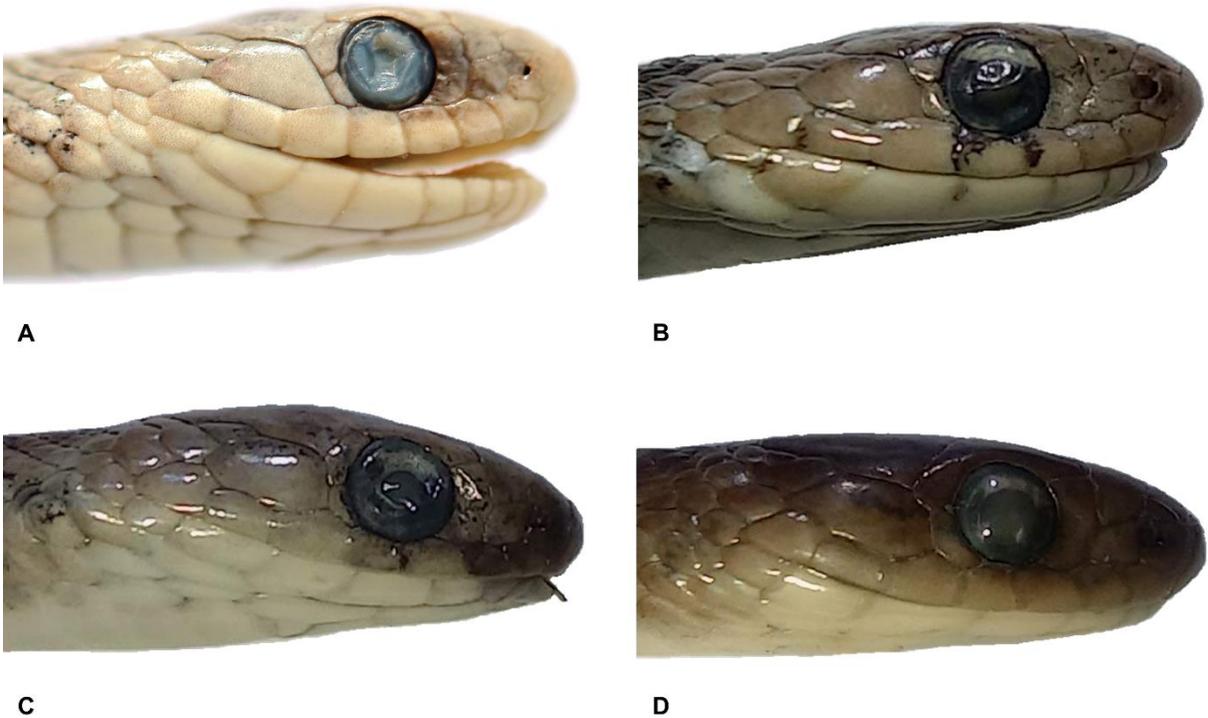


Figura 7. Comparación en el patrón de coloración de la cabeza de los ejemplares examinados: A *Storeria* sp. VCC (MZFC 29652), B - D *Storeria dekayi* (MZFC 21021; MZFC 14227; AEVB 20).

Con respecto a la longitud total existe una diferencia entre las medias de los especímenes revisados de *Storeria* sp. VCC y *S. dekayi*, donde se encontró que la diferencia entre las medias de ambas es estadísticamente significativa (T calculada = 4.64, T crítico = 2.093, P = 0.0001).

#### **Asignación taxonómica de *Storeria* sp. VCC.**

En las relaciones filogenéticas se encontró que *Storeria* sp. VCC conforma un clado monofilético bien soportado, el cual es el grupo hermano de las muestras de *Storeria*

*dekayi* de la Sierra Madre Oriental, que tradicionalmente se consideraban como *Storeria dekayi temporalineata* (Trapido, 1944; Anderson, 1961).

*Storeria* sp. VCC se distingue morfológicamente de su grupo hermano por la combinación de las siguientes características: una coloración gris ahumado en el dorso, color crema en el vientre y la ausencia de las manchas oscuras en las escamas labiales. Además de ser de menor tamaño (214-308 mm,  $\bar{x}$  = 245.98 mm). Con base en la evidencia anterior, *Storeria* sp. VCC se puede distinguir morfológicamente del resto de las poblaciones de *Storeria* conocidas, por lo que se determinó que es una especie nueva no descrita.

#### **Descripción de *Storeria* sp. VCC.**

**Designación de un ejemplar portador del nombre.-** MZFC 29652 (Número de campo ANMO 1442), macho adulto recolectado en la Carretera Cuatro Ciénegas – Nueva Atalaya (26.918988° N; 102.136227° O), altitud 746 msnm. Recolectado por A. Contreras-Arquieta, U. O. García-Vázquez y A. A. Mendoza-Hernández el 9 de julio de 2008.

**Otros ejemplares.** - Nueve ejemplares recolectados en la misma localidad que el ejemplar portador del nombre: dos hembras: UOGV 2005 (núm. de colección no asignado) y MZFC 29645; ocho machos: UOGV 1999 (núm. de colección no asignado), MZFC 29641, MZFC 29642, MZFC 29643, MZFC29645, MZFC 29646, MZFC 29647, MZFC 29651).

**Diagnósis.-** *Storeria* sp. VCC se diferencia de *S. storerioides* por la ausencia de la escama loreal (escama loreal presente en *S. storerioides*); de *S. occipitamaculata*, *S. storerioides* y *S. victa* por poseer un arreglo de 17 hileras de escamas dorsales (15 hileras de escamas dorsales en *S. occipitamaculata*, *S. storerioides* y *S. victa*); de *S. dekayi* se puede diferenciar por presentar un tamaño menor (LT máxima de 308 mm vs LT máxima de 430 mm en *S. dekayi*) y por poseer una coloración más clara en el cuerpo, sin marcas oscuras en las escamas supralabiales (marcas oscuras presentes en *S. dekayi*).

**Descripción del ejemplar portador del nombre.-** (MZFC 29652; Figs. 8 y 9).- Macho adulto con LT = 308 mm, LHC = 239 mm, cola de 69 mm (22.4 % de la LT). Escamas dorsales quilladas organizadas en 17-17-17 hileras alrededor del cuerpo, 136 escamas ventrales, 56 subcaudales distribuidas en dos hileras, escama anal dividida. La forma de la cabeza es obtusa con una longitud de 8 mm, ancho de 5.4 mm distinguible del cuerpo (3.35 % de la LHC). La escama rostral es más larga que ancha (2.1 mm de largo y 1.3 mm de ancho), 1/1 internasales, 1/1 prefrontales, una escama media frontal, 1/1 supraoculares, 1/1 parietales, 1/1 prenasales, 1/1 postnasales, las narinas se encuentran entre la sutura de las escamas prenasales y postnasales, 1/1 escamas preoculares, 2/2 postoculares, 1 + 2 temporales la anterior es más grande que las dos posteriores, 7/7 supralabiales (orbita ocular en contacto con la tercera y cuarta escama), 7/ 8 (la quinta y sexta escama son más grandes), la escama mental es pequeña con una forma triangular seguida con dos pares de escamas mentonales largas, las escamas posteriores se encuentran separadas por una escama media gular más pequeña en la parte posterior.

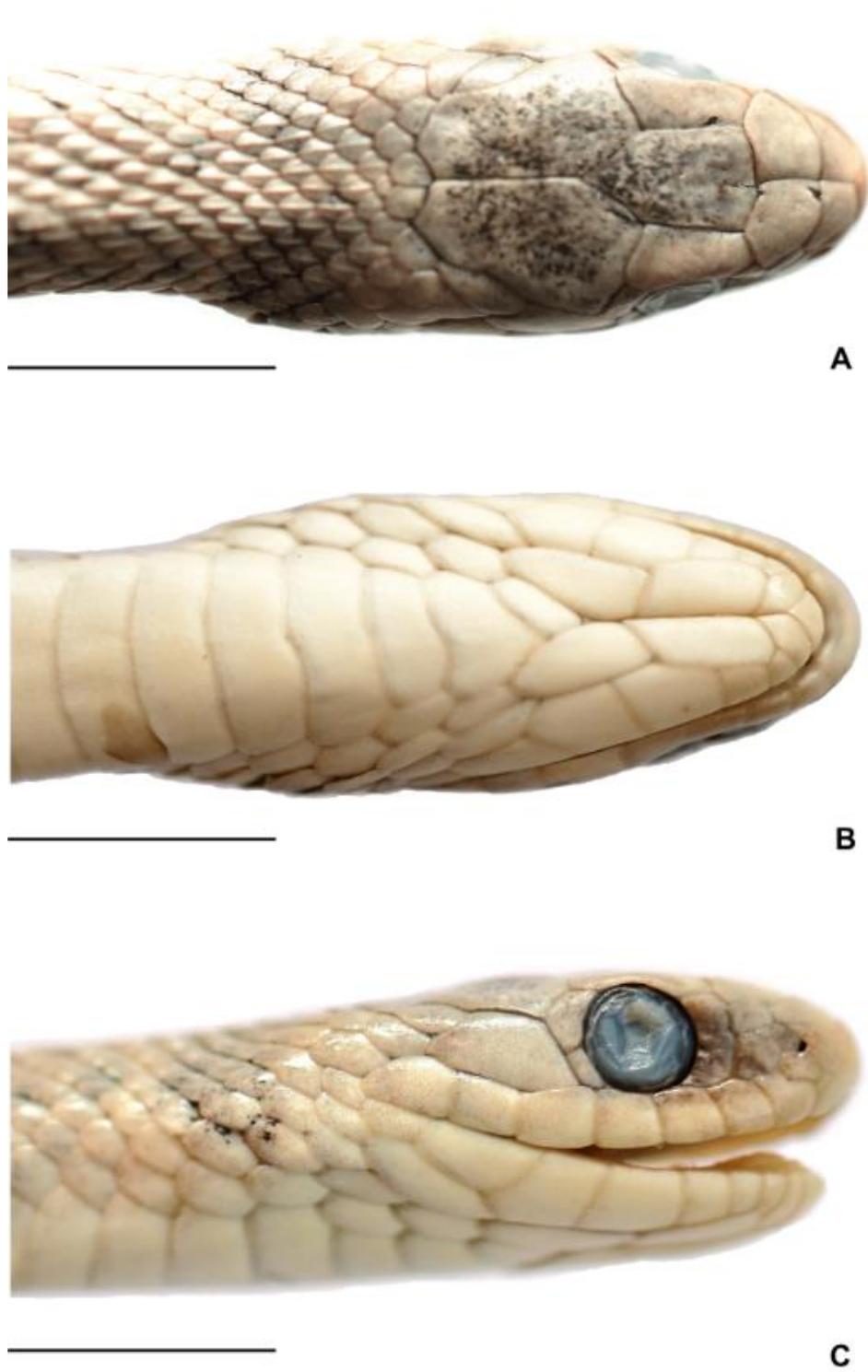


Figura 8. Cabeza de ejemplar de *Storeria* sp. VCC (MZFC 29652) A) Vista dorsal, B) Vista ventral y C) Vista lateral. Las barras horizontales representan 5 mm.

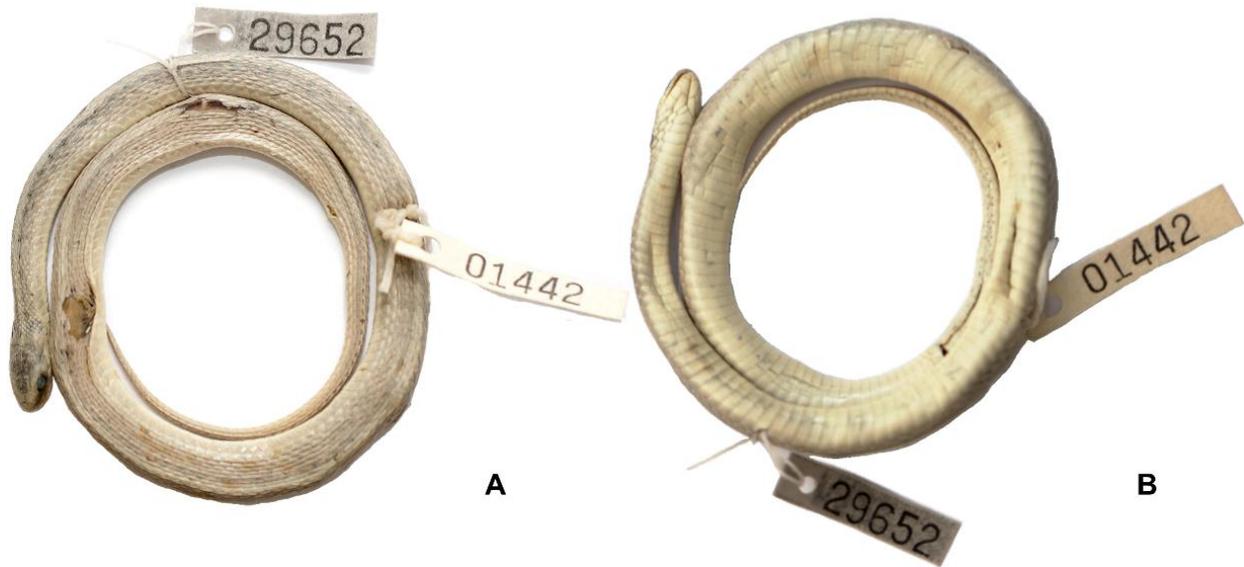


Figura 9. Ejemplar de *Storeria* sp. VCC (MZFC 29652) A) Vista dorsal, B) Vista ventral.

**Coloración en preservación.** La cabeza es gris ahumado (266) con manchas oscuras (285) en la escama frontal y las escamas temporales, en la parte dorsal del cuerpo predomina un color gris ahumado (266) con dos manchas en la parte de la nuca de color marrón oscuro (285) situadas a cada lado de la línea vertebral y continúan aproximadamente al primer tercio del cuerpo donde se pierden en la parte posterior, finalmente en la vista ventral el color es completamente crema (261), sin marcas aparentes desde la escama mental hasta la cola.

**Coloración en vida.-** La descripción se realizó con base en una fotografía del ejemplar MZFC 29652 (Fig. 10): la cabeza en vista dorsal es un color marrón (285) aproximadamente hasta el final de las escamas parietales, el resto del cuerpo en vista

dorsal es de un color salmon (58) con una línea dorsal que se extiende hasta el final de la cola de un color beige (254) en cada lado de la línea se observa un par de manchas borrosas oscuras que recorren la parte dorsal del cuerpo.



Figura 10. *Storeria* sp. VCC (MZFC 29652) en vida fotografía tomada por Uri García.

**Dentición.-** Todos los dientes de la maxila son sólidos (aglifos), delgados y ligeramente curvados, sin diastema presente, por lo que se extienden a lo largo de la maxila, son del mismo tamaño y con 15-17 piezas dentales.

**Variación.-** Escamas dorsales en la parte proximal a la cabeza en 15 hileras en MZFC 29645, en la parte distal se encuentran organizadas en 16 hileras en UOGV 2005 y en MZFC 29641, las escamas gulares son dos en MZFC 29641, MZFC 29642, MZFC 29643, MZFC29645, MZFC 29646 y UOGV 1999, en MZFC 29651 además se encuentra una escama de menor tamaño entre ambas escamas gulares.

Caracteres merísticos: 128-136 ventrales,  $\bar{x} = 132.4$ , 44-59 sub caudales  $\bar{x} = 53.6$ , 7/6-7 supralabiales,  $\bar{x} = 7/6.9$ , 6-7/6-8 infralabiales,  $\bar{x} = 6.8/7$ , 2-3/2-3 posoculares  $\bar{x} = 2.1/2.2$ , 1-2/1-2 postnasales  $\bar{x} = 1.1/1.1$ .

### **Ecología y distribución de *Storeria* sp. VCC**

*Storeria* sp. VCC es una especie endémica que vive en los alrededores de los cuerpos de agua permanentes característicos de Cuatro Ciénegas, entre la vegetación halófila compuesta de pastizales de no más de 30 cm de altura (Fig. 11). El Valle de Cuatro Ciénegas es una región única por sus características acuáticas, las cuales incluyen lagunas, playas asociadas a dunas de yeso, ríos, mantos acuíferos y pozas (Pinkava, 1979, 1984). La vegetación del Valle de Cuatro Ciénegas se puede clasificar en diferentes hábitats que incluyen pastizales halófilos, hábitats acuáticos y semiacuáticos (juncos y pozas), dunas de yeso y zona de transición de árboles y arbustos entre los pastizales y las laderas al pie de las sierras que rodean a la región (Pinkava, 1984). El clima de la localidad tipo es muy seco, semicálido con lluvias escasas todo el año, con lluvias en verano y algunas en invierno. La temperatura media anual es de 16-22°C con una precipitación total anual de hasta 400 mm. Todos los especímenes conocidos de esta

especie se encontraron atropelladas a orillas de la carretera, durante la noche y en épocas de lluvias.



Figura 11. Hábitat de *Storeria* sp. VCC.

## Discusión

Con base en la evidencia derivada de las hipótesis filogenéticas y las diferencias morfológicas encontradas con el resto de las especies conocidas del género, los ejemplares de *Storeria* sp. VCC representan una especie nueva potencialmente endémica del Valle de Cuatro Ciénegas. De acuerdo con las hipótesis filogenéticas obtenidas, el reconocimiento de la población del Valle de Cuatro Ciénegas como una

especie independiente provoca la parafilia de *Storeria dekayi* donde las poblaciones de la Sierra Madre Oriental representan el grupo hermano de la nueva especie. A pesar de ello, la morfología si permite diferenciar a *Storeria* sp. VCC de otras especies del género *Storeria*, por el patrón de escamación, y específicamente de *S. dekayi* por el patrón de coloración del cuerpo y de la cabeza, así como el tamaño corporal.

La variación morfológica en *Storeria dekayi* fue ampliamente abordada por Trapido (1944), quien menciona que las manchas de la cabeza varían de acuerdo con la zona geográfica, mientras que en las poblaciones de Estados Unidos las manchas detrás de las escamas parietales son marcadas y oscuras, en las poblaciones del sur son más tenues y se diferencian menos; además, por encima de las escamas supralabiales presentan manchas oscuras pequeñas en las subespecies del norte mientras que en las poblaciones de México y Centroamérica están ausentes y estas presentan una fina línea oscura horizontal en la escama temporal anterior. En *Storeria* sp. VCC no se encontraron manchas en las escamas labiales, ni la línea delgada en las escamas temporales, por lo que el patrón de coloración de la cabeza no coincide con ninguna de las subespecies históricamente descritas.

Trapido (1944) también menciona que el número de escamas ventrales y subcaudales es menor en las subespecies del norte de la distribución del género e incrementan en las subespecies del sur, en el caso de los ejemplares del Valle de Cuatro Ciénegas, el número máximo de escamas ventrales es menor con respecto a *S. dekayi* de la Sierra Madre Oriental (*Storeria* sp. VCC: 128 –136,  $\bar{x}$  = 132.4; *S. dekayi*: 128-144,  $\bar{x}$  = 134.46) al igual que el número de subcaudales (*Storeria* sp. VCC: 44-59,  $\bar{x}$  = 53.5; *S. dekayi*: 45-

63,  $\bar{x} = 54$ ), por lo que considerando que Cuatro Ciénegas, Coahuila se ubica al norte de la distribución de *S. dekayi* en la Sierra Madre Oriental este patrón contradice la hipótesis de Trapido (1944).

Con base en los arreglos propuestos por Trapido (1944) y Anderson (1961), las muestras de la Sierra Madre Oriental que representan el grupo hermano de la especie nueva propuesta, geográficamente corresponden a la subespecie *Storeria dekayi temporalineata*, subespecie que se distribuiría desde el extremo sur del estado de Texas en Estados Unidos hacia el sur a través de la Sierra Madre Oriental y a lo largo de la costa de Tamaulipas hasta Puebla; mientras que las muestras del sur de Estados Unidos incluidas en este estudio, corresponderían a la subespecie *Storeria dekayi texana* la cual se distribuye desde el estado de Minnesota en Estados Unidos hacia el sur a través de Texas y hasta Hidalgo en México, aunque es pertinente aclarar que esto solo se basa en la procedencia de las muestras, pues no se incluyeron representantes de las poblaciones de Estados Unidos para la revisión de la morfología.

En cuanto a su morfología, Anderson (1961) y Trapido (1944) diferencian a *S. d. temporalineata* de *S. d. texana* por un número mayor de escamas ventrales y subcaudales, las escamas labiales se encuentran completamente o casi completamente desmarcadas y la escama temporal anterior está marcada por una línea horizontal oscura. Comparando estas descripciones con los ejemplares de *Storeria dekayi* revisados en este estudio se encontró que los ejemplares MZFC14226, MZFC14227, AEVB 20 y ANMO 4380 se ajustan a la descripción de coloración de *Storeria dekayi temporalineata*, mientras que los ejemplares MZFC19275, MZFC21019, MZFC21020,

MZFC21021, MZFC21022 y ANMO 4345, si bien coinciden en la escamación descrita para *Storeria dekayi temporalineata*, varían en cuanto al patrón de coloración ya que presentan manchas en las suturas de la tercera, cuarta y quinta escama supralabial, además una mancha oscura en la escama preocular, por lo que de tratarse de un taxon, resulta necesario analizar de manera más detallada su variación morfológica.

Las diferencias morfológicas reportadas por Anderson (1961) y Trapido (1944) son congruentes con las hipótesis filogenéticas de este estudio y los ejemplares de *Storeria dekayi* de México y Estados Unidos, se pueden diferenciar entre sí por su morfología, por lo tanto, tomando en cuenta estas relaciones, la distribución y el patrón de coloración, se sugiere reconocer a *Storeria temporalineata* es una especie válida. Si bien el reconocimiento de *Storeria temporalineata* justifica la aparente parafilia en *S. dekayi*, es conveniente señalar que estos resultados son tentativos y es pertinente un estudio donde se defina el estado taxonómico de las poblaciones del centro y sur de México y América Central, y de las cuales en este estudio no se incluyeron representantes.

En este estudio se reconoce la variación morfológica en los patrones de coloración de *Storeria*, ya que coincide con las topologías obtenidas en las relaciones filogenéticas y la procedencia geográfica de los ejemplares examinados, en contradicción con Pyron (2016) donde propone a *Storeria dekayi* como una sola especie sin reconocer subespecies, es decir, que estas variaciones en el patrón de coloración no son reflejo de diferenciación genómica entre poblaciones, aunque en su estudio solo incluyo representantes de las subespecies de Estados Unidos y Canadá (*S. d. dekayi*, *S. d. limnetes*, *S. d. texana* y *S. d. wrightorum*), excluyendo a las subespecies que se

distribuyen en México y Centroamérica (*S. d. anomala*, *S. d. temporalineata* y *S. d. tropica*). Un estudio futuro de estas subespecies debe considerar la historia geológica compleja de México y Centroamérica, así como las diferencias morfológicas de cada una.

En cuanto a la historia de *Storeria* sp. VCC, García-Vázquez (2020) sugiere su origen durante el Neógeno. En el Plioceno temprano, las condiciones atmosféricas permitieron la colonización de especies de bosques templados hacia zonas más desérticas, posteriormente durante el Plioceno tardío la reducción de bosques templados, la expansión de zonas desérticas, los eventos de orogenia ocurridos durante el Mioceno y los cambios globales en la vegetación asociados a la formación de nuevos hábitats provocaron el aislamiento del Valle de Cuatro Ciénegas y con ello el aislamiento de especies con afinidad templada como *Storeria*. En este mismo estudio, García-Vázquez, (2020), estima que el ancestro común de *Storeria* sp. VCC y de las poblaciones de la Sierra Madre Oriental divergió durante el Plioceno (hace 4.03 m.a.) cuando los bosques templados retrocedieron provocando el aislamiento de las poblaciones de *Storeria* del Valle de Cuatro Ciénegas. Sin embargo, este mismo autor también sugiere que derivado de la expansión de los bosques templados durante el Pleistoceno pudo haber existido un contacto secundario entre las poblaciones de la Sierra Madre Oriental y el Valle de Cuatro Ciénegas, que permitió el intercambio de genes entre ambas especies, lo cual explicaría la corta diferencia en las distancias genéticas; fenómenos similares se han reportado en otros taxones con afinidad templada (Moreno- Letelier & Piñero, 2009; Ornelas et al., 2010; Bryson et al., 2011).

## Conclusiones

- La población de *Storeria* del Valle de Cuatro Ciénegas constituye un grupo monofilético bien soportado en los análisis filogenéticos empleados en este estudio.
- Los resultados de la revisión morfológica revelan que existen diferencias entre *Storeria* sp. VCC con respecto a otras especies del género.
- Se propone asignar la categoría taxonómica de especie a las poblaciones de *Storeria* sp. VCC.
- El reconocimiento de esta especie nueva revela la existencia de un complejo de al menos dos especies dentro de *Storeria dekayi*: *S. dekayi* y *S. temporalineata*, la cual indica que es necesario un estudio más detallado de las poblaciones de México y Centroamérica.
- Las especies del género *Storeria* que se distribuyen en México y Centroamérica no se han estudiado desde el enfoque de la taxonomía integrativa por lo que es probable que existan más complejos de especie.

## Referencias

Aguirre-Muñoz, A., R. Mendoza-Alfaro, H. Arredondo, L. Arriaga, E. Campos, S. Contreras, M.E. Gutiérrez, F.J. Espinosa, I. Fernández, L. Galaviz, F. García-de León, D. Lazcano, M. Martínez, M. E. Meave-del Castillo, R.A. Medellín, E. Naranjo, M.T. Olivera, M. Pérez, G. Rodríguez-Almaraz, G. Salgado, A. Samaniego, E. Suárez-Morales, H. Vibrans & J.A. Zertuche. 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. Pp. 277-318. En: Dirzo, R., Gonzalez, R., & March, I.J. (comps), Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, D. F., México.

Alfaro, M.E. & S.J. Arnold. 2001. Molecular systematics and evolution of *Regina* and the Thamnophiine snakes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 21(3): 408–423.

Álvarez, F. & M. Ojeda. 2019. The fauna of the Cuatro Ciénegas Basin, a unique assemblage of species, habitats, and evolutionary histories Pp. 1-10. En: F. Álvarez & M. Ojeda (Eds.), *Animal Diversity and Biogeography of the Cuatro Ciénegas Basin*. Springer, Cham. Switzerland.

Anderson, P.K. 1961. Variation in Populations of Brown Snakes, Genus *Storeria*, Bordering the Gulf of Mexico. *American Midland Naturalist* 66(1):235-249.

Bryson Jr, R.W., R.W. Murphy, M.R. Graham, A. Lathrop & D. Lazcano. 2011. Ephemeral Pleistocene woodlands connect the dots for highland rattlesnakes of the *Crotalus intermedius* group. *Journal of Biogeography* 38(12):2299-2310.

Christman, S.P. 1982. *Storeria dekayi*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles (CAAR) 306:1–4.

CONABIO. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México: prevención, control y erradicación. Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. CONABIO, CONANP, SEMARNAT, D.F., México.

Dayrat, B. 2005. Towards Integrative Taxonomy. *Biological Journal of the Linnean Society* 85(3):407-417.

De Queiroz, A., R. Lawson & J.A. Lemos-Espinal. 2002. Phylogenetic Relationships of North American Garter Snakes (*Thamnophis*) Based on Four Mitochondrial Genes: How DNA sequence is enough?. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 22(2): 315–329.

De Queiroz, K. 2007. Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology* 56(6):879-886.

Edgar, R.C. 2004. MUSCLE: Multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. *Nucleic Acids Research* 32(5):1792-1797.

Eguiarte, L.E., V. Souza & J. Nuñez-Farfán. 1997. El análisis filogenético: métodos, problemas y perspectivas. *Botanical Sciences* 60:169-181.

Ernst, C.H. 2002. *Storeria occipitomaculata*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles 759: 1–8.

Ernst, C.H. 2012. *Storeria*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles (CAAR) 900:1-14.

Ezcurra, E., A. Martínez-Berdeja, & L. Villanueva-Almanza. 2020. The evolution of North American deserts and the uniqueness of Cuatro Ciénegas. Pp. 45-60. En: M. Mandujano, I. Pisanty & L. Eguiarte (Eds.), Plant Diversity and Ecology in the Chihuahuan Desert. Cuatro Ciénegas Basin: An Endangered Hyperdiverse Oasis. Springer, Cham.

García-Vázquez U.O. 2020. Origen y evolución de especies de reptiles endémicas al Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

García-Vázquez, U.O., M. Trujano-Ortega, A. Contreras-Arquieta, O. Ávalos-Hernández, O.O. Escobedo-Correa & P. Corcuera. 2019. Diversity of Amphibians and Reptiles in the Cuatro Ciénegas Basin. Pp. 175-188. En: Álvarez F. & Ojeda M. (Eds.), Animal diversity and biogeography of the Cuatro Ciénegas Basin. Springer, Cham.

Goyenechea, I. 2007. Sistemática: su historia, sus métodos y sus aplicaciones en las serpientes del género *Conopsis*. Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva 14(1):54-62.

Hay, O.P. 1892. Descriptions of a supposed new species of *Storeria* from Florida, *Storeria victa*. Science 19(479):199.

Hillis, D.M. 1987. Molecular versus morphological approaches to systematics. Annual Review of Ecology and Systematics 18:23-42.

Hillis, D.M., & J.J. Bull. 1993. An empirical test of bootstrapping as a method for assessing confidence in phylogenetic analysis. Systematic Biology 42(2):182–192.

Jiménez, C.L., J. Sosa, P. Cortés-Calva, A.B. Solís, L.I. Íñiguez & A. Ortega-Rubio. 2014. México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 60:16-22.

Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution*, 16:111-120.

Köhler, G. 2012. *Color Catalogue for Field Biologists*. Herpeton, Offenbach.

Kumar, S., G. Stecher, M. Li, C. Knyaz & K. Tamura. 2018. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution* 35(6):1547.

Lanfear, R., P.B Frandsen, A.M. Wright, T. Senfeld & B. Calcott. 2016. Partition Finder 2: New Methods for Selecting Partitioned Models of Evolution for Molecular and Morphological Phylogenetic Analyses. *Molecular Biology and Evolution* 34(3):772-773.

Lipscomb, D. 1998. *Basics of cladistic analysis*. George Washington University, Washington D.C.

Lis, J.T. 1980. Fractionation of DNA fragments by polyethylene glycol induced precipitation Pp. 347–353. En: L. Grossman & K. Moldave (Eds.), *Methods in Enzymology* Vol. 65. Academic Press, New York, USA.

Llorente J., & L.M. Aguirre. 2000. El concepto de especie y sus implicaciones para el desarrollo de inventarios y estimaciones en biodiversidad Pp. 87-96. En: F. Martín-Piera, J. Morrónes & A. Melic (Comps.), *Hacia un Proyecto CYTED para el Inventario y*

Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica. Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, España.

Martínez-Meyer, E., J.E. Sosa-Escalante & F. Álvarez. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿ una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85:1-9.

McCoy, C. J. 1984. Ecological and zoogeographic relationships of amphibians and reptiles of the Cuatro Ciénegas Basin. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 19:49-59.

Microsoft Corporation. 2018. Microsoft Excel. Retrieved from <https://office.microsoft.com/excel> [Consultado en Diciembre de 2022].

Montiel-González, C., F. Bautista, C. Delgado & F. García-Oliva. 2018. The climate of Cuatro Ciénegas Basin: drivers and temporal patterns. Pp. 35-42. En: V. Souza, G. Olmedo-Álvarez, L. Eguiarte (Eds.), *Cuatro Ciénegas Ecology, Natural History and Microbiology. Cuatro Ciénegas Basin: An Endangered Hyperdiverse Oasis*. Springer, Cham.

Mora, C., D.P. Tittensor, S. Adl, A.G. Simpson & B. Worm. 2011. How many species are there on Earth and in the ocean?. *PLoS biology* 9:e1001127.

Moreno-Letelier, A. & D. Piñero. 2009. Phylogeographic structure of *Pinus strobiformis* Engelm. across the Chihuahuan Desert filter-barrier. *Journal of Biogeography* 36(1):121-131.

Morrone J.J. 2000. El lenguaje de las Cladística. Fomento Editorial, UNAM, México.

Nash, M. 2022. The 201 Most (y Least) Biodiverse Countries in 2022. The swiftest: <https://theswiftest.com/biodiversity-index/#> [Consultado en Diciembre de 2022]

Olea, G.P. & M.S. Atilano. 2018. Métodos de inferencia filogenética: Máxima Verosimilitud Pp. 189-203. En: R.M. López, A.N.C. Sortibrán, E.A.G. Trejo, M.H. Escandón, M.B.M Garfias, & I.P.C. Aguilar (Comps.), Sistemática molecular y bioinformática: Guía práctica. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, México.

Ornelas, J.F., E. Ruiz-Sánchez & V. Sosa. 2010. Phylogeography of *Podocarpus matudae* (Podocarpaceae): pre-Quaternary relicts in northern Mesoamerican cloud forests. *Journal of Biogeography* 37(12):2384-2396.

Parry, M. L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. Van der Linden & C.E. Hanson (Eds.). 2007. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, and New York, USA.

Peña, C. 2011. Métodos de inferencia filogenética. *Revista Peruana de Biología* 18(2):265-267.

Pinkava, D.J. 1984. Vegetation and flora of the bolson of Cuatro Ciénegas region, Coahuila, Mexico: IV. Summary, endemism and corrected catalogue. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 19:23-47.

Pyron, R.A., F.W. Hsieh, A.R. Lemmon, E.M. Lemmon & C.R. Hendry. 2016. Integrating phylogenomic and morphological data to assess candidate species-delimitation models in brown and red-bellied snakes (*Storeria*). *Zoological Journal of the Linnean Society* 177(4):937-949.

Rambaut A., A.J. Drummond, D. Xie, G. Baele & M.A. Suchard. 2018. Posterior summarization in Bayesian phylogenetics using Tracer 1.7. *Systematic Biology* 67(5):901-904.

Ronquist, F., M. Teslenko, P. Van Der Mark, D.L. Ayres, A. Darling, S. Höhna & J.P. Huelsenbeck. 2012. MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Systematic Biology* 61(3):539-542.

Sabath, M. D. & L.E. Sabath. 1969. Morphological intergradation in Gulf Coastal Brown Snakes, *Storeria dekayi* and *Storeria tropica*. *American Midland Naturalist* 81(1):148-155.

Sánchez-Cordero, V., F. Botello, J.J. Flores-Martínez, R.A. Gómez-Rodríguez, L. Guevara, G. Gutiérrez-Granados & A. Rodríguez-Moreno. 2014. Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:496-504.

Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, S. Mohar, S. Anta, J. De la Maza. 2009. Capital natural de México, Síntesis: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Sayers, E.W., M. Cavanaugh, K. Clark, K.D. Pruitt, C.L. Schoch, S.T. Sherry & I. Karsch-Mizrachi. 2021. GenBank. *Nucleic Acids Research*, 49(D1), D92-D96.

Schlick-Steiner, B. C., F.M. Steiner, B. Seifert, C. Stauffer, E. Christian & R.H. Crozier. 2010. Integrative taxonomy: a multisource approach to exploring biodiversity. *Annual Review of Entomology* 55:421-438.

Stamatakis, A. 2014. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics* 30(9):1312-1313.

Torretti, R. 2010. La proliferación de los conceptos de especie en la biología evolucionista (The proliferation of species concepts in evolutionary biology). *Theoria. Revista de Teoría, Historia y Fundamentos de la Ciencia* 25(3):325-377.

Trapido, H. 1944. The snakes of the genus *Storeria*. *The American Midland Naturalist* 31(1):1-84.

Uetz, P. 2022. The reptile database turns 20. *Herpetological Review* 47(2):330-334.

Wake, D.B. & V.T. Vredenburg. 2008. Are we in the midst of sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 105:11.466-11.473.

Wheeler, Q. D. 2007. Invertebrate systematics or spineless taxonomy? *Zootaxa* 1668:11-18.