

Volumen 3  
Número 1

# ARIDO-CIENCIA

## BIOCIENCIAS Y ETNODIVERSIDAD



**UJED**  
UNIVERSIDAD JUÁREZ  
DEL ESTADO DE DURANGO



**FCB**  
FACULTAD DE  
CIENCIAS BIOLÓGICAS



**HERBARIO  
JAAA**

ISSN en Trámite  
Versión Digital  
[www.aridociencia.mx](http://www.aridociencia.mx)



## DIRECTORIO

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL  
ESTADO DE DURANGO

C.P.C. Y M.I. OSCAR ERASMO NÁVAR GARCÍA  
RECTOR

M.E.C. MARÍA DE LOURDES NÁPOLES O  
SECRETARIA GENERAL

M.C. OSVALDO GARCIA SAUCEDO  
SUBSECRETARIO GENERAL ACADÉMICO

C.P. MANUEL DE JESÚS MARTÍNEZ AGUILAR  
SUBSECRETARIO GENERAL ADMINISTRATIVO

M.S.P. JUAN CARLOS HERRERA SALAZAR  
DIRECTOR FCB

### COMITÉ EDITORIAL

JAIME SÁNCHEZ S.  
EDITOR EN JEFE

### EDITORES ASOCIADOS:

ALEXANDER CZAJA  
ARTURO CARRILLO REYES  
CÁNDIDO MÁRQUEZ H. +  
GAMALIEL CASTAÑEDA GAYTÁN  
GISELA MURO PÉREZ  
JORGE SÁENZ MATA  
MIGUEL BORJA JIMÉNEZ  
OMAG CANO VILLEGAS  
SANDRA LEYVA PACHECO  
TAMARA M. RIOJA PARADELA  
SARA ISABEL VALENZUELA CEBALLOS

ARTE Y DISEÑO  
ANGEL SAMUEL DE LA TORRE E.

WEB MASTER  
JORGE M. CASTRO VITELA

### PORTADA:

ESPECIE: *Crotalus scutulatus*  
FOTOGRAFÍA POR:  
JOSÉ GAMALIEL CASTAÑEDA GAYTÁN

Av. Universidad s/n. Fracc. Filadelfia  
C.P. 35010. Gómez Palacio, Dgo.  
Tel / Fax: (871) 7 15 20 77  
email: arido-ciencia@ujed.mx  
www.aridociencia.mx

# ÁRIDO-CIENCIA

---

## BIOCIENCIAS Y ETNODIVERSIDAD

Árido-Ciencia, es una revista de difusión científica que nace por iniciativa del equipo del Herbario JAAA y un grupo de académicos e investigadores del cuerpo académico en consolidación denominado “Riqueza, Interacciones y Conservación de la Biodiversidad” de la LGAC “Biología, Vulnerabilidad y Conservación de Flora, Fauna y Microbiomas Silvestres” de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

La finalidad es que la comunidad científica nacional e internacional sea participe con las publicaciones que se generan en las diferentes líneas de investigación, las cuales tienen un enfoque de aprovechamiento y desarrollo sustentable en los diversos ecosistemas que se presentan en las regiones áridas y semiáridas del mundo; que sean publicadas en modalidad de artículos, notas (Short communication), revisiones (reviews) y semblanzas.

La revista es un medio de difusión científica donde pueden participar todos aquellos investigadores de diversos países que realicen investigaciones afines con la temática de Biociencias y Etnodiversidad con énfasis en zonas áridas y semiáridas del mundo.

El Comité Editorial de la revista Árido-Ciencia a través de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango, agradecen de antemano a quienes hacen posible la cristalización de este proyecto en una estrategia por realimentar el ejercicio de las ciencias naturales entre los especialistas mediante la difusión científica de los resultados de las investigaciones y en forjar un vínculo con la sociedad para beneficio del saber ser y hacer en los ecosistemas áridos y semiáridos del mundo.

Facultad de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez del Estado de Durango

# Contenido

## **PLANTAS MEDICINALES DE LOS MERCADOS MUNICIPALES EN LA COMARCA LAGUNERA DE DURANGO Y COAHUILA, MÉXICO. 3**

Josue Landeros-Cuevas, Alfredo Martin-Ramírez, Jorge A. Alba-Avila† y Abigail Aguilar-Contreras.

## **APROXIMACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE *Sus scrofa* EN CHIHUAHUA MÉXICO 2015 12**

María Elena Torres-Olave, Mario Iván Uc-Campos<sup>1</sup>, Manuel Octavio González-León, Luis Carlos Bravo-Peña, Luis Carlos Alatorre-Cejudo, Víctor Manuel Salas-Aguilar, Hugo Luis Rojas-Villalobos, Alfredo Granados-Olivas.

## **FLORA ENDÉMICA DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ Y REGIONES ADYACENTES EN MÉXICO 21**

José Arturo De-Nova, Pedro Castillo-Lara, Ana Karen Gudiño-Cano y José García-Pérez

## **VARIACIÓN ONTOGÉNICA EN EL VENENO DE *Crotalus simus* EN MÉXICO 42**

Edgar Neri-Castro y Roberto Ponce-López

## **PLANTAS MEDICINALES DE LOS MERCADOS MUNICIPALES EN LA COMARCA LAGUNERA DE DURANGO Y COAHUILA, MÉXICO.**

### **MEDICINAL PLANTS FROM THE MUNICIPAL MARKETS IN THE COMARCA LAGUNERA OF DURANGO AND COAHUILA, MEXICO**

Josue Landeros-Cuevas<sup>1\*</sup>, Alfredo Martin-Ramírez<sup>1</sup>, Jorge A. Alba-Avila<sup>1†</sup> y Abigail Aguilar-Contreras<sup>2</sup>.

1. Herbario JAAA - Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Universidad s/n, Fracc. Filadelfia, C.P. 35000, Gómez Palacio, Durango, México.

2. Herbario Medicinal del IMSS. Av. Cuauhtémoc 330 Col. Doctores, CP 66725, Cuauhtémoc, Cuauhtémoc, Ciudad de México

\* Autor para correspondencia: [edgarcuevasdg822@outlook.com](mailto:edgarcuevasdg822@outlook.com)

RECIBIDO: 09/03/2018

#### **RESUMEN**

ACEPTADO: 09/04/2018

#### **PALABRAS CLAVE:**

Herbolaria,  
especies medicinales,  
usos medicinales,  
especies nativas,  
especies introducidas.

#### **KEYWORDS:**

Herbal medicinal,  
medicinal species,  
medicinal uses,  
native species,  
introduced species.

El presente estudio se basó en listar e identificar las principales plantas medicinales que se comercializan en los mercados municipales de la Comarca Lagunera de Durango y Coahuila, México. En dichos mercados se estima que la comercialización de plantas con uso medicinal rebasa los 100 años. En cada hierbería de los tres mercados se realizaron entrevistas semi-estructuradas con 26 reactivos contemplando datos personales del entrevistado y generalidades de la planta. Se realizaron 26 entrevistas registrando 108 plantas medicinales, 13 se identificaron a nivel especie, 11 a nivel género y siete a nivel familia. Los precios varían desde \$10.00 hasta \$50.00 pesos y el precio sólo aumenta en los remedios conformados por distintas plantas. Los usos son variados ya que una planta puede curar distintos padecimientos. La mayoría se venden en forma deshidratada para la preparación de infusiones. Se estima que las plantas medicinales introducidas están llegando a competir con las nativas.

#### **ABSTRACT**

The present study was based on listing and identifying the main medicinal plants that are commercialized in the municipal markets of the Comarca Lagunera of Durango and Coahuila, Mexico. In these markets it is estimated that the commercialization of plants with medicinal use exceeds 100 years. In each "hierberia" of the three markets, semi-structured interviews were carried out with 26 items, including personal data from the interviewee and general information about the plant. Twenty six interviews were conducted, recording 108 medicinal plants, 13 of them were identified to the species level, 11 to genus level and seven to the family level. Prices vary from \$ 10.00 to \$ 50.00 Mexican pesos, and the price only increases in the remedies that are constituted by different plants. The uses are varied, since a plant can cure several sufferings. Most are sold in dehydrated form for preparation of infusions. It is estimated that the introduced medicinal plants are coming to compete with the native.



## INTRODUCCIÓN

Las plantas influyen directamente en el bienestar y subsistencia del ser humano (Gómez-Pompa, 1985); surgiendo el interés por el uso de ellas a partir de considerar la utilidad y/o beneficio que pueden proporcionar, pero el uso como tal, depende exclusivamente del conocimiento de las características propias de dicho recurso (Vásquez, 1995). La necesidad de conocer aspectos etnobotánicos de la flora rural ha aumentado estrepitosamente en la última década (Torres et al., 1982). En México, existe una diversidad vegetal y cultural, reflejada en los múltiples usos que se aplica a las plantas, (Rzedowski, 1992; Caballero y Cortés, 2001). No obstante, el interés de estudiar aspectos etnobotánicos de estos recursos comercializados en mercados fue en Mesoamérica (Torres et al., 1982). Los mercados poseen información sobre producción y grados de domesticación de las especies que manejan, por lo que pueden ser definidos como centros para el intercambio de especies silvestres semi-domesticadas (Hernández-X. et al., 1983). Los primeros estudios realizados en mercados de México desde una perspectiva etnobotánica fueron los de Whitaker y Cutler (1966), donde listaron especies comestibles vendidas en el mercado de Tehuacán, Puebla. Varios años después Hernández-X. et al., (1983), realizaron observaciones de las especies vendidas en los mercados Zacapoaxtla, Puebla y de Acaxochitlán, Hidalgo; determinando que el 9 y 3.7 % respectivamente son plantas con uso medicinal. El uso de plantas medicinales en México es común a tal grado que una parte de ellas se comercializa a nivel nacional e inclusive internacional (Bye y Linares, 1983; Hersch-Martinez, 1996; Hersch-Martinez y Fierro, 2001). En este sentido, los mercados de la Comarca Lagunera no han sido sujeto de estudio, por lo que se realizó una evaluación preliminar de las especies botánicas regionales con uso medicinal de los tres mercados municipales principales.

## ÁREA DE ESTUDIO

Dos de los tres mercados se encuentran ubicados en la Comarca Lagunera de Durango, el primero llamado mercado José Ramón Valdez, ubicado en el municipio de Gómez Palacio, el cual tiene su origen desde el año de 1950 y surgió para satisfacer necesidades de productos cárnicos y alimenticios mediante las primeras fondas. El segundo mercado es el Donato Guerra en el municipio de Lerdo, funcionando como tal desde 1894 cuando cambio de villa a ciudad. Este mercado es el más antiguo y en el llegaban viajeros en busca de trabajo, negocios y a disfrutar de la gastronomía regional de los primeros negocios tipo fonda. En lo que respecta a la Comarca Lagunera de Coahuila de

Zaragoza está el mercado Benito Juárez en el municipio de Torreón, el cual tiene origen desde el año 1907 y surge como un mercado provisional instalado a manera de “tianguis” donde pueblos indígenas del centro y sur del país exponían sus mercancías para venta. Desde sus inicios estos mercados fueron originados para cubrir necesidades básicas primordiales y en común ambos comercializaban en cierta medida plantas con uso medicinal.

## METODOLOGÍA

**Entrevistas.** Se elaboró una herramienta considerando los criterios de Denzin y Lincoln (2005), Díaz-Bravo et al., (2013) y Gispert et al., (1979) al considerarla como “el arte de realizar preguntas y escuchar respuestas” bajo el tipo de entrevista semiestructurada; pues se contó con una guía de preguntas basadas en el objetivo central de la investigación. Se explicó a cada entrevistado el propósito de la entrevista y se solicitó la autorización para grabar un audio de la entrevista que constó de 26 reactivos para tener mayores detalles de las respuestas. Cabe mencionar que los entrevistados fueron los propietarios quienes tienen mínimo 35 años continuos de vender plantas. Consistió en primera instancia, establecer contacto previo con los propietarios de las herberías en cada mercado municipal. Posteriormente se les sensibilizó para detallarles de la investigación a realizar y finalmente, se recabó información de cada uno de los locatarios que respondieron favorablemente. Con esta información se formó una base de datos en la hoja de cálculo de Excel con los siguientes campos: nombre común de la planta, parte herborizada, cultivada o silvestre, nativa (región semiárida o México), naturalizada (introducida no cultivada pero frecuente en la región) usos y/o remedios, parte utilizada, presentación, lugar de procedencia, costo y tiempo de almacenamiento.

**Identificación de plantas medicinales.** Para una identificación acertada se realizó una búsqueda de fuentes bibliográficas etnobotánicas especializadas como Cano (1997); Díaz (1976a, 1976b); Argueta (1994); Aguilar et al., (1994); Soto y Sousa, (1995); López (1982) y Paredes (1984) así como literatura especializada en la región como Sánchez et al., (2014), García et al., (2002); Montelongo-Landeros et al., (2015), González-Elizondo et al., (2004); González-Elizondo et al., (1991). La identificación de las plantas herborizadas fue cotejada en la colección de plantas medicinales del herbario medicinal del IMSS donde se quedó una colección; de igual forma se depositó un juego de la misma colección en el Herbario FCF (Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México).

## RESULTADOS

**Registro, venta y procedimiento de secado.** En un periodo de seis meses de visitas continuas a los mercados, fue posible registrar un total de 108 plantas con nombres distintos pero estructuralmente algunas de ellas muy similares. De éstas, 13 fueron identificadas a nivel específico, 11 a nivel genérico y solamente siete plantas quedaron identificadas a familia; mientras que el resto están siendo identificadas según las estructuras lo vayan permitiendo; pues al estar herborizadas este proceso se complica (Tabla 1). El total de las plantas se vende de forma seca y se usa toda la planta en su mayoría por lo que es posible encontrarlas durante todo el año siempre y cuando tengan almacenadas. En ocasiones la existencia varía de mercado a mercado, por lo que la exclusividad de la venta depende de que el “hierbero” como se le conoce a la persona que vende plantas, se surta de planta de temporada para todo el año (Tabla 2). El 64 % de las plantas pertenecen al matorral desértico de la región semiárida de Durango el resto son traídos de invernaderos del centro y sur del país y trasplantados en casa para su reproducción (36 %). Los precios de la planta más comunes son de \$20.00 pesos mexicanos, mientras que las de nuevo ingreso al mercado oscilan entre los \$30.00 y \$40.00. Los remedios que están constituidos de varias plantas alcanzan un precio de hasta \$50.00 pesos (Fig. 1).



**Figura 1. Remedios preparados con varias plantas medicinales. La cantidad varía según el remedio, pesando en promedio 60 gramos.**

Las plantas medicinales que llegan frescas tienen un proceso de deshidratado a temperatura ambiente que consiste en tomar un racimo (a este racimo se le conoce como “molote” o “manejo”) de plantas y atarlas dejándolas colgar por no más de dos semanas y una vez deshidratada puede ser embolsada o no para su venta. El tiempo de secado depende de la especie por lo que es importante para los comerciantes que la planta sea fresca para asegurar que no vienen contaminadas con plaga o en proceso de pudrición que pueda mermar la mercancía (Fig. 2 y 3).



**Figura 2. Procedimiento de secado en plantas medicinales.**

**Los remedios de las plantas medicinales.** De las 31 especies listadas se tienen identificados un total de 21 remedios distintos para tratar dolencias estomacales, respiratorias y urinarias como las más frecuentes. Dentro de las enfermedades estomacales, el empacho y dolor de estómago son las dolencias más comunes a tratar, en referencia a afecciones respiratorias la tos y asma, mientras que en las urinarias los cálculos renales e infecciones son las predominantes. Una gran parte de plantas medicinales siguen siendo utilizadas para curar síndromes de filiación cultural como el “susto” y “mal de ojo” propios de la medicina tradicional y popular mexicana. Con la finalidad de poder abarcar los distintos usos en las plantas identificadas al momento, se consideró agrupar los remedios en aparatos y sistemas (Tabla 3).



**Plantas nativas vs introducidas.** Del total de especies registradas (108), las especies nativas ocupan un 64% (69 especies) y las introducidas 36% (39). Precisamente, las introducidas son las especies que no han podido ser identificadas con seguridad. Dentro de las especies introducidas que la gente considera ya naturalizadas o regionalizadas en los mercados de la Comarca Lagunera se encuentran la moringa, bugambilia, albacar, hierbabuena y las nuevas que empiezan a considerarse son olivo, nogal, eucalipto y guayaba.



**Figura 3.** Almacenamiento y presentación de plantas medicinales (mercado Juárez Torreón Coah.).

**Entrevistados.** Hasta el momento se tienen 21 entrevistas (escritas y grabadas). Del total de entrevistados ocho correspondieron al Mercado Juárez de Torreón, Coahuila (cuatro hombres y cuatro mujeres), siete al Ramón Valdez de Gómez Palacio, Durango (cuatro hombres y 3 mujeres) y seis al Donato Guerra de Lerdo, Durango (cuatro hombres y dos mujeres). Entre los municipios de Lerdo y Gómez Palacio abarcaron un total de 13 entrevistados. En promedio los propietarios son tercera generación en la venta de plantas medicinales y de

acuerdo a lo comentado, las hierberías son heredadas de hombre a hombre, aunque de acuerdo a los propietarios entrevistados los resultados arrojan un 52% de hombres entrevistados contra un 48% correspondiente a mujeres (Fig. 4 y 5).



**Figura 4.** Fase de entrevistas a propietarios de hierberías (mercado Donato Guerra, Lerdo, Dgo).



**Figura 5.** Hierbería típica de los mercados Laguneros (Torreón, Gómez y Lerdo).



**Tabla 1. Lista preliminar de plantas con uso medicinal obtenida de los tres mercados municipales de la Comarca Lagunera de Durango y Coahuila.**

Familia/especie	Nombre común	Mercado			Parte usada	Usos	Tipo de Manejo	Origen
		Gómez	Lerdo	Torreón				
AGAVACEAE								
<i>Agave sp.</i>	Maguey		X		Raíz y penca	Diabetes	Compra	Nativa
CACTACEAE								
<i>Opuntia sp.</i>	Nopal	X	X		Raíz	Limpiar la sangre	Compra	Nativa
CHENOPODIACEAE								
	Epazote de zorrillo	X			Tallo y hojas	Dolor estomacal	Compra	Nativa
COMPOSITAE								
<i>Bidens pilosa</i>	Aceitilla		X		Tallo, hojas y flor	Diabetes	Compra	Nativa
<i>Gnaphalium sp.</i>	Gordolobo	X			Tallo y hojas	Problemas respiratorios	Compra	Nativa
<i>Matricaria sp.</i>	Manzanilla	X	X		Tallo, hojas y flor	Dolor estomacal	Compra	Nativa
<i>Tanacetum sp.</i>	Arnica amarilla	X	X		Tallo, hojas y flor	Lavar heridas, dolor estomacal	Compra	Nativa
<i>Tanacetum sp.</i>	Arnica morada	X	X		Tallo, hojas y flor	Infecciones, des inflamatorio y cicatrizante	Compra	Nativa
	Estafiate		X	X	Tallo, hojas y flor	Dolor estomacal y empacho	Compra	Nativa
	Hierba del sapo			X	Tallo, hojas y flor	Colesterol	Compra	Nativa
EQUISETACEAE								
<i>Equisetum leavigatum</i>	Cola de caballo		X		Tallo	Vías urinarias	Compra	Nativa
FABACEAE								
<i>Prosopis juliflora</i>	Mezquite		X		Rama y hojas	Diabetes	compra	Nativa
JUGLANDACEAE								
	Nogal		X		Rama y hojas	Limpiar la sangre	Compra	Introducida
LABIATAE								
<i>Mentha spicata</i>	Hierba buena	X	X	X	Tallo y hojas	Dolor estomacal, diabetes y comestible	compra	Introducida
<i>Ocimum basilicum</i>	Albahacar	X			Tallo, hojas y flor	Migraña	Compra	Introducida
<i>Origanum majorana</i>	Mejorana		X	X	Tallo y hojas	Dolor estomacal, lombrices y comestible	Compra	Nativa
LAURACEAE								
<i>Litsea sp</i>	Laurel		X		Hoja	Dolor estomacal	Compra	Introducida
MALVACEAE								
<i>Malva sp</i>	Malva		X		Tallo, hojas y flor	Dolor estomacal y estreñimiento	Compra	Nativa
MYRTACEAE								
<i>Eucalyptus globolus</i>	Eucalipto		X		Hoja	Problemas respiratorios	Compra	Introducida
<i>Psidium guajava</i>	Hojas de guayaba		X		Hoja	Colitis	Compra	Introducida
MORINGACEAE								
<i>Moringa oleifera</i>	Moringa		X		Rama, hojas, tallo, vaina y semilla	Diabetes, cáncer y problemas circulatorios	Compra	Introducida

NYCTAGINACEAE							
<i>Bougainvillea sp</i>	Buganvilia	X	X	Hojas y flor	Dolor estomacal	Compra	Introducida
OLEACEAE							
<i>Olea europea</i>	Hojas de olivo	X		Hoja	Problemas circulatorios	Compra	Introducida
ONAGRACEAE							
	Hierba del golpe		X	Tallo y hojas	Desinflamatorio	Compra	Nativa
PAPAVERACEAE							
<i>Argemone sp.</i>	Chicalote		X	Tallo, hojas y flor	Chincual (infección)	Compra	Nativa
RUBIACEAE							
	Esculcona		X	Tallo y hojas	Empacho	Compra	Nativa
<i>Castilleja sp.</i>	Hierba del burro o de la garañona		X	Tallo y hoja	Vías urinarias	Compra	Nativas
SELAGINELLACEAE							
<i>Selaginella lepidophylla</i>	Doradilla		X	Toda la planta	Vías urinarias	Compra	Nativas
SOLANACEAE							
	Hierba mora		X	Tallo y hojas	Presión	Compra	Introducida
TAXODIACEAE							
<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuehuete		X	Rama y hojas	Varices y problemas circulatorios	Compra	Nativa
ZYGOPHYLLACEAE							
<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora		X	Rama y hojas	Hongos	Compra	Nativa

Tabla 2. Exclusividad de comercialización de la planta medicinal por mercado municipal

Total de especies comercializadas con nombre distinto	Especies vendidas en más de un mercado	Especies vendidas sólo en un mercado	Especies compartidas entre los tres mercados
108	27 (25%)	49 (45%)	32 (30%)

Tabla 3. Remedios de plantas medicinales de los mercados municipales agrupados en función de aparatos y sistemas.

Categoría	No. de especies
<b>Aparato Digestivo</b>	11
Piel	3
Aparato Respiratorio	3
Signos y Síntomas	1
Aparato Urinario	3
Sistema Musculo-Esquelético	1
Aparato Circulatorio	8
Crónico Degenerativas	5

## DISCUSIÓN

Actualmente existe una diversidad considerable de mercados, desde los modernos que son “supermercados”, hasta los tradicionales “tianguis” ambulantes instalados de manera semanal al aire libre. Estos últimos particularmente, son considerados como legados culturales de la temprana post-conquista de México (Bye y Linares, 1987). Desde entonces, los mercados son considerados como potencia económica que refleja el trabajo humano verdadero (Martínez-Moreno et al., 2016) en el aprovechamiento y uso de los recursos forestales no maderables, que regularmente son minimizados y por consecuencia subutilizados (Díaz, 2001). Las regiones semiáridas en materia de recurso forestal no maderable son las principales proveedoras de plantas medicinales y mantienen una estrecha relación con los mercados, pues éste, es distribuido exclusivamente en ellos (Días-Montesinos et al., 2011) y los tres mercados evaluados no fueron la excepción. En este sentido y de acuerdo con Wong et al., (2001), los ambientes semidesérticos son especialistas en proveer recurso no maderable de gran utilidad. Queda claro que la región semiárida de Durango produce un recurso no maderable que si es utilizado y se pudo corroborar dado que el 90% de las especies que se manejan en los mercados son procedentes de la zona semiárida de Durango. De acuerdo con los resultados preliminares, la familia ASTERACEAE es la que más aporta especies con uso medicinal, no sólo en la región de estudio sino a lo largo de toda la región semiárida y la región sur del país y por supuesto dentro de los mercados de la Comarca Lagunera. Se detectaron 39 (36%) especies introducidas que están siendo comercializadas y ocupan un porcentaje considerable en su uso, más no han desplazado los usos de las 69 nativas (64%). Actualmente, no existen trabajos similares en la Comarca Lagunera donde se haya realizado exploración en los mercados locales sobre plantas medicinales comercializadas, sin embargo, el trabajo más relacionado al respecto es el de González-Elizondo et al., (2004); donde resaltan la importancia de las plantas medicinales para Durango y cabe destacar que de las 108 especies registradas, 32 especies fueron detectadas entre los tres mercados y cada una con distintos usos medicinales. Además, cabe señalar que se tienen otras 77 especies que están por determinarse y de ser todas ellas diferentes estaríamos aproximándonos a lo registrado por las autores y enfatizando la importancia de la región como proveedora de plantas medicinales en los mercados municipales. Trabajos similares como el de Jaramillo et al., (2015); Zambrano-Intriago et al., (2015); Molina-Castañeda, (2014); García de Alba et al (2012); Martínez-Moreno et al., (2006); Bellucci (2002) reportan aproximadamente un 60% más de especies, sin embargo, no separan nativas de introducidas y por

otro lado cada uno de estos trabajos coinciden que la familia ASTRERACEAE es la de mayor presencia en los mercados como lo reportado en el presente estudio. Los remedios utilizados es algo que coincide en gran medida y los remedios para dolencias estomacales, respiratorias y urinarias son las de mayor frecuencia en los trabajos consultados y el propio. El conocimiento herbolario parece estar repartido entre hombres y mujeres, sin embargo, por ser preliminar, aún no se percibe una tendencia sobre quien pudiera dominar el terreno del conocimiento herbolario en los mercados municipales de la Comarca Lagunera de Durango y Coahuila.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los revisores que amablemente contribuyeron a la mejora del documento y al personal del Herbario de Plantas Medicinales del IMSS por el apoyo brindado durante la estancia para la identificación del material biológico. De igual forma agradecemos a los locatarios de los mercados municipales por proporcionar información de gran valor.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar, A., Camacho, J.R., Chino, S., Jacques, p. Y López, M.E. 1994. Plantas medicinales del herbario IMSS cuadros básicos por aparatos y sistemas del cuerpo humano. Instituto mexicano del seguro social. 218 pp.
- Argueta, V.A., Cano, L.M. y Rodarte, M.E. 1994. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. Instituto nacional indigenista. Vol. I, II y III. México DF, 1786 pp.
- Bellucci S. 2002. La herbolaria en los mercados tradicionales. Revista del centro de investigaciones. Universidad la Salle, 5: 63-70 pp.
- Bye, R. y Linares, M.E. 1983. The role of plants found in Mexican markets and their importance in ethnobotanical studies. Journal of Ethnobiology 3: 1-13 pp.
- Bye, R. y Linares, M.E. 1987. Usos pasados y presentes de algunas plantas medicinales encontradas en los mercados mexicanos. América indígena, 47: 200-230 pp.
- Caballero, J. y Cortés, L. 2001. Percepción, uso y manejo tradicional de los vegetales en México. En: Rendón-Aguilar B., Rebollar-Domínguez S., Caballero-Nieto J. Y Martínez-Alfaro M.A. eds. Plantas, cultura y



sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI, Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, DF. 79-100 pp.

Cano A.L.M., Vázquez, M.T. y Jácome, E.C. 1997. Flora medicinal de Veracruz. I. Inventario Etnobotánico. Universidad Veracruzana. Xalapa, ver. 606 pp.

Denzin, N.K. y Lincoln, Y.S. 2005. Manual de investigación cualitativa, vol. 3, estrategias de investigación cualitativa. 512pp.

Días-Montesinos, M.A., Farrera-Sarmiento, G.O. y Isidro-Vázquez, M.A. 2011. Estudio etnobotánico de los principales mercados de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Lacandonia, 2: 21-42 pp.

Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M. y Varela-Ruiz, M. 2013. La entrevista, recurso flexible y dinámico. Revista investigación en educación médica, UNAM. 2: 162-167 pp.

Díaz, J.L. 1976. Índice y sinonimia de las plantas medicinales de México. Monografías científicas I. IMEPLAM, A.C. México, DF. 358 pp.

Díaz, J.L. 1976. Usos de las plantas medicinales de México. Monografías científicas II. IMEPLAM, A.C. México, DF, 329 pp.

Díaz P.C.Y. 2001. Flora silvestre medicinal de la localidad zoque de rayón, Chiapas. Tesis de licenciatura. Facultad de biología. Universidad de ciencias y artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México 91 pp.

García-Arévalo, A. 2002. Vascular plants of the Mapimí biosphere reserve, México: a checklist. 20: 797-807 pp.

García de Alba-García, J.E., Ramírez-Hernández, B.C., Robles-Arellano, G., Zañudo-Hernández, J.; Salcedo-Rocha, A.L. y García de alba-Verduzco, J.E. 2012. Conocimiento y uso de las plantas medicinales de la zona metropolitana de Guadalajara. 16 pp.

Gispert, M., Diego, N., Jiménez, J.; Gómez, A.; Quintanilla, J. Y García, L. 1979. Un nuevo enfoque en la metodología etnobotánica en México. Medicina tradicional 2: 41-52 pp.

Gómez-Pompa, A. 1985. Los recursos bióticos de México (reflexiones), México, Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos, Alhambra, 122 pp.

Gonzales-Elizondo, M., Gonzales-Elizondo, S. y Herrera-Arrieta, Y. 1991. Listados florísticos de México. IX Flora de Durango. 167 pp.

Gonzales-Elizondo, M., López-Enríquez, I.L., Gonzáles-Elizondo, S. y Tena-flores. 2004. Plantas medicinales del estado de Durango y zonas aledañas. 144 pp.

Hernández-X. E., Vargas, A., Gómez, T., Montes, J. Y Brauer, F. 1983. Consideraciones etnobotánicas de los mercados en México. Revista de geografía agrícola 4: 13-28.

Hersch-Martínez, P. 1996. Destino común: los recolectores y su flora medicinal. El comercio de flora medicinal silvestre desde el suroccidente poblano. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, DF. 262 pp.

Hersch-Martínez, P. y Fierro, A. 2001. El comercio de plantas medicinales. Algunos rasgos significativos en el centro de México. En: Rendón-Aguilar B., Rebollar-Domínguez S., Caballero-Nieto J. Y Martínez-Alfaro M.A. eds. Plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo xxi, pp. 53-75, Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, Secretaría del medio Ambiente y Recursos Naturales, México, DF. 317 pp.

López-González, G. 1982. Guía de Incafo de los árboles y arbustos de la península ibérica, Madrid Incafo. 866 pp.

Jaramillo, M., Castro, M.E., Ruiz-Zapata, L.T. y Muñoz, D. 2014. Estudio etnobotánico de plantas medicinales en la comunidad campesina de pelelojo, municipio Urdaneta, estado Aragua, Venezuela. 27 pp.

Martínez-Moreno, D., Alvarado-Flores, R., Mendoza-Cruz, M. y Basurto-Peña, F. 2006. Plantas medicinales de cuatro mercados del estado de puebla, México. Boletín de la sociedad botánica de México. 79: 79-87 pp.

Martínez-Moreno, D., Valdés-Eleuterio, G., Basurto-Peña, F., Andrés-Hernández, A.R., Rodríguez-Ramírez, T. y Figueroa-Castillo. A. 2016. Plantas medicinales de los mercados de Izúcar de Matamoros y Acatlán de Osorio, Puebla. Revista Polibotánica 41: 153-178 pp.

Molina-Castañeda. 2014. Plantas medicinales en el mercado libertad Guadalajara, Jalisco, México. 86 pp.

Montelongo-Landeros, M., Alba-Ávila, J.A., Romero-Méndez, U. y García-De la Peña, C. 2105. Pteridofitas de las sierras el sarnoso y mapimí en Durango, México, Revista Mexicana de Biodiversidad, 86: 448-456 pp.

Paredes S.D. 1984. Etnobotánica Mexicana. Plantas popularmente empleadas en el edo. de Michoacán para el tratamiento de enfermedades hepáticas y vesiculares. Facultad de Ciencias, UNAM, México, DF. 151 pp.

Rzedowski, J. 1992. Diversidad del universo vegetal de México: perspectivas de un conocimiento sólido. En: Sarukhán J. y Dirzo R. Eds. México ante los retos de la biodiversidad. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, México, DF. 461 pp.

Sánchez, J., Estrada-Castillón, E., Arias-Montes, S., Muro-Pérez, G., García-Aranda, M., y García-Morales, I. 2014. Diversidad cactoflorística de la zona árida y semiárida de Durango, México. *Interciencia*, 39: 794-802 pp.

Soto-Núñez, J.C. y Sousa, M. 1995. Plantas medicinales de la cuenca del río balsas. Cuadernos del instituto de biología. Núm. Universidad nacional autónoma de México. 25: 198 pp.

Torres, B., Villers, L. y Argueta, A. 1982. Los mercados como instrumento en estudios etnobotánicos. *Memorias del simposio de etnobotánica*. México. 222-226 pp.

Vásquez, M.A. 1995. Uso y manejo de recursos vegetales de Oaxaca. En: *sociedad y naturaleza en Oaxaca número 2: recursos vegetales de Oaxaca*, Vásquez, M. A. Consejo nacional para la ciencia y tecnología. Oaxaca, Oaxaca, México. 115 pp.

Whitaker, T.W. y Cutler, H. 1966. Food plants in a Mexican market. *Economic botany* 20: 6-16 pp.

Wong, L.G.J. y Kisrti. T. 2001. Evaluación de los recursos de productos forestales no madereros. *Experiencias y principios biométricos*. 124 pp.

Zambrano-Intriago, L.F., Buenaño-Allauca, M.P., Mancera-Rodríguez, N.J., y Jiménez-Romero, E. 2015. Estudio etnobotánico de las plantas medicinales utilizadas por los habitantes del área rural de la parroquia san Carlos, Quevedo, Ecuador. 15 pp.

**APROXIMACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE *Sus scrofa* EN CHIHUAHUA MÉXICO 2015****SPATIO-TEMPORAL APPROACH FOR *Sus scrofa* IN CHIHUAHUA MEXICO 2015**

María Elena Torres-Olave<sup>1\*</sup>, Mario Iván Uc-Campos<sup>1</sup>, Manuel Octavio González-León<sup>1</sup>, Luis Carlos Bravo-Peña<sup>1</sup>, Luis Carlos Alatorre-Cejudo<sup>1</sup>, Víctor Manuel Salas-Aguilar<sup>1</sup>, Hugo Luis Rojas-Villalobos<sup>1</sup>, Alfredo Granados-Olivas<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Unidad Multidisciplinaria de la UACJ en Cuauhtémoc Carretera Cuauhtémoc-Anáhuac Km 61.5, Calle Ejército Nacional 5220. Col. Ejido Cuauhtémoc Anáhuac Municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua CP 31600.

\* Autor por correspondencia: [elena.torres@uacj.mx](mailto:elena.torres@uacj.mx)

RECIBIDO: 01/05/2018

ACEPTADO: 08/06/2018

**PALABRAS CLAVE:**

Estimación,  
especie exótica,  
especie invasora,  
nicho ecológico,  
biogeografía.

**KEYWORDS:**

Estimate,  
exotic species,  
invasive species,  
ecological niche,  
biogeography.

**RESUMEN**

El jabalí europeo (*Sus scrofa*) es una de las especies invasoras más dañinas y cuyo manejo es prioritario a nivel mundial. En Chihuahua, la información en cuanto a su biogeografía es escasa. Este trabajo tiene como objetivo la caracterización de variables ambientales en la distribución espacio-temporal del jabalí europeo en el estado de Chihuahua, México para el año 2015. Se utilizó el algoritmo MaxEnt. Las variables utilizadas para construir el modelo de distribución potencial fueron altitud (Alt) 68.6%, temperatura media del trimestre más cálido (bio9), 72.5% y rango medio diurno (bio2) 22.7%. La aproximación biogeográfica llevada a cabo se basa en la distribución potencial de *Sus scrofa*, que es sólo uno de los componentes de la dinámica biológica de esta especie que debe ser entendida como un sistema natural sumamente complejo.

**ABSTRACT**

The European wild boar (*Sus scrofa*) is one of the most harmful invasive species and whose management is a priority worldwide. In Chihuahua, information regarding its biogeography is scarce. The objective of this work is the spatio-temporal variable estimation of the European wild boar in the state of Chihuahua, Mexico for the year 2015. The MaxEnt algorithm was used. The variables used to construct the potential distribution model of this species were altitude (Alt) 68.6%, average temperature of the warmest quarter (bio9) 72.5% and average daytime range (bio2) 22.7%. The biogeographical approach carried out is based on the potential distribution of *Sus scrofa*, which is only one of the components of the biological dynamics of this species that should be understood as a highly complex natural system.



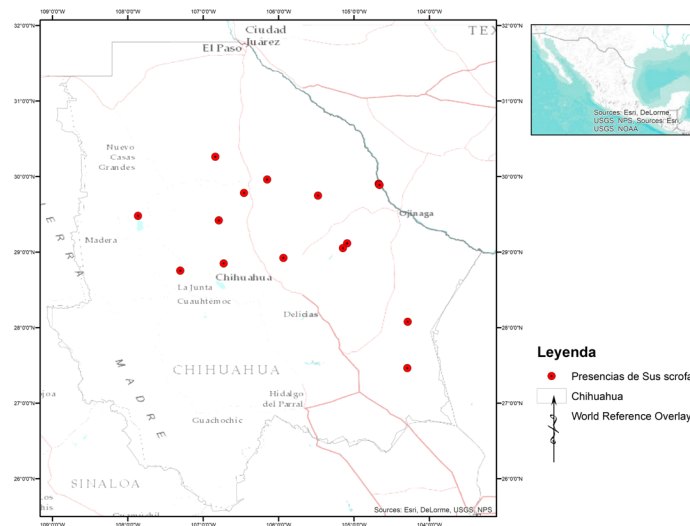
## INTRODUCCIÓN

Los impactos de las especies invasoras exóticas varían con la geografía, tiempo y especies (Faggi y Perepelizin, 2006; Montenegro, 2009; Capdevila-Argüelles et al., 2013); en combinación con la falta de conocimiento sobre su ocurrencia y distribución en México, hace que las predicciones de los efectos del daño causado por los jabalíes sea difícil de determinar (Uribe y Arita, 1998). Cuando estas especies invasoras llegan a establecerse, se alimentan, compiten por alimento, generan descendencia híbrida con especies nativas, transforman o destruyen el hábitat y además pueden ser portadoras de enfermedades y/o parásitos transmisibles capaces de enfermar y exterminar poblaciones de especies nativas enteras (Ramos de Luna et al., 2018; Velázquez Rodríguez et al., 2016). Por otro lado, se observa que el jabalí (*Sus scrofa*) es una de las especies invasoras más dañinas y cuyo manejo es prioritario a nivel mundial. Sin embargo, en Chihuahua la información en cuanto a su biogeografía es poca. El jabalí (*Sus scrofa*), nativo de Eurasia y norte de África, es el mamífero con mayor distribución en el mundo (Rosell et al., 2001). Se introdujo en América, centro y sur de África así como en las islas de Oceanía (Barrios-García et al., 2012); pues posee gran adaptabilidad y amplia capacidad reproductiva. La UICN lo clasifica como mamífero con potencialidad de alcanzar altas densidades poblacionales (Lowe et al., 2000; Solís-Cámara et al., 2009). Este artiodáctilo, está incluido para México en el Sistema de Información de Especies Invasoras (CONABIO, 2004) y se considera de alta prioridad para el país. En Chihuahua, hay poca información biogeográfica referente a esta especie, sin embargo se sabe, que los sitios que invade presentan daño a nivel de suelos y por ende repercute en la fauna y plantas nativas (Salazar et al., 2015). El pronóstico y mapeo de la distribución de especies, incluyendo el rango geográfico y la variabilidad en el ambiente, es fundamental para la conservación y manejo de la diversidad. Por este motivo, se han incluido los sistemas de información geográfica (SIG) para vigilar y monitorear especies invasoras. En este caso, el uso de modelos de distribución de especies es utilizado para generar las zonas del país más propensas a ser afectadas por especies exóticas. Con esta información los muestreos preventivos pueden ser enfocados a zonas específicas haciendo eficiente el modelo de áreas de distribución potencial que se ha convertido en una herramienta útil para el desarrollo de estrategias de intervención apropiadas. Una alternativa para identificar las variables biofísicas que permiten la presencia del grupo taxonómico es el algoritmo de Máxima Entropía conocido como MaxEnt, (Phillips y Dudík, 2008) el cual combina estadística y métodos bayesianos para estimar distribuciones de máxima entropía sujetas a restricciones dadas por la información ambiental (Dudík et al., 2007). El estudio se basó en la siguiente hipótesis: ¿Es posible identificar mediante el modelado espacio-temporal las variables ambientales que contribuyan a la

presencia de *Sus scrofa* en Chihuahua? Bajo el objetivo principal de caracterizar variables ambientales en la distribución espacio-temporal del jabalí europeo en Chihuahua, México para el año 2015.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** Chihuahua se localiza en la parte central del norte de México (Fig. 1). Colinda al norte con Nuevo México y Texas en Estados Unidos de América, al este con Coahuila de Zaragoza, al sur con Durango y al oeste con Sinaloa. Se ubica entre las coordenadas geográficas 25° 30' y 31° 47' N y 103° 18' hasta 109° 07' O. Es el estado de mayor extensión de México al ocupar el 12% del territorio nacional con una superficie total de 247,45 km<sup>2</sup>. El clima es seco y semiseco. La precipitación media anual es alrededor de 500 mm; El área de estudio incluye cuatro tipos de vegetación dominantes en el estado: desierto, bosque de encinar y pastizales, bosque de pino y la vegetación propia de barranca; para la mitad norte de la entidad siete: bosque montano, bosque de *Quercus grisea*, bosque de *Quercus santaclarensis*, bosques mixtos de encino, bosque espinoso, pastizal de *Bouteloua gracilis* y matorral desértico. Chihuahua posee 16 unidades geológicas, a saber: Regosol (25.46%) Xerosol (20.94), Litosol (20.67), Feozem (15.89%) Yermosol (4.59%), y entre los que abarcan menos del 3% del territorio estatal son: el Cambisol, Luvisol, Renzina, Solonchak, Vertisol, Solonetz, Planosol, Fluvisol, Ranker, Castañozem, Chernozem (INEGI, 2003).



**Figura 1. Área de estudio y puntos de presencia de *Sus scrofa*. Fuente: elaboración propia**

**Bases de datos y procedimiento.** Para la generación del área de distribución potencial de *Sus scrofa* se utilizaron 16 registros de ocurrencia ubicados a lo largo de Chihuahua para el año 2015, levantados mediante GPS Garmin eTrex 10 con un receptor de 24 canales (GPS/GLONNAS), precisión < 10 metros en el Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS) y Sistema con Aumento de Área Amplia < 5 m (WASS). Se utilizó un conjunto de variables biofísicas de las cuales

19 son climáticas obtenidas de WorldClim (~ 1 km) (Hijmans et al., 2005), 12 NDVI (Índice Normalizado de Vegetación) que indica el verdor de la vegetación en determinada época del año que puede ser un factor que influye en la temporalidad de permanencia de la especie en un lugar; precipitación media anual derivada del sensor MODIS (~ 1 km); una capa de vegetación y uso de suelo; 6 topográficas derivadas del Modelo Digital de Elevación (MDE); sombreado, acumulación, dirección de flujo, pendientes, orientación de laderas y altitud (Z) como se puede observar en la Tabla 1.

#### **Ajuste de resolución espacial y selección de variables.**

Debido a que la información recabada fue generada a diferentes escalas fue necesario homogeneizarlas basándose en la resolución de las variables de WorldClim (columnas, renglones y tamaño de pixel, (~1 km)) como en González, 2010. Posteriormente, se analizó la correlación espacial de las 42 variables predictoras a través del coeficiente de correlación Spearman entre pares de variables. Este proceso permitió, descartar aquellas que tuviesen valores de correlación sobre  $\rho \geq 0.70$  ( $\rho$  (rho)) es una medida de la correlación entre dos variables aleatorias continuas pues coeficientes de 0.5 a 0.7 tienden a ser significativos en muestras pequeñas. EL coeficiente Spearman, debe utilizarse para series de datos en los que existan valores extremos, ya que si se calcula la correlación de Pearson, los resultados no son los más adecuados para su uso posterior en el modelado espacio-temporal (Alegría y Sáez, 2012; Martínez Ortega et al., 2009). Adicionalmente se hizo un muestreo bootstrap (1000 repeticiones), donde se espera que las covariables independientes estén presentes en el mayor número de muestras, mientras que las variables de ruido están presentes como predictores en un número menor de muestras (Austin y Tu, 2004).

**Distribución potencial.** El algoritmo de MaxEnt se utilizó debido a que su aplicación en trabajos previos ha dado buenos resultados (Phillips et al., 2006) incluso con pocos datos (Bartel, 2008) como en el presente estudio. Normalmente los datos en MaxEnt se dividen en dos conjuntos, uno para la generación del modelo y otro para su validación (Sánchez-Cordero et al., 2005; Navarro et al., 2007; Pearson et al., 2007;). Sin embargo, con pequeños tamaños de muestra este procedimiento no es aplicable ya que se pierde información importante dentro de los datos que se establecen como de validación (Pearson et al., 2007). Para solucionar este problema, se generaron 30 réplicas aplicando la técnica de replicación bootstrapping. De esta manera se realizan particiones aleatorias de los datos en cada replicación y cada modelo se valida con un porcentaje definido por el usuario (en este caso es del 50%). En el bootstrapping el muestreo es con reemplazo, lo que significa que los registros de presencia se pueden utilizar más de una vez en el conjunto de datos de validación para cada réplica (Phillips y Dudík, 2008; Wu et al., 2009). Las variables biofísicas en este caso son de tipo continuo. A fin de estimar cuales son las variables más importantes en el modelo, se realizó una prueba Jackknife, para descartar las variables que no contribuyeron al modelo

y posteriormente se corrió esta prueba nuevamente, con los datos depurados.

Se optó por la salida logística para obtener valores fáciles de procesar ya que se utilizan como probabilidad donde los valores fluctúan entre 0 y 1, donde 0 indica incompatibilidad o ausencia de la especie y 1 muestra idoneidad o probabilidad de que la especie este presente (Phillips y Dudík, 2008). El proceso de evaluación se ejecutó bajo los parámetros establecidos por Phillips y Dudík (2008), y se realizó a través de la curva Operativa Característica del Receptor (ROC) calculando el Área Bajo la Curva (AUC) (Fielding y Bell, 1997) que se obtiene comparando la proporción de falsos y verdaderos positivos, es decir, desplegando en dos ejes X e Y, la proporción de falsos positivos (1-especificidad) y en el eje Y la proporción de positivos verdaderos (sensibilidad) (Phillips y Dudík, 2008).

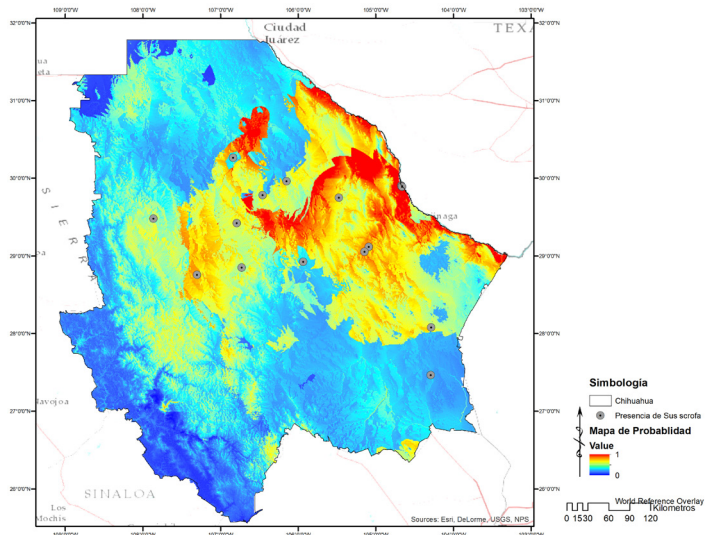
Posteriormente de las 30 réplicas generadas, se seleccionaron las tres cartografías resultantes de MaxEnt con mayor porcentaje de área bajo la curva para incorporarlos en el software ArcGis en su versión 10.2 de ESRI. Mediante álgebra de mapas, se calculó la suma de dicha selección para obtener un mapa consenso y el promedio (de probabilidad) de estos para así definir las áreas potencialmente idóneas de la especie. Posteriormente, se realizó una reclasificación de los valores en función del umbral establecido por MaxEnt en 10 percentil que indica la probabilidad de que el 10% de los puntos de presencia pueden caer fuera del área de predicción del área de distribución potencial (Naranjo et al., 2014). Aquellas probabilidades por debajo del umbral son transformadas a 0 y se interpreta como ausencia de los jabalíes, las mayores al umbral son transformadas a 1 y representan presencia de la especie. Finalmente, a partir de los modelos de distribución potencial se obtuvieron los rangos altitudinales para la especie y los principales usos de suelo por medio de una operación geoespacial específica para vectores poligonales mediante la herramienta de ArcMap "Intersect".

## **RESULTADOS.**

Con respecto al uso del filtrado estadístico mediante Sperman (correlación sobre  $\rho \geq 0.70$ ), se eliminaron 32 de las 42 variables seleccionadas para la generación del modelo. Los resultados del AUC y el porcentaje de contribución más alto al modelo de dos variables por replica muestran la importancia sostenida de las variables (Tabla 2).

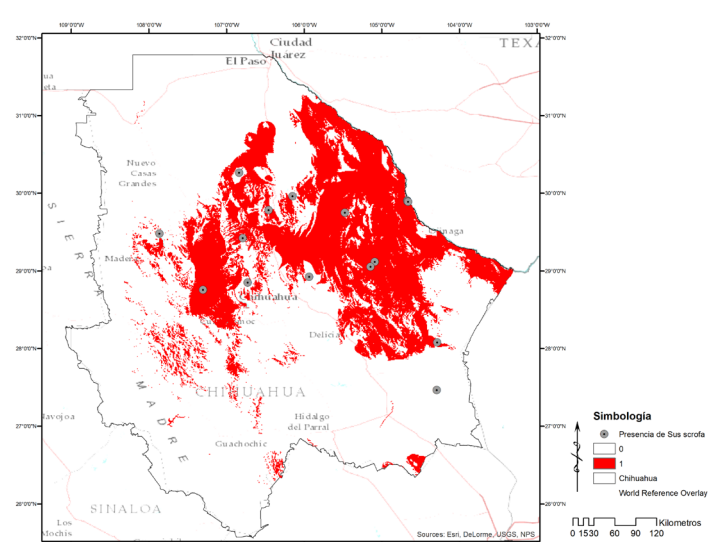
En la Tabla 2 se aprecia la contribución porcentual de las variables utilizadas para construir el modelo de distribución potencial para *Sus scrofa*: Altitud (Alt) 68.6%, temperatura media del trimestre más cálido (bio9) 72.5%, Rango medio diurno (bio2) 22.7%.

En cuanto a la cartografía resultante, se obtuvo mediante las réplicas (0,15,19) con AUC mayor a 0.8, donde se muestrala probabilidad de ocurrencia de *Sus scrofa* en el estado de Chihuahua (Fig. 2).



**Figura 2. Mapa de probabilidad de ocurrencia de *Sus scrofa* en el estado de Chihuahua. Los valores de probabilidad cercanos a cero indican escasa idoneidad ambiental y los valores próximos a uno una alta idoneidad.**

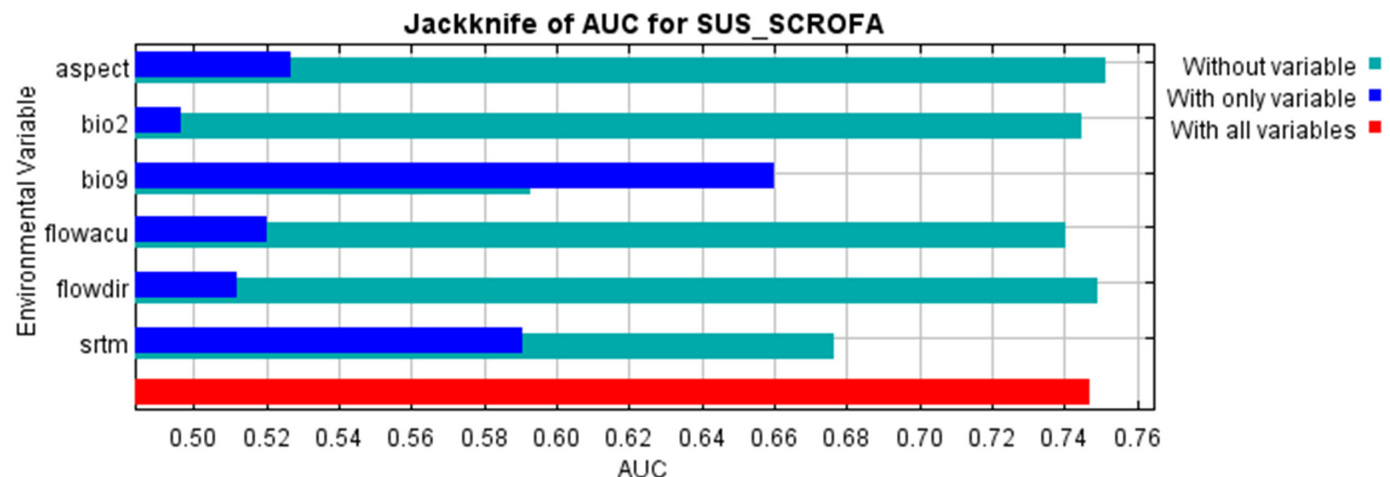
La cartografía resultante puede interpretarse como áreas de aptitud que van de moderada a alta, en los municipios de Ojinaga, Coyame del Sotol, Aldama, Camargo, Jiménez, Ahumada, Riva Palacio, Madera, Bachiniva y Namiquipa; donde *Sus scrofa* tiene mayor probabilidad de existir en esos lugares debido a la disposición de las condiciones ambientales (Fig.2). Por lo que la información producida durante este estudio es oportuna y relevante ya que puede ayudar a pre visualizar áreas que están propensas a ser invadidas, así como, en la planificación de estrategias de manejo y/o control de esta especie invasora. En el mapa de ausencia-presencia (Fig. 3) se observa la distribución potencial de *Sus scrofa* en la cual abarca desde la parte oeste, centro y este del estado sobre uso de suelo del tipo matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, pastizal natural, pastizal halófilo, bosque de encino-pino y agricultura de temporal.



**Figura 3. Mapa de presencia/ausencia (0.36, umbral de corte) de *Sus scrofa* en Chihuahua, el color rojo indica la presencia de la especie.**

Por otro lado, la prueba de Jackknife señala las variables que aportan mayor información al modelo cuando son utilizadas de forma aislada como la orientación de laderas (aspect), rango medio diurno (bio2), temperatura media del trimestre más cálido (bio9), acumulación de flujo (flowacu), dirección de flujo (flowdir), y altitud (alt) (Fig. 4).

En base a las presencias de *Sus scrofa*, se obtuvieron los valores de usos de suelo que están dentro de esta zona de presencia y se generó un gráfico el cual muestra los seis principales usos de suelo con mayor área de presencia en Km<sup>2</sup> de *Sus scrofa*. Para los rangos altitudinales con presencia de *Sus scrofa*, se identifica que la especie se distribuye entre 537 y 3081msnm, mientras que las altitudes de presencia para los seis principales usos de suelo fueron de 596 a 2903 msnm (Fig. 5).



**Figura 4. Prueba Jackknife para *Sus scrofa*. Se muestra la ganancia que genera cada variable en tres diferentes escenarios.**



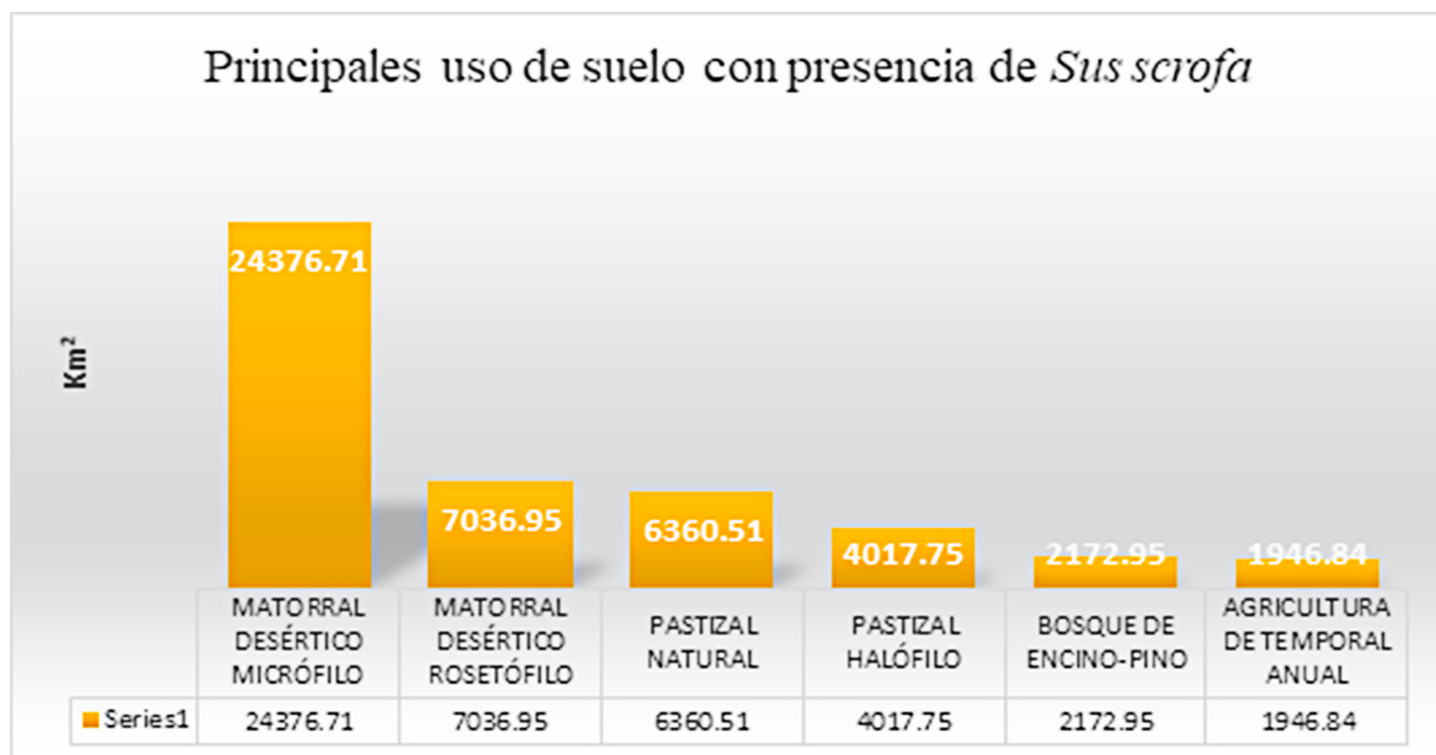


Figura 5. Principales usos de suelo con presencia de *Sus scrofa* en km<sup>2</sup>.

Tabla 2. Resultados de AUC y porcentajes más altos de contribución al modelo de tres variables por replica

Replica	AUC	Variables	Porcentaje de contribución de la variable al modelo
SUS_SCROFA_0	0.94	Alt	68.6
	bio9		29
	bio2		2.4
SUS_SCROFA_15	0.91	bio9	2.5
	Alt		19.3
	flowacu		8.2
SUS_SCROFA_19	0.89	bio9	60.6
	bio2		22.7
	aspect		15.5

**Tabla 1. Variables biofísicas utilizadas para generar el modelo espacio-temporal de *Sus scrofa* en Chihuahua, México.**

Variable	Descripción
BIO1	Temperatura media anual
BIO2	Rango medio diurno**
BIO3	Isotermalidad
BIO4	Estacionalidad de la temperatura
BIO5	Temperatura máxima del mes más caliente
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango de temperatura anual
BIO8	Temperatura del trimestre más húmedo
BIO9	Temperatura del trimestre más seco**
BIO10	Temperatura media del trimestre más caliente
BIO11	Temperatura del trimestre más frío
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del mes más húmedo
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Estacionalidad de Precipitación
BIO16	Precipitación del trimestre más húmedo
BIO17	Precipitación del trimestre más seco
BIO18	Precipitación del trimestre más caliente
BIO19	Precipitación del trimestre más frío
NDVI1	Índice de vegetación normalizado para enero 2015 <a href="https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php">https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php</a>
NDVI2	Índice de vegetación normalizado para febrero 2015
NDVI3	Índice de vegetación normalizado para marzo 2015
NDVI4	Índice de vegetación normalizado para abril 2015
NDVI5	Índice de vegetación normalizado para mayo 2015
NDVI6	Índice de vegetación normalizado para junio 2015
NDVI7	Índice de vegetación normalizado para julio 2015
NDVI8	Índice de vegetación normalizado para agosto 2015
NDVI9	Índice de vegetación normalizado para septiembre 2015
NDVI10	Índice de vegetación normalizado para octubre 2015
NDVI11	Índice de vegetación normalizado para noviembre 2015
NDVI12	Índice de vegetación normalizado para diciembre 2015
Alt	Altura Z ( <a href="http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1">http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1</a> )**
PreCan	Precipitación media anual del sensor MODIS**
Flow dir	Dirección de flujo**
Acu	Acumulación de flujo**
Pend	Pendientes
Asp	Orientación de laderas**
Somb	Sombreado
Uso	Uso de suelo serie V escala 1:250,000 <a href="http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/">http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/</a>

## DISCUSIÓN.

Se acepta la hipótesis de que es posible identificar las variables ambientales que contribuyan a la presencia de *Sus scrofa* mediante el modelado espacio-temporal para Chihuahua en el año 2015. Debe tomarse en cuenta que la aproximación espacio-temporal llevada a cabo en el presente estudio se basa en la distribución potencial y caracterización de variables importantes de *Sus scrofa*, que es solo unos de los componentes de la dinámica biológica de esta especie que debe ser entendida como un sistema natural complejo. Se observa que los modelos realizados para estimar la distribución de *Sus scrofa* presentaron valores mayores a 0.95 lo que indica que la confiabilidad del modelo para clasificar las presencias de la especie es más aceptable y precisos que un modelo obtenido al azar; concordando con autores como Austin y Tu (2004); Bartel (2008); Elith et al., (2011) y Phillips et al., (2006). MaxEnt ha demostrado ser una herramienta robusta para modelar sólo con datos de presencia, haciendo predicciones incluso con escasos números de presencia, mejorando el desempeño de numerosas técnicas tradicionales. Actualmente, el modelado con MaxEnt se extiende a numerosos grupos taxonómicos, a distintas áreas geográficas y diversos objetivos específicos (Navarro et al., 2007; Pearson et al., 2007). Por su parte, los resultados obtenidos por la prueba de Jacckknife coinciden con lo reportado por diversos autores en cuanto a la utilización de estas variables en la biología de la especie como por ejemplo la orientación de laderas (aspect), indicando que la alimentación de los jabalíes es significativamente menor en las pendientes secas que en otros tipos de hábitat como en los bosques ribereños, los fondos de los valles y las zonas agrícolas (Cahill et al., 2003). La pendiente de los lugares para descanso varío de 0 a 5 grados en verano, mientras que en invierno alcanza los 20°C. Probablemente esto se relaciona a una mejor insolación, drenaje de agua (suelo) y a un periodo más corto de persistencia de la nieve (D'Andrea et al., 2014). En cuanto a rango medio diurno (bio2) y temperatura media del trimestre más cálido (bio9), se señala que los ritmos de actividad controlados internamente están influenciados por una serie de factores ambientales cíclicos como el fotoperiodo, fluctuaciones de temperatura y episodios de alimentación regulares; factores que se dan de manera interactiva y moldea el comportamiento espacio-temporal de *Sus scrofa* (Podgóski et al., 2013). Por otro lado, *Sus scrofa*, gusta de lugares sombreados, permaneciendo en ríos y charcos durante las horas calientes (Baldi Salas, 2007). Por último, como efecto de la altitud en zonas montañosas se observa un comportamiento de invierno donde *Sus scrofa* baja de altitudes de 2300 msnm (áreas de descanso) a áreas de alimentación (800 - 1.300 msnm). En verano, el rango de altitud es más corto y las áreas de descanso se superponen a los lugares de alimentación (800 - 1.200 m) (D'Andrea et al., 2014). Aunado a estos factores, la presión humana puede afectar directamente el comportamiento y puede resultar en cambios hacia

una actividad nocturna o influir en los movimientos y patrones de uso de espacio (Jeppesen, 1987; Wood y Brenneman, 1980; Podgóski et al., 2013;). Esta especie se reporta en todo el estado (Ceballos, 1997; Velázquez Rodríguez et al., 2016) (Figura 5), por lo que la ocurrencia es común a pesar de que las condiciones ambientales no son idóneas para la presencia; lo cual se refleja en la variedad de hábitats que abarca en el estado (Matorral desértico micrófilo, Matorral desértico rosetófilo, Pastizal natural, Pastizal halófilo, Bosque de encino-pino, Agricultura de temporal anual, entre las principales). Además, debe destacarse que el jabalí puede soportar densidades de población superiores al resto de los mamíferos de su tamaño debido a que sigue una estrategia demográfica de tipo r, presentando un alto potencial reproductor y permitiéndole, por tanto, una extraordinaria adaptación a las variaciones del medio (Saez-Royuela y Tellería, 1987). Lo anterior, evidencia la capacidad de adaptación a diferentes ambientes por parte de este artiodáctilo y por otro lado, el sub-registro de puntos de presencia en un ambiente más amplio.

Por último se recomienda que el monitoreo de especies y sus resultados de distribución potencial se puedan llevar de una manera eficiente empleando los servicios o plataformas de mapeo web; de esta manera se contaría con un sistema actualizado de cartografía que permita evidenciar su presencia, no solo en el estado o región geográfica específica; si no que se alcancen resultados a nivel nacional que puedan ser visualizados, analizados y vigilados vía internet por expertos e investigadores del tema, inclusive en tiempo real.

## LITERATURA CITADA

- Alegría, J. y Sáez, M.P. 2012. Curso básico de estadística para los grados en: economía y administración y dirección de empresas. 46 pp.
- Austin, P.C. y Tu, J.V. 2004. Bootstrap methods for developing predictive models. *The American Statistician* 58: 131-137.
- Baldi Salas, M. 2007. Perfil sanitario del cerdo asilvestrado (*Sus scrofa*) de la Isla del Coco-Costa Rica.
- Barrios-García, M.N. y Ballari, S.A. 2012. Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: a review. *Biological Invasions* 14: 2283-2300.
- Bartel, R.A. 2008. Effects of disturbance on habitat dynamics of a rare species. North Carolina State University.
- Cahill, S., Llimona, F. y Gràcia, J. 2003. Spacing and nocturnal activity of wild boar *Sus scrofa* in a Mediterranean metropolitan park. *Wildlife Biology* 9(1): 3-13.
- Capdevila-Argüelles, L., Zilletti, B., y Álvarez, V.Á.S. 2013. Causas de la pérdida de biodiversidad: Especies

- Exóticas Invasoras. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. Sección biológica.
- Ceballos, H.T.A.Y.G. 1997. Los mamíferos de Mexico: distribución y estado de conservación The mammals of Mexico: distribution and conservation status. *Revista Mexicana De Mastozoología* 2: 33-71.
- CONABIO, P. d. G. 2004. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. <https://www.gob.mx/conabio>. Fecha de consulta 3 septiembre 2017.
- D'Andrea, L., Durio, P., Perrone, A., y Pirone, S. 2014. Preliminary data of the wild boar (*Sus scrofa*) space use in mountain environment. *Journal of Mountain Ecology* 3.
- Dudík, M., Phillips, S.J. y Schapire, R.E. 2007. Maximum entropy density estimation with generalized regularization and an application to species distribution modeling. *Journal of Machine Learning Research* 8: 1217-1260.
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E., y Yates, C.J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions* 17: 43-57.
- Faggi, A. y Perepelizin, P. 2006. Riqueza de aves a lo largo de un gradiente de urbanización en la ciudad de Buenos Aires. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie* 8: 289-297.
- Fielding, A.H. y Bell, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental conservation* 24: 38-49.
- González-Lozano, F. A. 2010. *Manual introductorio ArcGis 10*. Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., y Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology* 25(15): 1965-1978.
- INEGI. 2003. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua. INEGI. Chihuahua, México.
- Jeppesen, J.L. 1987. Impact of human disturbance on home range, movements and activity of red deer (*Cervus elaphus*) in a Danish environment. *Danish Review of Game Biology* (Denmark).
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. y De Poorter, M. 2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. Vol. 12. Auckland: Invasive Species Specialist Group. 56 pp.
- Martínez Ortega, R.M., Tuya Pendás, L.C., Martínez Ortega, M., Pérez Abreu, A., y Cánovas, A. M. 2009. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2).
- Montenegro, O.L. 2009. Biological Conservation and its Evolutionary Perspective. *Acta Biológica Colombiana* 14. 255-268.
- Morales, N. 2012. Modelos de distribución de especies: Software MaxEnt y sus aplicaciones en Conservación. *Rev. Cons. Amb., Notas y Comentarios* 2.
- Naranjo, M., Moreno, A.C., y Martín, S. 2014. 3EIBS: ¿Dónde buscar troglobiontes? Ensayo de una cartografía predictiva con MaxEnt en Gran Canaria (islas Canarias). *Arxius de Miscellània Zoològica* 12: 83-92.
- Navarro, J.C., Liria, J., Pinango, H., y Barrera, R. 2007. Biogeographic area relation ships in Venezuela: A parsimony analysis of Culicidae-Phytotelmata distribution in National Parks. *Zootaxa* 1547(1): 1-19.
- Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M., y Townsend Peterson, A. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of biogeography* 34(1): 102-117.
- Phillips, S. J., y Dudík, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31(2): 161-175.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., y Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling* 190(3): 231-259.
- Phillips, S.J., y Dudík, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31(2): 161-175.
- Podgórski, T., Baś, G., Jędrzejewska, B., Sönnichsen, L., Śnieżko, S., Jędrzejewski, W. y Okarma, H. 2013. Spatiotemporal behavioral plasticity of wild boar (*Sus scrofa*) under contrasting conditions of human pressure: primeval forest and metropolitan area. *Journal of Mammalogy* 94(1): 109-119.
- Ramos de Luna, C.Y., Romero, P., Co-Asesor, B.J.A., y Co-Asesor, A.O.M. J. 2018. Situación del marrano asilvestrado en el norte de México.
- Rosell, C., Fernández-Llario, P., y Herrero, J. 2001. El jabalí (*Sus scrofa*) Linnaeus, 1758. *Galemys* 13(2): 1-25.
- Saez-Royuela, C. y Telleria, J. 1987. Reproductive trends of the wild boar (*Sus scrofa*) in Spain. *Folia zoologica* 36(1): 21-25.



Salazar, D.N., Torres-Olave, M.E., y Alatorre, L.C. 2015. Estimación de nicho ecológico del jabalí (*Sus scrofa*) en México y Estados Unidos.

Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P., Linaje, M., Sarkar, S., y Peterson, A. T. 2005. Deforestation and extant distributions of Mexican endemic mammals. *Biological Conservation* 126(4): 465-473.

Solís-Cámara, A.B., Arnaud-Franco, G., Álvarez-Cárdenas, S., Galina-Tessaro, P. y Montes-Sánchez, J.J. 2009. Evaluación de la población de cerdos asilvestrados (*Sus scrofa*) y su impacto en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science* 2(2): 173-188.

Uribe, J. y Arita, H.T. 1998. Distribución, diversidad y conservación de los mamíferos de importancia cinegética en México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 75: 47-71.

Velázquez Rodríguez, M E., Hernandez, G., González Morales, H.C., Co-Asesor, M.S.C., y Moyeda Davila, A.I. 2016. Cerdos asilvestrados (*Sus scrofa domesticus*) en el norte de México.

Wood, G.W. y Brenneman, R.E. 1980. Movement patterns and habitat utilization by feral swine in the lower-coastal plain of South Carolina. *Journal of Wildlife Management* 44: 241-252.

Wu, D., Lee, W.S., Ye, N., y Chieu, H.L. 2009. Domain adaptive bootstrapping for named entity recognition. *Paper presented at the Proceedings of the 2009 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: Volume 3*. 1523-1532. <https://dl.acm.org/citation>.

## FLORA ENDÉMICA DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ Y REGIONES ADYACENTES EN MÉXICO

## ENDEMIC FLORA TO THE STATE OF SAN LUIS POTOSÍ AND ADJACENT REGIONS IN MEXICO

José Arturo De-Nova<sup>1\*</sup>, Pedro Castillo-Lara<sup>1</sup>, Ana Karem Gudiño-Cano<sup>2</sup> y José García-Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Altair No. 200 Colonia del Llano, San Luis Potosí 78377, México.

<sup>2</sup>Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez 2100, 25510 Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México.

\* Autor por correspondencia: [arturo.denova@uaslp.mx](mailto:arturo.denova@uaslp.mx)

RECIBIDO: 11/05/2018

## RESUMEN

ACEPTADO: 07/06/2018

### PALABRAS CLAVE:

Complejidad topográfica, endemismo, especiación, *hotspots*, riqueza florística.

### KEYWORDS:

Topographic complexity, endemism, speciation, *hotspots*, floristic richness.

México es considerado un área de excepcional diversidad florística y endemismos. Existe una gran preocupación sobre la conservación de la flora mexicana, ya que varias actividades y factores antropogénicos la amenazan. En el presente trabajo se presenta una lista de la flora endémica del estado de San Luis Potosí y regiones adyacentes. Se registró un total de 336 taxones de distribución restringida, 61 especies exclusivas del estado. Las familias con mayor número de endemismos fueron: Compositae, Cactaceae, Crassulaceae, Asparagaceae y Lamiaceae. Los géneros con más especies fueron: *Mammillaria*, *Turbinicarpus*, *Coryphanta*, *Salvia*, *Pinguicula*, *Sedum* y *Zephyranthes*. Los municipios con mayor endemismo fueron Guadalcázar, Rioverde, San Luis Potosí, Zaragoza, Villa Juárez, Xilitla y Ciudad del Maíz. Querétaro es el estado con el que San Luis Potosí comparte un mayor número de endemismos. Un total de 66 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo en normas nacionales e internacionales. La exploración florística en el estado aun está incompleta y cada año se describen nuevas especies de la región. Los resultados aquí obtenidos son de utilidad para resaltar zonas que representan puntos críticos para la conservación de flora mexicana.

## ABSTRACT

Mexico is considered an exceptional area for floristic diversity and endemisms. There is a great concern because several anthropogenic activities and factors are impeding its conservation on the conservation of the Mexican flora. In this paper, we present a list of endemic flora to the State of San Luis Potosí and adjacent regions. A total of 336 taxa with restricted distribution were recorded, 61 exclusive to the state. The families with more endemisms were: Compositae, Cactaceae, Crassulaceae, Asparagaceae, and Lamiaceae. The genera with more species were: *Mammillaria*, *Turbinicarpus*, *Coryphanta*, *Salvia*, *Pinguicula*, *Sedum* and *Zephyranthes*. The municipalities with the most endemism were: Guadalcázar, Rioverde, San Luis Potosí, Zaragoza, Villa Juárez, Xilitla, and Ciudad del Maíz. Queretaro is the state with shares more endemism whit San Luis Potosí. A total of 66 species are in some risk category both national and international laws. Floristic exploration in the state is still incomplete, and every year new species are described for the region. This information is useful to highlight zones that represent hotspots for the conservation of Mexican flora.

## INTRODUCCIÓN

La flora vascular de México comprende entre 23,314 y 24,500 especies vegetales (CONABIO, 2009; Villaseñor, 2016; Sosa et al., 2018). Esta diversidad se refleja en las múltiples asociaciones vegetales reconocidas como tipos de vegetación dentro del territorio (Miranda y Hernández-Xolocotzi, 1963; Rzedowski, 1978). Además de la riqueza, una de las características sobresalientes del país es su alto grado de endemismo florístico, el cual es cerca de la mitad de sus especies (Rzedowski, 1991; Rzedowski, 1993; Sosa y De-Nova, 2012; Sosa et al., 2018). Esta característica, junto a la amenaza por diferentes factores y actividades humanas, ha llevado a que México se reconozca como parte de los “hotspots” o puntos críticos para la conservación de la biodiversidad (Myers et al., 2000; Mittermeier et al., 2011).

Los estados de México que resaltan por su flora endémica son Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Guerrero (Sosa y De-Nova, 2012; Villaseñor, 2016). Sin embargo, otros estados incluyen una importante proporción de especies exclusivas a nivel regional. Uno de ellos es San Luis Potosí, que representa una zona importante de riqueza y endemismo para la flora mexicana (Rzedowski, 1965; Henrickson y Johnston, 1986; Villaseñor y Ortiz, 2014; Villaseñor, 2016) y es reconocido por ser un centro de diversificación para grupos biológicos como la familia Cactaceae (Gómez-Hinostrosa y Hernández, 2000; Hernández et al., 2001; Godínez-Álvarez y Ortega-Baes, 2007). En el estado se desarrollan 5,413 especies de plantas vasculares, lo que representa 22% del total nacional (Villaseñor, 2016; De-Nova, 2018). Estos datos lo sitúan en el séptimo lugar a nivel nacional, a pesar de ser el quinceavo en extensión territorial.

El conocimiento de la flora y el inventario en los estados de la República Mexicana aún son incompletos (Villaseñor, 2003; Villaseñor, 2016). Sin embargo, en la actualidad se dispone de una colección importante de especímenes en herbarios locales, nacionales e internacionales, que han ayudado a incrementar el conocimiento florístico del país (Díaz-Luna y Villarreal, 1975; Sosa y Dávila, 1994; Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008; Martínez-Castillo y Yáñez-Espinosa, 2011; González-Elizondo et al., 2017). Resulta de particular interés conocer las especies endémicas a los estados, pues son de las más vulnerables a la pérdida de hábitat, causadas por las diferentes actividades humanas (Elizondo et al., 1990; Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008; De-Nova, 2018). La identificación de sus patrones biogeográficos puede contribuir al reconocimiento

de zonas prioritarias para la conservación de la flora mexicana (Hernández et al., 2001; Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2011a; Sosa y De-Nova, 2012; Gándara y Sosa, 2014; Hernández-Hernández et al., 2014; De-Nova et al., 2018; Sosa et al., 2018).

En este trabajo se presenta una lista de las especies endémicas al estado de San Luis Potosí y con distribución restringida a regiones adyacentes. El objetivo es presentar el inventario del endemismo del estado con el fin de destacar áreas y taxones de importancia para la conservación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión exhaustiva de especímenes de herbario en colecciones botánicas del herbario estatal SLPM, los herbarios nacionales IEB, MEXU y XAL, así como las bases de datos de CONABIO y de los herbarios internacionales MO y NY (Thiers, 2018). Se revisó literatura especializada sobre plantas de México y el área de estudio como la Flora del Bajío y Regiones Adyacentes, listas florísticas y compendios (Standley, 1920-1926; Rzedowski, 1956; Hunt, 1992; Hernández y Bárcenas, 1995; Reyes-Agüero et al., 1996; García-Sánchez et al., 1999; Salas de León et al., 1999; Villaseñor, 2003; González-Castillo et al., 2007; Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2011b; Espejo-Serna, 2012; Rzedowski, 2015a, 2015b; Villaseñor, 2016; Torres-Colín, 2017), descripciones de nuevas especies ó notas taxonómicas (Zamudio, 2001; López-Ferrari y Espejo-Serna, 2002; Rodríguez y Ortiz-Catedral, 2005; Carrillo-Reyes, et al., 2010; Galván y Zamudio, 2013; Bedolla y Zamudio, 2015; Castillo-Lara et al., 2018; Zamudio et al., 2018).

El área de estudio se restringió al estado de San Luis Potosí, sin embargo, se incluyeron especies que además del estado se han reportado para algunas localidades de los estados adyacentes de Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Querétaro, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas. Se consideró importante incluir estos casos, pues las plantas no responden a fronteras políticas sino a atributos del hábitat y el ecosistema. Con la información obtenida se generó una base de datos por municipios dentro de San Luis Potosí que permitió determinar los patrones de distribución de las especies.

La estandarización nomenclatural y de clasificación se realizó con el paquete Taxonstand v.2.1 (Cayuela et al., 2012; Cayuela et al., 2017) para R (R Development Core Team, 2018) que se basa en el proyecto The Plant



List project (<http://www.theplantlist.org/statistics>). Se buscaron las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), la lista roja manejada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN, 2012) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, [www.cites.org](http://www.cites.org)).

## RESULTADOS

Se registraron en total 336 taxones de distribución restringida al estado de San Luis Potosí, México, y regiones adyacentes, 61 exclusivos para el estado (Apéndice 1; ej. Figs. 1, 2, 3). Estas especies se ubican dentro de 65 familias y 178 géneros. La familia Compositae con 54 especies fue la más rica para el área de estudio, seguida por Cactaceae con 52, Crassulaceae con 23, Lamiaceae con 19 y Asparagaceae con 18, y Leguminosae con 17, que en su conjunto suman 182 especies, más del 54% del endemismo regional (Tabla 1). Los géneros con mayor riqueza de especies fueron *Mammillaria* con 14, *Turbinicarpus* y *Salvia* con 13, *Coryphantha* con 11, *Pinguicula* y *Sedum* con 10 cada uno, y *Zephyranthes* con ocho (Tabla 1).

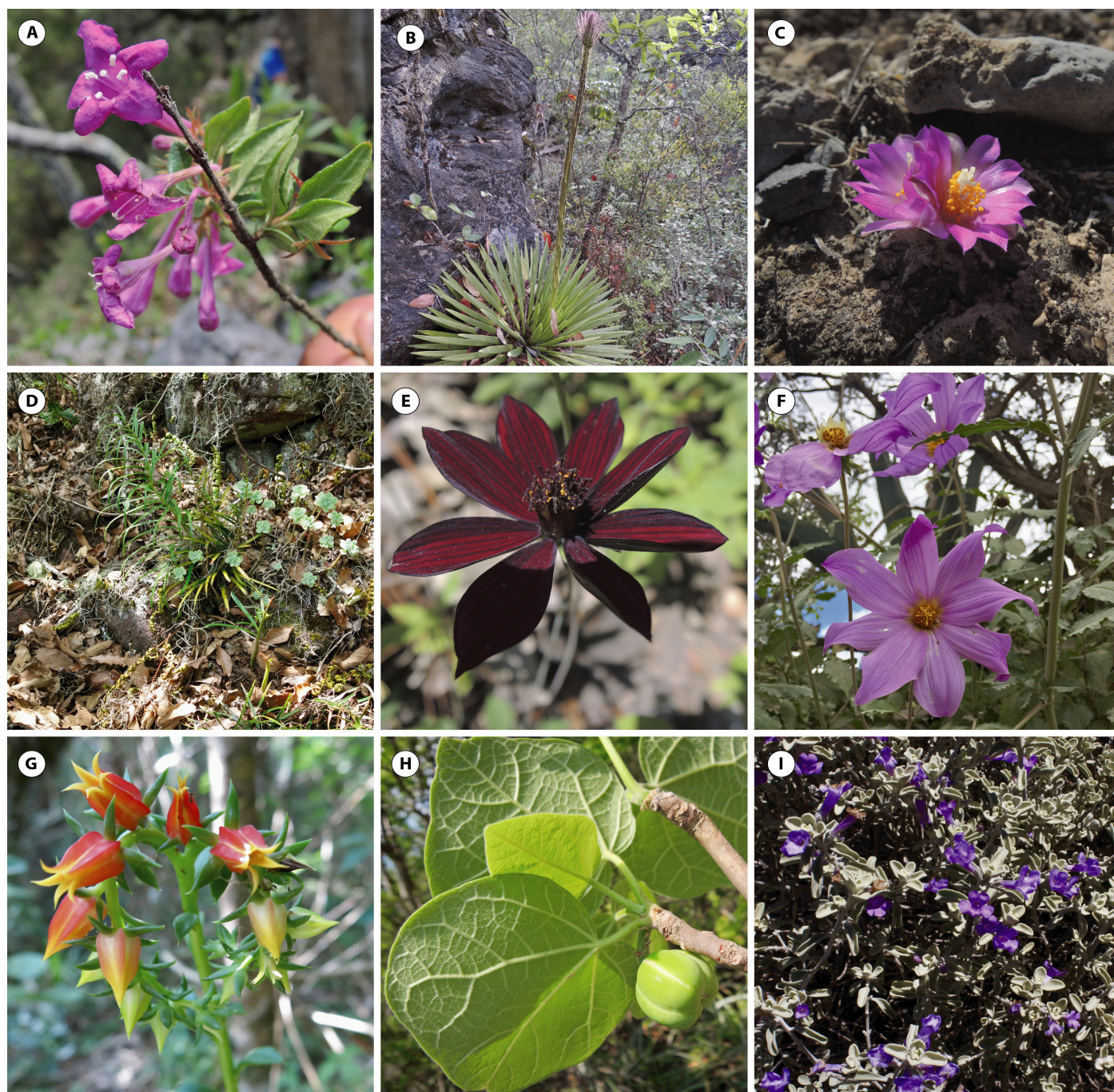
La distribución de las especies endémicas comprende las diferentes zonas de San Luis Potosí (Altiplano, Zona Media y Huasteca), e incluye 47 de los 58 municipios (Fig. 4). Los municipios con mayor riqueza y endemismo fueron Guadalcázar con 53 especies, Rioverde con 43, San Luis Potosí y Zaragoza con 36, Villa Juárez y Xilitla con 30 y Ciudad del Maíz con 25. Los estados que comparten especies de distribución restringida con San Luis Potosí fueron Querétaro con 114, Tamaulipas con 105, Nuevo León con 77, Hidalgo con 63, Guanajuato con 61, Veracruz con 45, Zacatecas con 42, Coahuila con 35 y Jalisco con ocho.

Un total de 43 especies endémicas al área de estudio están en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-ECOL-2010 (SEMARNAT, 2010), nueve se consideran en peligro de extinción (P), 14 amenazadas (A), y 20 sujetas a protección especial (Pr). 60 especies se listan en CITES, 22 en el apéndice I y 38 en el apéndice II. 40 especies están en la Lista Roja de la IUCN, tres en peligro crítico (CR), 12 amenazadas (EN), cuatro vulnerables (VU), tres casi amenazadas (NT) y 18 en preocupación menor (LC). Las familias con más especies en categoría de riesgo fueron Cactaceae y Zamiaceae.

**Tabla 1. Familias y géneros con mayor número de especies endémicas de San Luis Potosí y regiones adyacentes con su porcentaje sobre el total.**

Familia	Número de especies (%)	Género	Número de especies (%)
Compositae	54 (16.12)	<i>Mammillaria</i>	14 (4.18)
Cactaceae	52 (15.52)	<i>Turbinicarpus</i>	13 (3.88)
Crassulaceae	23 (6.87)	<i>Salvia</i>	13 (3.88)
Lamiaceae	19 (5.67)	<i>Pinguicula</i>	10 (2.99)
Asparagaceae	18 (5.37)	<i>Coryphantha</i>	11 (3.28)
Leguminosae	17 (5.07)	<i>Sedum</i>	10 (2.99)
Amaryllidaceae	13 (3.88)	<i>Zephyranthes</i>	8 (2.39)
Lentibulariaceae	10 (2.99)	<i>Echeveria</i>	7 (2.09)
Rubiaceae	9 (2.68)	<i>Verbesina</i>	7 (2.09)
Solanaceae	7 (2.09)	<i>Acourtia</i>	5 (1.49)





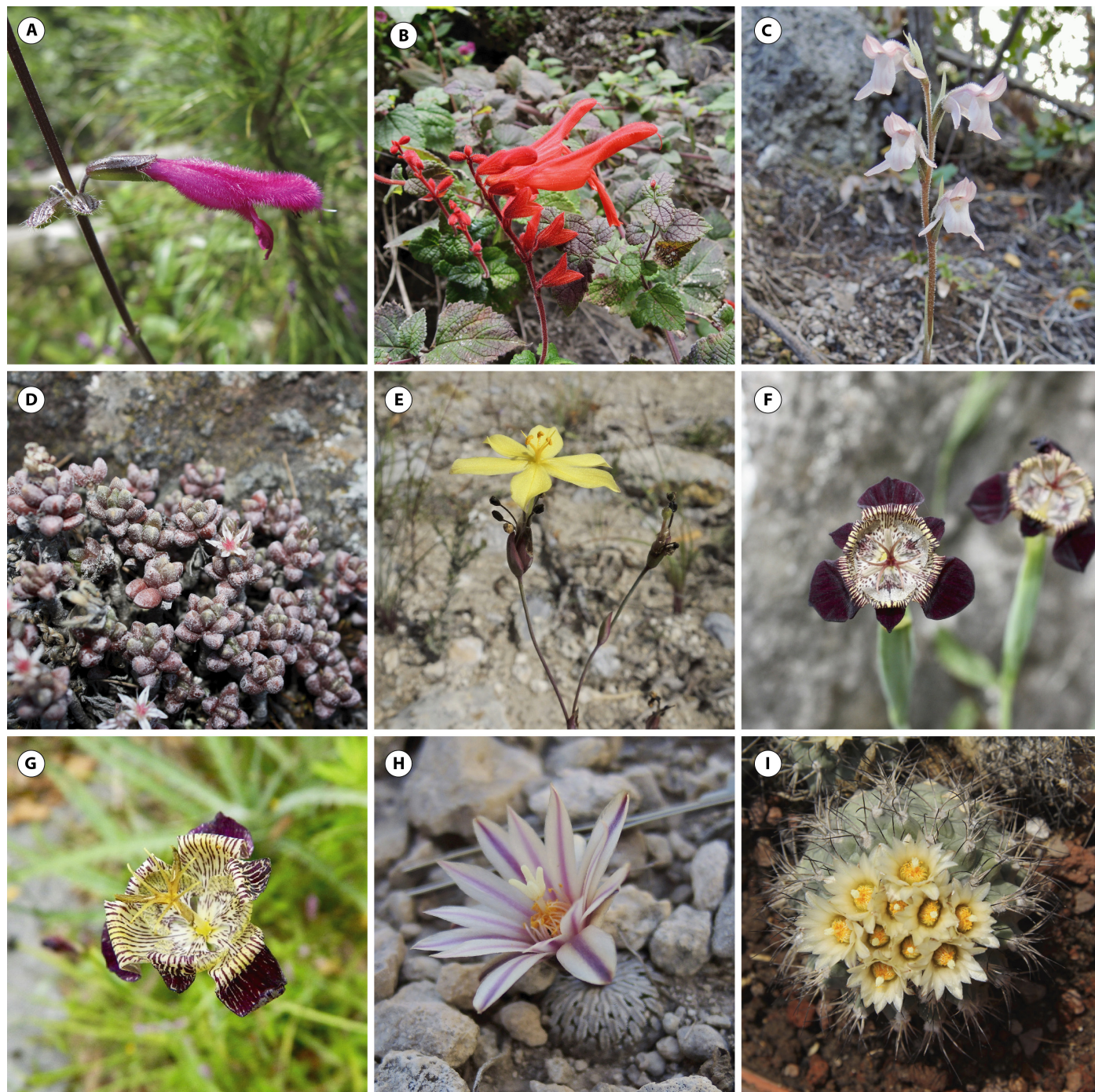
**Figura 1.** Ejemplos seleccionados de especies endémicas a San Luis Potosí y regiones adyacentes, México. *A) Abelia grandifolia*, *B) Agave graciellae*, *C) Ariocarpus kotschoubeyanus*, *D) Ceratozamia zaragozae*, *E) Cosmos atrosanguineus*, *F) Dahlia spectabilis*, *G) Echeveria tamaulipana*, *H) Jatropha sotoi-nunyezii*, *I) Leucophyllum flyrii*.





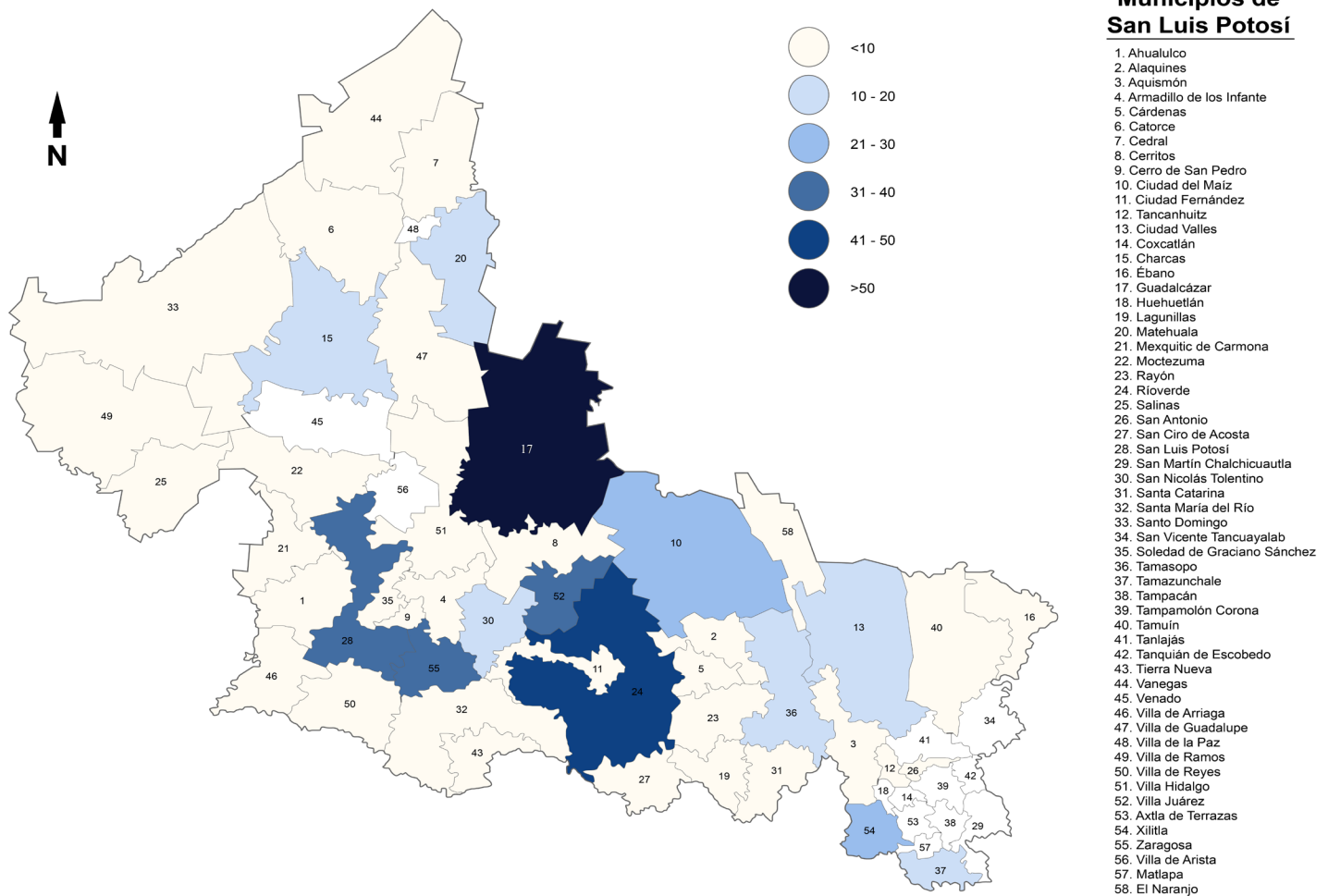
**Figura 2.** Ejemplos seleccionados de especies endémicas a San Luis Potosí y regiones adyacentes, México. A) *Mammillaria orcuttii*, B) *M. pilispina*, C) *Opuntia megarhiza* subsp. *pachyrrhiza*, D) *Pachyphytum kimnachii*, E) *P. oviferum*, F) *Pelecyphora aselliformis*, G) *Pinguicula calderonae*, H) *P. gypsicola*, I) *P. kondoi*.





**Figura 3.** Ejemplos seleccionados de especies endémicas a San Luis Potosí y regiones adyacentes, México. A) *Salvia buechananii*, B) *S. carranzae*, C) *Schiedeella nagelii*, D) *Sedum furfuraceum*, E) *Sisyrinchium zamudioi*, F) *Tigridia potosina*, G) *T. rzedowskiana*, H) *Turbinicarpus pseudopectinatus*, I) *T. viereckii* subsp. *major*.





**Figura 4. Riqueza del endemismo florístico para los municipios de San Luis Potosí, México. La escala de colores representa la cantidad de especies endémicas.**

## DISCUSIÓN

La gran diversidad florística y el nivel de endemismo para el estado de San Luis Potosí ha resaltado previamente en trabajos sobre la flora de México (Rzedowski, 1956, 1965; Hernández et al., 2001; González-Costilla et al., 2007; Villaseñor, 2016; Torres-Colín et al., 2017; De-Nova, 2018). Las especies que se listan aquí presentan diferentes niveles de endemismo, algunos de ellos de distribución más estrecha y con poblaciones pequeñas restringidas a unas cuantas localidades. El patrón de distribución de dichas especies permitió identificar al municipio de Guadalcázar como la zona de mayor concentración de endemismo, la cual previamente ha sido señalada como altamente diversa en flora (Hernández et al., 2001; Torres-Colín et al., 2017; Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2011a). Particularmente la familia Cactaceae es la más rica en endemismos para el estado y para Guadalcázar. Sin embargo, municipios como Xilitla han sido poco explorados y es probable que el número de sus especies endémicas sea mayor al presentado aquí, sobre todo si consideramos que esta es la zona que colinda con Querétaro, estado con mayor cantidad de endemismos compartidos con San Luis Potosí; además de ser una región en donde se

han descrito nuevas especies recientemente (Galván y Zamudio, 2013; Bedolla y Zamudio, 2015; Zamudio et al., 2018).

El endemismo de San Luis Potosí se puede atribuir a la variedad de condiciones ecológicas generadas por la complejidad orográfica y geológica de la Sierra Madre Oriental y el Desierto Chihuahuense. Se han detectado zonas que representan motores activos de diversificación de la flora para México, asociados a la modernización de ambientes cada vez más áridos, la complejidad fisiográfica y topográfica, así como a la diversidad de sustratos que han sido resultado de los procesos geológicos del pasado (De-Nova et al., 2012; Sosa y De-Nova, 2012; Gándara y Sosa, 2014; Hernández-Hernández et al., 2014; De-Nova et al., 2018; Sosa et al., 2018). La familia Cactaceae, que es el grupo más rico en especies endémicas, ha encontrado en las zonas áridas y semiáridas una oportunidad para la especiación (Hernández-Hernández et al., 2014). Sin embargo, el endemismo es variado y hay especies endémicas asociadas a suelos yesosos como *Pinguicula*

*takakii* Zamudio & Rzed. y *Sisyrinchium zamudioi* Espejo, López-Ferr. & Ceja, mientras que otras crecen exclusivamente en suelos salinos como *Atriplex valdesii* Flores Olv. Otras especies prefieren sustratos ígneos y parecen ser selectivas a diferentes tipos de formaciones como *Pachyphytum* y *Mammillaria*.

La amplitud en el rango de distribución es uno de los criterios para considerar a una especie en riesgo (SEMARNAT, 2010; IUCN, 2012; IUCN Standards and Petitions Subcommittee, 2017). De las especies que aquí se presentan, sólo 66 (menos de 20%) se encuentran señaladas en alguna categoría de riesgo de acuerdo a CITES, IUCN o la NOM-059-ECOL-2010. Resaltar el endemismo de zonas prioritarias en México impacta en la aplicación de estrategias globales para la conservación de la biodiversidad (Myers et al., 2000; Dávila et al., 2011; Mittermeier et al., 2011).

El estado de San Luis Potosí aun resguarda sitios relativamente conservados en donde podemos encontrar especies endémicas notables. Las recientes exploraciones botánicas del equipo del herbario Isidro Palacios de la UASLP han registrado para el estado especies como *Cosmos atosanguineus* (Hook.) Voss y *Salvia buehneri* Hedge, que se consideraban extintas en su hábitat natural (Zamudio y Bedolla-García, 2013; De-Nova 2018), y cuyos ejemplares se encuentran resguardados en la colección del herbario SLP. Por otro lado hay especies cuya localidad tipo se desconocía a pesar de ser ampliamente cultivadas en Europa, como *Pachyphytum oviferum* Purpus con poblaciones silvestres en el estado (Moran, 1996; Etter y Kristen, 2006). Así mismo cada año se describen especies nuevas como *Agave graciellae* Galván & Zamudio, *Pinguicula robertiana* Zamudio & J. Hernández Rendón y *Salvia carranzae* Zamudio y Bedolla (Galván y Zamudio, 2013; Bedolla y Zamudio, 2015; Zamudio et al., 2018), por lo que el endemismo del estado puede ser aún mucho mayor.

## CONCLUSIONES

Esta contribución representa un avance para la información de la flora restringida al estado de San Luis Potosí y regiones adyacentes. Es importante señalar que aún faltan exploraciones, pues el estado ha sido de los menos explorados botánicamente. Dentro de San Luis Potosí destaca Guadalcázar como la zona de mayor concentración del endemismo, así como el que posee el mayor número de especies de Cactaceae (familia más rica en endemismos). El descubrimiento de nuevas especies continúa, y es posible que el número actual de endemismos aquí presentado sea menor al real. Sin embargo, nos permite detectar sitios para futuras exploraciones y resaltar puntos críticos para la conservación de la biodiversidad que representan un patrimonio natural único en el mundo. En este sentido recomendamos que se evalúe la inclusión de las especies aquí listadas dentro de las normas y listas de protección

nacionales e internacionales, a través de estudios más profundos sobre cada especie.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de los proyectos UASLP FAI: C13-FAI-03-08.08, SEP PROMEP/103.5/13/6575 y CONACYT CB-2014/243454 otorgados a JAD-N. Se agradece a Francisco Sánchez Barra por compartir la fotografía de *Turbinicarpus viereckii* subsp. *major*.

## LITERATURA CITADA

- Bedolla, B.Y. y Zamudio, S. 2015. Four new species of *Salvia* (Lamiaceae) from central Mexico. *Phytotaxa* 217: 35-52.
- Bedolla, B.Y. y Zamudio, S. 2017. Nueva especie de *Salvia* (Lamiaceae) del Centro de México. *Phytoneuron* 66: 1-12.
- Carrillo-Reyes, P., Rzedowski, J. y Calderón de Rzedowski, G. 2010. Cuatro nuevas especies de *Verbesina* (Compositae: Heliantheae) del centro de México. *Act. Bot. Mex.* 93: 127-143.
- Castillo-Lara, P., Octavio-Aguilar, P. y De-Nova, J.A. 2018. *Ceratozamia zaragozae* Medellín-Leal (Zamiaceae), an endangered Mexican cycad: New information on population structure and spatial distribution. *Brittonia* 70: 155-165.
- Cayuela, L., Granzow-de la Cerda, I., Albuquerque, F.S. y Golicher, D.J. 2012. TAXONSTAND: An R package for species names standardization in vegetation databases. *Methods Ecol. Evol.* 3: 1078-1083.
- Cayuela, L., Stein, A. y Oksanen, J. 2017. Taxonstand: Taxonomic Standardization of Plant Species Names. <https://CRAN.R-project.org/package=Taxonstand>
- CONABIO. 2009. Catálogo taxonómico de especies de México. 1. Capital Natural de México. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Dávila, P., Benítez, H., Barrios, Y., Cruz-Angón, A. y Alvarez-Girard, N. 2011. Definition and insertion of the GSPC in the political context of Mexico. *Bot. J. Linn. Soc.* 166: 326-330.
- De-Nova, J.A. 2018. La diversidad florística potosina, un patrimonio que debemos conservar. *Univ. Potos.* 223: 4-10.
- De-Nova, J.A., Medina, R., Montero, J.C., Weeks, A., Rosell, J.A., Olson, M.E., Eguiarte, L.E. y Magallón, S. 2012. Insights into the historical construction of species-rich Mesoamerican seasonally dry tropical forests: The diversification of *Bursera* (Burseraceae, Sapindales). *New Phytol.* 193: 276-287.



- De-Nova, J.A., Sánchez-Reyes, L.L., Eguiarte, L.E. y Magallón, S. 2018. Recent radiation and dispersal of an ancient lineage: the case of *Fouquieria* (Fouquieriaceae, Ericales) in North American deserts. *Mol. Phyl. Evo.* 126: 92-104.
- Díaz-Luna, C.L. y Villarreal, L.M. 1975. Los herbarios de México, su historia y estado actual. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 34: 33-43.
- Elizondo, J.L., Valdés, J. y Rodríguez, A. 1990. Cactáceas vulnerables y en peligro de extinción para Coahuila, México. *Biotam* 2: 17-22.
- Espejo-Serna, A. 2012. El endemismo en las Liliopsidas mexicanas. *Act. Bot. Mex.* 100: 195-257.
- Etter, J. y Kristen, M. 2006. Mexican Cliff-dwellers: In search of *Graptopetalum*, *Pachyphytum* and *Cremnophila*. *Cact. & Succ. J.* 78: 251-260.
- Gándara, E. y Sosa, V. 2014. Spatio-temporal evolution of *Leucophyllum pringlei* and allies (Scrophulariaceae): A group endemic to North American xeric regions. *Mol. Phylogenet. Evol.* 76: 931-101.
- Galván, R. y Zamudio, S. 2013. Una nueva especie de *Agave* subgénero *Littaea* (Agavaceae) del estado de Querétaro, México. *Act. Bot. Mex.* 105: 1-10.
- García-Sánchez, F., Aguirre-Rivera, J.R., Villanueva-Díaz, J. y García-Pérez, J. 1999. Contribución al conocimiento florístico de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. *Polibotánica* 10: 73-103.
- Godínez-Álvarez, H. y Ortega-Baes, P. 2007. Mexican cactus diversity: environmental correlates and conservation priorities. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 81: 81-87.
- Gómez-Hinostrosa, C. y Hernández, H.M. 2000. Diversity, geographical distribution, and conservation of Cactaceae in the Mier y Noriega region, Mexico. *Biodivers. & Conserv.* 9: 403-418.
- González-Costilla, O., Giménez de Azcárate, J., García-Pérez, J. y Aguirre Rivera, J.R. 2007. Flórmula vascular de la Sierra de Catorce y territorios adyacentes, San Luis Potosí, México. *Act. Bot. Mex.* 78: 1-38.
- González-Elizondo, M.S., González-Elizondo M., López-Enríquez, I.L., Tena-Flores, J.A., González-Gallegos J.G., Ruacho-González, L., Melgoza-Castillo, A., Villarreal-Quintanilla, J.A. y Estrada-Castillón, A.E. 2017. Diagnóstico del conocimiento taxonómico y florístico de las plantas vasculares del norte de México. *Bot. Sci.* 95: 760-779.
- Henrickson, J., y Johnston, M.C. 1986. Vegetation and community types of the Chihuahuan Desert. En: Barlow, J.C. (ed.). Chihuahuan Desert-U.S. and Mexico, II. Alpine, Texas: Sul Ross State University, USA. 20-39. pp.
- Hernández, H.M. y Bárcenas, R.T. 1995. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert. 1. Distribution patterns. *Cons. Biol.* 9: 1176-1190.
- Hernández, H.M., Gómez-Hinostrosa, C. y Bárcenas, R.T. 2001. Diversity, spatial arrangement, and endemism of Cactaceae in the Huizache area, a hot-spot in the Chihuahuan Desert. *Biodivers. & Conserv.* 10: 1097-1112.
- Hernández, H.M. y Gómez-Hinostrosa, C. 2011a. Areas of endemism of Cactaceae and the effectiveness of the protected area network in the Chihuahuan Desert. *Oxyx* 45: 191-200.
- Hernández, H.M. y Gómez-Hinostrosa, C. 2011b. Mapping the cacti of Mexico. DH Books. Milborne Port, UK. 128 pp.
- Hernández-Hernández, T., Brown, J.W., Schlumpberger, B.O., Eguiarte, L.E. y Magallón, S. 2014. Beyond aridification: multiple explanations for the elevated diversification of cacti in the New World Succulent Biome. *New Phytol.* 202: 1382-397.
- Hunt, D. (Comp.). 1992. CITES. Cactaceae check list. Royal Botanical Gardens, Kew. International Organization for Succulent Plant Study. 190 pp.
- IUCN. 2012. IUCN Red List categories and criteria: Version 3.1. Second edition. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- IUCN Standards and Petitions Subcommittee. 2017. Guidelines for using the IUCN Red List categories and criteria. Version 13. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee. Downloadable from IUCN at: <http://cmsdocs.s3.amazonaws.com/RedListGuidelines.pdf>.
- Llorente-Bousquets, J., y Ocegueda, S. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, 283-322 pp.
- López-Ferrari, A.R. y Espejo-Serna, A. 2002. *Tigridia potosina* (Iridaceae: Tigridieae) una nueva especie de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. *Act. Bot. Mex.* 61: 35-40.
- Martínez-Castillo, M.R. y Yáñez-Espinosa, L. 2011. Herbarios: Una mirada Crítica. *Cienc. Desarr.* 237: 64-69.
- Méndez-Rubio G., Castillo-Gómez, H.A., Hernández-Sandoval, L., Espinosa-Reyes, G. y De-Nova, J.A. 2018. Chronic disturbance affects the demography and population structure of *Beaucarnea inermis*, a threatened species endemic to Mexico. *Trop. Cons. Sci.* 11: 1-12.

- Miranda, F. y Hernández-Xolocotzi, E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28: 29-179.
- Mittermeier, T.A., Turner, W.R., Larsen, F.W., Brooks, T.M. y Gascon, C. 2011. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. En: Zachos, F.E. y Habel, J.C. (eds.). *Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas*. Springer-Verlag. Berlin, Germany. pp. 3-14.
- Moran, R. 1996. Stalking *Pachyphytum oviferum*. *Cact. & Succ. J. (US)* 41: 6253-6256.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. y Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- R Development Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Reyes-Agüero, J., González-Medrano, F. y García-Pérez, J.D. 1996. Flora vascular de la Sierra de Monte Grande, municipio de Charcas, San Luis Potosí, México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 58: 31-42.
- Rodríguez, A. y Ortiz-Catedral, L. 2005. *Tigridia rzedowskiana* (Tigridieae: Iridaceae), una nueva especie del estado de Querétaro, México. *Act. Bot. Mex.* 71: 53-59.
- Rzedowski, J. 1956. Notas sobre la vegetación del estado de San Luis Potosí. III. Vegetación de la región de Guadalcázar. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México* 27: 169-228.
- Rzedowski, J. 1965. Vegetación en el Estado de San Luis Potosí. *Act. Cient. Potos.* 5: 1-290
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. LIMUSA, México, D.F. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Act. Bot. Mex.* 15: 47-64.
- Rzedowski, J. 1993. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. En: Ramamoorthy, T.P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J. (eds.). *Diversidad Biológica de México. Orígenes y Distribución*. México: Instituto de Biología. UNAM. 129-148 pp.
- Rzedowski, J. 2015a. Catálogo preliminar de las especies de árboles silvestres de la Sierra Madre Oriental. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo complementario XXX: 1-374 pp.
- Rzedowski, J. 2015b. Catálogo preliminar de plantas vasculares de distribución restringida a la Sierra Madre Oriental. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo complementario XXXI: 1-36 pp.
- Salas de León, S.N., García-Mendoza, A., Reyes-Agüero, J.A. y Villar-Morales, C. 1999. Distribución geográfica y ecológica de la flora amenazada de extinción en la zona árida del estado de San Luis Potosí, México. *Polibotánica* 10: 1-21.
- SEMARNAT. 2010. Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo (Diario Oficial de la Federación de fecha 30 de diciembre de 2010).
- Standley, P.C. 1920-1926. Trees and shrubs of Mexico. *Contr. U. S. Nat. Herb.* 23: 1-1721.
- Sosa, V. y Dávila, P. 1994. Una evaluación del conocimiento florístico de México. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 81: 749-759.
- Sosa, V. y De-Nova, J.A. 2012. Endemic angiosperm lineages in Mexico: Hotspots for conservation. *Act. Bot. Mex.* 100: 293-315
- Sosa, V., De-Nova, J.A. y Vázquez-Cruz, M. 2018. Evolutionary history of the flora of Mexico: dry forests cradles and museums of endemism. *J. Syst. Evol.* <https://doi.org/10.1111/jse.12416>
- Torres-Colín, R., Parra, J.G., de la Cruz, L.A., Ramírez, M.P., Gómez-Hinostrosa, C., Bárcenas, R.T. y Hernández, H.M. 2017. Flora vascular del municipio de Guadalcázar y zonas adyacentes, San Luis Potosí, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 88: 524-554.
- Thiers, B. 2016. Index Herbariorum: A Global Directory of Public Herbaria and Associated Staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>
- Villaseñor, J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28: 160-186.
- Villaseñor, J.L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Rev. Mex. Biodiv.* 87: 559-902.
- Villaseñor, J.L. y Ortiz, E. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Rev. Mex. Biodivers.* 85: 134-142.
- Zamudio, S. 2001. Una especie nueva notable de *Pinguicula* (Lentibulariaceae) de los estados de Querétaro y San Luis Potosí, México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 68: 85-88.
- Zamudio, S. y Bedolla-García, B.Y. 2013. Descubrimiento de *Salvia buchananii* (Lamiaceae) en estado silvestre en Querétaro, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 84: 530-535.
- Zamudio, S., Juárez-Gutiérrez, H.D. y Hernández-Rendón J. 2018. Cuatro especies nuevas de *Pinguicula* (Lentibulariaceae) de México. *Phytoneuron* 14: 1-20.

**Apéndice 1.** Lista florística de las especies endémicas de San Luis Potosí y regiones adyacentes, México. **Acrónimos de Estado:** Coahuila (COAH), Guanajuato (GTO), Hidalgo (HGO), Jalisco (JAL), Nuevo León (NLE), Querétaro (QRO), San Luis Potosí (SLP), Tamaulipas (TAMS), Veracruz (VER) y Zacatecas (ZAC). Especies reportadas en literatura (\*). **Categorías de riesgo:** NOM-059-SMARNAT-2010 amenazada (A), en peligro de extinción (P), en protección especial (Pr); CITES Apéndice I (I), Apéndice II (II); UICN En peligro crítico (CR), Amenazado (EN), Vulnerable (VU), Casi amenazado (NT), Preocupación menor (LC).

CLADO/Familia/Especie	Municipio	Estado	Categoría de Riesgo
<b>LYCOPHYTA</b>			
<b>Aspleniaceae</b>			
<i>Asplenium semipinnatum</i> (Hieron.) A.R. Sm.	Tamasopo	SLP	
<b>Pteridaceae</b>			
<i>Pellaea ribae</i> A. Mend. & Windham	San Nicolás Tolentino	SLP	
<b>GYMNOSPERMAE</b>			
<b>Zamiaceae</b>			
<i>Ceratozamia hildae</i> G.P.Landry & M.C.Wilson	Xilitla	HGO, SLP, VER	A, I, EN
<i>Ceratozamia latifolia</i> Miq.	Ciudad del Maíz, El Naranjo, Tamasopo, Tamazunchale, Xilitla	HGO, QRO, SLP, TAMS, VER	P, I, EN
<i>Ceratozamia microstrobila</i> Vovides & J.D.Rees	Tamasopo, Xilitla	QRO, SLP, TAMS, VER	A, I, VU
<i>Ceratozamia zaragozae</i> Medellín	Ciudad Fernández, Rioverde, San Nicolás Tolentino, Santa María del Río, Tierra Nueva, Zaragoza	SLP	P, I, CR
<i>Zamia fischeri</i> Miq. ex Lem.	Aquismón, Ciudad Valles, Tamazunchale, Xilitla	HGO, NLE, QRO, SLP, TAMS, VER	P, II, EN
<b>ANGIOSPERMAE</b>			
<b>MAGNÓLIDAS</b>			
<b>Aristolochiaceae</b>			
<i>Aristolochia nana</i> S.Watson	Ciudad del Maíz, Guadalcázar	HGO, SLP	
<b>Lauraceae</b>			
<i>Cinnamomum bractifolium</i> Lorea-Hern.	Rayón	QRO, SLP, TAMS	
<i>Litsea novae-orientis</i> Bartlett	Ciudad Valles, Guadalcázar, Rioverde, San Luis Potosí, Villa Hidalgo, Zaragoza	COAH, NLE, SLP	
<i>Litsea parvifolia</i> (Hemsl.) Mez	Vanegas	COAH, NLE, SLP	
<i>Persea purpusii</i> L.E. Kopp	Villa Juárez	HGO, QRO, SLP	
<b>Magnoliaceae</b>			
<i>Magnolia rzedowskiana</i> A. Vázquez, Domínguez-Yescas & Pedraza-Ruiz	Xilitla	QRO, HGO, SLP, VER	EN
<b>Piperaceae</b>			
<i>Piper karwinskianum</i> (Kunth) Kunth ex C. DC.	Tamazunchale	SLP, TAMS, VER	
<b>MONOCOTILEDÓNEAS</b>			
<b>Amaryllidaceae</b>			
<i>Allium fantasmasense</i> Traub	Zaragoza	SLP	
<i>Allium potosiense</i> Traub	San Luis Potosí	SLP	
<i>Habranthus chichimeca</i> (T.M.Howard & S.Ogden) Flagg, G.Lom.Sm. & Meerow	Matehuala	NLE, SLP, TAMS, ZAC	



CLADO/Familia/Especie	Municipio	Estado	Categoría de Riesgo
<i>Habranthus howardii</i> (Traub) T.M.Howard	*	COAH, NLE, SLP	
<i>Habranthus mexicanus</i> T.M.Howard	*	HGO, QRO, SLP	
<i>Zephyranthes bella</i> T.M.Howard & S.Ogden	Villa de Arriaga	SLP, ZAC	
<i>Zephyranthes dichromantha</i> T.M.Howard	El Naranjo	SLP, TAMS	
<i>Zephyranthes katherinae</i> L.B.Spencer	*	HGO, QRO, SLP	
<i>Zephyranthes moctezumae</i> T.M.Howard	Tamazunchale	SLP, VER	
<i>Zephyranthes nymphaea</i> T.M.Howard & S.Ogden	El Naranjo	SLP, TAMS	
<i>Zephyranthes primulina</i> T.M.Howard & S.Ogden	Tamazunchale	SLP, TAMS, VER	
<i>Zephyranthes reginae</i> T.M.Howard & S.Ogden	Tamazunchale	SLP, VER	
<i>Zephyranthes subflava</i> L.B.Spencer	Charcas	SLP, TAMS, ZAC	
<b>Asparagaceae</b>			
<i>Agave garciae-mendozae</i> Galván & L.Hern.	Guadalcázar, Rioverde	HGO, QRO, SLP, VER	
<i>Agave graciela</i> Galván et Zamudio	Xilitla	QRO, SLP	
<i>Agave mitis</i> Mart.	Armadillo de los Infante, Cerritos, San Nicolás Tolentino, Xilitla, Zaragoza	HGO, NLE, QRO, SLP, TMPS	
<i>Agave xylonacantha</i> Salm-Dyck	Ciudad Fernández, San Nicolás Tolentino	HGO, QRO, SLP, TAMS, VER	
<i>Beaucarnea inermis</i> (S.Watson) Rose	Ciudad Valles, Tamasopo, Tamuin	SLP, TAMS	A, II
<i>Beschorneria rigida</i> Rose	San Luis Potosí	SLP, TAMS	
<i>Calibanus hookeri</i> (Lem.) Trel.	Cerro de San Pedro, San Luis Potosí, Villa de Reyes	GTO, HGO, QRO, SLP, TAMS	A
<i>Dasyllirion longissimum</i> Lem.	Guadalcázar, Villa Juárez	HGO, NLE, QRO, SLP, TAMS, VER, ZAC	A
<i>Dasyllirion longistylum</i> J.F.Macbr.	Villa Juárez	QRO, SLP	
<i>Dasyllirion palaciosii</i> Rzed.	Guadalcázar	GTO, NLE, QRO, SLP	
<i>Dasyllirion parryanum</i> Trel.	San Luis Potosí	GTO, NLE, QRO, SLP	
<i>Dasyllirion treleasei</i> (Bogler) Hochstätter	Villa Juárez	SLP	
<i>Hemiphylacus alatostylus</i> L.Hern.	Santa María del Río	GTO, HGO, QRO, SLP	
<i>Hesperaloe chiangii</i> (G.D.Starr) B.L.Turner	Cerritos	SLP	
<i>Milla potosina</i> T.M.Howard	Guadalcázar, Villa de Arriaga	SLP	
<i>Nolina humilis</i> S.Watson	San Luis Potosí	SLP	
<i>Nolina watsoni</i> (Baker) Hemsl.	Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí	GTO, SLP, TAMS	
<i>Yucca potosina</i> Rzed.	Guadalcázar, Matehuala	SLP, TAMS	
<b>Bromeliaceae</b>			
<i>Hechtia capituligera</i> Mez	Ciudad del Maíz, Mexquitic de Carmona	SLP	
<i>Hechtia mexicana</i> L.B.Sm.	Ciudad Valles	SLP, TAMS, VER	
<i>Hechtia pretiosa</i> Espejo & López-Ferr.	*	GTO, QRO, SLP	
<i>Hechtia zamudioi</i> Espejo, López-Ferr. & I.Ramírez	*	QRO, SLP	
<i>Pitcairnia xanthocalyx</i> Mart.	Xilitla	QRO, SLP, VER	
<i>Tillandsia suesilliae</i> W.Till, López-Ferr. & Espejo	Zaragoza	HGO, SLP	
<b>Commelinaceae</b>			
<i>Commelina queretarensis</i> López-Ferr., Espejo & Ceja	*	HGO, QRO, SLP	
<i>Tradescantia murilloae</i> Zamudio, Espejo, López-Ferr. & Ceja	*	HGO, QRO, SLP	
<i>Tradescantia rozynskii</i> Matuda	*	SLP, TAMS	
<b>Cyperaceae</b>			
<i>Carex evadens</i> S.González & Reznicek	*	QRO, SLP	

CLADO/Familia/Especie	Municipio	Estado	Categoría de Riesgo
<i>Carex fuscolutea</i> Boeckeler	Charcas, Cerro de San Pedro, Santa María del Río	SLP	
<i>Rhynchospora angosturensis</i> W.W.Thomas	Rioverde	GTO, SLP	
<b>Iridaceae</b>			
<i>Nemastylis tenuis</i> var. <i>purpurea</i> R.C. Foster	Rioverde, San Nicolás Tolentino, Villa Juárez, Villa de Ramos	SLP	
<i>Sisyrinchium zamudioi</i> Espejo, López-Ferr. & Ceja	Villa Juárez	SLP	
<i>Tigridia catarinensis</i> Cruden	Santa Catarina	QRO, SLP	
<i>Tigridia potosina</i> López-Ferr. & Espejo	Zaragoza	SLP	
<i>Tigridia rzedowskiana</i> Aarón Rodr. & Ortiz-Cat.	Xilitla	QRO, SLP	
<b>Liliaceae</b>			
<i>Calochortus marcellae</i> G.L.Nesom	Soledad de Graciano Sánchez	COAH, NLE, SLP, TAMS	
<i>Calochortus mendozae</i> Espejo, López-Ferr. & Ceja	Villa Juárez	COAH, NLE, SLP	
<b>Orchidaceae</b>			
<i>Govenia pauciflora</i> Lindl.	Armadillo de los Infante, Zaragoza	COAH, NLE, SLP	II
<i>Schiedeella nagelii</i> (L.O.Williams) Garay	Tamasopo, Villa Juárez, San Nicolás Tolentino	NLE, QRO, SLP	Pr, II
<b>Poaceae</b>			
<i>Gouinia mexicana</i> (Scribn.) Vasey	Tamasopo	QRO, SLP	
<i>Muhlenbergia gypsophila</i> C.Reeder & Reeder	Cedral, Guadalcázar, Matchuala	COAH, NLE, SLP	
<i>Muhlenbergia spatha</i> Columbus	San Luis Potosí	SLP, ZAC	
<i>Sohnsia filifolia</i> (E.Fourn.) Airy Shaw	Guadalcázar, Soledad de Graciano Sánchez	QRO, SLP	
<i>Sporobolus potosiensis</i> Wipff & S.D.Jones	Rioverde	SLP, TAMS	
<b>EUDICOTILEDÓNEAS</b>			
<b>Acanthaceae</b>			
<i>Carlwrightia haplocarpa</i> B.L. Rob. & Greenm.	Cerritos, Guadalcázar, Villa Hidalgo, Villa de Reyes	SLP, TAMS, VER	
<i>Justicia zamudioi</i> T.F. Daniel	Xilitla	QRO, SLP	
<b>Amaranthaceae</b>			
<i>Atriplex reptans</i> I.M.Johnst.	Santo Domingo	COAH, NLE, SLP	
<i>Atriplex valdesii</i> Flores Olv.	Salinas	SLP, ZAC	
<b>Anacardiaceae</b>			
<i>Cotinus carranzae</i> Rzed. & Calderón	*	QRO, SLP	
<b>Apiaceae</b>			
<i>Prionosciadium palmeri</i> Rose	Zaragoza	SLP	
<i>Rhodosciadium argutum</i> (Rose) Mathias & Constance	Zaragoza	SLP	
<b>Apocynaceae</b>			
<i>Gonolobus bifidus</i> Hemsl.	San Luis Potosí	SLP	
<i>Matelea suberifera</i> (B.L. Rob.) W.D. Stevens	Ciudad Valles, Zaragoza	HGO, SLP, TAMS, VER	
<i>Trichosacme lanata</i> Zucc.	Guadalcázar	NLE, SLP, TAMS	
<b>Aquifoliaceae</b>			
<i>Ilex servinii</i> E.Carranza	Xilitla	QRO, SLP	
<b>Boraginaceae</b>			
<i>Nama bartlettii</i> Standl.	Santo Domingo	NLE, SLP, TAMS	
<i>Nama marshii</i> (Standl.) I.M. Johnst.	Xilitla	COAH, SLP	

CLADO/Familia/Especie	Municipio	Estado	Categoría de Riesgo
<i>Nama rzedowskii</i> J.D.Bacon	Rioverde	SLP	
<i>Psilolaemus revolutus</i> (B.L. Rob.) I.M. Johnst.	Ciudad del Maíz, Rioverde, Villa de Guadalupe	GTO, SLP, TAMS	
<b>Brassicaceae</b>			
<i>Exhalimolobos parryi</i> (Hemsl.) Al-Shehbaz & C.D.Bailey	San Luis Potosí	SLP, ZAC	
<i>Halimolobos multiracemosus</i> (S. Watson) Rollins	*	QRO, SLP	
<i>Halimolobos rigidus</i> Rollins	Catorce	COAH, NLE, SLP	
<i>Sphaerocardamum divaricatum</i> (Rollins) Rollins	Catorce, Charcas	COAH, NLE, SLP	
<b>Buxaceae</b>			
<i>Buxus lancifolia</i> Brandegee	Ciudad Valles	QRO, SLP	
<i>Buxus moctezumae</i> Eg.Köhler, R.Fernald & Zamudio	*	QRO, SLP	
<b>Cactaceae</b>			
<i>Ariocarpus agavoides</i> (Castan.) E.F.Anderson	Guadalcázar	COAH, NLE, SLP, TAMS	Pr, I, EN
<i>Ariocarpus bravoanus</i> H.M.Hern. & E.F.Anderson	Cedral, Guadalcázar, Matehuala, Vanegas, Villa de Guadalupe	NLE, SLP, ZAC	I, EN
<i>Ariocarpus bravoanus</i> subsp. <i>hintonii</i> (Stuppy & N.P.Taylor) E.F.Anderson & W.A.Fitz Maur.	Vanegas	SLP, ZAC	I
<i>Coryphantha erecta</i> (Lem. ex Pfeiff.) Lem.	Rioverde	GTO, HGO, QRO, SLP, VER	II, LC
<i>Coryphantha georgii</i> Boed.	Armadillo de los Infante, Guadalcázar, Villa Hidalgo, Soledad de Graciano Sánchez, Zaragoza	NLE, SLP, TAMS, ZAC	Pr, II, LC
<i>Coryphantha glassii</i> Dicht & A.Lüthy	Rayón, Rioverde, San Ciro de Acosta	GTO, SLP	II, LC
<i>Coryphantha hintoniorum</i> Dicht & A.Lüthy	Soledad de Graciano Sánchez, Vanegas	COAH, NLE, SLP	II, VU
<i>Coryphantha jalpanensis</i> Buchenau	Ciudad Fernández	GTO, HGO, QRO, SLP	II, LC
<i>Coryphantha maiz-tablasensis</i> O.Schwarz	Ciudad del Maíz	GTO, JAL, SLP, TAMS, ZAC	A, II, EN
<i>Coryphantha odorata</i> Boed.	Guadalcázar	SLP, TAMS	Pr, II, LC
<i>Coryphantha potosiana</i> (Jacobi) Glass & R.A.Foster ex Rowley	Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, Villa de Arriaga	NLE, SLP, ZAC	
<i>Coryphantha pulleineana</i> (Backeb.) Glass	Guadalcázar	SLP, TAMS	Pr, II, EN
<i>Coryphantha vogtheriana</i> Werderm. & Boed.	Armadillo de los Infante, Cerro de San Pedro	GTO, JAL, SLP, ZAC	A, II, LC
<i>Coryphantha wohlshlageri</i> Holzeis	Ciudad del Maíz, Guadalcázar, Rioverde, Villa Juárez	SLP, TAMS	Pr, II, LC
<i>Echinocereus parkeri</i> N.P.Taylor	Guadalcázar	COAH, NLE, SLP, TAMS, ZAC	II, LC
<i>Echinocereus schmollii</i> (Weing.) N.P.Taylor	Soledad de Graciano Sánchez	HGO, QRO, SLP	P, I, EN
<i>Lophophora diffusa</i> subsp. <i>viridescens</i> Halda	Rioverde	SLP	P, II
<i>Mammillaria albicoma</i> Boed.	Guadalcázar	NLE, SLP, TAMS	Pr, II, EN
<i>Mammillaria bocasana</i> subsp. <i>eschauzieri</i> (J.M.Coult.) W.A.Fitz Maur. & B.Fitz Maur.	San Luis Potosí	SLP	Pr, II
<i>Mammillaria crinita</i> subsp. <i>leucantha</i> (Boed.) D.R. Hunt	Cerro de San Pedro, Rioverde, San Nicolás Tolentino, Soledad de Graciano Sánchez, Villa de Reyes	SLP	P, II
<i>Mammillaria erythrosperma</i> Boed.	Armadillo de los Infante, Zaragoza	GTO, JAL, QRO, SLP, TAMS, ZAC	A, II, LC



CLADO/Familia/Especie	Municipio	Estado	Categoría de Riesgo
<i>Mammillaria hahniana</i> Werderm.	Lagunillas, Rioverde	GTO, HGO, JAL, QRO, SLP	A, II, NT
<i>Mammillaria klissingiana</i> Boed.	Guadalcázar	GTO, NLE, SLP, TAMS	A, II, LC
<i>Mammillaria lloydii</i> (Britton & Rose) Orcutt	Ahualulco, Catorce, Salinas	GTO, SLP, ZAC	II
<i>Mammillaria muehlenpfordtii</i> C.F.Först.	Zaragoza	GTO, HGO, JAL, QRO, SLP	II, LC
<i>Mammillaria nana</i> Backeb.	Charcas	GTO, QRO, SLP	Pr, II, LC
<i>Mammillaria orcuttii</i> Boed.	San Nicolás Tolentino, Zaragoza	GTO, QRO, SLP, TAMS	Pr, II, LC
<i>Mammillaria picta</i> Meinsh.	Guadalcázar, Villa Hidalgo	COAH, NLE, SLP, TAMS, ZAC	II, LC
<i>Mammillaria pilispina</i> J.A. Purpus	Ciudad del Maíz, Guadalcázar	COAH, NLE, SLP, TAMS	Pr, II, LC
<i>Mammillaria schiedeana</i> subsp. <i>dumetorum</i> (J.A.Purpus) D.R.Hunt	Ciudad Fernández, San Nicolás Tolentino, Rayón, Rioverde	GTO, HGO, QRO, SLP, TAMS, VER	Pr, II
<i>Mammillaria surculosa</i> Boed.	Ciudad del Maíz	SLP, TAMS	Pr, II, EN
<i>Neobuxbaumia polylopha</i> (DC.) Backeb.	Rayón, San Ciro de Acosta	GTO, HGO, QRO, SLP, VER	II, VU
<i>Opuntia megarhiza</i> Rose	Armadillo de los Infante, Guadalcázar, Cerro de San Pedro, San Luis Potosí, San Nicolás Tolentino, Zaragoza	SLP, TAMS	II
<i>Opuntia megarhiza</i> subsp. <i>pachyrrhiza</i> (H.M. Hern., Gomez-Hin. & Barcenas) U. Guzmán & Mandujano	Guadalcázar	NLE, QRO, SLP	II
<i>Opuntia orbiculata</i> Salm-Dyck ex Pfeiff.	*	QRO, SLP	II
<i>Pelecypora strobiliformis</i> Frić & Schelle	Vanegas	COAH, NLE, SLP, TAMS	A, I, LC
<i>Stenocactus pentacanthus</i> (Lem.) A. Berger ex A.W. Hill	Cerro de San Pedro, San Luis Potosí	GTO, HGO, JAL, QRO, SLP	II
<i>Thelocactus conothelos</i> subsp. <i>flavus</i> (Mosco & Zanov.) Mosco & Zanov.	Guadalcázar	SLP	Pr, II
<i>Thelocactus panarottoanus</i> Halda	Guadalcázar	SLP	II
<i>Turbinicarpus jauernigii</i> G. Frank	Ciudad del Maíz	SLP, TAMS	P, I
<i>Turbinicarpus laui</i> Glass & R.A. Foster	Cerritos, Villa Juárez	GTO, JAL, NLE, SLP, ZAC	Pr, I, CR
<i>Turbinicarpus lophophoroides</i> (Werderm.) Buxb. & Backeb.	Rioverde	GTO, JAL, NLE, SLP, ZAC	Pr, I, NT
<i>Turbinicarpus pseudopectinatus</i> (Backeb.) Glass & R.A. Foster	Guadalcázar	HGO, QRO, NLE, SLP, TAMS	Pr, I, LC
<i>Turbinicarpus saueri</i> subsp. <i>knuthianus</i> (Boed.) Lüthy	Cerritos	SLP	Pr, I
<i>Turbinicarpus schmiedickeanus</i> subsp. <i>andersonii</i> Mosco	Guadalcázar	SLP	P, I
<i>Turbinicarpus schmiedickeanus</i> subsp. <i>flaviflorus</i> (G. Frank & A.B. Lau) Glass & R.A. Foster	Guadalcázar	SLP	A, I
<i>Turbinicarpus schmiedickeanus</i> subsp. <i>klinkerianus</i> (Backeb. & W. Jacobsen) Glass & R.A. Foster	Guadalcázar, Villa Hidalgo	SLP	Pr, I
<i>Turbinicarpus schmiedickeanus</i> subsp. <i>rioverdensis</i> (G. Frank) Lüthy	Rioverde	SLP	P, I
<i>Turbinicarpus schmiedickeanus</i> subsp. <i>rubriflorus</i> (Gerhart Frank) Panar.	Guadalcázar	SLP	
<i>Turbinicarpus schmiedickeanus</i> subsp. <i>schwarzii</i> (Shurly) N.P. Taylor	Guadalcázar	SLP	A, I
<i>Turbinicarpus valdezianus</i> (Møller) Glass & R.A. Foster	Matehuala	COAH, NLE, SLP, ZAC	Pr, I, VU
<i>Turbinicarpus viereckii</i> (Werderm.) John & Riha	Guadalcázar	SLP	A, I, LC

CLADO/Familia/Especie	Municipio	Estado	Categoría de Riesgo
<b>Campanulaceae</b>			
<i>Lobelia orientalis</i> Rzed. & Calderón	Tamasopo, Xilitla	QRO, SLP	
<b>Caprifoliaceae</b>			
<i>Abelia grandifolia</i> Villarreal	Xilitla	QRO, SLP	
<i>Valeriana albonervata</i> B.L. Rob.	Guadalcázar	NLE, QRO, SLP	
<i>Valeriana otomiana</i> Barrie	Ciudad del Maíz	GTO, HGO, QRO, SLP	
<b>Celastraceae</b>			
<i>Orthosphenia mexicana</i> Standl.	Guadalcázar, Matchuala	NLE, SLP, TAMS, ZAC	
<b>Cleomaceae</b>			
<i>Cleome potosina</i> B.L.Rob.	Tamasopo	QRO, SLP	
<b>Compositae</b>			
<i>Acourtia elizabethiae</i> Rzed. & Calderón	*	HGO, QRO, SLP	
<i>Acourtia moctezumae</i> Rzed. & Calderón	*	QRO, SLP	
<i>Acourtia oxylepis</i> (A. Gray) Reveal & R.M. King	San Luis Potosí, Villa de Reyes	GTO, HGO, QRO, SLP	
<i>Acourtia potosina</i> L.Cabrera	Zaragoza	SLP	
<i>Acourtia venturae</i> L.Cabrera	*	GTO, SLP	
<i>Ageratina brandegeana</i> (B.L.Rob.) R.M.King & H.Rob.	Villa Juárez	GTO, HGO, QRO, SLP	
<i>Ageratina oppositifolia</i> (A.Gray) B.L.Turner	San Luis Potosí	SLP, ZAC	
<i>Ageratina rhodopoda</i> (B.L.Rob.) R.M.King & H.Rob.	Villa Juárez	SLP, ZAC	
<i>Bartlettina tamaulipana</i> (B.L.Turner) R.M.King & H.Rob.	Rioverde	HGO, SLP, TAMS	
<i>Carphochaete schaffneri</i> Greenm.	San Luis Potosí, Tierra Nueva, Villa de Arriaga	SLP, ZAC	
<i>Cirsium excelsius</i> (B.L.Rob.) Petr.	Rioverde	SLP	
<i>Coreopsis guanajuatensis</i> B.L.Turner	*	GTO, QRO, SLP	
<i>Coreopsis queretarensis</i> B.L.Turner	*	QRO, SLP	
<i>Cosmos atosanguineus</i> (Hook.) Voss	Tierra Nueva, Rioverde, Santa María del Río	GTO, HGO, QRO, SLP	
<i>Dahlia dissecta</i> S.Watson	Tamasopo	GTO, QRO, SLP, TAMS, ZAC	
<i>Dahlia linearis</i> Sherff	*	GTO, QRO, SLP	
<i>Dahlia moorei</i> Sherff	*	GTO, QRO, SLP	
<i>Dahlia spectabilis</i> Saar & P.D.Sørensen	Zaragoza	SLP	
<i>Dahlia subligiosa</i> (P.D.Sørensen) Saar & P.D.Sørensen	*	SLP, TAMS	
<i>Erigeron heteromorphus</i> B.L.Rob.	Ciudad Fernández, Ciudad del Maíz, Ciudad Valles	SLP	
<i>Flaveria pubescens</i> Rydb.	Ciudad Fernández, Rioverde, Villa Juárez	GTO, HGO, QRO, SLP, TAMS	
<i>Geissolepis suaedaefolia</i> B.L.Rob.	Ciudad del Maíz, Rioverde, Villa Juárez	GTO, QRO, SLP, TAMS	
<i>Grindelia robinsonii</i> Steyererm.	Zaragoza	HGO, SLP	
<i>Koanophyllon rzędowskii</i> B.L.Turner	San Luis Potosí	GTO, SLP	
<i>Kyrsteniopsis cymulifera</i> (B.L.Rob.) R.M.King & H.Rob.	Villa Juárez	GTO, SLP	
<i>Loxothysanus pedunculatus</i> Rydb.	Aquismón, Tamasopo	HGO, NLE, QRO, SLP, TAMS, VER	
<i>Neonesomia johnstonii</i> (G.L.Nesom) Urbatsch & R.P.Roberts	San Nicolás Tolentino	GTO, HGO, QRO, SLP, VER	
<i>Pectis berlandieri</i> DC.	*	SLP, TAMS, VER	
<i>Perymenium cornutum</i> Brandege	Guadalcázar	HGO, SLP, TAMS, VER	

CLADO/Familia/Especie	Municipio	Estado	Categoría de Riesgo
<i>Perymenium sotoarenasii</i> Rzed. & Calderón	*	SLP, TAMS	
<i>Pinaropappus multicaulis</i> Brandege	Ciudad del Maíz, Rioverde	GTO, NLE, SLP, TAMS, ZAC	
<i>Pluchea mexicana</i> (R.K.Godfrey) G.L.Nesom	Rioverde	GTO, SLP, ZAC	
<i>Roldana hirsuticaulis</i> (Greenm.) Funston	Xilitla	SLP, TAMS	
<i>Sabazia elata</i> (Canne) B.L.Turner	*	HGO, QRO, SLP	
<i>Sabazia glandulosa</i> (Canne) B.L.Turner	*	HGO, QRO, SLP	
<i>Senecio alvarezensis</i> Greenm.	Guadalcázar, Zaragoza	GTO, SLP	
<i>Senecio bartlettii</i> Greenm.	*	SLP, TAMS	
<i>Senecio heterodontus</i> Greenm.	San Luis Potosí	SLP, ZAC	
<i>Stephanodoria tomentella</i> (B.L.Rob.) Greene	Ciudad del Maíz, Rioverde	GTO, SLP, TAMS	
<i>Tagetes moorei</i> H.Rob.	*	GTO, HGO, QRO, SLP	
<i>Tagetes parryi</i> A.Gray	Zaragoza, Rioverde	HGO, QRO, SLP	
<i>Thymophylla mutica</i> (M.C.Johnst.) Strother	*	SLP, TAMS, VER	
<i>Tithonia brachypappa</i> B.L.Rob.	*	SLP, TAMS, VER	
<i>Tridax candidissima</i> A.Gray	Ciudad Fernández, Villa Juárez	SLP	
<i>Verbesina abietifolia</i> Rzed. & Calderón	Xilitla	QRO, SLP	
<i>Verbesina carranzae</i> P.Carrillo	Xilitla	QRO, SLP	
<i>Verbesina coulteri</i> A.Gray	Rioverde, Zaragoza	GTO, HGO, QRO, SLP, TAMS	
<i>Verbesina hypoleuca</i> A.Gray	San Luis Potosí	SLP, ZAC	
<i>Verbesina potosina</i> B.L.Rob.	Ciudad del Maíz, San Luis Potosí, Rioverde, Villa Hidalgo, Villa Juárez	QRO, SLP, VER	
<i>Verbesina sororia</i> A.Gray	Zaragoza	SLP	
<i>Verbesina steinmannii</i> P.Carrillo	Xilitla	GTO, QRO, SLP	
<i>Viguiera paneroana</i> Rzed. & Calderón	Xilitla	QRO, SLP	
<i>Viguiera potosina</i> S.F.Blake	Ciudad del Maíz, Rioverde, Villa Juárez	QRO, SLP, VER	
<i>Zinnia guanajuatensis</i> (Calderón & Rzed.) B.L. Turner	*	GTO, QRO, SLP	
<b>Convolvulaceae</b>			
<i>Cuscuta purpusii</i> Yunck.	Villa Juárez	NLE, SLP	
<i>Ipomoea schaffneri</i> S. Watson	San Luis Potosí	SLP, ZAC	
<b>Crassulaceae</b>			
<i>Echeveria angustifolia</i> E.Walther	San Luis Potosí	SLP	
<i>Echeveria humilis</i> Rose	Rioverde, Zaragoza	GTO, HGO, QRO, SLP	
<i>Echeveria lutea</i> Rose	Guadalcázar, Zaragoza	HGO, QRO, SLP	
<i>Echeveria palmeri</i> Rose	Zaragoza	HGO, SLP	
<i>Echeveria schaffneri</i> (S.Watson) Rose	Ciudad del Maíz, Guadalcázar, Tamasopo	HGO, NLE, QRO, SLP	
<i>Echeveria tamaulipana</i> Mart.-Aval., Mora-Olivo & M.Terry	Ciudad Valles, Tamuin	SLP, TAMS	
<i>Echeveria walpoleana</i> Rose	Rayón, San Luis Potosí, Charcas	COAH, NLE, QRO, SLP	
<i>Pachyphytum kimnachii</i> Moran	Rioverde	GTO, SLP	
<i>Pachyphytum oviferum</i> Purpus	Ciudad Fernández, San Nicolás Tolentino	SLP	
<i>Sedum catorce</i> G.L. Nesom	Catorce	SLP	
<i>Sedum clausenii</i> Pérez-Calix	Rioverde	GTO, QRO, SLP, TAMS	
<i>Sedum corynephyllum</i> Fröd.	Rioverde	GTO, HGO, QRO, SLP, VER	
<i>Sedum diffusum</i> S. Watson	Zaragoza	COAH, NLE, SLP	



CLADO/Familia/Especie	Municipio	Estado	Categoría de Riesgo
<i>Sedum furfuraceum</i> Moran	Zaragoza	SLP	
<i>Sedum glabrum</i> Praeger	Santa María del Río	COAH, NLE, SLP, ZAC	
<i>Sedum jerzedowskii</i> Pérez-Calix	Xilitla	QRO, SLP	
<i>Sedum potosinum</i> Rose	Armadillo de los Infante	SLP, ZAC	
<i>Sedum reptans</i> R.T. Clausen	Rioverde	NLE, QRO, SLP	
<i>Sedum retusum</i> Hemsl.	Zaragoza	HGO, QRO, SLP, TAMS	
<i>Villadia acuta</i> Moran & Uhl	Rioverde	QRO, SLP	
<i>Villadia aristata</i> Moran	Charcas, Rioverde, Zaragoza	COAH, NLE, SLP, TAMS	
<i>Villadia cucullata</i> Rose	Cerro de San Pedro, Guadalcázar, Moctezuma	SLP, TAMS	
<i>Villadia patula</i> Moran & C.H. Uhl	Zaragoza	GTO, QRO, SLP	
<b>Cucurbitaceae</b>			
<i>Apodanthera cucurbitoides</i> Lundell	Charcas	SLP	
<b>Daphniphyllaceae</b>			
<i>Gyandra pterocaulis</i> (C.R.Broome) G.Mans.	*	GTO, HGO, QRO, SLP	
<b>Euphorbiaceae</b>			
<i>Acalypha longispicata</i> Müll. Arg.	*	SLP, TAMS	
<i>Acalypha rafaelensis</i> Standl.	Villa Juárez	SLP, TAMS	
<i>Argythamnia argentea</i> Millsp.	Villa Juárez	SLP	EN
<i>Croton virletianus</i> Müll.Arg.	*	NLE, SLP, TAMS	
<i>Euphorbia tomentella</i> Engelm. ex Boiss.	Vanegas	SLP	
<i>Jatropha sotoi-nunyezii</i> Fernández Casas & E. Martínez	Ciudad Valles	SLP, TAMS, VER	
<i>Tragia potosina</i> Lundell	Tamazunchale	SLP, VER	
<b>Gentianaceae</b>			
<i>Geniostemon rotundifolius</i> Rzed. & Calderón	Aquismón, Xilitla	QRO, SLP	
<b>Icacinales</b>			
<i>Mappia mexicana</i> B.L. Rob. & Greenm.	Ciudad Valles	SLP, TAMS, VER	
<b>Lamiaceae</b>			
<i>Clinopodium micromerioides</i> (Hemsl.) Govaerts	Villa Hidalgo	SLP	
<i>Poliomintha marifolia</i> (Schauer) A.Gray	Guadalcázar	GTO, HGO, QRO, SLP, TAMS, VER	
<i>Salvia buehneri</i> Hedge	Xilitla	QRO, SLP	
<i>Salvia carranzae</i> Zamudio & Bedolla	Xilitla	QRO, SLP	
<i>Salvia coahuilensis</i> Fernald	Matehuala	COAH, NLE, SLP	
<i>Salvia connivens</i> Epling	Armadillo de los Infante, Ciudad del Maíz, Guadalcázar, Santa María del Río, Zaragoza	GTO, HGO, QRO, SLP	
<i>Salvia guevarae</i> Bedolla & Zamudio	Xilitla	HGO, QRO, SLP	
<i>Salvia schaffneri</i> Fernald	San Luis Potosí	SLP, ZAC	
<i>Salvia lentiginosa</i> Brandegees	Villa Juárez	SLP	
<i>Salvia isochroma</i> (Fernald) B.L.Turner	Catorce, Charcas, Santo Domingo, Villa de Guadalupe	NLE, SLP, ZAC	
<i>Salvia oresbia</i> Fernald	San Luis Potosí	NLE, SLP	
<i>Salvia pennellii</i> Epling	Catorce, Zaragoza	NLE, SLP	
<i>Salvia serpyllifolia</i> Fernald	San Luis Potosí, Villa de Arriaga	SLP	
<i>Salvia sharpii</i> Epling & Mathias	Tancanhuitz	COAH, NLE, SLP	
<i>Salvia uncostata</i> Fernald	San Luis Potosí	NLE, SLP, TAMS	

CLADO/Familia/Especie	Municipio	Estado	Categoría de Riesgo
<i>Scutellaria bartlettii</i> B.L.Turner	Santo Domingo	NLE, SLP, TAMS	
<i>Scutellaria fruticetorum</i> Epling	Ciudad del Maíz	COAH, NLE, SLP, TAMS	
<i>Scutellaria hispidula</i> B.L.Rob.	Zaragoza	COAH, NLE, SLP	
<i>Stachys sandersii</i> B.L.Turner	Zaragoza	SLP	
<b>Leguminosae</b>			
<i>Astragalus greggii</i> S.Watson	Catorce	COAH, NLE, SLP	
<i>Astragalus racemosus</i> Pursh	Villa de Ramos	SLP	
<i>Astragalus tioides</i> (Rydb.) Barneby	San Luis Potosí	SLP	
<i>Ateleia chiangii</i> J. Linares	San Antonio	SLP, ZAC	
<i>Bauhinia fryxellii</i> Wunderlin	Ciudad Valles	SLP, TAMS	
<i>Brongniartia parryi</i> Hemsl.	Santa María del Río, San Luis Potosí	GTO, HGO, QRO, SLP	
<i>Dalea polycephala</i> (Rydb.) Bullock	San Luis Potosí	HGO, SLP, VER	
<i>Dalea radicans</i> S.Watson	Vanegas	COAH, NLE, SLP	
<i>Dalea rzedowskii</i> Barneby	Ciudad del Maíz	SLP, TAMS	
<i>Desmodium sericocarpum</i> Hemsl.	Cárdenas	SLP, VER	
<i>Desmodium subspicatum</i> S.Watson	*	QRO, SLP	
<i>Eysenhardtia officinalis</i> Cruz Durán & M. Sousa	Tamazunchale	HGO, SLP, TAMS, VER	
<i>Mimosa martinidelcampoi</i> Medrano	*	SLP, TAMS	
<i>Phaseolus gladiolatus</i> Freytag & Debouck	Guadalcázar	HGO, SLP	
<i>Ramirezella nitida</i> Piper	Cárdenas	SLP, TAMS, VER	
<i>Rhynchosia potosina</i> Brandege	Villa Juárez	SLP, TAMS	
<i>Senegalia sororia</i> Britton & Rose	*	HGO, QRO, SLP	
<b>Lentibulariaceae</b>			
<i>Pinguicula agnata</i> Casper	Xilitla	GTO, HGO, QRO, SLP	
<i>Pinguicula calderoniae</i> Zamudio	Xilitla	QRO, SLP	
<i>Pinguicula debbertiana</i> Speta & F. Fuchs	Guadalcázar	SLP	
<i>Pinguicula ehlersiae</i> Speta & F. Fuchs	Guadalcázar	NLE, QRO, SLP, TAMS	
<i>Pinguicula esseriana</i> B. Kirchn.	Guadalcázar	HGO, NLE, QRO, SLP, TAMS, VER	
<i>Pinguicula gypsicola</i> Brandege	Villa Juárez	SLP	
<i>Pinguicula kondoi</i> Casper	Guadalcázar	NLE, SLP, TAMS	
<i>Pinguicula martinezii</i> Zamudio	San Luis Potosí	QRO, SLP	
<i>Pinguicula robertiana</i> Zamudio & J. Hernández Rendón	Xilitla	SLP	
<i>Pinguicula takakii</i> Zamudio & Rzed.	Villa Juárez	SLP	
<b>Lythraceae</b>			
<i>Nesaea palmeri</i> S.A. Graham	Rioverde	SLP, TAMS	
<b>Malvaceae</b>			
<i>Bakeridesia huastecana</i> Donnell	Ciudad Valles, Ébano, Tamuín	SLP, TAMS, VER	
<i>Cienfuegosia intermedia</i> Fryxell	Rioverde	GTO, SLP	
<i>Sida potosina</i> Brandege	Villa Juárez	NLE, SLP, TAMS, ZAC	
<b>Montiaceae</b>			
<i>Phemeranthus mexicanus</i> (Hemsl.) G. Ocampo	San Luis Potosí	SLP, ZAC	
<b>Myrtaceae</b>			
<i>Calypttranthes hernandezii</i> McVaugh	Tamazunchale	SLP, VER	

CLADO/Familia/Especie	Municipio	Estado	Categoría de Riesgo
<b>Nyctaginaceae</b>			
<i>Boerhavia ciliata</i> Brandege	Villa Juárez	SLP, TAMS	
<b>Oleaceae</b>			
<i>Fraxinus potosina</i> Brandege	Guadalcázar	NLE, SLP	
<i>Menodora magniflora</i> (Steyerm.) B.L.Turner	San Luis Potosí	COAH, NLE, SLP	
<b>Orobanchaceae</b>			
<i>Castilleja nitricola</i> Eastw.	Rioverde	SLP	
<b>Oxalidaceae</b>			
<i>Oxalis madrensis</i> S. Watson	Santo Domingo	COAH, NLE, SLP, TAMS	
<b>Papaveraceae</b>			
<i>Argemone echinata</i> G.B. Ownbey	Ciudad Valles, Charcas, Xilitla	COAH, NLE, SLP	
<i>Argemone superba</i> G.B. Ownbey	Ciudad del Maíz, Rioverde, Tamasopo	GTO, HGO, QRO, SLP	
<b>Phyllanthaceae</b>			
<i>Phyllanthus barbarae</i> M.C.Johnst.	Xilitla	QRO, SLP, TAMS	
<b>Plantaginaceae</b>			
<i>Penstemon potosinus</i> Straw	Charcas	SLP, ZAC	
<b>Polygalaceae</b>			
<i>Polygala brachyanthema</i> S.F. Blake	Villa Juárez	SLP	
<i>Polygala phoenicistes</i> S.F. Blake	Villa Juárez	SLP	
<i>Polygala turgida</i> Rose	Cedral, Ciudad del Maíz, Matchuala, Rioverde	COAH, NLE, SLP	
<b>Polygonaceae</b>			
<i>Eriogonum viscanum</i> W.J.Hess & Reveal	Cedral, Catorce	NLE, SLP, ZAC	
<i>Polygonum aubertii</i> Henry	*	SLP, TAMS, VER	
<b>Primulaceae</b>			
<i>Ardisia hyalina</i> Lundell	Tamazunchale, Xilitla	SLP, VER	
<i>Samolus cinerascens</i> Pax & R.Knuth	Ciudad del Maíz, Matchuala, Rioverde	NLE, SLP, TAMS	
<b>Rhamnaceae</b>			
<i>Colubrina angustior</i> (M.C. Johnst.) G.L. Nesom	Ciudad del Maíz, Ciudad Valles	SLP, TAMS, VER	
<i>Condalia mirandana</i> M.C.Johnst.	Ébano	SLP, TAMS, VER	
<i>Ziziphus lloydii</i> M.C. Johnst.	Santo Domingo, Guadalcázar	COAH, NLE, SLP, ZAC	
<b>Rosaceae</b>			
<i>Cercocarpus rzedowskii</i> Henr.	Guadalcázar	NLE, SLP, TAMS	
<b>Rubiaceae</b>			
<i>Bouvardia pungens</i> Borhidi	*	SLP, TAMS	
<i>Chomelia pringlei</i> S.Watson	Aquismón	QRO, SLP, VER	
<i>Galium pennellii</i> Dempster	Zaragoza	HGO, SLP, TAMS	
<i>Galium rzedowskii</i> Dempster	Guadalcázar	COAH, NLE, SLP	
<i>Hedyotis drymarioides</i> (Standl.) W.H.Lewis	*	SLP, TAMS	
<i>Hoffmannia strigillosa</i> Hemsl.	Tamazunchale	SLP, TAMS	
<i>Oldenlandia pringlei</i> B.L.Rob.	Rioverde	QRO, SLP	
<i>Psychotria diegoae</i> Borhidi	*	QRO, SLP	
<i>Randia hidalgensis</i> Lorence	*	GTO, HGO, QRO, SLP	
<b>Sabiaceae</b>			
<i>Meliosma mexicana</i> V.W.Steinm.	Alaquines	QRO, SLP, TAMS	



CLADO/Familia/Especie	Municipio	Estado	Categoría de Riesgo
<b>Santalaceae</b>			
<i>Phoradendron thyrsoideum</i> Trel.	*	SLP, TAMS	
<b>Scrophulariaceae</b>			
<i>Leucophyllum flyrii</i> B.L. Turner	Soledad de Graciano Sánchez	SLP	
<i>Leucophyllum pruinosum</i> I.M. Johnst.	Ciudad del Maíz, Guadalcázar, Matehuala	HGO, NLE, QRO, SLP, TAMS, VER	
<i>Leucophyllum revolutum</i> Rzed.	Guadalcázar	NLE, SLP, TAMS, ZAC	
<b>Solanaceae</b>			
<i>Bouchetia procumbens</i> DC. ex Dunal	San Luis Potosí	SLP	
<i>Chamaesaracha rzedowskiana</i> Hunz.	Aquismón, Xilitla	QRO, SLP, VER	
<i>Lycianthes luisana</i> Standl.	Tamazunchale	SLP	
<i>Lycium leiospermum</i> I.M. Johnst.	Cedral	COAH, NLE, SLP, ZAC	
<i>Physalis cinerea</i> Waterf.	San Luis Potosí	SLP	
<i>Physalis pennellii</i> Waterf.	Armadillo de los Infante, Catorce	GTO, NLE, SLP	NT
<i>Physalis queretaroensis</i> M. Martínez & L. Hern.	*	QRO, SLP	
<b>Verbenaceae</b>			
<i>Glandularia alejandrana</i> B.L. Turner	*	NLE, SLP, ZAC	
<i>Glandularia brachyrhynchus</i> G.L. Nesom & Vorobik	Santo Domingo	SLP, TAMS	
<b>Violaceae</b>			
<i>Hybanthus potosinus</i> C.V. Morton	Villa Juárez	SLP, TAMS	

VARIACIÓN ONTOGÉNICA EN EL VENENO DE *Crotalus simus* EN MÉXICOONTOGENETIC VARIATION IN THE VENOM OF *Crotalus simus* IN MEXICO

Edgar Neri-Castro<sup>1,2\*</sup> y Roberto Ponce-López<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Biotecnología de la UNAM. Av. Universidad #2001, Col. Chamilpa C.P. 62210 Cuernavaca, Morelos. Apdo. Postal 510-3, C.P.62250

<sup>2</sup>Programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México, CDMX, México.

Autor para correspondencia: [neri@ibt.unam.mx](mailto:neri@ibt.unam.mx); [nericastroedgare@gmail.com](mailto:nericastroedgare@gmail.com)

RECIBIDO: 24/05/2018

## RESUMEN

ACEPTADO: 25/06/2018

## PALABRAS CLAVE:

*Crotalus simus*,  
veneno,  
crotoxina,  
variación ontogénica.

## KEYWORDS:

*Crotalus simus*,  
snake venom,  
crotoxin,  
ontogenetic variability.

*Crotalus simus* es una especie de cascabel importante desde el punto de vista clínico, ocasiona un porcentaje alto de accidentes ofídicos y su veneno es utilizado como inmunógeno en la elaboración de antivenenos. En México es la especie mejor estudiada ya que se han realizado distintos trabajos sobre sus actividades bioquímicas y biológicas. Sin embargo, dichos trabajos se han centrado en el estudio del veneno de ejemplares adultos, mientras que poco se sabe del veneno de ejemplares neonatos y juveniles. En el presente trabajo se describe que el veneno de *C. simus* de juveniles posee una potencia letal mayor, baja actividad hemorrágica y baja actividad proteolítica comparado con el veneno de ejemplares adultos. A pesar de que existía el reporte de variación ontogénica, este fue descrito por medio de proteómica, hasta el presente trabajo no existían reportes de las diferencias en las actividades bioquímicas y biológicas para las poblaciones mexicanas.

## ABSTRACT

*Crotalus simus* is an important rattlesnake species from its clinical point of view, since it causes for a high rate of snake bite cases and its venom is used as an immunogen for antivenom production. The most studied in Mexico in terms of biochemical and biological activities. However, a number of reports focused only on venom from adult individuals, whereas little is known about juvenile specimen venom. The present work demonstrated that juvenile *C. simus* venoms have higher lethal potency and lower hemorrhagic and proteolytic activities, compared to adult venom. So far, there is only one report regarding ontogenetic variation in this species, using a proteomic approach, while there was no report regarding differences in biochemical and biological activities between both stages.

## INTRODUCCIÓN.

México posee una diversidad importante de serpientes venenosas, divididas en dos familias, Elapidae con 17 especies (Uetz et al., 2018), la cual engloba a las serpientes conocidas comúnmente como coralillos y una serpiente marina (*Pelamis platurus*) con distribución en las aguas del pacífico. La segunda familia es Viperidae con 71 especies registradas, esta familia incluye a los cantiles, nauyacas y cascabeles (Uetz et al., 2018). En México, del 95 al 98% de los envenenamientos son causados por vipéridos, siendo *Bothrops asper* la especie que causa el mayor número de accidentes, seguido de las víboras de cascabel (Campbell y Lamar, 2004). Dentro de estas, destaca *C. simus* la cual se distribuye por la vertiente del golfo de México, iniciando su distribución en el norte de Veracruz, Tabasco, Chiapas y parte de Oaxaca. Es una especie que en promedio mide de 120 a 150 cm, con colores amarillos y rombos de color oscuro en el dorso de su cuerpo. Una de las características principales son dos líneas paravertebrales de color negro que inician en la base de la cabeza y generalmente terminan en el primer tercio del cuerpo (Campbell y Lamar, 2004).

Los venenos de vipéridos se caracterizan por poseer una mezcla compleja de moléculas proteicas y no proteicas como lípidos, sales, nucleótidos, entre otros. Sin embargo, las proteínas son las moléculas involucradas en la fisiopatología ocasionada en los envenenamientos. A pesar de que existe una gran cantidad de proteínas con actividades distintas, estas son agrupadas en familias proteicas. Hasta la fecha se han reportado 63 familias proteicas en los venenos de serpientes, sin embargo, en vipéridos son tres familias (metaloproteasas, serín proteasas y fosfolipasas) las que representan cerca del 70% de la composición y estas son las responsables de ocasionar la fisiopatología principal (Tasoulis e Isbister, 2017).

Dentro de la familia de fosfolipasas se encuentra la crotoxina, que es una potente  $\beta$ -neurotoxina, inicialmente descrita en el veneno de *C. durissus terrificus* y posteriormente reportada en otras especies de cascabeles como *Crotalus tigris*, y en algunas poblaciones de *C. scutulatus* y *C. tzabcan* (Glenn y Straight, 1989; Yi-Hsuan et al., 2004; Calvete et al., 2012; Castro et al., 2013; Borja et al., 2014; Durban et al., 2017; Rivas et al., 2017). La crotoxina se encuentra formada por dos subunidades; una de ellas es la subunidad A con peso molecular cercano a 9.5 kDa, sin toxicidad ni actividad enzimática, proviene de un gen de fosfolipasa que al llegar a proteína sufre modificaciones postraduccionales, los cuales son cortes proteolíticos por alguna proteasa (hasta la fecha no se conoce la proteasa que realiza dicho corte), y que dejan tres cadenas unidas por puentes disulfuro; y la otra es la subunidad B que es una fosfolipasa con peso molecular de 14.3 kDa, actividad enzimática y es letal (Faure et al., 1994). Cuando se encuentra formado el complejo A+B (crotoxina) la actividad letal aumenta (Canziani et

al., 1983; Faure et al., 1994).

Para *C. simus* con distribución en Costa Rica se ha reportado una variación ontogénica de su veneno. No obstante, en estudios proteómicos se ha reportado que ejemplares neonatos (de 6 semanas de nacidos) poseen como componentes mayoritarios fosfolipasas con 55.9% de los cuales el 52.7% corresponde a crotoxina, la segunda familia importante fueron las serín proteasas con 36% mientras que las metaloproteasas se encontraban en baja proporción con 2%. Para el caso de los adultos, crotoxina y serín proteasas se encuentran en 4% y 5.3%, respectivamente, mientras que las metaloproteasas se encuentran en un porcentaje alto con 71.7% (Calvete et al., 2010). Para el caso de México en el 2013, se reportó el proteoma de un pool de *C. simus* adultos de Veracruz en el cual se describió que estos venenos poseen una  $DL_{50}$  bajas, es decir, venenos con alta potencia letal (0.18 a 0.65  $\mu$ g/g). También mencionan que los componentes de mayor relevancia son las metaloproteasas con 27.4%, serín proteasas 30.4% y crotoxina 14% (Castro et al., 2013). En México se ha realizado el proteoma del veneno de un solo ejemplar cría de *C. simus*, los resultados muestran que el veneno posee el 5.3% de metaloproteasas, 26.2% de crotoxina y 32.7% de serín proteasas (Castro et al., 2013; Durban et al., 2017), sin embargo, no se conocen las actividades biológicas de dichos venenos, por lo tanto, es necesario conocer las diferencias bioquímicas y biológicas de los venenos de crías y adultos. El objetivo principal del presente estudio es demostrar que la variación ontogénica descrita en trabajos proteómicos (Durban et al., 2017) se relaciona con las actividades biológicas y bioquímicas de los venenos de crías y adultos de *C. simus*.

## METODOLOGÍA

**Extracción de veneno.** Se realizó un pool de veneno de 11 ejemplares adultos de *C. simus* del estado de Veracruz y un pool de 9 ejemplares crías del mismo estado. El veneno se obtuvo por medio de extracción manual, utilizando una copa de vidrio con *parafilm* en la superficie. En todos los casos se realizó masaje de las glándulas venenosas, con el objetivo de obtener mayor volumen de veneno. El veneno obtenido fue centrifugado durante 5 minutos (min) a 12,000 revoluciones por minuto (rpm) y se recuperó el sobrenadante. Finalmente, el veneno fue liofilizado y guardado a -20 °C hasta su posterior uso.

**Cuantificación de proteína.** Se pesaron entre 3 a 5 mg de veneno y se resuspendió en 1 ml de PBS (buffer de fosfatos). Posteriormente, se cuantificó por medio del ensayo del ácido bicinonínico (BCA) de la marca Price®.

**Gel de poliacrilamida.** Con el fin de ver y comparar el perfil electroforético del veneno de *C. simus* de crías y adultos, se realizaron geles SDS-PAGE al 15% en



condiciones reductoras, utilizando 2-mercaptoetanol, y no reductoras. Se analizaron 20 µg de veneno por carril, la separación se realizó en una cámara de electroforesis marca BIO-RAD® modelo Mini PROTEAN III. Las muestras fueron separadas a 80 volts durante los primeros 30 min y posteriormente se cambió a 120 volts (Laemmli, 1970).

**Potencia Letal.** La dosis letal media se define como la cantidad de veneno necesaria para matar a la mitad de una población animal, en este caso utilizamos ratones de la cepa ICR (CD1) con un peso de 18 a 20 g, sexo indistinto. Se administraron distintas cantidades de veneno a cinco grupos de ratones, cada grupo con tres individuos, a las 24 horas (h) posteriores a la inoculación se realizó el conteo de los ratones muertos, con el fin de obtener el porcentaje de mortalidad. Los resultados fueron procesados en el programa estadístico *Graphd Prism 6*.

**Actividad hemorrágica.** Únicamente se comparó de manera general la actividad del veneno de adultos con las de crías, para lo anterior se utilizó y modificó la técnica descrita por Dagda et al. (2013). Para esto, a un grupo de tres ratones de la cepa CD1 de 28 a 30 g se les administró 20 µg de veneno por vía intradérmica en el dorso del animal, a las 3 h posteriores a la inoculación se sacrificaron los roedores en una cámara de CO<sub>2</sub>. Finalmente, se les retiró la piel y se midió el halo hemorrágico generado por el veneno.

**Actividad proteolítica.** Se usó como sustrato *hide poder azure* como sustrato, 50 µg de veneno fueron mezclados con 1 ml de sustrato a una concentración de 5 mg/ml con Tris 0.1 M, pH 8.0, después de dos horas de agitación a temperatura ambiente, las muestras fueron centrifugadas a 14,000 rpm por 5 min, se midió la absorbancia a 595 nm del sobrenadante, cada muestra fue realizada por triplicado. Los resultados fueron interpolados en una curva estándar como lo menciona Borja et al. (2018).

**Degradación de Fibrinógeno.** La degradación de fibrinógeno se realizó con algunas modificaciones a la técnica descrita por Weldon y Mackessy (2010). Se resuspendieron 0.5 mg/ml de fibrinógeno de borrego y se tomaron 400 µl que fueron preincubados con 20 µl de veneno a una concentración de 2 mg/ml, se incubó a 37 °C y cada 1, 5, 10 y 15 min se tomaron 16 µl de muestra a la cual se le agregó 4 µl de 5x de 2-mercaptoetanol, e inmediatamente se hirvieron las muestras durante 5 min. Finalmente, las muestras se analizaron por SDS-PAGE al 12.5%.

**RP-HPLC.** Se usó una columna analítica C-18 (Vydac, 4.6 mm x 250 mm), con el método usado y descrito por Castro et al. (2013). Se analizaron 3 mg de veneno, los cuales fueron resuspendidos en agua con 0.1% TFA, posteriormente se centrifugó durante 5 min a 12,000 rpm, el sobrenadante fue separado y finalmente,

cargado. Los cromatogramas de crías y adultos fueron empalmados para una mejor comparación.

## RESULTADOS

En la extracción del veneno de un *pool* de nueve ejemplares de crías se obtuvo un total de 200 mg de veneno, es importante mencionar que el color del veneno de crías fue blanco, mientras que el de los adultos fue amarillo, de los ejemplares adulto se obtuvieron cantidades de veneno mayores, cuyas cantidades fueron de 100 mg a 300 mg. En los perfiles electroforéticos (Figura 1) se observa que las crías no poseen la banda de alto peso molecular (> 50 kDa), mientras que en los adultos es una banda con mayor abundancia, por otro lado, en los adultos hay una banda de aproximadamente 22 kDa que no se observa en las crías, también existe una diferencia en proporción en la banda de 14 kDa, siendo más abundante en crías que en adultos.

En los cromatogramas obtenidos por RP-HPLC (Figura 2) se observan cambios importantes en las fracciones que eluyen a los 29 min en los que el perfil de adultos muestra tres fracciones en proporciones altas que no se observan en el veneno de las crías, el mismo caso para las fracciones de los 76 y 79 min presentes en adultos y no en crías, finalmente, las fracciones que eluyen después del min 80 se encuentran en mayor proporción en el veneno de adultos que en crías.

En los experimentos de letalidad, el veneno de las crías fue más potente que el de los adultos y es importante mencionar que a pesar de que ambos venenos poseen DL<sub>50</sub> bajas (venenos muy potentes) los ratones inoculados con el veneno de crías presentaron parálisis flácida con mayor rapidez y mucho más marcada que la de los adultos. En la Figura 3 se observan los geles sobre la degradación de las cadenas del fibrinógeno, en las que se observa que el veneno de los adultos degrada la cadena α desde el primer minuto, a los 5, 10 y 15 la banda desaparece por completo, la cadena β comenzó a ser degradada hasta los 10 min y a los 15 la banda desaparece, mientras que la γ no es degradada, ésta se mantiene intacta. En el caso del veneno de las crías se observa un patrón similar para la cadena α, sin embargo, las cadenas β y γ parecen no sufrir degradación.

El veneno de crías no presentó actividad hemorrágica importante, en dos de los ratones no se observó halo hemorrágico, mientras que en uno de ellos fue menor a 2 mm, por otro lado, el veneno de los adultos mostró halos hemorrágicos de 7, 9 y 10 mm. La actividad proteolítica sobre *hide poder azure* mostró que el veneno de crías posee 2.8 veces menor actividad que el de los adultos, similar a lo que pasó en la actividad hemorrágica en ratones (Tabla 1).

Tabla 1. Actividades biológicas y bioquímicas del veneno de crías y adultos de *C. simus*.

Edad de los ejemplares	Color del veneno	DL <sub>50</sub> (µg/g)	Hemorragia en ratón	Act. proteolítica (U/mg)	Act. Proteolítica + EDTA (U/mg)
Cría	Blanco	0.084	+	12 ± 0.2	6 ± 0.09
Adulto	Amarillo	0.16	+++	34.3 ± 5.0	3 ± 0.3

DL<sub>50</sub>: Dosis letal media; +, poca actividad hemorrágica; +++, alta actividad hemorrágica; U, una unidad de actividad enzimática es definida como la cantidad de veneno necesario para degradar 1 mg de sustrato; U/mg, unidades de actividad enzimática por miligramo de veneno, ± desviación estándar. EDTA, indica que el veneno fue preincubado con 5 mM de EDTA durante 30 min a 37°C.

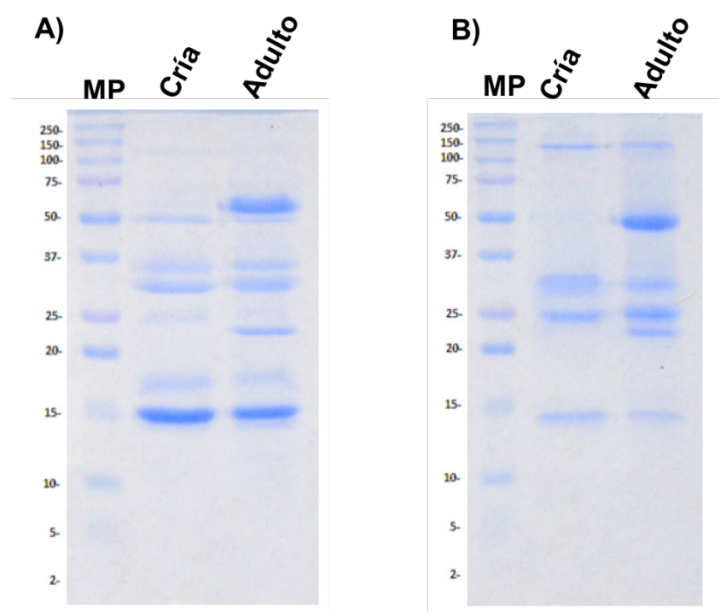


Figura 1. SDS-PAGE al 15%, 25 µg de veneno por carril, A) condiciones reductoras, B) condiciones no reductoras. MP, marcador de peso molecular; cría, refiere al veneno de ejemplares crías.

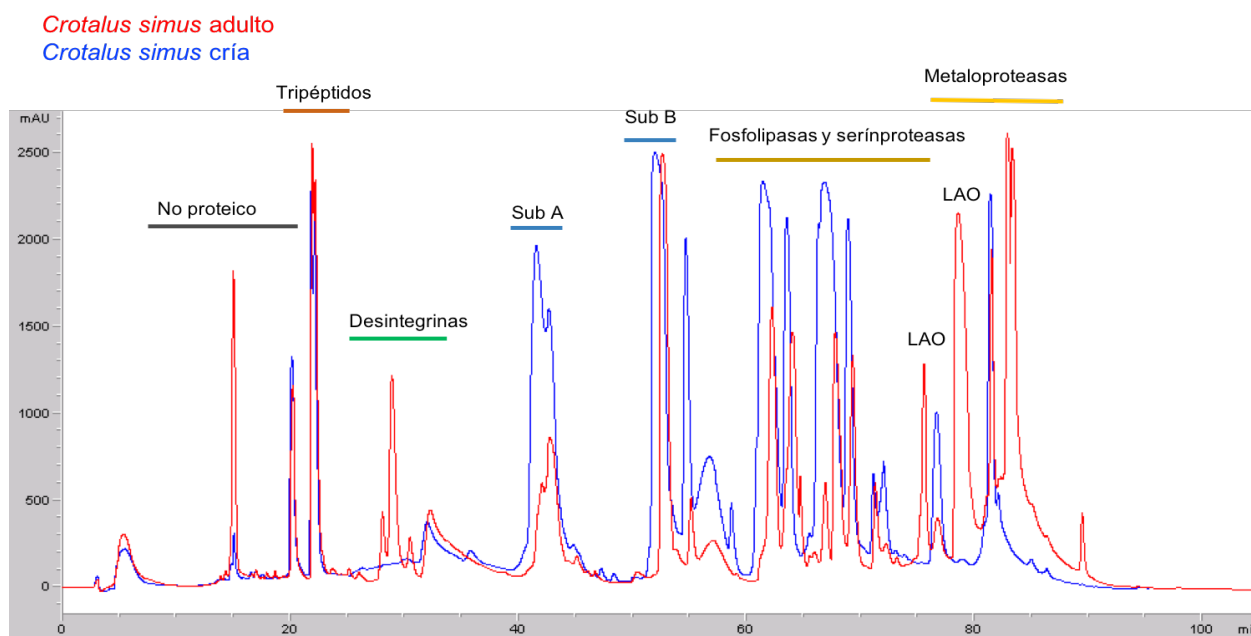
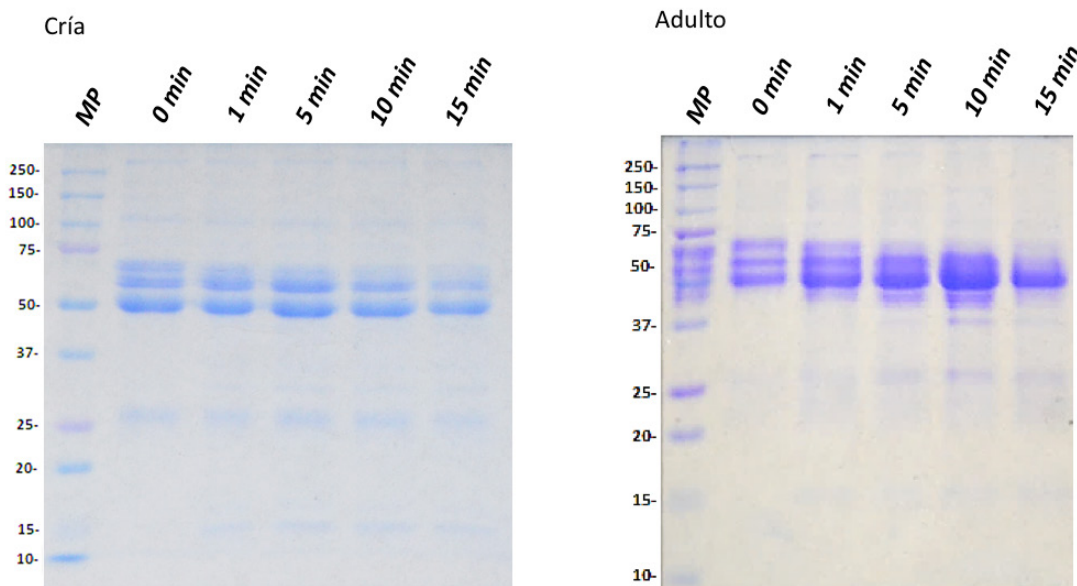


Figura 2. Comparación de los perfiles cromatográficos por RP-HPLC de venenos de crías y adultos.



**Figura 3. Gel SDS-PAGE al 12.5 % sobre análisis de la degradación de fibrinógeno, el minuto cero representa la muestra antes de preincubar el veneno.**

## DISCUSIÓN

Con base a la información de los proteomas reportados por Castro et al. (2013) y Durban et al. (2017), las fracciones que eluyen a los 29 min se trata de desintegrinas las cuales se encuentran en porcentajes bajos en el veneno de las crías, por otro lado, las fracciones del min 76 y 79 coeluyen L-amino oxidasas y metaloproteasas. El veneno color amarillo de los individuos adultos los dan las L-amino oxidasas las cuales no se encuentran presentes en el veneno de las crías, debido a esto el veneno de los ejemplares crías es color blanco (Bhattacharjee et al., 2015).

En los cromatogramas también se puede observar que la proporción de las fracciones que eluyen a los 41 y 52 min corresponden a la subunidad ácida (crotopotina) y básica, respectivamente, de la crotoxina (Castro et al., 2013; Durban et al., 2017; Rivas et al., 2017; Borja et al., 2018;). El veneno de crías posee mayor proporción de ambas, pero es importante notar que la proporción de la subunidad ácida es considerablemente mayor, estas proporciones correlacionan con la actividad letal, ya que diferentes estudios han demostrado que venenos con crotoxina en su composición poseen mayor actividad letal (Calvete et al., 2010; Castro et al., 2013).

La actividad hemorrágica en el veneno de las crías fue baja comparada con la de los adultos, lo cual concuerda con la baja proporción de metaloproteasas observada en el cromatograma de RP-HPLC, ya que estas enzimas son las encargadas de degradar las proteínas que conforman la lámina basal de los vasos sanguíneos. La actividad proteasa usando como sustrato *hide poder azure* muestra que el veneno de los adultos posee

significativamente mayor actividad que las crías. Los experimentos realizados con EDTA demuestran que la actividad proteolítica de los adultos se encuentra dada por las metaloproteasas ya que dicha actividad es inhibida cuando el veneno se preincuba con EDTA, mientras que la poca actividad que presenta el veneno de las crías es otorgado por las serín proteasas debido a que cuando el veneno es preincubado con EDTA la actividad proteolítica se mantiene similar.

La variación ontogénica de los venenos de vipéridos mexicanos es un tema nuevo ya que no existen trabajos realizados con especies o poblaciones mexicanas, existen especies de vipéridos en las cuales se ha reportado dicha variación como es el caso de *Bothrops asper* (Saldarriaga et al., 2003), *Crotalus simus* de Costa Rica (Calvete et al., 2010), *Atropoides nummifer* y algunos ejemplos en los cuales no se han observado cambios en la composición del veneno como es el caso de *Agkistrodon bilineatus* (datos generados por nuestro grupo aún no publicados).

Los componentes de mayor importancia en el veneno de *C. simus* son la crotoxina y las serín proteasas, la primera encargada de generar todo el cuadro clínico neurotóxico y la segunda probablemente de ocasionar problemas en la coagulación (Castro et al. 2013). Ambos componentes se encuentran en los venenos de crías y adultos, sin embargo, las proporciones de crotoxina son mayores en el veneno de crías, por lo que un envenenamiento ocasionado por estas debe ser tratado de manera rápida y eficaz ya que puede llevar al paciente a complicaciones tales como parálisis flácida generalizada que, de no ser tratada, puede llevar a un paro respiratorio.



## CONCLUSIÓN

Existe variación ontogénica en el veneno de *C. simus*, las crías poseen mayor porcentaje de crotoxina, lo cual es un factor determinante en el aumento de la potencia letal. Las crías presentaron menor actividad hemorrágica y proteolítica comparada con la que presentó el *pool* de adultos.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alejandro Alagón cano por el apoyo brindado durante este proyecto. A la M. en C. Melisa Bénard Valle por la ayuda en la extracción de veneno. A Miguel Borja por haber donado veneno de algunos ejemplares de *C. simus*. Este proyecto fue financiado con el proyecto DGAPA-PAPIIT: IN207218.

## LITERATURA CITADA

Bhattacharjee P., Mitra J. y Bhattacharyya, D. 2015. L-Amino acid oxidase from venoms. In: Gopalakrishnakone, P. (eds) Toxins and drug discovery. Toxicology. Springer, Dordrecht.

Borja, M., Castañeda, G., Espinosa, J., Neri, E., Carbajal, A., Clement, H., García, O. y Alagón, A. 2014. Mojave rattlesnake (*Crotalus scutulatus scutulatus*) with type B venom from Mexico. *Copeia* 2014(1): 7–13.

Borja, M., Neri-Castro, E., Castañeda-Gaytán, G., Strickland, J.L., Parkinson, C.L., Castañeda-Gaytán, J., Ponce-López, R., Lomonte, B., Olvera-Rodríguez, A., Alagón, A. y Pérez-Morales, R. 2018. Biological and proteolytic variation in the venom of *Crotalus scutulatus scutulatus* from Mexico. *Toxins* 10(1): 35.

Calvete, J.J., Pérez, A., Lomonte, B., Sánchez, E.E. y Sanz, L. 2012. Snake venomomics of *Crotalus Tigris*: The minimalist toxin arsenal of the deadliest nearctic rattlesnake venom. Evolutionary clues for generating a pan-specific antivenom against crotalid type ii venoms. *Journal of Proteome Research* 11(2): 1382–1390.

Calvete, J.J., Sanz, L., Cid, P., de la Torre, P., Flores-Díaz, M., Dos Santos, M.C., Borges, A., Bremó, A., Angulo, Y., Lomonte, B., Alape-Girón, A. y Gutiérrez, J.M. 2010. Snake venomomics of the Central American rattlesnake *Crotalus simus* and the South American *Crotalus durissus* complex points to neurotoxicity as an adaptive paedomorphic trend along *Crotalus* dispersal in South America. *Journal of Proteome Research* 9(1): 528–544.

Campbell, J.A. y Lamar, W.W. 2004. The venomous reptiles of the western hemisphere. Cornell University Press. Ithaca, New York, USA.

Canziani, G., Seki, C. y Vidal, J.C. 1983. The mechanism of inhibition of phospholipase activity of crotoxin B by crotoxin A. *Toxicon* 21(5): 663–674.

Castro, E.N., Lomonte, B., Gutiérrez, M<sup>a</sup> del C., Alagón, A. y Gutiérrez, J.M. 2013. Intraspecies variation in the venom of the rattlesnake *Crotalus simus* from Mexico: different expression of crotoxin results in highly variable toxicity in the venoms of three subspecies. *Journal of Proteomics* 87: 103–121.

Durban, J., Sanz, L., Trevisan-Silva, D., Neri-Castro, E., Alagón, A. y Calvete, J.J. 2017. Integrated venomomics and venom Gland transcriptome analysis of juvenile and adult Mexican rattlesnakes *Crotalus simus*, *C. tzabcan* and *C. culminatus* Revealed miRNA-modulated ontogenetic shifts. *Journal of proteome research* 16(9): 3370–3390.

Faure, G., Choumet, V., Bouchier, C., Camoin, L., Guillaume, J.L., Monegier, B., Vuilhorgne, M. y Bon, C. 1994. The origin of the diversity of crotoxin isoforms in the Venom of *Crotalus durissus terrificus*. *European Journal of Biochemistry* 223: 161–164.

Glenn, J.L., y Straight, R. C. 1989. Intergradation of two different venom populations of the Mojave rattlesnake (*Crotalus scutulatus scutulatus*) in Arizona. *Toxicon* 27(4): 411–418.

Laemmli, U K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227(5259): 680.

Rivas, E., Neri-Castro, E., Bénard-Valle, M., Hernández-Dávila, A.I., Zamudio, F. y Alagón, A. 2017. General characterization of the venoms from two species of rattlesnakes and an intergrade population (*C. lepidus* x *aquilus*) from Aguascalientes and Zacatecas, Mexico. *Toxicon* 138: 191–195.

Saldarriaga, M.M., Otero, R., Núñez, V., Toro, M.F., Dí'az, A., & Gutiérrez, J.M. 2003. Ontogenetic variability of *Bothrops atrox* and *Bothrops asper* snake venoms from Colombia. *Toxicon* 42(4): 405–411.

Tasoulis, T., y Isbister, G.K. 2017. A review and database of snake venom proteomes. *Toxins* 9(9): 290. Uetz, P., Freed, P. y Hošek, J. (eds.). 2018. The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>, Consultado en Marzo del 2018.

Weldon, C.L. y Mackessy, S.P. 2010. Biological and proteomic analysis of venom from the Puerto Rican racer (*Alsophis portoricensis*: Dipsadidae). *Toxicon* 55 (2–3): 558–569.

Yi-Hsuan, C., Ying-Ming, W., Ming-Jhy, H. y Inn-Ho, Tsai. 2004. Molecular evolution and structure–function relationships of crotoxin-like and asparagine-6-containing phospholipases A2 in pit viper venoms. *Biochemical Journal* 381: 25–34.

# COMITÉ EDITORIAL EXTERNO

**Dr. Arturo Angulo S.**  
Universidad de Costa Rica

**Dr. Agustín Aragón García**  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

**Dr. Salvador Arias Montes**  
Instituto de Biología UNAM

**Ph.D. Carlos A. Blanco**  
The University of New Mexico

**Dr. Arturo Carrillo Reyes**  
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

**Dr. Andrés Eduardo Estrada Castellón**  
Facultad de Ciencias Forestales UANL

**Dr. Joel D. Flores Rivas**  
IPICYT, A.C.

**Dr. Héctor Gadsden Esparza**  
Instituto de Ecología, A.C.

**Dr. Mario Alberto García Aranda**  
Especies, Sociedad y Hábitat, A.C.

**Dra. Deneb García Ávila**  
Facultad de Biología UMSNH

**Dr. José Luis García Hernández**  
Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED

**Dr. Rafael A. Lara Reséndiz**  
Univ. of California, Sta. Cruz

**Dr. Iván Lira Torres +**  
Universidad Nacional Autónoma de México

**Dr. Alejandro M. Maeda Martínez**  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

**Dra. Norma L. Manríquez Morán**  
Universidad Autónoma del Edo. de Hidalgo

**Dr. Rodolfo Valentino Marcano Brito**  
Universidad Central de Venezuela

**Dr. Jorge A. Mauricio Castillo**  
Universidad Autónoma de Zacatecas

**Dr. Fausto Méndez de la Cruz**  
Instituto de Biología UNAM

**Ph.D. Jafet M. Nassar**  
Instituto Venezolano de Inv. Científicas

**Dr. Aldo Iván Ortega Morales**  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

**Dr. Numa P. Pavón**  
Universidad Autónoma del Edo. de Hidalgo

**Dra. Tamara M. Rioja Paradela**  
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

**Dr. Roger Iván Rodríguez Vivas**  
Universidad Autónoma de Yucatán

**Dra. Fátima B. Salazar Badillo**  
INIFAP - Dpto. de Biología Zacatecas

**Dra. Laura M. Scott Morales**  
Facultad de Ciencias Forestales UANL

**Dr. José Villanueva Díaz**  
INIFAP CENID RASPA

**M.C. Avigail Aguilar Contreras**  
Herbario Medicinal IMSS

**Dr. José Juan Flores Maldonado**  
Especies, Sociedad y Hábitat, A.C.



Árido-Ciencia es una revista de difusión científica de la  
Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y  
no necesariamente reflejan la postura de la revista.

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta obra, siempre que los extractos sean reproducidos  
literalmente sin modificaciones y que se mencione la fuente y la fecha.

Todos los derechos reservados © Copyright 2018  
Reserva de derechos al uso exclusivo No. 03-2016-120112114100-01  
arido-ciencia@ujed.mx





Fotografía por  
Esaú Flores Martínez

*Cathartes aura*  
(Sierra “El Sarnoso”  
Gómez Palacio,  
Durango, México)



# ÁRIDO-CIENCIA

---



[www.aridociencia.mx](http://www.aridociencia.mx)