

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**TESIS**

**RIQUEZA FLORÍSTICA Y COMUNIDADES VEGETALES DE LA SIERRA  
DE ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MÉXICO**

**POR**

**JUAN ANTONIO ENCINA DOMÍNGUEZ**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN MANEJO DE  
RECURSOS NATURALES**

**JUNIO, 2017**

RIQUEZA FLORÍSTICA Y COMUNIDADES VEGETALES DE LA  
SIERRA DE ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MÉXICO

Aprobación de tesis

*Eduardo Estrada C.*

Dr. Andrés Eduardo Estrada Castellón  
Director

*César Martín Cantú Ayala*

Dr. César Martín Cantú Ayala  
Codirector

*Mauricio Coterá Correa*

Dr. Mauricio Coterá Correa  
Asesor

*Humberto González Rodríguez*

Dr. Humberto González Rodríguez

Asesor

*José Ramón Arévalo Sierra*

Dr. José Ramón Arévalo Sierra

Asesor



Junio, 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico al otorgarme una beca para realizar los estudios de Doctorado y la aceptación en el programa de beca mixta para poder efectuar la estancia en el extranjero.

A la Facultad de Ciencias Forestales, a su personal directivo, maestros, técnicos y administrativos, gracias por contribuir a cumplir esta meta.

A mis asesores de tesis por su gran apoyo en las revisiones, aprecio sus comentarios siempre valiosos, gracias por su motivación para el desarrollo de esta investigación.

Se agradece al personal de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé por su motivación y apoyo irrestricto para realizar el presente estudio, en especial a Sergio C. Marines y Juan M. Cárdenas.

A la Universidad de La Laguna, Tenerife, España por todo su apoyo y atenciones durante la estancia de investigación realizada en el Departamento de Ecología.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a través del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, por su apoyo incondicional para la realización de los estudios de Doctorado.

Gracias a todas las personas por su apoyo durante los recorridos de campo para colecta de especímenes botánicos, medición de la vegetación y toma de muestras de suelo.

## **DEDICATORIA**

A los habitantes del valle de Saltillo y demás poblados que dependen de los servicios ecosistémicos que proporciona la Sierra de Zapalinamé.

A las personas interesadas en el conocimiento de la diversidad biológica de México, así como a quienes promueven su conservación.

A mis padres por su constante e incondicional apoyo en mi superación profesional. Gracias por sus valiosos consejos y enseñanzas para terminar estos estudios.

A toda mi familia y amigos por su valioso apoyo y motivación para culminar los estudios de doctorado.

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>VIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>4</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>4</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES .....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO I. FLORISTIC RICHNESS OF THE SIERRA DE ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MEXICO<sup>1</sup> .....</b>	<b>5</b>
<i>Abstract .....</i>	<i>5</i>
<i>Resumen .....</i>	<i>6</i>
<i>Introduction .....</i>	<i>7</i>
<i>Materiales y methods.....</i>	<i>12</i>
<i>Results.....</i>	<i>15</i>
<i>Discussion .....</i>	<i>21</i>
<i>Acknowledgements.....</i>	<i>28</i>
<b>CAPÍTULO II. SITUACIÓN ACTUAL DE LA VEGETACIÓN DE LA SIERRA DE ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MÉXICO<sup>1</sup> .....</b>	<b>29</b>
<i>Resumen .....</i>	<i>29</i>
<i>Introducción .....</i>	<i>30</i>
<i>Metodología.....</i>	<i>33</i>
<i>Resultados.....</i>	<i>35</i>
<i>Discusión .....</i>	<i>51</i>
<i>Agradecimientos.....</i>	<i>58</i>

<b>CAPÍTULO III. ENVIRONMENTAL AND SOIL VARIABLES AFFECTING THE STRUCTURE AND FLORISTIC WOODY COMPOSITION OF OAK FORESTS OF NORTHEASTERN MEXICO<sup>1</sup></b> .....	<b>59</b>
<i>Abstract</i> .....	59
<i>Introduction</i> .....	60
<i>Materials and Methods</i> .....	61
<i>Results</i> .....	66
<i>Discussion</i> .....	71
<i>Acknowledgments</i> .....	75
<b>DISCUSIÓN GENERAL</b> .....	<b>76</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>85</b>
<b>APÉNDICES</b> .....	<b>113</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO I. FLORISTIC RICHNESS OF THE SIERRA DE ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MEXICO<sup>1</sup> ..... 5

*Table 1. Localities used for floristic comparison with the Sierra de Zapalinamé, Coah. (Coahuila State), NL. (Nuevo León), SLP. (San Luis Potosí), Tamps. (Tamaulipas), Qro. (Querétaro). .... 13*

*Table 2. Main groups of vascular plants recorded in the Sierra de Zapalinamé. .... 15*

*Table 3. Families and genera best represented in the flora of the study area. .... 16*

### CAPÍTULO II. SITUACIÓN ACTUAL DE LA VEGETACIÓN DE LA SIERRA DE ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MÉXICO<sup>1</sup> ..... 29

*Tabla 1. Vegetación y usos del suelo en la Sierra de Zapalinamé..... 37*

*Tabla 2. Comparativo de superficies entre 1998 - 2017 de dos comunidades vegetales relevantes y otros usos de suelo en la Sierra de Zapalinamé. .... 39*

### CAPÍTULO III. ENVIRONMENTAL AND SOIL VARIABLES AFFECTING THE STRUCTURE AND FLORISTIC WOODY COMPOSITION OF OAK FORESTS OF NORTHEASTERN MEXICO<sup>1</sup> ..... 59

*Table 1. Mean and standard deviation of environmental variables for two oak associations clustered from TWINSPAN. Differences between the two associations were compared with a **Student's t-test (t)**..... 66*

*Table 2. Mean  $\pm$  standard deviation for structural attributes including species richness and diversity for woody species in both oak forests. Differences between both forests were compared with a **Student's t-test**.67*

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I. FLORISTIC RICHNESS OF THE SIERRA DE ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MEXICO<sup>1</sup> ..... 5

**Figure 1.** Location of the Sierra of Zapalinamé, in the state of Coahuila, Mexico. .... 11

**Figure 2.** Location of the Sierra of Zapalinamé, the Bolson of Cuatro Ciénegas and 9 additional localities along the Sierra Madre Oriental with floristic surveys. .... 14

**Figure 3.** Characteristic species of the sierra de Zapalinamé A. *Prunus mexicana* S. Watson (1882: 353), B. *Bursera fagaroides*, C. *Quercus greggii*, D. *Fouquieria splendens*, E. *Vachellia glandulifera*, F. *Prunus cercocarpifolia*, G. *Echinocereus reichenbachii* (Terscheck ex Walp.) Haage (1859: 22), H. *Yucca carnerosana* (Trel.) McKelvey (1938: 24) and I. *Dichromanthus cinnabarinus* (La Llave & Lex.) Garay (1980: 314). .... 17

**Figure 4.** Floristic similarity among 10 localities including the Sierra de Zapalinamé. Similarity coefficient used: Sorensen-Dice; grouping method UPGMA. SAGO (Sierra Gorda), SAGU (Sierra de Guatemala), SAAL (Sierra de Álvarez), SASC (Sierra San Carlos), SACA (Sierra de Gatorce), CUMO (Cumbres de Monterrey), SAZA (Sierra de Zapalinamé), SAPR (Sierra de Parras), SAPL (Sierra de la Paila), BOCU (Bolsón de Cuatro Ciénegas). .... 18

### CAPÍTULO II. SITUACIÓN ACTUAL DE LA VEGETACIÓN DE LA SIERRA DE ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MÉXICO<sup>1</sup> ..... 29

**Figura 1.** Ubicación de la Sierra of Zapalinamé, en el estado de Coahuila al noreste de Mexico..... 34

**Figura 2.** Comunidades vegetales y usos del suelo de la Sierra de Zapalinamé (con base a una imagen de satélite del año 2016)..... 38

**Figura 3.** Algunas comunidades vegetales de la sierra de Zapalinamé A. Matorral desértico rosetófilo, B. Matorral de táscate, C. Bosque de encino, D. Bosque de pino piñonero, E. Bosque de pino, F. Bosque de oyamel, G. Zacatal, H. Vegetación riparia..... 40

### CAPÍTULO III. ENVIRONMENTAL AND SOIL VARIABLES AFFECTING THE STRUCTURE AND FLORISTIC WOODY COMPOSITION OF OAK FORESTS OF NORTHEASTERN MEXICO<sup>1</sup> ..... 59

**Figure 1.** Location of the Sierra of Zapalinamé, in the state of Coahuila, northeastern Mexico (25°N)..... 63



**Figure 2.** DCA showing 69 woody species of oak forest in Sierra of Zapalinamé, tree species appears in bold. Dashed line polygon encloses *Quercus saltillensis* - *Q. laeta* association and dots line polygon encloses *Quercus greggii* - *Q. mexicana* forest. A complete checklist of species appears in Appendix 2. .... 70

**Figure 3.** Canonical correspondence analysis (CCA) for woody species present in the study site and the five most significant environmental variables affecting vegetation. Abbreviations of the species use the first three letters of the genus and plant species name (see acronyms in the Appendix A). ELEV elevation, PREC average precipitation, TEMP average temperature, SILT percentage of silt and K Potassium..... 71

## APÉNDICES

Appendix 1. Checklist of vascular plants of sierra de Zapalinamé..... 113

Appendix 2. Woody species registered in the oak forests of Sierra of Zapalinamé in northeastern Mexico (25°N). .... 144

## RESUMEN

La Sierra de Zapalinamé es un área protegida decretada en 1996 como Zona Sujeta a Conservación Ecológica por el gobierno del estado de Coahuila. El objetivo del presente estudio es determinar la riqueza de especies de plantas, así como la distribución y superficie ocupada por las comunidades vegetales en esta región montañosa y de esta forma fortalecer el programa de manejo y promover la protección de la biodiversidad. Se realizaron exploraciones botánicas durante 10 años a través de los tipos de vegetación del macizo montañoso y se recolectaron 2,000 especímenes botánicos. Cada comunidad vegetal se clasificó de acuerdo a la fisonomía de las formas de vida dominantes y variables ecológicas relevantes. En el macizo montañoso el bosque de encino es una comunidad que posee una elevada riqueza de especies, lo cual motivó a realizar un inventario para cuantificar todos los árboles con diámetro a 1.30 m,  $\geq$  3 cm, además de registrar la cobertura de las especies arbustivas y toma de muestras de suelo para análisis de propiedades fisicoquímicas y con ello investigar la influencia de factores ambientales y del suelo en la estructura y composición de especies. El material botánico obtenido fue depositado en el herbario ANSM, colecciones parciales en los herbarios MEXU, CFNL y TEX/LL. Se revisó la información sobre inventarios florísticos de la región, además de estudios sobre clasificación de la vegetación en el estado de Coahuila y el macizo montañoso estudiado. Para la elaboración de la cobertura de vegetación y uso del suelo, se utilizaron imágenes de satélites para digitalizar las comunidades vegetales, la edición de atributos se realizó con el programa *Arc Map*. En la zona montañosa se presentan 11 comunidades vegetales, el bosque de pino piñonero ocupa la mayor superficie con 8,690 ha, lo que representa el 19.82% del área, seguido por el chaparral montano que representa el 17.80%, ambas son propias de climas templado semiseco de la Sierra Madre Oriental. Como parte de la flora se registraron 110 familias, 475 géneros, 921 especies de plantas vasculares. Las familias con mayor número de géneros y especies, respectivamente, son Asteraceae (80/174), Poaceae (45/112), Fabaceae

(30/65) y Lamiaceae (11/31). El área alberga 10 especies endémicas del sureste de Coahuila, además de 21 especies consideradas como raras por su escasa presencia. Los bosques de encino incluyen 19 especies de árboles y 50 especies de arbustos. Los encinos con mayor densidad y área basal son *Quercus greggii*, *Q. laeta*, *Q. mexicana* y *Q. saltillensis*. Todas las variables ambientales evaluadas como altitud, precipitación, temperatura, pH del suelo y conductividad eléctrica del suelo, además de arena, arcilla y limo en el suelo revelaron diferencias significativas para las dos asociaciones del bosque de encino. Con respecto a los parámetros bióticos, se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el área basal. El análisis multivariado reveló la distribución de las especies a lo largo de un gradiente de humedad a través de la elevación. Debido a la ubicación del macizo montañoso entre la Sierra Madre Oriental y la Altiplanicie, en el área de estudio convergen géneros de afinidad Neártica y de las zonas áridas de México, con una menor proporción de elementos de afinidad Neotropical. Los incendios forestales han disminuido la superficie del bosque de pino, bosque de encino y bosque de oyamel, posterior a estas perturbaciones son reemplazados por el chaparral montano. El zacatal, vegetación riparia y bosque de oyamel, son las comunidades más vulnerables a desaparecer del macizo montañoso, esto debido a la influencia humana que ha ocasionado disminución de su superficie. La composición y estructura de especies leñosas en el bosque de encino está condicionada por la altitud, temperatura y precipitación, además de algunas propiedades fisicoquímicas del suelo.

## ABSTRACT

The Sierra de Zapalinamé is a protected area under the category of ecological conservation, enacted in 1996 by the government of the state of Coahuila. The objectives of this study are to determine the richness of plant species as well as the distribution of vegetation and the plant communities in this region to strengthen the management program and promote the protection of biodiversity. Field trips were conducted over 10 years through all the vegetation types, during which about 2,000 botanical specimens were collected. Each community type was classified according to the physiognomy of dominant life forms and some ecological aspects. The oak forest is a community that has a high species richness, which led to realize an inventory to quantify all trees with diameter at breast height (DBH)  $\geq 3$  cm in a 66 circular 500 m<sup>2</sup> plots. In addition, the cover of understory species was measured in each plot. Also, soil samples were gathered for analysis of physicochemical properties, and to investigate the influence of environmental and soil factors on the structure and species composition. The specimens were deposited in the ANSM herbarium, partial collections in the MEXU, CFNL and TEX/LL herbaria. Information on floristic inventories for the region were reviewed, as well as studies on vegetation classification in the state of Coahuila. The use of satellite images to digitize the communities, and attribute editing with the Arc Map program was required to elaborate a vegetation map. In the mountainous area there are 11 plant communities, the pinyon pine forest occupies the largest area with 8,690 ha, which represents 19.82%, followed by montane chaparral with 17.80%, both are characteristic of semi-dry temperate climates of the Sierra Madre Oriental. A total of 110 families, 475 genera, 921 species and 9 intraspecific categories of vascular plants were recorded. The families with the highest number of genera and species are: Asteraceae (80/174), Poaceae (45/112), Fabaceae (30/65) and Lamiaceae (11/31). The area is home of 10 endemic species from the southeastern region of the state of Coahuila, along with 21 species considered rare. The oak forests include 19 trees and 50 shrubs species. The oaks with

higher density and basal area are: *Quercus greggii*, *Q. laeta*, *Q. mexicana* and *Q. saltillensis*. The environmental variables evaluated, such as altitude, precipitation, temperature, soil pH and soil electrical conductivity, as well as sand, clay and silt in the soil revealed significant differences for two oak forests associations. With respect to biotic parameters, significant differences ( $P < 0.05$ ) in basal area were observed. Multivariate analysis revealed the species distribution along a moisture gradient across elevation. Due to its location of the mountain between the Sierra Madre Oriental and the Altiplanicie, in the study area converge genera of Nearctic and also from arid and semiarid zones of Mexico, along with a smaller proportion of Neotropical affinity. Forest fires have decreased the surface of pine forest, oak forest and fir forest, replaced by the montane chaparral. Grassland, riparian vegetation and fir forest are the most vulnerable communities to disappear due to human influence which has caused a decrease of its surface. The composition and structure of woody species in the oak forest are determined by altitude, temperature and precipitation, as well as some soil physicochemical properties.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial México es considerado en el cuarto lugar en diversidad biológica, por ello, es un país megadiverso (Mittermeier, 1988). Es uno de los países con la mayor riqueza florística (Akeroyd & Syngé, 1992; Mittermeier & Goettsch, 1992). La flora es una de las más variadas y complejas del mundo (Llorente-Bousquets & Ocegueda, 2008). Incluye 23,314 especies de plantas vasculares nativas de México, agrupadas en 297 familias (Villaseñor, 2016). En su territorio se encuentran entre 4 y 8% del total de especies de plantas del mundo, de las cuales 51% son endémicas (Sosa & De-Nova, 2012). Además, el país es centro de diversificación de grupos de plantas como los géneros *Pinus* (Styles, 1993) y *Quercus* (Nixon, 1993; Valencia, 2004) y las familias Agavaceae (Gentry, 1998) y Cactaceae (Arias, 1993). La elevada diversidad biológica es debido a su posición geográfica en el continente Americano, en su territorio se traslapan dos grandes zonas biogeográficas, Neártica y Neotropical, además de su accidentada topografía, diversidad climática y su compleja historia geológica (Ramamoorthy et al., 1993; Rzedowski, 1993; Sarukhán et al., 2009). México no solo es rico en especies de flora sino por su vegetación, ya que en su territorio alberga los grandes tipos de vegetación de la superficie terrestre (Rzedowski, 2006).

El estado de Coahuila se localiza en el noreste de México, forma parte de tres provincias florísticas: Altiplanicie, Planicie Costera del Noreste y Sierra Madre Oriental (Rzedowski, 2006). En la entidad el Matorral Desértico Chihuahuense es la vegetación dominante, el Bosque de Montaña es escaso y se localiza en los principales sistemas montañosos (Villarreal-Q. & Valdés-R., 1992-93). La riqueza de plantas vasculares está integrada por 147 familias, 923 géneros y 3,039 especies (Villarreal-Quintanilla, 2001). De estas, 350 especies son endémicas para el estado y áreas adyacentes, lo cual representa el 11.2% del total de la flora presente en el estado. El Bolsón de Cuatro Ciénegas es la localidad con la mayor riqueza de especies endémicas (Villarreal-Quintanilla & Encina-Domínguez, 2005).

Existe gran preocupación sobre la conservación de la flora de México (Sosa & De-Nova, 2012), ya que debido a la influencia humana se han identificado varias actividades y factores que amenazan su presencia. De acuerdo con Dávila et al. (2011) y Challenger & Dirzo (2009) las de mayor impacto son el incremento en la pérdida de hábitat por cambio de uso del suelo, introducción de especies invasoras exóticas, además de los efectos adversos del cambio climático y la sobreexplotación de la mayoría de los ecosistemas.

En México se tienen decretadas 176 áreas naturales protegidas de carácter federal, lo que representa el 12.92% del territorio nacional (CONANP, 2016). Son una estrategia importante para garantizar la conservación de la biodiversidad (Villaseñor, 1992). El fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas es una opción viable de conservación en México, por ello Bezaury-Creel & Gutiérrez-Carbonell (2009) consideran que a través de éste, se lograría el uso sustentable de los recursos naturales, conservación de la riqueza biológica, cultural y paisajística, así como el mantenimiento de servicios ambientales. Para el estado de Coahuila Villarreal-Quintanilla & Encina-Domínguez (2005) sugieren la creación de áreas naturales protegidas en las regiones con mayor riqueza de plantas endémicas.

La sierra de Zapalinamé es una estribación de la Sierra Madre Oriental en la transición con el Desierto Chihuahuense (Encina-Domínguez et al., 2016). El primer intento de conservación ocurrió hace ochenta años cuando se decretó a nivel federal como Zona Protectora Forestal (Diario Oficial, 1937). En 1981 se realiza el plan de manejo para el uso múltiple del cañón de San Lorenzo, el que comprendía una superficie de 9,150 ha (Meganck et al., 1981). Finalmente en 1996 el gobierno de Coahuila la decreta como área natural protegida en la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica (Periódico Oficial, 1996). Comprende 45,000 ha, incluyendo la zona de amortiguamiento. Tiene como objetivo central la conservación de la biodiversidad y protección de los mantos acuíferos que abastecen de agua a la ciudad de Saltillo (UAAAN, 1998).

Se considera que los inventarios florísticos son una estrategia importante para conocer la riqueza de especies de un área y por lo tanto, la base para los programas de manejo y conservación de los recursos naturales (García-Sánchez et al., 2014). En la sierra de Zapalinamé los estudios florísticos y descriptivos de la vegetación iniciaron con las exploraciones botánicas de Arce (1980) quien cita 380 especies para el cañón de San Lorenzo. Posteriormente Arce & Marroquín (1985) describen la cubierta vegetal del macizo montañoso, agrupada en 11 tipos de vegetación. En los últimos 10 años se ha realizado investigación florística-ecológica para descripción de la estructura, composición y diversidad de comunidades vegetales, algunas consideradas con mayor relevancia ecológica y valor biológico, de esta forma se ha estudiado el Bosque de encino (Encina-Domínguez et al., 2007), Bosque de oyamel (Encina-Domínguez et al., 2008), Bosque de pino piñonero (Ortiz-Badillo, 2010), Matorral submontano de rosáceas (Encina-Domínguez et al., 2012) y Matorral desértico rosetófilo (Flores-Hernández, 2015). Tales estudios han aportado información sobre vegetación y flora del macizo montañoso, con lo cual se pretende reforzar el plan de manejo del área protegida y mantener la riqueza y diversidad de especies.

## **JUSTIFICACIÓN**

La sierra de Zapalinamé es un área natural protegida con decreto estatal, está sujeta a fuerte presión debido a la influencia humana por la población local y crecimiento de la zona urbana de la ciudad de Saltillo. Por lo anterior, es fundamental fomentar el conocimiento de la riqueza florística, distribución de las comunidades vegetales, además de la caracterización estructural de la vegetación, con énfasis en las de mayor relevancia ecológica y riqueza de especies, vulnerables a la fragmentación y disminución de su superficie. De esta forma se pretende contribuir a la valoración de las especies endémicas, raras, así como las que tienen algún valor ecológico y económico y puedan ser utilizadas por la población local, y con ello promover la conservación de la diversidad biológica del macizo montañoso.



## **HIPÓTESIS**

En la sierra de Zapalinamé converge flora de afinidad fitogeográfica neártica, además de especies propias de las zonas áridas de México.

La distribución de la vegetación en el macizo montañoso es condicionada por el microrrelieve. La cubierta vegetal está dominada por matorral xerófilo, debido a que los incendios han disminuido la superficie de las comunidades boscosas.

Las propiedades fisicoquímicas de los suelos son similares a través de los bosques de encino. La altitud condiciona la estructura y composición de especies leñosas, debido a su influencia sobre la temperatura y precipitación.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la riqueza florística y distribución de las comunidades vegetales de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México y contribuir al conocimiento de la diversidad biológica del macizo montañoso.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

Determinar la riqueza de especies de plantas con énfasis en las endémicas, raras e invasoras, además de definir las afinidades fitogeográficas.

Actualizar la cobertura de vegetación y usos del suelo del macizo montañoso y determinar la superficie ocupada por las comunidades vegetales.

Determinar la relación entre la composición y estructura de las especies leñosas y las variables climáticas y edáficas en el bosque de encino.

## **CAPÍTULO I. FLORISTIC RICHNESS OF THE SIERRA DE ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MEXICO<sup>1</sup>**

**Juan A. Encina-Domínguez<sup>2\*</sup>, Eduardo Estrada-Castillón<sup>2</sup>, José A. Villarreal-Quintanilla<sup>3</sup>, José Luis Villaseñor<sup>4</sup>, Cesar M. Cantú-Ayala<sup>2</sup>, José Ramón Arévalo<sup>5</sup>**

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Apartado postal 41, Linares, 67700, Nuevo León, México, <sup>3</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Botánica, Buenavista, Saltillo 25315, Coahuila, México, <sup>4</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Departamento de Botánica. 04510 México, D.F., México, <sup>5</sup>Universidad de La Laguna, Facultad de Ciencias, Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, Tenerife 38206, Islas Canarias, España, \* Author for correspondence: jaencinad@gmail.com, phone 52 8441799815.

**<sup>1</sup>Publicado en Phytotaxa  
<http://biotaxa.org/phytotaxa>  
02 de Noviembre de 2016**

### **Abstract**

This paper presents a study of the flora of the Sierra de Zapalinamé, a protected area located in the southeast of the Mexican state of Coahuila. Field trips were conducted over 10 years, during which about 2,000 botanical specimens were collected. The material obtained in the study area was deposited in the herbarium ANSM, and partial collections in MEXU, CFNL and TEX/LL. Information on floristic inventories for the region were reviewed. A total of 110 families, 475 genera, 921 species and 9 intraspecific categories of vascular plants were recorded. Out of all the families, 3 are magnoliids, 84 eudicots, 14 monocots, 6 lycophytes and ferns, and 3 gymnosperms. The families with the highest number of genera and species, respectively, are Asteraceae (80/174),

Poaceae (45/112), Fabaceae (30/65), Lamiaceae (11/31), Cactaceae (14/25), Euphorbiaceae (6/25), Pteridaceae (8/24) and Brassicaceae (18/21). The genera with the largest number of species are *Muhlenbergia* (14), *Quercus* (14), *Salvia* (14), and *Ageratina* (13). The area is home to 10 species that are endemic to the southeastern region of the state of Coahuila, along with 21 species considered rare due to their scarce occurrence in the area. Genera of Nearctic and arid zones of Mexico, along with a smaller proportion with Neotropical affinity, converge in this area. The aim of this work is to contribute to a better understanding of the flora of this mountainous region in order to strengthen the management program and ensure species protection.

**Key words:** Conservation, endemism, protected area, species richness.

## Resumen

Se presenta un estudio de la flora de la Sierra de Zapalinamé, área protegida ubicada en el sureste del estado mexicano de Coahuila. Las exploraciones botánicas se realizaron durante 10 años, en los que se recolectaron 2,000 especímenes botánicos. El material obtenido de la zona de estudio fue depositado en el herbario ANSM, colecciones parciales en los herbarios MEXU, CFNL y TEX/LL. Se revisó la información sobre inventarios florísticos de la región. Se registraron 110 familias, 475 géneros, 921 especies y 9 categorías intraespecíficas de plantas vasculares. Del total de familias, 3 corresponden a las magnolideas, 84 a eudicotiledóneas, 14 a monocotiledóneas, 6 a helechos y plantas afines, y 3 a gimnospermas. Las familias con mayor número de géneros y especies, respectivamente, son Asteraceae (80/174), Poaceae (45/112), Fabaceae (30/65), Lamiaceae (11/31), Cactaceae (14/25), Euphorbiaceae (6/25), Pteridaceae (8/24) y Brassicaceae (18/21). Los géneros con el mayor número de especies son *Muhlenbergia* (14), *Quercus* (14), *Salvia* (14) y *Ageratina* (13). El área alberga 10 especies endémicas del sureste de Coahuila, además de 21 especies consideradas como raras por su escasa presencia. En el área convergen géneros de afinidad Neártica y de las zonas áridas de

México, con una menor proporción de elementos de afinidad Neotropical. El objetivo del trabajo es contribuir a una mejor comprensión de la riqueza de especies de esta región montañosa, para fortalecer el programa de manejo y garantizar la protección de la flora.

## **Introduction**

Due to its geographical position in the Americas, and its varied topography and climatic diversity, Mexico has a high biological diversity (Ramamoorthy et al., 1993; Rzedowski, 2006). It is regarded as one of the countries with the richest flora (Akeroyd & Synge, 1992; Mittermeier & Goettsch, 1992). Moreover, it is perhaps the American country with the highest level of endemism in its territory (Villaseñor, 2003). The Sierra of Zapalinamé is a spur of the Sierra Madre Oriental mountain range, which is home to a remarkable diversity of plant species in Mexico (Rzedowski, 2006; Rzedowski, 2015). Zapalinamé is a major center of concentration of the endemic species of southeastern Coahuila (Villarreal-Quintanilla & Encina-Domínguez, 2005). The study area is a protected area under the category of ecological conservation, enacted by the government of the state of Coahuila (Periódico Oficial, 1996). The main objectives of this legislature are the protection of local biodiversity and groundwater recharge in the valley of Saltillo (UAAAN, 1998). Its topography is irregular, with many physical and biological environments, contributing to high plant species richness (Arce & Marroquín, 1985). The vegetation cover on the lower slopes of the mountain is dry scrub (Henrickson & Johnston, 1986; Villarreal-Q. & Valdés-R., 1992-93), such as rosetophyllous scrub on southern exposures and montane chaparral in the northwest part (Arce & Marroquín, 1985; Encina-Domínguez et al., 2012; Muller, 1947). In the higher areas with a semi-dry temperate climate, pinyon pine forest is the most common plant community (Ortiz-Badillo, 2010). In areas with humid temperate climates, the fir forest is commonly present, while oak forest develops in deep canyons with higher humidity (Encina-Domínguez et al., 2008, 2009).

Despite its proximity to the city of Saltillo in the state Coahuila, little knowledge is available about the flora of the Sierra de Zapalinamé. However, it has drawn the attention of some early collectors, who visited this mountain (especially the San Lorenzo Canyon) at the beginning of the last century on their journeys through Mexico. Among these collectors were Josiah Gregg in 1847 and 1848 (Fulton, 1944), Edward J. Palmer visited three times: 1880, 1904 and 1905 (McVaugh, 1956), and Cyrus G. Pringle once, in 1906 (Davis, 1936). Based on the specimens they collected, new species were described. More recently, there have been collections made by Rogers McVaugh in 1951, resulting in the description of *Vauquelinia corymbosa* Bonpl. subsp. *saltillensis* W.J. Hees & Henrickson (1987:156). In addition, the collections of Clark P. Cowan in 1982 were used to describe *Bidens saltillensis* Melchert & Turner (1990:27), while those of Jesús Valdés (1991) allowed the description of *Aristida eludens* Allred & Valdés-Reyna (1995:212). *Ageratina zapalinama* B.L. Turner (1991:312) and *Festuca valdesii* Gonz.-Led. & S.D. Koch (1998:149) were described from the botanical samples of James and George Hinton (1990 and 1992). *Ageratina villarrealii* B.L. Turner (2010:362) was described with collections of Sergio Gómez (2007).

In addition, the knowledge of the floristic richness of the area became more widely known with the publication of Arce (1980) on the flora of the San Lorenzo Canyon (380 species reported). Other publications have reported 259 species of vascular plants for the oak forest and 223 species for piedmont rosaceous scrublands (Encina-Domínguez et al., 2009, 2012).

Due to its geographical location, Zapalinamé has traditionally been used by residents for selective harvesting of timber, food, medicinal plants and forage species (Synnott, 2013; Valdés-Dávila et al., 2013) as well as other environmental services such as clean water and recreation. In recent years, increased human pressure has arisen due to the growth in urban areas with new housing, the effects of forest fires (Portes, 2001), invasive species and grazing, all of which have had an important role in disturbance to vegetation (Encina-

Domínguez et al., 2009). This has led to a more urgent interest in quantifying the floristic richness and in conservation activities. According to García-Sánchez et al. (2014), floristic inventories are a strategy to know the diversity in an area, and thus the base for management programs and conservation of natural resources. The objective of the study is to contribute to the floristic knowledge of the state of Coahuila and encourage respect for nature and protection of species richness in this mountain range.

### **Study Area**

The Sierra of Zapalinamé is located in the southeast of Coahuila State. It has an area of 45,000 ha and occurs in the municipalities of Saltillo and Arteaga. It is located south of the city of Saltillo between 25°15'00" - 25°25'58" N and 100°47'14" - 101°05'3" W (Figure 1. ). It belongs to the Gran Sierra Plegada physiographic subprovince. The elevation ranges from 1590 m in the foothills up to 3140 m, in the Cerro El Penitente, with intermountain valleys averaging 2200 m (UAAAN, 1998). The rocks of the areas are sedimentary belonging to the Jurassic and Cretaceous period; limestone covers 43% of the area, while sandstones and conglomerates cover 17%. Alluvial soils occupy 30%, with variable depth, mainly found in the plains with alluvial fans at the base of the mountains. The valleys are deep. There are also calcium and feozem calcareous xerosols in smaller proportions. The dominant climate of the study area is dry type (BSkw), while the upper parts of the mountain have a temperate type (C(w0)). The average annual temperature is 16.9 °C, and the annual rainfall is 498 mm. The rains are convective and occur mainly in the warmest months of the year (SPP, 1983; UAAAN, 1998). Different plant communities have been recorded in this area (Arce & Marroquín, 1985), including rosetophyllous scrub, pine forest, fir forest, oak forest and Rosaceae scrubland. The best represented communities are pine forest (14.09%), pinyon pine forest (12.54%) and pinyon pine forest associated with xeric scrubland (9.55%) (UAAAN, 1998). In flat areas, at the base of the mountain, where the soils are deep, desert scrub is dominant and includes *Larrea tridentata* (DC.) Coville (1893:75) and *Parthenium*

*incanum* Kunth (1820:260), while in stony hillsides, *Agave lecheguilla* Torr. (1859:213-214), *A. asperrima* Jacobi (1864:561-562), *Calanticaria greggii* (A. Gray) E.E. Schill. & Panero (2002:74), *Dasyilirion cedrosanum* Trel. (1911:431), *Euphorbia antisiphilitica* Zucc. (1832:292-293) and *Fouquieria splendens* Engelm. (1848:98-99) are the main elements of the rosetophyllous scrubland, sometimes associated with *Pinus pinceana* Gordon & Glend. (1875:280). *Malacomeles denticulata* (Kunth) Decne. (1880:156), *Lindleya mespiloides* Kunth (1823:240), *Cercocarpus fothergilloides* Kunth (1823:233-234), *Quercus intricata* Trel. (1922:185-186) and *Mimosa aculeaticarpa* Ortega var. *biuncifera* (Benth.) Barneby (1991:97) are common in the Montane chaparral. *Pinus cembroides* Zucc. (1832:392) is the most widely distributed tree species, forming dense pine forests. Other pine species such as *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. (1868:396), *Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez (1945:284) and *P. hartwegii* Lindl. (1839:62) grow at higher elevations, but they are rare. The fir forest is dominated by *Abies vejarii* Martínez (1942:629) and *Pseudotsuga menziesii* Mirbel (1825:63) and Franco (1950:74) above 2800 m and occupies 1% of the area (Encina-Domínguez et al., 2008). The oak forests are best distributed in the San Lorenzo Canyon, and the most common tree species are *Quercus greggii* (A. DC.) Trel. (1922:185), *Q. mexicana* Bonpl. (1809:35), *Q. saltillensis* Trel. (1924:183), *Q. laeta* Liebm. (1854:179-180) and *Q. laceyi* Small (1901:358) (Encina-Domínguez et al., 2009). A relictual forest dominated by *Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch (1873:6-7) grows in a canyon, in the northeast of the mountain and occupies less than one hectare (Encina-Domínguez et al., 2011a). Riparian and aquatic vegetation is restricted to isolated areas through the San Lorenzo Canyon and Los Chorros stream. Grasslands occupy a small part that is mixed with other vegetation types. The most common grass species are *Bouteloua dactyloides* (Nutt.) Columbus (1999:63), *B. gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths (1912:375), *B. uniflora* Vasey var. *coahuilensis* Gould & Kapadia (1964:191), and *Aristida curvifolia* E. Fourn. (1886:78).

Riqueza Florística y Comunidades Vegetales de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México

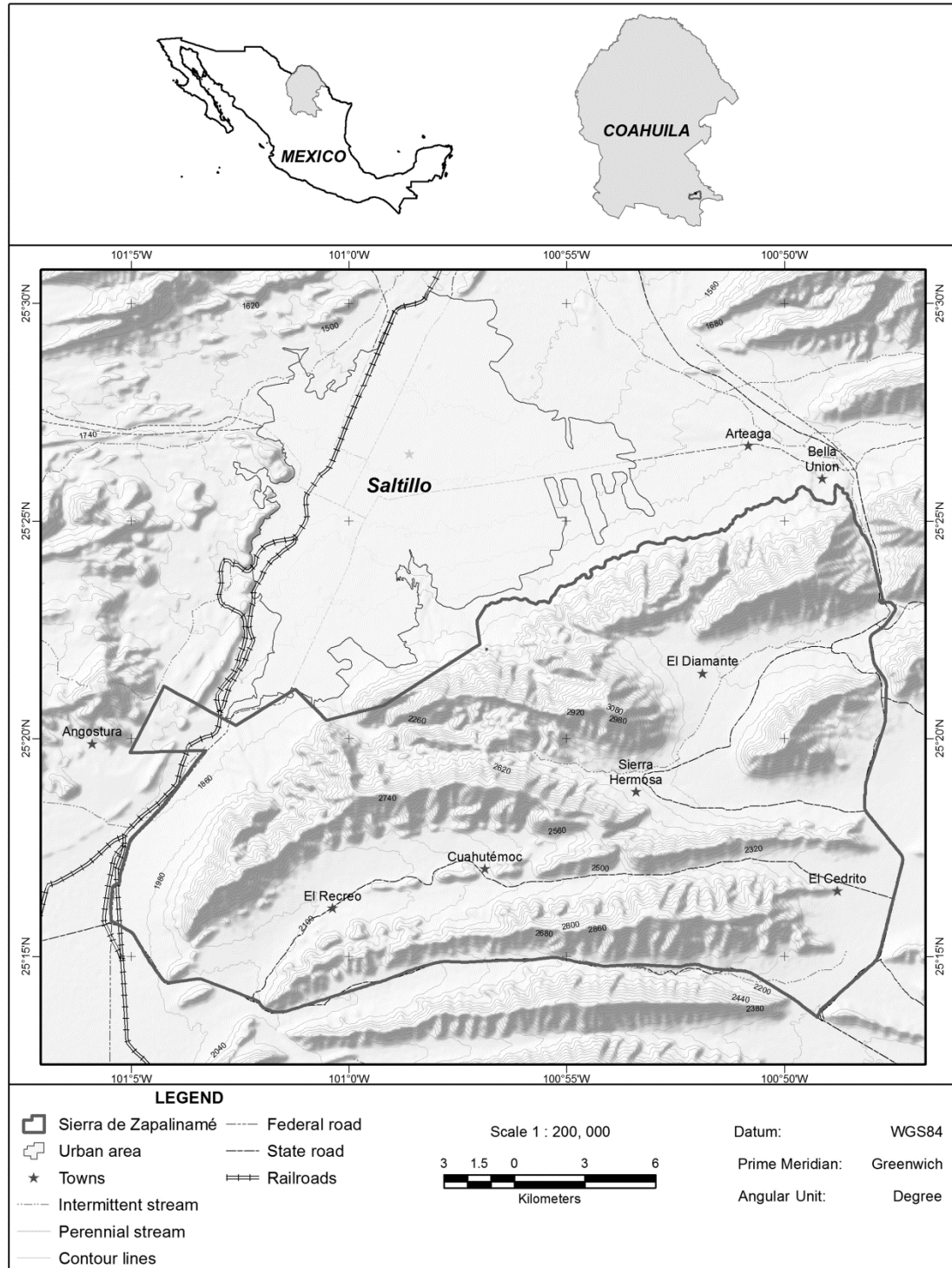


Figure 1. Location of the Sierra of Zapalinamé, in the state of Coahuila, Mexico.



## **Materiales y methods**

### ***Methodology***

Between 2001 and 2015, collections of botanical specimens were made, especially in 2014 and 2015 (about 2,000 collection numbers). The study began by examining the reports of Arce (380 species of plants, 1980) and López-Aguillón (76 species of grasses, 1981). The floristic lists of the herbarium collection ANSM (Saltillo, Coahuila, Mexico) were also reviewed to complete the floristic list of the area. The specimens were collected from all types of vegetation during different seasons to record species richness for each season. During data collection, information on the plant community, associated species, elevation and geographic coordinates were taken. Plant samples obtained were prepared according to the method described by Lot & Chiang (1986) and Sánchez-González & González (2007).

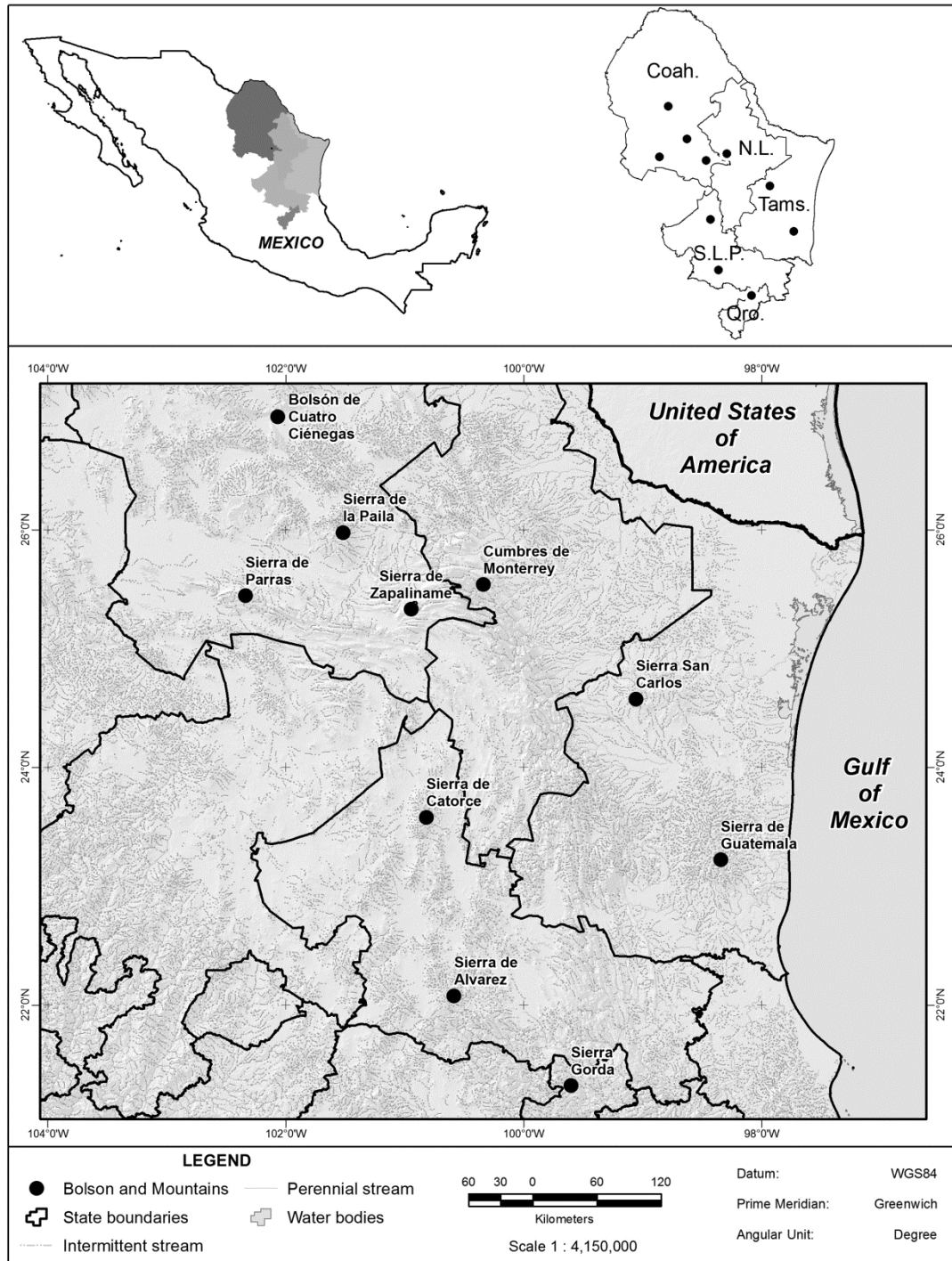
The complete collection of specimens is deposited in the herbarium ANSM, and partial collections were deposited in MEXU, CFNL, TEX/LL (acronyms according to Thiers, 2011). This checklist includes the botanical specimens collected by the Hinton family (163 collection numbers), which are deposited in the herbarium Geo. B. Hinton (Galeana, Nuevo León, Mexico). In addition, the virtual herbarium collection of the Smithsonian National Museum of Natural History (Smithsonian institution, 2015) was reviewed, including the specimens collected by Edward J. Palmer in the San Lorenzo Canyon (1904 and 1905). The collections of Rosaceae made by Rogers McVaugh in 1951 and deposited in the MICH herbarium are also included.

The floristic list is presented in alphabetical sequence, following the classification system of APG IV (2016) for names of families and class division for angiosperms, Christenhusz et al. (2011a) for lycophytes and ferns, and Christenhusz et al. (2011b) for gymnosperms. The database follows that of Tropicos (2015) for classification in families and application of scientific names.

To determine the floristic similarities between the Sierra de Zapalinamé and other adjacent mountain systems, as well as the Bolsón de Cuatro Ciénegas, located in northeastern Mexico, records of the presence and absence of the species of 9 additional localities along the Sierra Madre Oriental were made. These localities included the Sierra de la Paila (Villarreal-Q., 1994), Cumbres de Monterrey (Estrada-Castillón et al., 2013), Sierra de Parras (Rodríguez et al., 1994), Sierra de Catorce (Giménez de Azcárate & González-Costilla, 2011); Bolsón de Cuatro Ciénegas (Pinkava, 1984), Sierra San Carlos (Briones-Villarreal, 1991), Sierra de Guatemala (Johnston et al., 1989), Sierra de Álvarez (García-Sánchez et al., 1999), Sierra Gorda (Arreguín-Sánchez & Fernández, 2004). These were used to generate a matrix that was transformed into similarity values (Table 1. and Figure 2. ). The analysis was conducted using the Sorensen-Dice similarity index through the statistical program MVSP (2016). These values were then used to generate a dendrogram illustrating patterns of floristic similarity, with the clustering UPGMA method (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic mean).

**Table 1.** Localities used for floristic comparison with the Sierra de Zapalinamé, Coah. (Coahuila State), NL. (Nuevo León), SLP. (San Luis Potosí), Tamps. (Tamaulipas), Qro. (Querétaro).

Locality	Total species	Species shared	Distance with respect to study area (km)
Sierra de Zapalinamé, Coah.	921	-----	-----
1 Sierra de la Paila, Coah	703	410	60 km, Northwest
2 Cumbres de Monterrey, NL.	1,300	478	62 km, Northeast
3 Sierra de Parras, Coah.	702	378	116 km, West
4 Sierra de Catorce, SLP.	465	244	190 km, South
5 Bolsón de Cuatro Ciénegas, Coah.	878	356	201 km, Northwest
6 Sierra de San Carlos, Tamps.	441	154	205 km, Southeast
7 Sierra de Guatemala, Tamps.	673	102	340 km, Southeast
8 Sierra de Álvarez, SLP.	332	121	364 km, South
9 Sierra Gorda, Qro.	1,356	232	453 km, Southeast



**Figure 2.** Location of the Sierra of Zapalinamé, the Bolson of Cuatro Ciénegas and 9 additional localities along the Sierra Madre Oriental with floristic surveys.

## Results

### *Floristic richness*

The vascular flora of the Sierra de Zapalinamé is composed of 110 families, 475 genera, 921 species and 9 infraspecific categories, represented by 2,000 numbers collected by the first author and additional herbarium records (Appendix 1). Figure 3. shows some characteristic species of the Sierra de Zapalinamé. Table 2. lists the main groups of vascular plants occurring in the study area. Eudicots have the greatest diversity, with 368 (77.47%) genera and 687 (74.59%) species, followed by monocots with 83 genera and 178 species, while Polypodiidae and Pinidae include 31 and 15 species, respectively. Table 3. shows the richness of major plant families and genera. The families with highest diversity are Asteraceae with 174 species (18.89% of the total flora), Poaceae 112 (12.16%), Fabaceae 65 (7.05%) and Lamiaceae 31 (3.36%). The richest genera are *Muhlenbergia* with 14 species (1.52% of the total flora), *Quercus* 14 (1.52%), *Salvia* 14 (1.52%) and *Ageratina* 13 (1.41%). Herbs are the life form with the greatest richness, with 676 (73.40%), while 9 (0.98%) are parasitic and epiphytic, 34 (3.69%) are cacti and other succulents, 159 (17.26%) are shrubs and 43 (4.67%) are trees.

**Table 2.** Main groups of vascular plants recorded in the Sierra de Zapalinamé.

Subclass	Families	Genera	Species	Infraespecific taxa
Lycopodiidae	1	1	2	-
Equisetidae	1	1	3	-
Polypodiidae	4	13	31	-
Pinidae	2	5	15	-
Gnetidae	1	1	2	-
Magnoliids	3	3	3	-
Monocots	14	83	178	7
Eudicots	84	368	687	2
Total	110	475	921	9

**Table 3.** Families and genera best represented in the flora of the study area.

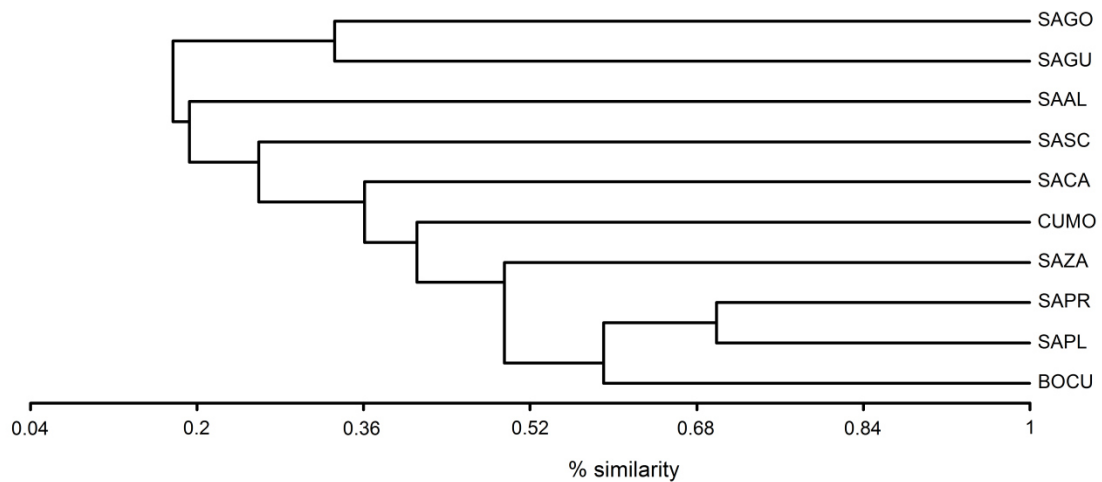
<b>Family</b>	<b>Genera (species)</b>	<b>Genera</b>	<b>Species</b>
Asteraceae	80 (174)	<i>Muhlenbergia</i>	14
Poaceae	45 (112)	<i>Quercus</i>	14
Fabaceae	30 (65)	<i>Salvia</i>	14
Lamiaceae	11 (31)	<i>Ageratina</i>	13
Cactaceae	14 (25)	<i>Euphorbia</i>	13
Euphorbiaceae	6 (25)	<i>Dalea</i>	12
Pteridaceae	8 (24)	<i>Stevia</i>	11
Brassicaceae	18 (21)	<i>Aristida</i>	9
Boraginaceae	9 (17)	<i>Bouteloua</i>	9
Rosaceae	12 (17)	<i>Brickellia</i>	9
Solanaceae	8 (16)	<i>Astragalus</i>	8
Fagaceae	1 (14)	<i>Pinus</i>	8
Asparagaceae	8 (13)	<i>Asclepias</i>	7
Plantaginaceae	6 (13)	<i>Oenothera</i>	7

Figure 4. shows two main groups, one of them including two mountain ranges, Sierra Gorda (SAGO) in the state of Queretaro (central region of Mexico) and the highlands of Sierra Guatemala (SAGU) in the state of Tamaulipas (northeastern Mexico). The little similarity in species composition separates this group from Sierra de Zapalinamé and the other areas. A second group consists of the eight locations. With 50% similarity, a group that includes the four locations of Coahuila, Sierra de Zapalinamé (SAZA), Sierra de Parras (SAPR), Sierra de la Paila (SAPL) and Bolson de Cuatro Ciénegas (BOCU) is formed. The dendrogram shows that Sierra de la Paila and Sierra de Parras have the greatest similarity (70%).





**Figure 3.** Characteristic species of the sierra de Zapalinamé A. *Prunus mexicana* S. Watson (1882: 353), B. *Bursera fagaroides*, C. *Quercus greggii*, D. *Fouquieria splendens*, E. *Vachellia glandulifera*, F. *Prunus cercocarpifolia*, G. *Echinocereus reichenbachii* (Terscheck ex Walp.) Haage (1859: 22), H. *Yucca carnerosana* (Trel.) McKelvey (1938: 24) and I. *Dichromanthus cinnabarinus* (La Llave & Lex.) Garay (1980: 314).



**Figure 4.** Floristic similarity among 10 localities including the Sierra de Zapalinamé. Similarity coefficient used: Sorensen-Dice; grouping method UPGMA. SAGO (Sierra Gorda), SAGU (Sierra de Guatemala), SAAL (Sierra de Álvarez), SASC (Sierra San Carlos), SACA (Sierra de Catorce), CUMO (Cumbres de Monterrey), SAZA (Sierra de Zapalinamé), SAPR (Sierra de Parras), SAPL (Sierra de la Paila), BOCU (Bolsón de Cuatro Ciénegas).

### ***Notable aspects of the flora***

Within the ferns, the most notable family is Pteridaceae with 24 species. The most common genera are *Notholaena* and *Astrolepis*, distributed mainly in rosetophyllous and montane chaparral, while *Asplenium*, *Myriopteris* and *Polypodium* are distributed in oak forests, canyons and areas with higher humidity. The orchid family is represented by 12 terrestrial species grouped in 8 genera. The genera with most species are *Corallorhiza*, *Malaxis* and *Platanthera*, which are common in oak forests. Finally, Cactaceae, includes 25 species, the most common cacti are *Mammillaria chionocephala* J.A. Purpus (1906:41), *Neolloydia conoidea* (DC.) Britton & Rose (1922:252), *Opuntia microdasys* (Lehm.) Pfeiff. (1837:154) and *O. stenopetala* Engelm. (1856:289).

The study area is the type locality for 24 species, a subspecies and a variety, of which 11 species belong to the Asteraceae family. These species are *Ageratina calophylla* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob. (1970:220), *A. saltillensis* (B.L. Rob.)

R.M. King & H. Rob. (1970:226), *A. villarrealii*, *A. zapalinama*, *Aristida eludens*, *Astragalus greggii* S. Watson (1882:343), *Bidens saltillensis*, *Chrysactinia mexicana* A. Gray (1849:93), *Crataegus baroussana* Eggl. (1907:35-36), *C. greggiana* Eggl. (1909:511-512), *Dalea greggii* A. Gray (1854:314-315), *Fendlerella lasiopetala* Standl. (1920:67), *Festuca valdesii*, *Hemiphylacus latifolius* S. Watson (1883:164-165), *Juniperus saltillensis* M.T. Hall (1971:45), *Litsea parvifolia* (Hemsl.) Mez (1889:481), *Notholaena neglecta* Maxon (1916:602), *Packera loratifolia* (Greenm.) W.A. Weber & A. Löve (1981:47), *Pleopeltis fallacissima* (Maxon) A.R. Sm. & Tejero (2014:46), *Quercus hypoxantha* Trel. (1924:170), *Q. saltillensis* Trel. (1924:183), *Sanvitalia angustifolia* Engelm. ex A. Gray (1852:112), *Vauquelinia corymbosa* subsp. *saltilloensis*, *Verbesina coahuilensis* A. Gray ex S. Watson (1883:106), *V. daviesiae* B.L. Turner (1982:345) and *Verbesina hypomalaca* B.L. Rob. & Greenm. var. *saltillensis* B.L. Turner (1982:345). Five of these have been described as new species in the last 25 years.

According to the NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), ten of the species recorded in Zapalinamé are listed with a conservation status. Most are cacti, including *Ariocarpus retusus* Scheidw. (1838:492) (Subject to special protection, Pr), *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto (1827:423) (Pr), *Ferocactus pilosus* (Galeotti) Werderm. (1933: without pagination) (Pr), *Lophophora williamsii* (Lem. ex Salm-Dyck) J.M. Coult. (1894:131) (Pr), *Thelocactus rinconensis* (Poselger) Britton & Rose (1923:7) (threatened, A) and *Turbincarpus beguinii* (N.P. Taylor) Mosco & Zanovello (1997:81) (Pr). Additionally, the gymnosperms *Abies vejarii* (A) and *Pinus pinceana* (endangered, P) are included, as well as *Manfreda brunnea* (S. Watson) Rose (1903:19) (A) and *Ostrya virginiana* (Pr). Cacti species occur in isolated populations in the desert scrub. *Abies vejarii* grows on the Cerro El Penitente, while *P. pinceana* forms open forests on slopes with a southern and southeastern exposure. The Sierra de Zapalinamé is home to ten species that are endemic to the southeastern part of Coahuila and adjacent areas: *Ageratina zapalinama*, *A. villarrealii*, *Bromus densus* Swallen (1950:396), *Crataegus*



*baroussana*, *Festuca valdesii*, *Flourensia microphylla* (A. Gray) S.F. Blake (1913:374), *Prunus cercocarpifolia* Villarreal (1989:273), *Quercus saltillensis*, *Vachellia glandulifera* (S. Watson) Seigler & Ebinger (2005:158) and *Verbesina coahuilensis*. Almost all tree and shrub species are native to the Americas, with the exception of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (1916:495) (Asia), *Populus alba* L. (1753:1034) (Europe, Asia, North Africa) and *Pinus halepensis* Mill. (1768: without pagination) (Mediterranean region). In addition, 5.21% (48 species) of herbaceous species are also native to other regions of the planet (see complete list of species in Appendix 1. ).

Several non-native species with the potential to become invasive among native plant communities were recorded. There are grasses such as *Arundo donax* L. (1753:81), *Cenchrus ciliaris* L. (1771:302), *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (1805:85) and *Melinis repens* (Willd.) Zizka (1988:55). Similarly, several herbaceous have been observed in the area such as *Asphodelus fistulosus* L. (1753:309-310), *Bassia scoparia* (L.) A.J. Scott (1978:108) *Plantago lanceolata* L. (1753:113-114) and *Reseda luteola* L. (1753:448), and some trees: *Ailanthus altissima*, *Pinus halepensis*, *Populus alba* and *Schinus molle* L. (1753:388-389).

The most common weeds were recorded following CONABIO (2015) in which the species that are preceded by an asterisk are native to Mexico: *Asphodelus fistulosus*, \**Bidens pilosa* L. (1753:832), *Bassia scoparia*, *Brassica rapa* L. (1753:666-667), *Eruca sativa* Mill. (1768: without pagination), \**Heliopsis annua* Hemsl. (1881:156), \**Machaeranthera tanacetifolia* (Kunth) Nees (1832:225), *Rapistrum rugosum* (L.) All. (1785:257), *Reseda luteola*, \**Simsia lagasciformis* DC. (1836:577) and \**Tithonia tubiformis* (Jacq.) Cass. (1825:278). These species are abundant in the agricultural valleys of Cuauhtémoc, El Cedrito, and Sierra Hermosa. They are associated with maize (*Zea mays* L. (1753:971-972)) rainfed agriculture, the main grass that is cultivated in the region. In impacted areas, close to the urban area of Saltillo and Arteaga, the following species were registered: \**Glandularia bipinnatifida* (Nutt.) Nutt. (1837:184-185), *Marrubium vulgare* L. (1753:583), *Nicotiana glauca* Graham (1828:175), \**N. obtusifolia* M.

Martens & Galeotti (1845:129-130), \**Solanum elaeagnifolium* Cav. (1794:22-23) and \**Sphaeralcea angustifolia* (Cav.) G. Don (1831:465).

## **Discussion**

### ***Floristic richness***

The flora of the Sierra de Zapalinamé recorded in this study shows an increase of 541 species with respect to Arce (1980). It represents 28.71% of the 3,207 estimated taxa for the state of Coahuila (Villarreal-Quintanilla, 2001) and 29% of the 3,175 species for the flora of Nuevo Leon, state adjacent to Coahuila (Villarreal-Quintanilla & Estrada-Castillón, 2008). In the study area, 54 non-native and naturalized species are present (CONABIO, 2015; Villaseñor & Espinosa-García, 2004), as well as 867 native plants, which represent 3.71% of the 23,314 species of native vascular plants registered by Villaseñor (2016) for Mexico. Out of this percentage, 226 species registered in Sierra de Zapalinamé are endemic in the country.

According to the classification of floristic provinces (Rzedowski, 2006), the study area is located in the transition zone between two regions and two provinces, Sierra Madre Oriental (Mesoamerica mountain region) and High Plateau (Mexican xeric region). The area houses species from both regions and provinces. The similarity analysis grouped Sierra de Zapalinamé with three other localities of Coahuila, sharing 410 of the species reported for the Sierra de la Paila (Villarreal-Q., 1994) located 60 km northwest, 378 species for the Sierra de Parras (Rodríguez et al., 1994), located 116 km west, and 356 species for Bolson of Cuatro Ciénegas region (Pinkava, 1984), located 201 km northwest of Zapalinamé. These areas are dominated by floristic elements of xeric shrub, common in the arid uplands of northern Mexico. These last three areas formed a subgroup separate from the Sierra de Zapalinamé. Within the study area, elements from arid zones can be found, and a significant percentage includes plant species characteristic of temperate zones.

Contrasting the flora of the Cumbres de Monterrey National Park (East central Nuevo Leon state), located in the Mesoamerica mountain region (Estrada-Castillón et al., 2013), with the Zapalinamé flora, the two areas share 478 species. Both mountains are part of the Gran Sierra Plegada physiographic subprovince (SPP, 1983), and they share some vegetation types, besides hosting elements of the typical cold temperate climates flora that dominate this sector of the Sierra Madre Oriental in northeast of Mexico. The low similarity of Zapalinamé compared to southern mountains such as Sierra de Catorce, Sierra Gorda and Sierra de Alvarez is because it shares few species characteristics of forest vegetation with widespread distribution in the Sierra Madre Oriental.

The study area has a species composition in which a small number of families contain the majority of species. This characteristic has also been reported for other regions of Mexico (Gutiérrez & Solano, 2014; Sánchez-González et al., 2006; Vega-Mares et al., 2014). The families Asteraceae, Poaceae and Fabaceae contain the highest richness of genera and species in the area, as well as in most of Mexico (Rzedowski, 1991a; Villaseñor, 2003, 2004), and have been used as diversity predictors in the country (Villaseñor et al., 2007). Rzedowski (1991b), Turner & Nesom (1998), Dávila et al. (2006) and Villaseñor (2003) have pointed out that these taxa are well represented in the Mexican flora. The six most diverse families of flowering plants in the area are also among the 15 most diverse families in Mexico (Villaseñor, 2003). Cactaceae, Euphorbiaceae and Rubiaceae, with considerable abundance in Mexico, are also well represented in this area.

The Asteraceae family is the most diverse in Mexico. According to Villaseñor (2003) and Villaseñor et al. (2007), it includes 361 genera and 3,012 species. Rzedowski (1991a) considers that Asteraceae has high species richness in the mountainous regions and in arid and semiarid areas of Mexico, and is well represented in the north and centre of the country. It is also the most diverse in the study area, where 174 species are present, which represent 5.77% of the total flora for this family in Mexico. This richness also represents 35.43% of the

species of this family reported by Villarreal-Quintanilla (2001) for the state of Coahuila.

The 112 species of Poaceae recorded in the study area represent 9.47% of the 1,182 species reported for Mexico (Dávila et al., 2006). Fabaceae represents 7.05% of the total flora of the study area. According to Sousa & Delgado (1993), this family is widely distributed in Mexico and ranks second in species richness. Briones & Villarreal-Q. (2001), Estrada-Castillón & Villarreal-Quintanilla (2010), Rzedowski (2006), mention that the herbaceous and shrubby species of Fabaceae are typical of xeric scrubland communities in Mexico. Lamiaceae has the fourth greatest number of species in the area, in 11 genera, of which *Salvia* is the most diverse (14 species). Mexico is the country with the greatest diversity of species of this genus (Ramamoorthy, 1984; Walker et al., 2004) with almost 300 species of which 4.66% were recorded in the study area.

The genera *Ageratina*, *Senecio* and *Stevia* have an important centre of diversification in the mountainous regions of Mexico (Rzedowski, 1991a). In fact, *Ageratina* (143 species) and *Stevia* (120 species) are the two genera with the largest number of species of Asteraceae in Mexico (Villaseñor, 2004). In Zapalinamé, these two genera are among the 10 genera with highest species richness, with 13 and 11 species respectively, representing 9.09% and 9.16% of the diversity of this family in Mexico. *Dalea*, *Euphorbia* and *Salvia*, with high species richness in Coahuila (Villarreal-Quintanilla, 2001), the Chihuahuan Desert Ecoregion (Henrickson & Johnston, 1997) and Mexico (Villaseñor, 2004) are also common in the studied area.

The genera *Aristida*, *Bouteloua* and *Muhlenbergia* are among the genera of Poaceae with the most species in the study area. According to Valdés-Reyna (2015), they are rich in species of grass flora in Coahuila. *Muhlenbergia*, one of the richest in the area, is equally diverse as it is in central Chihuahua (Estrada-Castillón & Villarreal-Quintanilla, 2010). *Quercus* is the most diverse genus of woody plants in the Sierra de Zapalinamé, and has the highest species richness in the Cumbres de Monterrey National Park (Estrada-Castillón et al., 2013).

### ***Notable aspects of the flora***

The study area contains ten species endemic to the southeast of Coahuila and adjacent areas (Villarreal-Quintanilla & Encina-Domínguez 2005). However, only one is unique to Zapalinamé, *Ageratina villarrealii* (Turner, 2010) and is endemic to fir forest in the Cerro El Penitente (3100 m). Species in the study area known from only one or a few specimens can be considered rare (Rabinowitz et al., 1986), including *Bouteloua warnockii* Gould & Kapadia (1962:176), *Brahea berlandieri* Bartlett (1935:31), *Bromus frondosus* (Shear) Wooton & Standley (1912:144), *Bursera fagaroides* (Kunth) Engl. (1880:44), *Forestiera reticulata* Torr. (1859:167-168), *Frangula microphylla* (Humb. & Bonpl. ex Schult.) Grubov (1949:272), *Hemiphylacus latifolius*, *Heuchera mexicana* W. Schaffn. ex Small & Rydb. (1905:108), *Juglans mollis* Engelm. (1880:54), *Lophophora williamsii*, *Melica montezumae* Piper (1905:144-145), *Muhlenbergia depauperata* Scribn. (1884:187), *Packera zimapanica* (Hemsl.) C.C. Freeman & T.M. Barkley (1995:708), *Phemeranthus brevicaulis* (S. Watson) Kiger (2001:319), *Pinguicula gracilis* Zamudio (1988:25), *Quercus fulva* Liebm. (1854:183), *Rosa carolina* L. (1753:492), *Salvia potus* Epling (1939:105), *S. texana* (Scheele) Torr. (1859:132), *Sambucus nigra* L. subsp. *canadensis* (L.) Bolli (1994:168), and *Viola galeanaensis* M.S. Baker (1947:131). As a result of their rarity in this protected area, monitoring programs should be implemented to determine their actual distribution and abundance with the aim of promoting protection of these species. The species *Salvia potus* was collected in 1904 by Edward Palmer in the San Lorenzo Canyon, 6 miles southeast of Saltillo, Coahuila. However, it was not collected during these field explorations, so this species may have become extinct on this mountain.

The most abundant growth forms in the study area are herbs and shrubs. Both are typical elements of desert scrub areas in Mexico and according to Rzedowski (1991b) make up three quarters of the country's flora. Such dominance is related to the dry climates, and stony and shallow soils common in

the study area (UAAAN, 1998). These life forms have evolved adaptations, such as extended root systems, small or spiny leaves, pubescence and succulence.

During botanical explorations in the mountains of Zapalinamé, six little-known species for Coahuila were collected demonstrating an expanded distribution in the state. *Bursera fagaroides*, the sole representative of the family Burseraceae in these mountains and isolated in southern Coahuila (Henrickson & Johnston, 1997; Villarreal-Quintanilla, 2001), was found growing on rocky slopes in rosetophyllous scrub. According to Rzedowski et al. (2005), it is a taxon of tropical affinity, widespread in Mexico, distributed discontinuously from Oaxaca to the southwestern United States. *Acaciella angustissima* (Mill.) Britton & Rose var. *texensis* (Nutt. ex Torrey & A. Gray) L. Rico (2005:44) was recorded by Villarreal-Quintanilla (2001) only for the municipality of Ocampo, in the northwest of the state. According to Rico-Arce & Bachman (2006), this species is also present in Arizona, Texas, New Mexico in the United States of America, and in Mexico from Chihuahua to Puebla and Oaxaca.

*Forestiera reticulata* was previously reported in the municipalities of Acuña and Múzquiz in northern Coahuila (Villarreal-Quintanilla, 2001) in the study area grows in pine pinyon forest. *Prunus cercocarpifolia*, endemic to grasslands in southeast Coahuila (Villarreal-Q., 1989), was collected in *Pinus cembroides* forest, comprising dense thickets. This record expands its range, since, previously, it was only known from its type locality. *Bouteloua warnockii* was recorded in the south of the protected area. This is the second record for Coahuila, and according to Valdés-Reyna (2015), it is a rare species, which has been collected only in the central-eastern areas of the state and can be considered as being vulnerable to local extinction. After more than 40 years, we collected specimens of the herb *Hemiphylacus latifolius*, described as a new species from collections made by E. Palmer in 1880 near Arteaga, Coahuila (Hernández, 1995).

### ***Phytogeographic affinities***

In the study area, there are a significant proportion of genera with Nearctic geographical affinity (Rzedowski, 1965, 1991b), thus the flora presents a holarctic link. Some elements of North American arid areas, especially shrubs and herbs, are common. Additionally, several genera with Neotropical affinity were recorded such as *Acacia*, *Acaciella*, *Acalypha*, *Bauhinia*, *Berberis*, *Bursera*, *Condalia*, *Eysenhardtia*, *Gochnatia*, *Mimosa*, *Phyllanthus*, *Prosopis*, *Tragia* and *Verbesina*, and some genera belonging to Apocynaceae, Malvaceae and Bignoniaceae. Regarding floristic relationships, genera typical of cool climates with Neartic temperate affinity were recorded at higher elevations. In the canyons and hillsides inhabited by oak, pine and fir forests, several tree species of *Abies*, *Arbutus*, *Cercis*, *Cupressus*, *Ostrya*, *Pinus*, *Prunus*, *Pseudotsuga* and *Quercus* were recorded, which are associated with bush species such as *Ceanothus*, *Cornus*, *Crataegus*, *Fraxinus*, *Garrya*, *Juniperus*, *Lonicera* and *Symphoricarpos*. The herbaceous strata are represented mainly by species of *Achillea*, *Artemisia*, *Bromus*, *Conopholis*, *Eryngium*, *Hedeoma*, *Monotropa*, *Pinguicula*, *Pleopeltis* and *Tagetes*, and several parasitic species of *Phoradendron*, among others.

The phytogeographic affinities show that trees and shrubs are the dominant elements in most cold-temperate forests in northeast (Estrada-Castillón et al., 2013; Salinas-Rodríguez et al., 2013) and central Mexico (Rzedowski & Rzedowski, 2005). Several genera of Nearctic boreal affinity, such as *Arctostaphylos*, *Lindleya* and *Quercus*, associated with other genera typical of the transition between temperate and dry areas, such as *Cercocarpus*, *Malacomeles*, *Purshia*, and *Vauquelinia* are common in the montane chaparral. In the tree layer, there are isolated individuals of *Quercus* and *Juniperus*. The Chihuahuan desert scrub has a large number of autochthonous genera that have adapted to arid conditions common in northern Mexico (Rzedowski, 1991b) and some with meridional geographical affinity, such as *Agave*, *Bouteloua*, *Ferocactus*, *Flourensia*, *Larrea*, *Mammillaria*, *Muehlenbergia*, *Opuntia*,

*Thelocactus* and *Yucca*. Some genera that are common in warm areas such as *Carex*, *Cyperus*, *Panicum* and *Paspalum* and several with cosmopolitan distribution like *Apium*, *Eleocharis* and *Rumex*, as well as others from temperate climates such as *Arundo*, *Equisetum*, *Nasturtium* and *Salix* were recorded in riparian vegetation.

### **Potential invasive species**

In the agricultural valleys of the region, there are abundant native and introduced weeds. Ninety of the weeds recorded in Zapalinamé were found in the south of Saltillo (Villarreal-Q., 1983). Some of the native weeds recorded are *Bidens pilosa*, *Dyssodia papposa* (Vent.) Hitchc. (1891:503), *Ipomoea purpurea* (L.) Roth. (1787:27), *Simsia lagasciformis* and *Tithonia tubiformis* (Villaseñor & Espinosa-García, 1998). Eurasian weeds associated with anthropogenic disturbance were also identified, including *Asphodelus fistulosus*, *Bassia scoparia*, *Eruca sativa*, *Reseda luteola*, *Salsola kali* L. (1753:222) and *Sisymbrium altissimum* L. (1753:659) (CONABIO, 2015; Villaseñor & Espinosa-García, 2004). In maize crops in the study area, the most common weeds belong to native genera, such as *Bidens*, *Simsia* and *Tithonia*. Some of the species are considered indicators of corn crops. These crops have promoted the development of their own and specialized native weed flora, which has not been displaced by Eurasian weeds (Rzedowski & Rzedowski, 2005).

Twenty-one species from Africa, Eurasia and the Mediterranean with the potential to colonize and invade the native plant communities have been reported in Zapalinamé (Valdés-Reyna et al., 2010). Species of Poaceae are the most common, including *Arundo donax*, *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana* Kunth (1830:293), *Eragrostis lehmanniana* Nees (1841:403) and *Melinis repens*, all of which were collected in areas with anthropogenic disturbance. These species have a history of invasion elsewhere in Mexico (CONABIO, 2015). Species such as *Asphodelus fistulosus* and *Eruca sativa* are abundant in pine pinyon forest disturbed and overgrazed grasslands. Along roads, *Cenchrus ciliaris* and *Melinis repens* are present, but scarce (pers. obs.). Considering the human influence on



the study area, some of these species could increase their populations in the medium term and affect local biodiversity.

### **Acknowledgements**

We wish to thank the landowners and staff of the Zapalinamé protected area for allowing the collection of botanical specimens, especially Sergio C. Marines G., Juan M. Cárdenas, Rafael H. Cárdenas and Efraín Ramírez. We also wish to thank the associate collectors for the field trips. We thank Salvador Arias and David Aquino for his help in the determination of species of Cactaceae and Jesús Valdés Reyna for his help with the Poaceae family and his support during the fieldwork. Thanks to Timothy Synnott and Clive Tyrell for improving the English. Thanks to the herbarium MICH for kindly loaning the collections made by Rogers McVaugh. Onofre Pastrana prepared the maps and Gualberto J. Pérez the dendrogram. We appreciate the criticism and suggestions that improved the quality of this manuscript provided by Luis Hernández and Marie-Stéphanie Samain.

## **CAPÍTULO II. SITUACIÓN ACTUAL DE LA VEGETACIÓN DE LA SIERRA DE ZAPALINAMÉ, COAHUILA, MÉXICO<sup>1</sup>**

**Juan A. Encina-Domínguez<sup>2\*</sup>, Eduardo Estrada-Castillón<sup>2</sup>, Omar Rueda-Moreno<sup>3</sup>**

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León, México, <sup>3</sup>Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, \*Autor para correspondencia: jaencinad@gmail.com, phone 52 8441799815.

<sup>1</sup>**Se enviará a la revista *Botanical Sciences*  
<http://www.botanicalsciences.com.mx/>**

### **Resumen**

La Sierra de Zapalinamé se localiza en el sureste de Coahuila y es considerada Área Natural Protegida a nivel estatal. Es una estribación de la Gran Sierra Plegada en el noreste de México, en la zona de transición entre la Sierra Madre Oriental y Altiplanicie, por ello en el área convergen comunidades vegetales propias de ambas provincias florísticas. Con el objetivo de actualizar la cobertura de vegetación del macizo montañoso se realizó la digitalización de la cubierta vegetal, además de recorridos de campo para realizar sitios de verificación. En la zona montañosa se presentan 11 comunidades vegetales, entre las que tienen mayor superficie destacan: el bosque de pino piñonero con 8,690 ha que representa el 19.82% del área y chaparral montano con 17.80%, ambas son propias de climas templado semiseco de la Sierra Madre Oriental. El Chaparral montano cubre amplias áreas de las laderas del macizo montañoso y se alterna con bosque de pino, bosque de encino y matorral desértico rosetófilo. Se describen además las comunidades de forma cualitativa y se listan las especies representativas para cada estrato. En cañones con más humedad se

presenta bosque de encino que ocupa 1.44% del macizo montañoso y en sitios con mayores altitudes crece bosque de oyamel con 0.69%, por su aportación a los servicios ecosistémicos, ambas comunidades son consideradas de mayor valor biológico y relevancia ecológica para el área protegida. Como parte de otros usos del suelo, las áreas agrícolas de temporal ocupan el 10.73%, ubicadas en los valles de Cuauhtémoc y Sierra Hermosa. Se presentan fraccionamientos campestres aislados a través de los bosques de pino piñonero, que ocupan 188 ha y representan el 0.43%. Los incendios forestales han disminuido la superficie del bosque de pino, bosque de encino y bosque de oyamel, posterior a estas perturbaciones son reemplazados por el chaparral montano. Por otro lado el zacatal y la vegetación riparia son las comunidades más vulnerables a desaparecer del macizo montañoso debido a la presión por actividades humanas.

**Palabras clave:** Bosque, Comunidad vegetal, Matorral Xerófilo, Uso del suelo.

## **Introducción**

La cubierta vegetal en una región es el resultado de la acción conjunta de diversos factores ambientales sobre las especies de plantas (Barbour et al., 1999). Es el reflejo de aspectos climáticos, como humedad y temperatura, además del relieve y condiciones edáficas, así como la influencia humana que determinan la agrupación de especies en comunidades vegetales (González-Elizondo et al., 1993; González-Medrano, 2003; Rzedowski, 2006). El estado de Coahuila forma parte de las regiones florísticas Xerófitica Mexicana y Mesoamérica de Montaña (Rzedowski, 2006), lo que determina la presencia de comunidades como Bosque de Pino, Bosque de Encino y Bosque de Oyamel en las regiones montañosas con climas templado (Villarreal-Q. & Valdés-R., 1992-93), mientras que comunidades del Matorral xerófilo, además del Pastizal, son propias de climas secos propios de las zonas áridas y semiáridas de la mayor parte de la entidad (Marroquín et al., 1981).

En México, los tipos de vegetación, especies dominantes y aspectos ecológicos que determinan su distribución están bien definidos (Miranda & Hernández-X., 2013; Rzedowski, 2006). En el Estado de Coahuila Muller (1947) realizó la primera descripción de la cubierta vegetal y su relación con el clima. Posteriormente Henrickson & Johnston (1986) describen la vegetación del Desierto Chihuahuense, ecorregión que incluye gran parte del estado de Coahuila. Más reciente Villarreal-Q. & Valdés-R. (1992-93) ofrecen una visión general de los tipos de vegetación de Coahuila, con base a los criterios de Muller (1947), Rzedowski (1966), Arce & Marroquín (1985) y Henrickson & Johnston (1986).

En Coahuila algunas regiones montañosas poseen inventarios florísticos y descripción de la vegetación como la Sierra de La Paila (Villarreal-Q., 1994), Sierra de Parras (Rodríguez et al., 1994), Sierra de Jimulco (Alba-Ávila, 2011), Sierra del Carmen (Muldavin et al., 2014), además del Bolsón de Cuatro Ciénegas, que incluye la Sierra de La Madera (Pinkava, 1984). En la Sierra de Zapalinamé, el estudio de la cubierta vegetal inició con los estudios de Arce (1980) y Arce & Marroquín (1985) quienes describen 11 tipos de vegetación para el macizo montañoso. Esta información fue utilizada de base para elaborar el plan de manejo para el uso múltiple del Cañón de San Lorenzo (Meganck et al., 1981) y posteriormente, para el plan de manejo del área protegida de la Sierra de Zapalinamé (UAAAN, 1998).

La Sierra de Zapalinamé es un Área Natural Protegida, decretada en 1996 por el gobierno de Coahuila (Periódico Oficial, 1996), se localiza al norte de la Sierra Madre Oriental y es una estribación de la Gran Sierra Plegada, en la zona de transición entre las provincias florísticas de la Sierra Madre Oriental y Altiplanicie (UAAAN, 1998). En el área convergen floras del reino Holártico, con un gran número de especies autóctonas de las zonas áridas del norte de México (Rzedowski, 1991a, 1991b) y con menor cuantía de afinidad Neotropical (Encina-Domínguez et al., 2016).

El conocimiento de las comunidades vegetales, su distribución y estado de conservación, son parte importante para el manejo de un área natural protegida. Es por ello, que considerando el escaso conocimiento de la cubierta vegetal, además de su distribución en la sierra de Zapalinamé, se plantea el presente estudio, el cual se realizó con el objetivo de obtener una cobertura actualizada de vegetación y usos del suelo, determinar los agentes que la han modificado, además de contribuir con la descripción de las comunidades vegetales presentes en el área protegida.

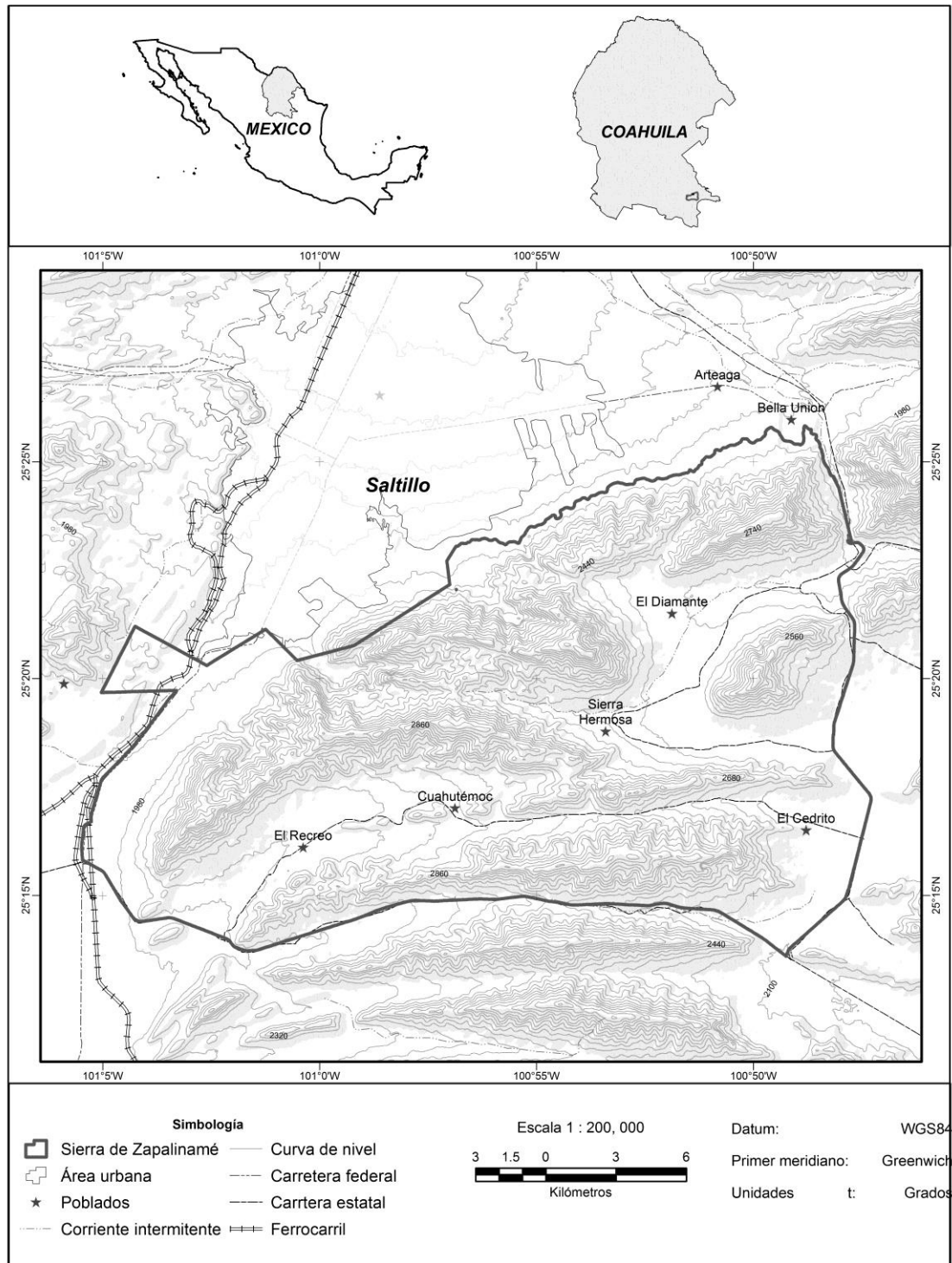
### **Área de estudio**

La Sierra de Zapalinamé se localiza aledaña a la ciudad de Saltillo, en el sureste de Coahuila dentro de los municipios de Saltillo y Arteaga. Se ubica entre las coordenadas 25°15'00" - 25°25'58.35" de latitud norte y los 100°47'14.5" - 101°05'3.8" de longitud oeste (Figura 1. ). Al Norte y Este, colinda con la carretera 57 (México - Piedras Negras), al Oeste, con la carretera 54 (Saltillo - Zacatecas) y al Sur está limitada por la coordenada de latitud 25°15' N. La región pertenece a la subprovincia fisiográfica de la Gran Sierra Plegada; el macizo incluye valles, planicies y montañas. La orientación de los pliegues transversales es de Este a Oeste, las altitudes van desde 1,590 m en el pie de monte, hasta los 2,200 m en los valles intermontanos, alcanzando su mayor elevación en el Cerro El Penitente a 3,140 m. La zona serrana se encuentra esculpida por cañones, con pendientes abruptas y topografía accidentada. Las rocas que afloran en el área son sedimentarias marinas del Jurásico y Cretácico; las calizas cubren 43% del área, las areniscas y los conglomerados, 17%. Los suelos aluviales ocupan casi 30% del área, son de profundidad variable y constituyen planicies con abanicos al pie del macizo, en los valles son profundos y con buen drenaje. Abundan los suelos litosol y rendzina, prevaleciendo ambos en casi 80% de la superficie del área. Los litosoles son superficiales y sobreyacen a la roca o caliche cementado, cubren 49% del área; los del tipo rendzina son pedregosos y someros, con una capa superficial de humus, sobre roca caliza o material rico en cal en el pie de monte y valles,

representan 29%. En menor proporción se localizan los xerosoles cálcico y feozem calcárico. El clima predominante en la región es seco BSkw, en las partes altas el clima es templado C(w0) (UAAAN, 1998). La caseta meteorológica más cercana está ubicada en Buenavista, Saltillo, Coah. (23°38' N, 103°38' W, a 1,588 m s.n.m.), donde se registra una temperatura media anual de 16.9 °C y la precipitación media anual de 498 mm, valores que se consideran próximos a los correspondientes de muchos parajes de la Sierra de Zapalinamé; las lluvias son de tipo convectivo, coincidiendo con los meses calientes del año. Arce & Marroquín (1985) realizaron un estudio detallado de los tipos de vegetación de una parte del macizo montañoso y describieron 11 comunidades vegetales. En general la cubierta vegetal de las áreas con exposición Sur está representada por matorrales rosetófilo y micrófilo. En las partes altas está integrada por bosque de pino y oyamel, en los cañones se localizan bosques de encino y en las laderas bajas de exposición Norte y Oeste se presenta el matorral denso inerme parvifolio de rosáceas (Arce, 1980; Marroquín, 1976b). Las formaciones mejor representadas son el bosque de pino que ocupa 14.09% de la superficie total del área protegida, el bosque de piñonero 12.54% y el bosque de piñonero con matorral xerófilo 9.55% (UAAAN, 1998).

### **Metodología**

Para la elaboración de la cobertura de vegetación y uso del suelo, se utilizaron imágenes de satélites ubicadas en la zona 14R. Con el programa *Google Earth Pro* se realizó la digitalización de polígonos, para la posterior representación de su localización y extensión de las comunidades vegetales en una escala 1:150,000. Se realizaron recorridos de campo a través de las comunidades vegetales, para ubicar sitios de verificación y de esta forma detallar la cobertura de vegetación y usos del suelo.



**Figura 1.** Ubicación de la Sierra of Zapalinamé, en el estado de Coahuila al noreste de Mexico.

En cada sitio se registraron las coordenadas geográficas, altitud, exposición y posición topográfica, además de las especies dominantes en los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo. Para el reconocimiento de las comunidades vegetales se aplicó un criterio fisonómico de las formas de vida dominantes, además de considerar aspectos del medio físico natural (González Medrano, 2003; Miranda & Hernández X., 2013; Rzedowski, 2006). La edición de atributos y geoprocetos se realizó con el programa *Arc Map* 10.1 (ESRI, 2011). A cada polígono se le asignó un indicador (ID) con un número único que permitió clasificar en la tabla de atributos y en la vista los diferentes usos del suelo, además de agregar información de la superficie.

Para definir las comunidades vegetales se aplican los criterios de Henrickson & Johnston (1986), Muller (1947), Villarreal-Q. & Valdés-R. (1992-93) y Arce & Marroquín (1985) quienes estudiaron la vegetación del Desierto Chihuahuense, del estado de Coahuila y de la Sierra de Zapalinamé respectivamente. Además, se aplica el criterio de Rzedowski (1966) utilizado en el estudio de la vegetación del estado de San Luis Potosí, a partir del cual se adoptan los conceptos de matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo y zacatal. Las comunidades vegetales propuestas en este estudio, corresponden a las que se observaron durante los recorridos de campo a través del macizo montañoso, sin considerar su origen.

## **Resultados**

En la Sierra de Zapalinamé se presentan 11 comunidades vegetales: Matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral de arroyos, chaparral montano, matorral de táscate, bosque de encino, bosque de pino, bosque de pino piñonero, bosque de oyamel, zacatal y vegetación riparia.

Cada una de estas comunidades se distribuye en estrecha asociación a la topografía del terreno, así el matorral desértico rosetófilo y el chaparral montano, cubren amplias áreas de las laderas más secas y semisecas del macizo montañoso, se alternan con el bosque de pino piñonero y bosque de



pino. Por su parte el matorral desértico micrófilo crece en abanicos aluviales y valles con suelos profundos. En los cañones con mayor humedad sobre altitudes de 1,800 a 2,300 m se presenta el bosque de encino, mientras que en laderas altas con altitud superior a 2,500 m crece el bosque de pino y en la cima de la sierra en altitudes de 2,700 y hasta 3,000 m crece el bosque de oyamel. Por su parte el zacatal se presenta en valles intermontanos con suelos aluviales, profundos en altitudes de 2,000 a 2,400 m.

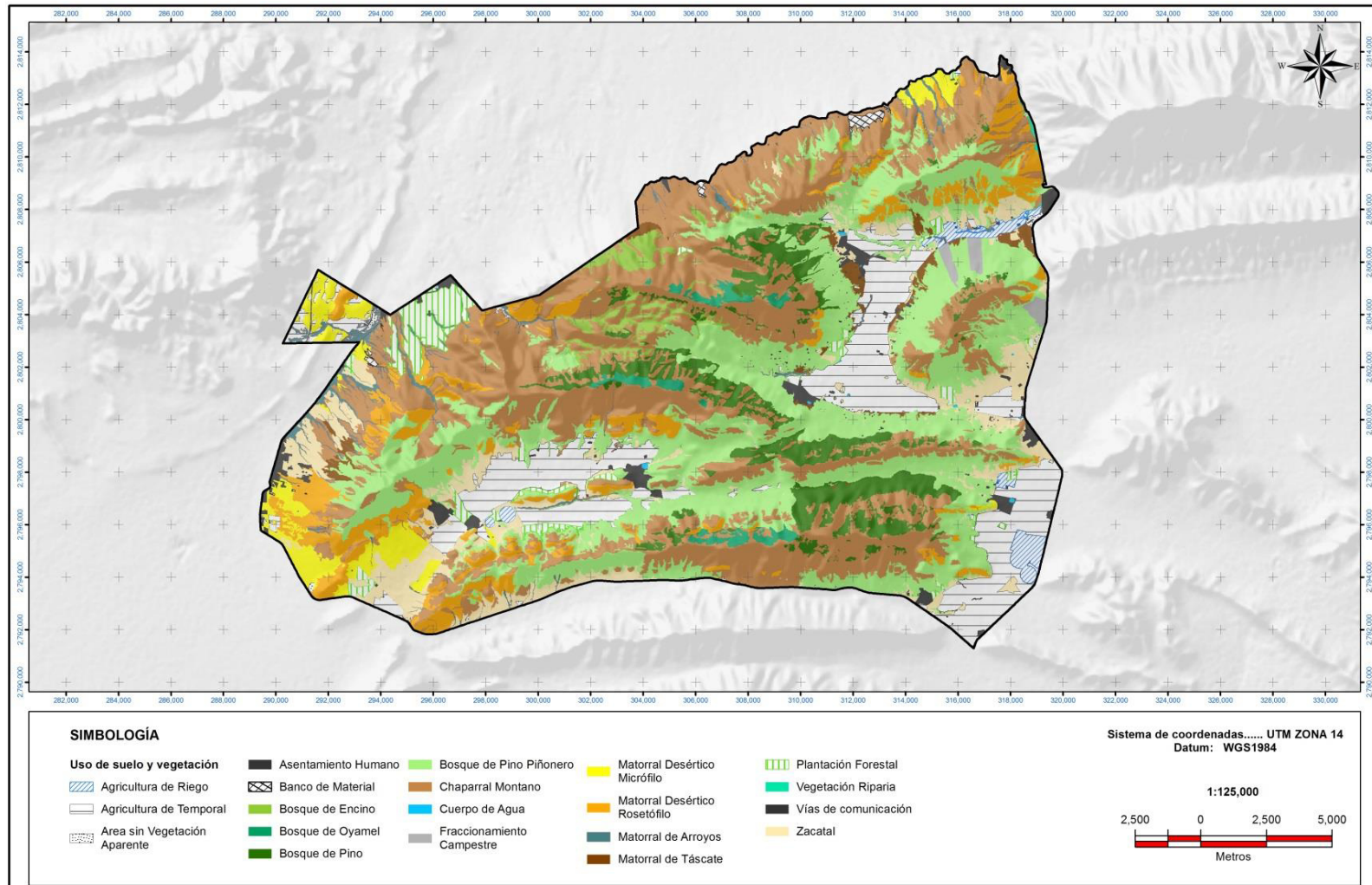
La comunidad vegetal con mayor superficie es el bosque de pino piñonero, con 8,690.501 ha (Tabla 1. y Figura 2. ), representando 19.820% del área, le sigue el chaparral montano con 7,807.390 ha que representa 17.800%, el bosque de encino con 633.503 ha, ocupa 1.440% de la superficie total, mientras que el bosque de oyamel ocupa 300.709 ha, lo cual representa 0.690%. El chaparral montano es la comunidad que tiene mayor distribución en el área de estudio, por ello se asocia con la mayoría de las comunidades presentes en el macizo montañoso. Dentro de la categoría usos del suelo, las áreas agrícolas de temporal ocupan la mayor superficie con 4,706.718 ha, representando el 10.730% del macizo montañoso, por su parte las áreas agrícolas de riego cubren el 0.970%. En la Figura 3. se muestran imágenes de algunas comunidades vegetales presentes en la Sierra de Zapalinamé.

**Tabla 1.** Vegetación y usos del suelo en la Sierra de Zapalinamé

<b>Categoría</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Superficie (%)</b>
Asentamiento humano	734.607	1.670
Agricultura de riego	424.298	0.970
Área sin vegetación aparente	91.574	0.210
Agricultura de temporal	4,706.718	10.730
Bosque de encino	633.503	1.440
Bosque de encino con Chaparral montano	58.494	0.130
Banco de material	108.572	0.250
Bosque de oyamel	300.709	0.690
Bosque de oyamel con Chaparral montano	113.424	0.260
Bosque de pino	2,170.637	4.950
Bosque de pino con Chaparral montano	440.171	1.000
Bosque de pino piñonero	8,690.501	19.820
Bosque de pino piñonero con Chaparral montano	1,163.084	2.650
Bosque de pino piñonero con Matorral desértico rosetófilo	1,087.222	2.480
Bosque de pino piñonero con Zacatal	159.793	0.360
Cuerpo de agua	23.859	0.050
Chaparral montano	7,807.390	17.800
Chaparral montano con Bosque de encino	160.413	0.370
Chaparral montano con Bosque de oyamel	17.138	0.040
Chaparral montano con Bosque de pino	249.027	0.570
Chaparral montano con Bosque de pino piñonero	1,695.037	3.860
Chaparral montano con Matorral desértico rosetófilo	3,305.331	7.540
Chaparral montano con Zacatal	18.758	0.040
Fraccionamiento campestre	188.296	0.430
Matorral de arroyos	584.208	1.330
Matorral desértico micrófilo	884.671	2.020
Matorral desértico micrófilo con Matorral desértico rosetófilo	287.858	0.660
Matorral desértico micrófilo con Zacatal	92.437	0.210
Matorral desértico rosetófilo	1,381.991	3.150
Matorral desértico rosetófilo con Bosque de pino piñonero	852.121	1.940
Matorral desértico rosetófilo con Chaparral montano	1,000.315	2.280
Matorral de táscate	463.207	1.060
Plantación forestal	972.014	2.220
Vías de comunicación	41.967	0.100
Vegetación riparia	26.673	0.060
Zacatal	1,976.659	4.510
Zacatal con Bosque de pino piñonero	99.892	0.230
Zacatal con Chaparral montano	293.746	0.670
Zacatal con Matorral desértico micrófilo	108.964	0.250
Zacatal con Matorral de táscate	437.924	1.000
<b>Total</b>	<b>43,853.200</b>	<b>100.000</b>

**Fuente:** Creación propia con base a una imagen de satélite del año 2016.

## Riqueza Florística y Comunidades Vegetales de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México



**Figura 2.** Comunidades vegetales y usos del suelo de la Sierra de Zapalinamé (con base a una imagen de satélite del año 2016).

En la Tabla 2. se muestra un comparativo de comunidades como bosque de pino, bosque de oyamel y algunos usos del suelo como área agrícola, plantación forestal y asentamiento humano obtenido en este estudio con respecto al reportado por el plan de manejo de la Zona Sujeta a Conservación Sierra de Zapalinamé donde se aprecia una diferencia negativa en el bosque de pino que disminuyó casi el 66% de su cobertura, mientras que los asentamientos humanos se incrementaron en un 70%.

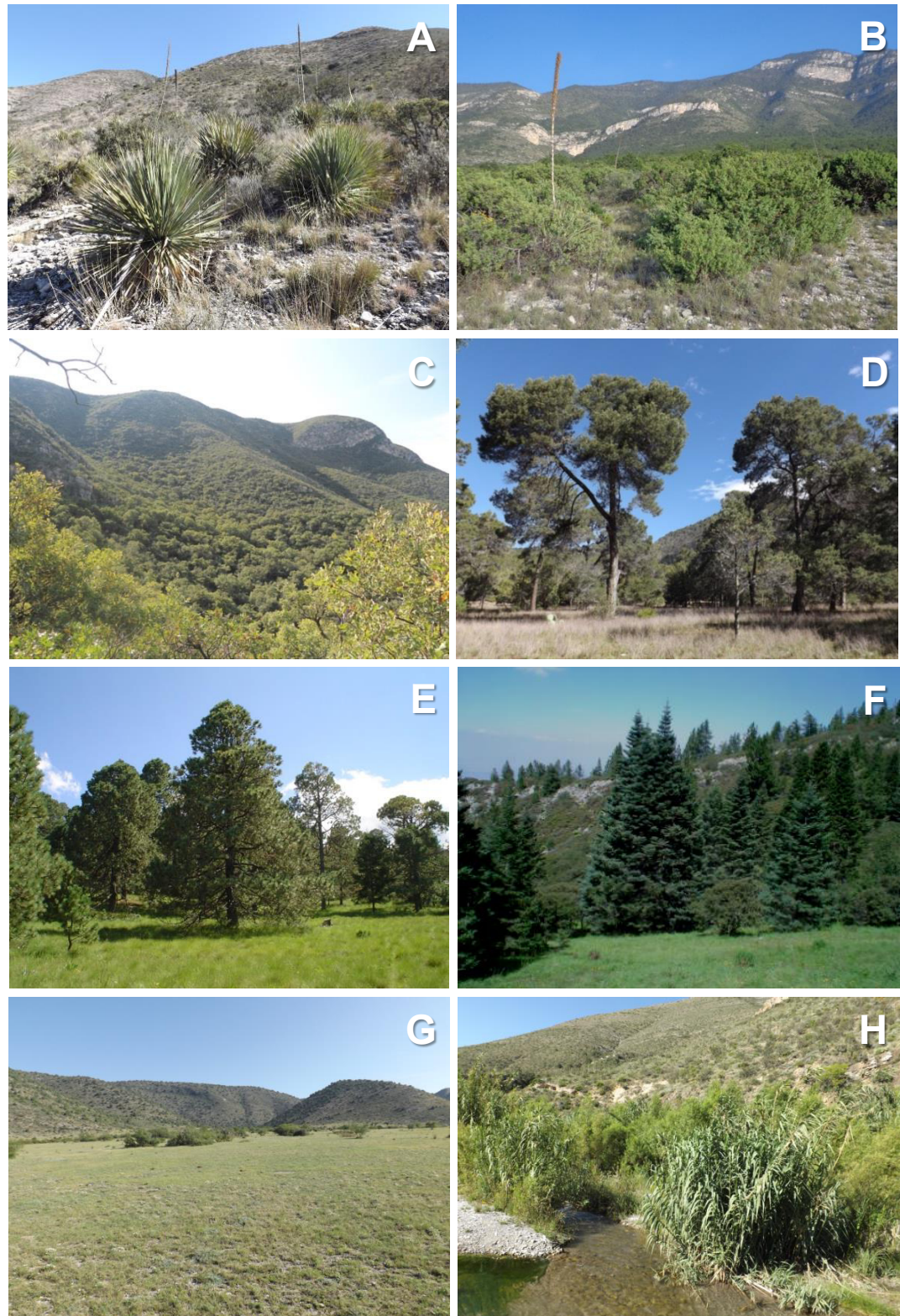
**Tabla 2.** Comparativo de superficies entre 1998 - 2017 de dos comunidades vegetales relevantes y otros usos de suelo en la Sierra de Zapalinamé.

Comunidad vegetal y uso del suelo	Superficie 1998 (ha)	Superficie 2017 (ha)	Diferencia (ha)
Bosque de pino	6,307.8947	2,170.6369	4,137.2578 (-)
Bosque de oyamel	833.4893	300.7088	532.7805 (-)
Área agrícola	4,965.6403	5,131.2164	165.5761 (+)
Plantación forestal	862.3555	972.0141	109.6586 (+)
Asentamiento humano	541.8310	922.9036	381.0726 (+)

A continuación se describen las comunidades vegetales, se incluye distribución en el gradiente altitudinal, además de las especies dominantes en los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo.

**1. Matorral Desértico Micrófilo.** Comunidad propia de llanuras y valles con suelos profundos del Altiplano Mexicano. Se distribuye en altitudes entre 1,900 a 2,000 m de altitud, en valles al sur del macizo montañoso, además en las partes bajas de abanicos aluviales, donde los suelos son profundos y poco pedregosos. Está integrado por especies arbustivas de folíolos pequeños, con alturas de 0.40 a 1.5 m, así como individuos subarbóreos aislados de 3.0 m de alto. Son representativos de este matorral arbustos micrófilos e inermes como *Flourensia cernua*, *Larrea tridentata*, *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* y *Parthenium incanum*, los arbustos espinosos crecen de forma aislada tales como: *Cylindropuntia imbricata*, *Koeberlinia spinosa*, *Opuntia rastrera* y *Prosopis glandulosa*. En el estrato herbáceo las especies más frecuentes son *Acourtia nana* y *A. wrightii*. Es poco frecuente la especie parásita *Orobanche ludoviciana*.





**Figura 3.** Algunas comunidades vegetales de la sierra de Zapalinamé A. Matorral desértico rosetófilo, B. Matorral de táscate, C. Bosque de encino, D. Bosque de pino piñonero, E. Bosque de pino, F. Bosque de oyamel, G. Zacatal, H. Vegetación riparia.

En áreas con mayor presión por pastoreo el estrato herbáceo está dominado por los zacates *Aristida havardii*, *Muhlenbergia tenuifolia*, *M. torreyi* y *Munroa pulchella*, además de *Tiquilia canescens*.

Una asociación de este matorral se localiza al lado noroeste del área estudiada, en altitudes de 1,800 a 1,950 m. Es dominado por arbustos espinosos como *Berberis trifoliolata*, *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* y *M. zygophylla* además de la especie inerme *Parthenium incanum*, se establece en áreas impactadas por influencia humana a través del pastoreo intenso, crecen colonias aisladas de *Agave asperrima* y *A. lecheguilla*, la cactácea *Thelocactus rinconensis* es poco frecuente. En algunas áreas son comunes *Gutierrezia sarothrae* y *Gymnosperma glutinosum*. El matorral tiene una baja cobertura de arbustos y una elevada pedregosidad. En el estrato herbáceo dominan los zacates *Aristida curvifolia* y *Bouteloua uniflora*, además de *Senna demissa*, además de varias especies de hierbas anuales como *Calylophus hartwegii*, *Physaria argyraea* y *Thymophylla pentachaeta*.

**2. Matorral Desértico Rosetófilo.** Comunidad propia de laderas de lomeríos y sierras del Altiplano Mexicano, crece en suelos superficiales sobre sustrato con abundante pedregosidad. En la zona montañosa crece en laderas secas y pedregosas con exposición sur y sureste en altitudes de 2,000 a 2,500 m. Está dominada por arbustos y subarbustos con hojas en forma de roseta, además de arbustos espinosos y perennifolios que forman un matorral denso de 30 cm hasta 1.30 m de alto. En el lado sur de la sierra, en laderas con exposición sur, es frecuente que se presenten árboles aislados de *Pinus pinceana*, conífera de copa amplia y redondeada. Se distribuye en laderas sur y sureste donde incide mayor radiación solar y los suelos son someros y pedregosos. Las especies más frecuentes son *Agave asperrima*, *A. lecheguilla*, *A. striata*, *Dasyilirion cedrosanum*, *Ephedra aspera*, *Euphorbia antisiphilitica*, *Hechtia texensis*, *Jatropha dioica*, *Mimosa zygophylla*, *Parthenium argentatum*, *P. incanum* y *Sidneya tenuifolia*, además de subarbustos como *Bouvardia ternifolia* y *Chrysactinia mexicana*.

En las áreas más secas sobresale un estrato arbustivo aislado de hasta 3 m, está dominado por *Fouquieria splendens*, en otras áreas crece *Yucca carnerosana*, mientras que en sitios con mayor altitud *Gochnatia hypoleuca* y *Lindleya mespiloides*, se presentan de forma esparcida. En lomeríos al lado sur de la sierra se presentan poblaciones aisladas de *Bursera fagaroides*, especie rara para el macizo montañoso. Son comunes especies rupícolas como *Selaginella lepidophylla*, además de algunos helechos, los más frecuentes son: *Argyrochosma microphylla*, *Astrolepis cochisensis*, *A. sinuata* y *Notholaena aschenborniana*.

En este matorral se presenta un alta riqueza de especies de la familia Cactaceae, las más comunes son *Opuntia stenopetala*, *O. microdasys*, *Mammillaria chionocephala*, *Neolloydia conoidea* y *Turbincarpus beguinii*. Son poco frecuentes *Echinocactus platyacanthus*, *Ferocactus pilosus*, *Mammillaria winterae* y *Thelocactus rinconensis*, las tres últimas están incluidas en estatus de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Son frecuentes los arbustos *Flourensia microphylla* y *Vachellia glandulifera*, ambas endémicas para el sureste de Coahuila y estados adyacentes.

En el estrato herbáceo abundan los siguientes zacates: *Aristida curvifolia*, *Bouteloua curtispindula*, *B. gracilis*, *Eragrostis palmeri*, *Muhlenbergia emersleyi* y *Muhlenbergia phleoides*, además de otras hierbas como *Asta schaffneri*, *Croton suaveolens* y *Senna demissa*.

Una variante de esta vegetación se presenta en áreas con clima templado semiseco, en exposiciones de mayor radiación solar, en sitios donde crecían bosques abiertos de oyamel (*Abies vejarii* y *Pseudotsuga menziesii*) o de pino (*Pinus greggii*), sin embargo, debido a su eliminación por incendios, las especies que se establecen son: *Agave gentryi*, *A. montana* y *Dasyllirion cedrosanum*, además de especies de los géneros *Arctostaphylos*, *Ceanothus* y *Quercus*.

**3. Chaparral Montano.** Crece en altitudes de 1,800 a 2,800 m se distribuye entre el matorral rosetófilo y los bosques de encino y pino, en el pie de monte, laderas medias y altas de la sierra con exposición norte y noroeste, donde los suelos son calcáreos y poco profundos. Es un matorral abierto o denso, dependiendo de la humedad disponible, con altura de hasta 2 m, integrado por especies inermes, perennifolias y el tamaño de las hojas es mayor que en las especies del matorral micrófilo. De manera aislada crecen árboles con altura de 3 a 5 m. Debido a que es la comunidad con mayor distribución en el macizo montañoso, es la que presenta más asociaciones, las cuales se describen a continuación:

El matorral dominado por especies de la familia Rosaceae es el más distribuido, las especies más frecuentes son: *Cercocarpus fothergilloides*, *Lindleya mespiloides*, *Malacomeles denticulata* y *Purshia plicata*, en matorrales con dosel abierto son comunes *Gymnosperma glutinosum*, además de especies espinosas como *Berberis trifoliolata* y *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera*. Con árboles aislados de *Juniperus flaccida* y *Quercus saltillensis*. Las hierbas tienen altura entre 15 y 50 cm, son comunes *Dyssodia pinnata*, además de los zacates *Bouteloua curtipendula*, *B. hirsuta* y *Muhlenbergia setifolia*. Es frecuente la orquídea *Dichromanthus cinnabarinus*.

Una variante de este matorral está dominada por encinos arbustivos rizomatosos, llamados "charrasquillos". Las especies más comunes son: *Quercus intricata*, *Q. microphylla* y *Q. pringlei*. Tal asociación está integrada por especies que pierden las hojas en otoño y forman un matorral denso de 0.50 a 1.5 m, prospera en laderas de cerros con exposición sur y norte, se presentan además especies como *Arctostaphylos pungens*, *Ptelea trifoliata*, *Purshia plicata* y *Rhus virens*. En la cima de la sierra de Las Nieves, a una altitud media de 2,750 m, crece un matorral de *Quercus intricata*, con árboles bajos y aislados de *Pinus remota*, es frecuente además *Agave gentryi*, el estrato herbáceo está dominado por *Muhlenbergia dubia*.



La riqueza de especies se incrementa con infiltraciones de arbustos propios del matorral rosetófilo como *Agave asperrima*, *A. lecheguilla*, *Dasyllirion cedrosanum*, *Nolina cespitifera* y *Yucca carnerosana*. En cañones con mayor humedad crecen árboles aislados de *Fraxinus cuspidata*, *Juniperus flaccida* y *Pinus cembroides*. El estrato herbáceo incrementa la riqueza de especies con zacates amacollados de *Muhlenbergia dubia*, *M. emersleyi*, *M. rigida* y *Schizachyrium sanguineum*.

**4. Matorral de Táscate.** Se distribuye en altitudes inferiores al bosque de pino piñonero y se mezcla con el zacatal. En laderas bajas al suroeste del macizo montañoso a 2,072 m de altitud se presenta una asociación dominada por *Juniperus saltillensis* con *Ageratina wrightii*, *Calanticaria greggii* y *Quercus intricata*. En algunas áreas crecen arboles aislados de *Pinus cembroides*, el estrato herbáceo incluye *Aristida curvifolia*, *Bouteloua gracilis*, *Muhlenbergia gypsophila* y *Thymophylla setifolia*. En áreas cercanas al cerro de los Elotes en altitudes de 2,000 a 2,100 m crecen matorrales que pueden ser densos o abiertos, las especies dominantes son *Juniperus saltillensis* y *J. coahuilensis*, se presenta un estrato subarborescente con colonias aisladas de *Ephedra compacta*. El estrato herbáceo está dominado por especies de zacates como son *Bouteloua gracilis* y *B. uniflora*, además de otras hierbas como *Physaria fendleri* y *Zinnia acerosa*, las cuales incrementan su densidad cuando ocurre sobrepastoreo. En la localidad del Camino del Cuatro a una altitud de 2,000 m se presenta un matorral alto de *Juniperus flaccida*, en ocasiones tiene dosel abierto y se asocia con chaparral montano, las especies más frecuentes son *Malacomeles denticulata* y *Purshia plicata*, es común *Fleischmannia pycnocephala*, además de zacates como *Muhlenbergia dubia* y *M. emersleyi*.

**5. Bosque de Encino.** Su distribución se limita a laderas medias y bajas en cañones con mayor humedad, donde el clima es templado subhúmedo en altitudes entre 2,000 y 2,600 m. Los suelos son profundos, arcillosos, con abundante hojarasca. Está formado por árboles que miden entre 6 y 10 m de altura, con especies de hojas deciduas o perennifolias. Las especies arbóreas

más abundantes son *Quercus greggii*, *Q. laeta*, *Q. mexicana* y *Q. saltillensis*, con frecuencia se asocian especies como *Arbutus xalapensis*, *Cupressus arizonica*, *Juniperus flaccida*, *Pinus greggii* y *Prunus serotina*.

En el Cañón de San Lorenzo dominan los bosques de *Quercus greggii* - *Q. mexicana*, mientras que en los cañones expuestos en la ladera noroeste de la sierra cerca de Lomas de Lourdes y el Camino del Cuatro crecen bosques bajos de *Quercus saltillensis* - *Q. laeta*, con árboles aislados de *Quercus laceyi* y *Juniperus flaccida*. A una altitud de 2,700 m en el Cañón de San Lorenzo crece un bosque de *Quercus sideroxylla* asociado con *Pinus greggii*. El estrato arbustivo tiene altura de 1.5 m está dominado por *Ageratina ligustrina*, *A. saltillensis*, *Garrya glaberrima*, *Salvia regla* y *Stevia berlandieri*. Con arbustos aislados de *Cornus stolonifera* y *Frangula betulifolia*, especies raras por su escasa abundancia en estos bosques. Se presentan especies de afinidad xérica como *Agave gentryi*, *Opuntia robusta* y *Yucca carnerosana*.

El estrato herbáceo incluye una elevada riqueza de especies, las más frecuentes son *Achillea millefolium*, *Artemisia ludoviciana* y *Myriopteris alabamensis*, además de las gramíneas *Bromus carinatus*, *Piptochaetium fimbriatum* y *Zuloagaea bulbosa*. En bosques ubicados en altas elevaciones el estrato herbáceo está dominado por *Polypodium guttatum*. En sitios con abundante hojarasca es común *Conopholis alpina*. Son frecuentes especies de orquídeas de los géneros *Goodyera*, *Govenia* y *Malaxis*.

**6. Bosque de Pino.** Es conocido como bosque de coníferas. Se presenta en altitudes mayores a 2,600 m, en clima templado y semihúmedo, en laderas altas expuestas hacia norte y el noroeste, donde existe una mayor humedad y bajas temperaturas. Estas laderas tienen fuertes pendientes, suelos someros, de color oscuro, con abundante materia orgánica. Está dominado por especies arbóreas con alturas que van de 5 a los 15 m.

En las partes altas de la sierra, entre los 2,600 y 2,830 m de altitud, crecen bosques de pino, las especies dominantes son *Pinus greggii* y *P. arizonica* var.

*stormiae*, con menor proporción se presenta *Pinus cembroides*. Con frecuencia crecen arbustos esparcidos de *Arbutus xalapensis*, *Poliomintha glabrescens*, *Prunus serotina* y *Quercus saltillensis*. El estrato herbáceo está integrado por *Achillea millefolium*, *Bromus carinatus*, *Cologania pallida*, *Packera coahuilensis* y *Piptochaetium fimbriatum*, además de algunos helechos como: *Asplenium resiliens*, *Notholaena aschenborniana*, *Pellaea intermedia* y *Polypodium guttatum*. En laderas altas se presentan algunas especies de gramíneas como *Festuca valdesii*, además de *Koeleria pyramidata*.

En la cima del cerro El Penitente a 3,100 m de altitud se presenta un bosque de pino dominado por *Pinus hartwegii*, el cual ocupa una porción reducida. El estrato arbustivo está integrado por individuos esparcidos de *Quercus greggii* y *Agave montana*. El estrato herbáceo es denso y dominan *Bromus carinatus* y *Muhlenbergia macroura*, además de *Campanula rotundifolia*. Con frecuencia sobre las ramas de los pinos crecen individuos de *Arceuthobium vaginatum*.

**7. Bosque de Pino Piñonero.** El bosque más abundante de este tipo es el de *Pinus cembroides* y con menor proporción de *Pinus pinceana*, se presenta en la transición entre el Desierto Chihuahuense y los bosques de clima templado frío de la Sierra Madre Oriental. Se distribuye en altitudes de 2,150 a 2,650 m, en valles intermontanos con suelos profundos y laderas bajas con poca pendiente. Los árboles de *P. cembroides* presentan diámetro medio de 25 cm y altura de 8 m. En bosques ubicados a mayor altitud se presentan árboles aislados de *P. arizonica* var. *stormiae*. En algunas áreas los árboles presentan sobre sus ramas abundantes epífitas como *Tillandsia recurvata* y con menor proporción *Tillandsia usneoides*.

El estrato arbustivo está integrado por especies que crecen aisladas, las más frecuentes son *Arbutus xalapensis*, *Juniperus deppeana*, además de *Agave gentryi* y *Yucca carnerosana*. El estrato herbáceo está dominado por *Bouteloua dactyloides*, *Piptochaetium fimbriatum*, *Psacalium peltatum*, *Stevia ovata*, *Tagetes lucida* y *Vernonia greggii*. En áreas impactadas por pastoreo cercanas

a los centros de población es común la especie arbustiva *Gymnosperma glutinosum*, o bien la herbácea *Asphodelus fistulosus*.

En laderas medias de la sierra con exposición Norte y Noroeste el bosque de *Pinus cembroides* tiene dosel abierto y se asocia con especies como *Dermatophyllum secundiflorum*, *Fraxinus greggii*, *Quercus intricata*, *Rhus virens* y *Yucca carnerosana*, que crecen en el chaparral montano de áreas adyacentes. En el estrato herbáceo se presentan algunas hierbas como *Bouteloua gracilis*, *Loeselia greggii*, *Physaria argyraea* y *Sphaerocardamum macropetalum*.

En bosques cercanos al Ejido Cuauhtémoc es poco frecuente encontrar *Forestiera reticulata*, arbusto raro para el Sureste de Coahuila. En otras áreas se presenta un estrato arbustivo denso dominado por *Prunus cercocarpifolia*, especie endémica para el Sureste de Coahuila, además de *Quercus pringlei*. En los bosques ubicados en valles con suelos profundos crece la cactácea *Echinocereus knippelianus*, la cual es más evidente durante la floración, tiene estatus de Amenazada de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En laderas de exposición sur en el cerro de los Elotes y al sur de la sierra en los ejidos de El Recreo y Jagüey, se presenta bosque de *Pinus pinceana*, por lo general con dosel abierto, especie con estatus de En peligro de extinción, según la NOM-059-SEMARNAT-2010. Estos bosques se localizan adyacentes al matorral desértico rosetófilo y los bosques de pino piñonero, por lo que el estrato arbustivo está integrado por *Agave lecheguilla*, *Calanticaria greggii*, *Opuntia microdasys* y *O. stenopetala*. Son frecuentes además *Brickellia veronicifolia*, *Mortonia palmeri* y arbustos aislados de *Ferocactus pilosus* y *Neolloydia conoidea*. En el estrato herbáceo son comunes *Astrolepis sinuata*, *Pellaea intermedia*, *Stevia tomentosa* y *Zinnia juniperifolia*.

**8. Bosque de Oyamel.** Está confinado a laderas altas y en la cima del cerro El Penitente y en La Alameda en laderas de exposición noroeste, con altitudes de 2,700 a 3,000 m donde existe mayor humedad, protección del viento y de la

radiación solar. Estos bosques crecen en suelos poco profundos y con hojarasca abundante. Se presentan dos estratos arbóreos: uno de 15 a 20 m, integrado por *Abies vejarii* y *Pseudotsuga menziesii*. Ambas especies tienen diámetros medios de 18 a 20 cm. De manera aislada crecen árboles de *Cupressus arizonica* y *Pinus hartwegii*, con pequeñas colonias aisladas de *Populus tremuloides*.

El estrato arbóreo inferior de 4 a 6 m de altura está formado por *Arbutus xalapensis*, *Prunus serotina* y *Quercus greggii*. El estrato arbustivo posee altura menor a 1.5 m, las especies crecen esparcidas a través del bosque. Las más frecuentes son: *Garrya ovata*, *Paxistima myrsinites*, *Quercus greggii* y *Salvia regla*, en el estrato herbáceo dominan *Bromus carinatus*, *Erigeron basilobatus*, *Geranium crenatifolium*, *Packeria coahuilensis*, *Polypodium guttatum* y *Thalictrum grandifolium*. Se presentan además *Ageratina villarrealii* y *A. zapalinama*, ambas endémicas para el macizo montañoso. Concentra un elevado número de especies consideradas como raras para el área protegida, tales como *Heuchera mexicana*, *Monotropa hypopitys*, *Polemonium pauciflorum* y *Pterospora andromedea*.

**9. Zacatal.** Está dominado por especies de gramíneas o zacates. Se presenta en altitudes entre 1,850 y 2,350 m. Ocupa áreas pequeñas entre bosques de pino piñonero, matorral micrófilo y áreas agrícolas. Se distribuye en los valles intermontanos con suelos aluviales, profundos y arcillosos. Las especies dominantes tienen alturas de 10 a 50 cm, las más comunes son *Aristida divaricata*, *A. havardii*, *Bouteloua gracilis*, *B. dactyloides* y *B. hirsuta*, todas de excelente valor forrajero para el ganado. Crecen arbustos aislados propias de matorrales adyacentes como *Cylindropuntia imbricata*, *Juniperus coahuilensis*, *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera*, *Opuntia rastrera* y *Prosopis glandulosa*.

En los valles intermontanos se presentan áreas reducidas con zacatal dominado por *Bouteloua dactyloides* los cuales están rodeados por bosque de *Pinus cembroides*, tienen elevada riqueza de hierbas como *Evolvulus sericeus*, *Nierembergia angustifolia* y *Oenothera kunthiana*. Al sur del área protegida las

especies de zacates dominantes son *Aristida divaricata*, *A. havardii*, *Bouteloua curtispindula*, *B. dacyloides* y *B. uniflora*, además de otras herbáceas como *Tiquilia canescens*, *Townsendia mexicana*, *Xanthisma spinulosum* y *Zinnia acerosa*, las dos últimas crecen en áreas impactadas. Son frecuentes algunas malezas como *Allionia incarnata*, *Asphodelus fistulosus* y *Parthenium confertum*. Crecen arbustos aislados de *Baccharis pteronioides*, *Buddleja scordioides*, *Cylindropuntia imbricata* y *Prosopis glandulosa*.

En el lado suroeste del macizo montañoso el zacatal está dominado por varias especies de gramíneas como *Aristida pansa*, *Bouteloua gracilis*, *B. hirsuta*, *Erioneuron avenaceum* y *Muhlenbergia phleoides*, con otras especies de hierbas como *Croton dioicus* y *Thymophylla pentachaeta* además de arbustos aislados de *Mimosa zygophylla*.

En valles al sur y sureste del cerro de Los Elotes se presenta un zacatal dominado por *Bouteloua gracilis*, con abundante *Physaria fendleri* y *Zinnia acerosa*, en el estrato subarborescente es común *Ephedra compacta*, además crecen arbustos aislados de *Juniperus coahuilensis* y *Yucca carnerosana*. En áreas lado noreste de la sierra y en sitios cercanos al cerro Los Elotes se presenta un zacatal de *Aristida curvifolia*, *Bouteloua gracilis* y *B. uniflora*, los cuales están siendo colonizados por arbustos de *Juniperus coahuilensis* y *J. saltillensis*.

**10. Matorral de Arroyos.** En los márgenes y en el lecho de corrientes intermitentes como arroyos o cárcavas, los cuales conducen escorrentía durante los eventos de mayor precipitación, tiene suelos pedregosos en altitudes de 1,600 hasta 2,100 m se presenta un matorral con mayor cobertura, el cual está dominado por arbustos y algunos individuos arbóreos. La disponibilidad de humedad incrementa la cobertura de las especies dominantes, sin embargo, la riqueza de especies es baja. Las especies arbustivas poseen alturas de 1.5 a 2 m, las más comunes son *Anisacanthus quadrifidus*, *Baccharis salicifolia*, *Brickellia laciniata* y *Porophyllum scoparium*. En arroyos con mayor humedad se presentan *Buddleja cordata*, mientras que *Barkleyanthus*

*salicifolius* y *Rhus microphylla* crecen a través de arroyos en valles con suelos profundos y clima templado-frío.

Las especies arbóreas tienen alturas de 3 a 5 m, en arroyos de bajas altitudes son frecuentes *Vachellia farnesiana*, *Chilopsis linearis* y *Prosopis glandulosa*. En el estrato herbáceo crecen *Astragalus sanguineus*, *Euphorbia eriantha* y *Hunnemannia fumariifolia*, además de malezas como *Asphodelus fistulosus*, *Gutierrezia sarothrae*, *Heterotheca subaxillaris* y *Nicotiana glauca*. Entre los arbustos crece *Clematis drummondii*, además de *Ipomoea purpurea* y *Maurandya antirrhiniflora*. En ocasiones se establece *Parthenocissus quinquefolia* sobre las rocas. En el fondo de algunos cañones con mayor elevación en la exposición noroeste se presentan árboles de *Cercis canadensis* y *Fraxinus cuspidata*, con individuos de *Ungnadia speciosa*, además de arbustos y hierbas propios del chaparral montano.

En arroyos al lado oeste de la sierra se presenta una asociación donde dominan árboles de *Prosopis glandulosa*, con individuos aislados de *Salix nigra* y *Celtis laevigata*, el estrato arbustivo está integrado por *Baccharis salicifolia* y *Aloysia gratissima*, por su parte el estrato herbáceo incluye una elevada riqueza de especies, varias de ellas consideradas como malezas, las más comunes son *Bromus catharticus*, *Oenothera rosea*, *Paspalum distichum*, *Polygonum aviculare* y *Teucrium cubense*, sobre los arbustos crece la especie trepadora *Sicyos laciniatus*. En las cárcavas y hondonadas del ejido La Angostura son comunes arboles bajos de *Prosopis glandulosa*, asociados con *Aloysia gratissima* y *Atriplex canescens*, además de algunos arbustos del matorral desértico micrófilo.

**11. Vegetación Riparia.** Comunidad asociada a los cuerpos de agua permanentes, en la sierra los que ocupan una mayor superficie se presentan en las localidades de Los Chorros en altitudes de 1,800 a 1,900 m y Cañón de San Lorenzo de 2,200 a 2,300 m. En la primera localidad domina *Arundo donax*, especie de origen asiático, invasora de humedales en México. Crecen árboles aislados de *Salix nigra*. El estrato herbáceo está integrado por *Cynodon*

*dactylon* y *Plantago lanceolata*, además de *Equisetum hyemale* y *Nasturtium officinale*. Sobre los árboles se presentan especies trepadoras como *Vitis berlandieri*. Especies nativas propias de humedales como *Schoenoplectus americanus* y *Thypha domingensis*, crecen a través de individuos aislados debido a que han sido desplazadas por *Arundo donax*. Debido a que se localiza cerca de vías de comunicación, se han establecido varias especies no nativas como *Apium graveolens*, *Berula erecta*, *Helminthotheca echioides*, *Nasturtium officinale* y *Panicum antidotale*. A través del fondo del cañón de San Lorenzo se presentan cuerpos de agua, donde crecen árboles de *Salix lasiolepis*, además de herbáceas como *Equisetum hyemale*, *Polypogon viridis* y *Medicago polymorpha*.

## Discusión

El paisaje de la sierra de Zapalinamé está dominado por bosque de pino piñonero y chaparral montano, comunidades que tienen amplia distribución y además ocupan la mayor superficie. Esto se atribuye a que el macizo montañoso se localiza en la zona de transición entre la Sierra Madre Oriental y la Altiplanicie, de esta forma favorece que confluyan floras de clima templado frío, además de elementos propios de la flora de las zonas áridas del norte de México (Rzedowski, 1991b). Su ubicación además de una topografía irregular que caracteriza al área estudiada, contribuyen a la formación de variadas comunidades vegetales.

Los tipos de vegetación bosque de *Quercus*, bosque de coníferas, matorral xerófilo y pastizal reportados para México por Rzedowski (2006) están presentes en el área estudiada a través de ocho comunidades vegetales. Al estudiar la cubierta vegetal de la sierra de Zapalinamé, Arce & Marroquín (1985) describen 11 comunidades vegetales. En el presente estudio, no se reconocen el bosque deciduo templado (Marroquín, 1976a) y zacatal con leñosas arbustivas (Arce, 1980), el autor considera que la primera comunidad está poco representada en el área, además de que ambas no fueron bien diferenciadas en recorridos de campo. Asimismo, se presentan ocho de las 12 comunidades



vegetales referidas por Villarreal-Q. & Valdés-R. (1992-93) para el estado de Coahuila, las otras tres comunidades, matorral de táscate, matorral de arroyos y bosque de pino piñonero, son incluidas por tales autores en matorral submontano, vegetación riparia y bosque de pino.

El bosque de Montaña es un tipo de vegetación denominado por Henrickson & Johnston (1986) para la región del Desierto Chihuahuense y retomado por Villarreal-Q. & Valdés-R. (1992-93) para el estado de Coahuila, incluye las comunidades de bosque de oyamel, bosque de encino y bosque de pino, que ocupan cerca del 5% de la entidad. En el área de estudio los bosques ocupan el 33.780%, de estos, el bosque de pino piñonero, dominado por *Pinus cembroides* (Ortiz-Badillo, 2010), incluye además a *Pinus pinceana* y ocupa una superficie de 8,690 ha (19.82%), por ello es la comunidad más abundante. Este bosque es común en sistemas montañosos del Altiplano Mexicano (Enríquez-Enríquez et al., 2003; Giménez de Azcárate & González-Costilla, 2011; Rodríguez et al., 1994) y la Sierra Madre Oriental en Coahuila (Marroquín, 1976b; Villarreal-Q. & Valdés-R., 1992-93) y en el centro-oeste de Nuevo León (Estrada-Castillón et al., 2013). De acuerdo con Marroquín (1976b) el bosque de pino piñonero dominado por *Pinus cembroides* crece en la zona de transición entre el Desierto Chihuahuense y la Sierra Madre Oriental.

Con una menor proporción se presenta el bosque de oyamel con el 0.690% del área protegida. Es considerado por Rzedowski (2006) como parte de dos comunidades: bosque de *Abies* y bosque de *Pseudotsuga*. Para el macizo montañoso estudiado Arce & Marroquín (1985) lo nombran bosque de *Pseudotsuga-Cupressus-Abies*, donde cohabitan dos especies de ambos géneros de la familia Pinaceae, con escasos individuos de *Cupressus*, en bosques localizados en laderas de exposición noroeste en altitudes superiores a 2,700 m (Encina-Domínguez et al., 2008). La asociación entre ambas especies ocurre además en las sierras de La Madera y Maderas del Carmen (Henrickson & Johnston (1986) en el centro y norte del estado donde es referido como bosque mixto de abetos. Por su parte, el bosque de encino se establece

en el fondo de cañones con mayores condiciones de humedad (Encina-Domínguez et al., 2009), en el área protegida ocupa una superficie de 633.503 ha (1.440%). En el estado de Coahuila esta poco representado ya que ocupa el 1% de la superficie estatal, crece a través de cañones de los principales sistemas montañosos (Villarreal-Q. & Valdés-R., 1992-93), en la Planicie Costera del Golfo se localiza en sitios con mantos freáticos superficiales, suelos profundos y en áreas cercanas a los ríos (Encina-Domínguez et al., 2011b). La presencia de comunidades boscosas en la sierra de Zapalinamé está condicionada por la altitud, bajas temperaturas y humedad disponible.

El concepto de chaparral montano (Muller, 1947) adoptado en este estudio tiene similitud fisonómica y florística con el referido para la sierra de La Madera en el Bolsón de Cuatro Ciénegas (Pinkava, 1984) y para la región del Desierto Chihuahuense (Henrickson & Johnston, 1986). De igual forma es similar con el chaparral descrito para el estado de Nuevo León (Estrada-Castillón et al., 2013; Muller, 1939; Valdez-Tamez & Aguilar-Enríquez, 1983) y corresponde en parte al matorral submontano reportado por Villarreal-Q. & Valdés-R. (1992-93) para Coahuila. Incluye especies arbustivas donde la mayoría poseen hojas perennifolias, coriáceas y elevada cobertura de copa, son comunes especies del género *Arctostaphylos*, *Quercus*, *Ceanothus* y *Garrya*, además de la familia Rosaceae, y otras especies, se ubica en laderas montañosas de regiones semiáridas en altitudes superiores a 2,000 m (Muller, 1947; Pinkava, 1980; Valiente-Banuet et al., 1998). En la sierra de Zapalinamé es la comunidad arbustiva con mayor distribución, por ello, presenta más asociaciones de especies, tres son citadas por Arce & Marroquín (1985), las cuales son: Matorral denso inerme parvifolio de rosáceas, dominado por la familia Rosaceae, matorral de manzanita, integrado por la especie *Arctostaphylos pungens* y matorral de encinos arbustivos, con especies rizomatosas del género *Quercus*.

Los matorrales propios de regiones áridas y semiáridas de México son agrupados por Rzedowski (2006) en la vegetación de matorral xerófilo, debido a las amplias variaciones fisonómicas y florísticas incluye varias comunidades

vegetales. En el estado de Coahuila el Matorral Desértico Chihuahuense es un tipo de vegetación propuesto por Muller (1947). De acuerdo con Villarreal-Q. & Valdés-R. (1992-93) en Coahuila incluye cuatro comunidades y representa el 50% de la superficie del estado. Los matorrales desértico micrófilo y desértico rosetófilo son comunes en regiones con clima árido y semiárido en el Altiplano Mexicano (Rzedowski, 2006), dominan el paisaje del territorio Coahuilense ya que ocupan el 33.07% de la superficie de la entidad (ICE, 2001; Villarreal-Q. & Valdés-R., 1992-93). El matorral desértico rosetófilo, incluye una elevada riqueza de especies arbustivas, destacan las cactáceas (Flores-Hernández, 2015) y es frecuente que se asocie con el chaparral montano. En el área estudiada las variaciones en la profundidad del suelo, pedregosidad y microrrelieve determinan las asociaciones entre estos matorrales.

En el macizo montañoso de Zapalinamé la distribución de las comunidades vegetales está condicionada por la altitud, con influencia directa en la precipitación y temperatura, además de aspectos del microrrelieve como la posición y exposición topográfica, lo cual concuerda con lo reportado por Ramírez-Martínez (1998) quién menciona que el bosque de encino crece en cañones en altitudes de 2,200 a 2,400 m, el bosque de oyamel en elevaciones de 2,800 a 3,000 m, por su parte el matorral desértico rosetófilo es propio de laderas con exposición sur, mientras que el zacatal y matorral desértico micrófilo se distribuyen en valles que rodean el macizo montañoso.

Las comunidades vegetales que se distribuyen en la sierra de Zapalinamé, presentan evidencias de impactos debido a la influencia humana, a través de aprovechamientos forestales, libre pastoreo y recreación desordenada realizada por la población local, la cual ha sido más intensa durante los últimos 100 años, actualmente existe fuerte presión de la mancha urbana de la ciudades de Saltillo y Arteaga, además de la sobreexplotación de recursos, en especial la extracción de agua para consumo humano e industrial (Synnott, 2013; Valdés-Dávila, 2008; Valdés-Dávila et al., 2013). Los incendios ocurridos en un tiempo u otro, ya sean naturales o debido a acciones humanas, son el principal

disturbio en el área estudiada (Meganck et al., 1981; Portes, 2001), su ocurrencia se incrementará con el aumento de la presión por espacios urbanos aledaños al área protegida (UAAAN, 1998). La acción del fuego ha reducido de forma significativa la superficie del bosque de pino, bosque de encino y bosque de oyamel, varios de estos a finales del siglo pasado (Portes, 2001), por lo que las comunidades presentan diferentes grados de fragmentación. En laderas medias y altas de exposición norte o noroeste, se presentan comunidades fragmentadas de *Pinus greggii* y *P. arizonica*. De acuerdo con Meganck et al. (1981) la mayoría de los bosques son de segundo crecimiento, consideran además que las áreas donde se presentan bosques originales son las laderas más altas e inaccesibles. Algunos bosques de encino de *Quercus saltillensis* y *Q. laeta* han desaparecido de las áreas aledañas a Lomas de Lourdes, ubicada en la periferia de la ciudad de Saltillo, debido a un incendio ocurrido en 1998, que afectó una superficie de 1,000 ha (Marines-Gómez com. pers.).

En general en las zonas boscosas donde han ocurridos incendios, se establecen chaparral montano y/o matorral desértico rosetófilo, que corresponden a etapas serales en la dinámica de esa vegetación posterior a un disturbio. En la exposición noroeste del macizo montañoso aledaña a la ciudad de Saltillo, la cubierta vegetal está dominada por el chaparral montano, esto es debido a los incendios recurrentes que han eliminado gran parte de los bosques de encino, pino y oyamel y las especies arbustivas que dominan este matorral son buenos colonizadores después de la ocurrencia de incendios (obs. pers.). Marroquín (1976b) y Arce & Marroquín (1985) mencionan que matorrales de este tipo son una etapa sucesional de comunidades como bosque de *Pinus cembroides* afectadas por la influencia humana a través de aprovechamientos forestales, incendios y urbanización en el macizo montañoso.

Las áreas agrícolas de la zona de amortiguamiento, se localizan en los valles intermontanos con suelos profundos entre 2,000 a 2,300 m de altitud, en los Ejidos de El Recreo, Cuauhtémoc, Sierra Hermosa, El Cedrito y Chapultepec. A finales del siglo XIX e inicios del siglo XX los zacatales del norte de México eran

fuentes de gran riqueza para las haciendas que se dedicaban a la ganadería. Con el reparto agrario a los ejidos por parte del gobierno, en las mejores áreas de zacatal se establecieron áreas agrícolas para cultivo de maíz de temporal (Shreve, 1942). En el área de estudio la actividad agrícola inició desde finales del siglo XIX (Favret-Tondato, 2013) para cultivar trigo, maíz, frijol y cebada, además de frutales. Tal influencia humana ha propiciado a través del tiempo una alta riqueza de especies arvenses, varias de ellas nativas, además de especies introducidas de otros continentes (Encina-Domínguez et al., 2016). Su establecimiento ocasionó la disminución del Zacatal propio de valles aluviales. En la sierra de Zapalinamé es la vegetación más fragmentada, ocupa una superficie de 1,976.659 ha, lo que representa el 4.510% de la zona montañosa. En México los zacatales presentan amplias variaciones ecológicas y de composición de especies. El 80% de los zacatales de clima semiárido se ubican en el Altiplano Mexicano y están dominados por especies del género *Bouteloua* (Rzedowski, 2006). Cada vez son más vulnerables debido al pastoreo no planificado, apertura de áreas agrícolas, invasión de especies exóticas, así como la sequía que está ocasionando su disminución (Encina-Domínguez et al., 2014; Gómez-Sánchez et al., 2011). En el área de estudio se asocia con el bosque de pino piñonero, matorral desértico micrófilo y matorral de táscate.

Algunas comunidades como el bosque de pino piñonero de *Pinus cembroides*, ha reducido su superficie debido a los fraccionamientos campestres (Synnot, 2013), los cuales continúan en aumento. Es común el establecimiento de casas-habitación entre zonas arboladas. El chaparral montano ha sido afectado por el incremento de la zona urbana de la ciudad de Saltillo y Arteaga (Gómez-Pérez et al., 2011; Portes, 2001) y por la apertura de bancos de material, ambos cambios de uso del suelo eliminan por completo la cubierta vegetal. En áreas de los matorrales donde el pastoreo de ganado caprino es extensivo, el cual había sido documentado hace más de 30 años por Meganck et al. (1981) y en la actualidad esta actividad continua en aumento, ha favorecido el establecimiento de especies espinosas como *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* y *Berberis trifoliolata* que reemplazan especies de los géneros

*Cercocarpus*, *Lindleya*, *Malacomeles* y *Purshia* propias del chaparral montano (Encina-Domínguez et al., 2012). Además de afectar la composición y estructura de la vegetación, también ocasiona la disminución de la cubierta vegetal.

En la región de la sierra de Zapalinamé los programas de reforestación como parte de estrategias gubernamentales, son una práctica común para establecer plantaciones de *Pinus cembroides*, *P. halepensis*, *Cupressus arizonica*, además de *Agave salmiana*. Todas especies nativas de México (Villaseñor, 2016), a excepción de *P. halepensis*, que proviene de la costa del mar Mediterráneo e introducida al noreste de México en 1950 y cultivada en el sureste de Coahuila desde 1960 (Oviedo, 1980). Al oeste del macizo montañoso se ha introducido *Pinus halepensis*, con fines de reforestación, ocupa una superficie de 523.100 ha y representa menos del 2% del área. Es la plantación más destacada de esta especie en Coahuila, se localiza en suelos someros, calcáreos y pendientes ligeras (Marroquín, 1976b).

Al comparar la superficie de algunas comunidades vegetales obtenidas en el presente estudio con las referidas por el Plan de manejo de la sierra de Zapalinamé (UAAAN, 1998) se aprecia que en los últimos 19 años los bosques de pino y de oyamel presentaron una disminución de la superficie. Esto puede atribuirse al cambio de uso del suelo o sustitución por matorrales, sin embargo, en estas dos comunidades no se tienen registros de incendios o cambios de uso del suelo que ocasionen la afectación de tal superficie (Marines-Gómez com. pers.). Estas diferencias pueden ser debido a la metodología implementada en este estudio y al mayor detalle en la digitalización, además de que actualmente disponemos de imágenes con mayor resolución y se realizaron variados sitios de verificación en campo. Los usos del suelo como área agrícola y asentamiento humano, varios de ellos irregulares, además de fraccionamientos campestres, incrementaron su superficie ocupada, demostrando una mayor presión de la población para el cambio de uso del suelo. Las plantaciones han incrementado su superficie debido a que con

frecuencia se realizan reforestaciones como parte de programas del sector gubernamental o social.

En la sierra de Zapalinamé las comunidades más vulnerables a desaparecer del macizo montañoso debido a su escasa superficie ocupada son el zacatal, vegetación riparia y bosque de oyamel, la primera amenazada por el sobrepastoreo y ampliación de la frontera agrícola. La disminución o desaparición de la vegetación riparia por desecamiento de manantiales y aumento de especies invasoras. El bosque de oyamel es vulnerable a los incendios forestales, así como al ataque de plagas y enfermedades, como se ha registrado en este tipo de bosques en el sur de Coahuila (Encina-Domínguez, 2015), por lo que podría ser sustituido por chaparral montano.

### **Agradecimientos**

Se agradece al personal del área protegida Zapalinamé por el apoyo para los recorridos de campo, en especial a Sergio C. Marines G., Juan M. Cárdenas, Rafael H. Cárdenas y Efraín Ramírez. También queremos agradecer a Leticia Jiménez y Arturo Cruz, guardaparques del área. Damos las gracias a Verónica García Moreno por su ayuda en la digitalización. Apreciamos las críticas y sugerencias que mejoraron la calidad de la escritura de este manuscrito proporcionadas por Edmundo Zárate Alanís.

### **CAPÍTULO III. ENVIRONMENTAL AND SOIL VARIABLES AFFECTING THE STRUCTURE AND FLORISTIC WOODY COMPOSITION OF OAK FORESTS OF NORTHEASTERN MEXICO<sup>1</sup>**

**Juan A. Encina-Domínguez<sup>2\*</sup>, José R. Arévalo<sup>3</sup>, Eduardo Estrada-Castillón<sup>2</sup>, Miguel Mellado<sup>4</sup>**

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. A.P. 41, 67700, Linares, Nuevo León, México, <sup>3</sup>Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias, Universidad de La Laguna, E-38206 Islas Canarias, España, <sup>4</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Nutrición Animal, Saltillo, Coahuila México, \* Author for correspondence: jaencinad@gmail.com, phone 52 8441799815.

<sup>1</sup>**Enviado a Journal of Forestry Research**

**<http://www.springer.com/life+sciences/forestry/journal/11676>**

**06 de Marzo de 2017**

#### **Abstract**

Oak forests at the Sierra of Zapalinamé in northeastern Mexico (25°N) are distributed in canyons and slopes with higher humidity, surrounded by montane chaparral. The objective of this study was to investigate the influence of environmental and soil factors on the structure and floristic woody composition of oak forests. We carried out a vegetation inventory throughout an altitudinal gradient. All trees with diameter at breast height (DBH)  $\geq 3$  cm were identified and measured. In addition, the cover of understory species was measured in each plot. Using multivariate techniques, we detected two oak forest associations. The forests studied are rich in woody species, including 19 trees and 50 shrubs species. The structurally important oaks were *Quercus greggii*, *Q. saltillensis*, *Q. laeta* and *Q. mexicana*. Environmental variables evaluated,



included altitude, precipitation, temperature, soil pH and electric conductivity, and soil percentage of sand, clay and silt. All these variables revealed significant differences for two oak forest associations. With respect to biotic parameters, significant differences ( $P < 0.05$ ) in basal area were observed. The number of tree species decreased with increasing altitude. Multivariate analysis revealed the species distribution along a moisture gradient across elevation. The ecological study of oak forests provides the basis for future research on forest dynamics and can guide conservation efforts to maintain species diversity and endemism in the mountain studied.

**Key words** Altitude, Edaphic factors, Forest structure, *Quercus*, Species composition.

## **Introduction**

Altitudinally defined climatic and soil factors are primary determinants of differences in species composition and community structure on undisturbed mountains (Fischer et al., 2014; Toledo-Garibaldi & Williams-Linera, 2014). The occurrence of plant species is dependent on various factors acting at different spatial scales. Elevation represents a complex gradient through which environmental variables change simultaneously (Austin et al., 1996). The most important are temperature and precipitation (Körner, 2007), since these influences the available humidity, properties of soils and their formation processes (Guerrero-Campo et al., 1999).

Edaphic factors have an important role in the distribution and floristic variations and the abundance of plants is closely related to soil properties, especially nutrients availability (Rahayu et al., 2012). Relationships between soil properties and plant species abundance have been described in various grassland habitats, Chihuahuan desert scrub (Huerta-Martínez et al., 2004) as well as boreal forest (Seibert et al., 2007) and tropical rainforests (Fernandes-Abreu et al., 2012). At local scales, species richness and structure of forest landscapes are strongly influenced by geomorphology and altitude (Behera & Kushwaha,

2007) and also by soil physicochemical properties (Estrada-Castillón et al., 2015) and anthropogenic disturbances (Ramírez-Marcial et al., 2001).

Mexico is a center of diversity of the genus *Quercus* (Nixon, 1993). This genus forms pure oak or mixed pine-oak stands, one of the most species-rich vegetation types in Mexico and characteristic of temperate mountain ranges throughout the country (Rzedowski, 2006). In northeastern Mexico, the Sierra of Zapalinamé is a mountain range, and a protected area in the category of ecological conservation, enacted by the state government of Coahuila (Periódico Oficial, 1996). These oak forests contain 259 plant species, 28% of the flora of this mountain (Encina-Domínguez et al., 2016), including *Quercus saltillensis*, which is endemic to southeastern Coahuila. Moreover, the conservation of these forests is very important because they constitute the main source of drinking water for the city of Saltillo, and they offer habitat for important wildlife such the American black bear (*Ursus americanus*).

Species composition and community structure and their relationship with environmental factors are the basis for studying forest dynamics. Understanding ecological processes in forests is one of the most important goals for a proper management and biodiversity conservation (Arévalo et al., 2012). This study aims to determine the relationship between the composition and structure of woody species and the climatic and edaphic variables in oak forests of the Sierra of Zapalinamé. We will test the hypothesis that the physicochemical properties of the soils are similar through oak forests of the study area and that the most important variable is altitude, because of its influence on ambient temperature and precipitation.

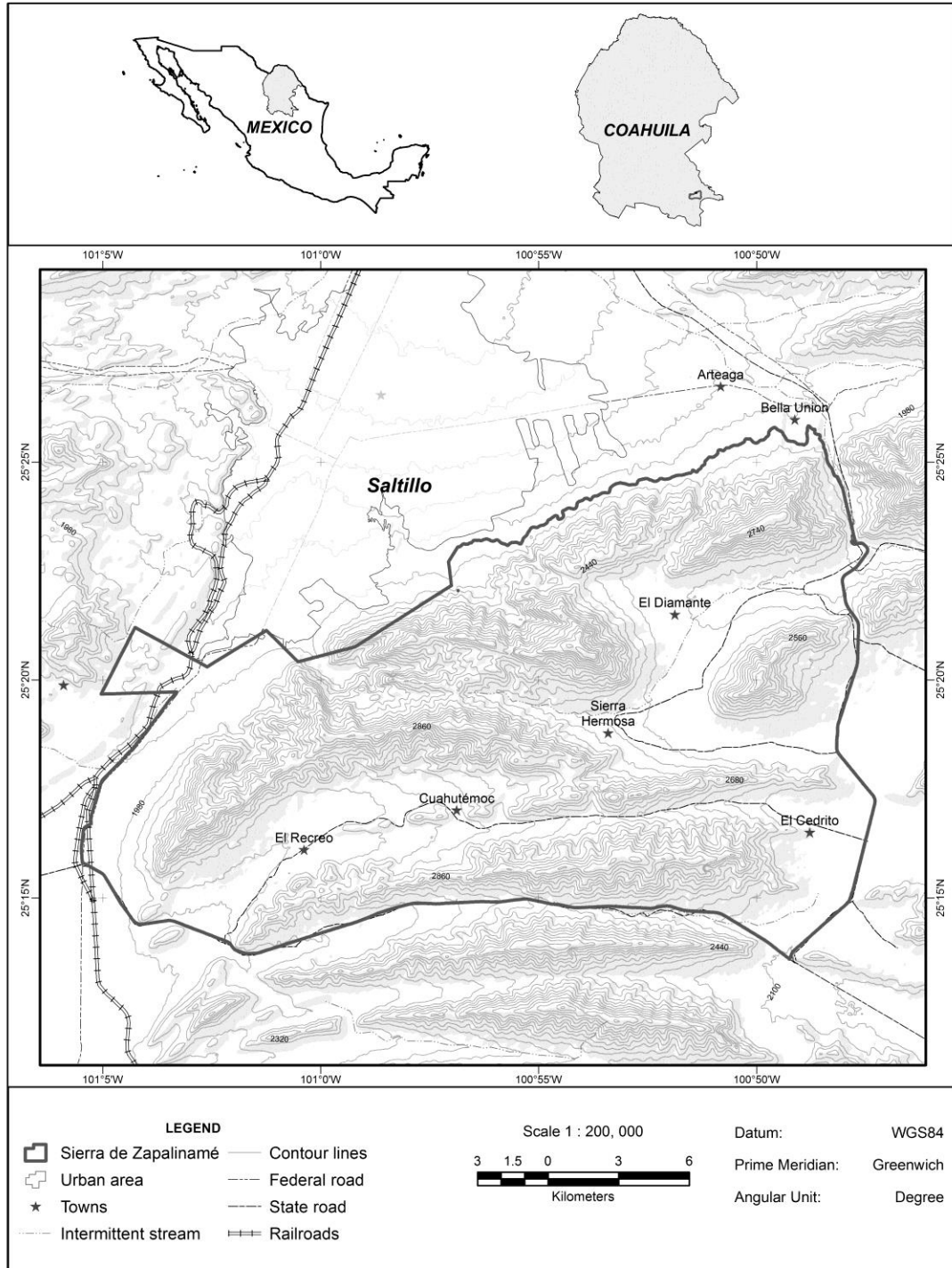
## **Materials and Methods**

### ***Study site***

The Sierra of Zapalinamé is located in the southeast of the state of Coahuila. It has an area of 45,000 ha, in the municipalities of Saltillo and Arteaga. It is

located south of the city of Saltillo, between 25°15'00" - 25°25'58" N and 100°47'14" - 101°05'03" W (Figure 1. ). It belongs to the Gran Sierra Plegada physiographic subprovince. The elevation ranges from 1,590 m in the foothills to 3,140 m, in the Cerro El Penitente, with intermountain valleys averaging 2,200 m. The rocks of the area are sedimentary belonging to Jurassic and Cretaceous periods; limestone covers 43% of the area, while 17% sandstones and conglomerates. Alluvial soils occupy 30% of the area, with variable depth, mainly found in the plains with alluvial fans at the base of the mountains. Soils in the valleys are deep. There are also smaller areas of calcium and feozem calcareous xerosols. The dominant climate of the study area is dry type (BSkw), while the upper parts of the mountain have a temperate type (C(w<sub>0</sub>)). The average annual temperature is 16.9°C, and the annual rainfall is 498 mm (UAAAN, 1998).

The rains are convective and occur mainly in the warmest months of the year. Different plant communities have been recorded for this area, including rosetophyllous scrub, pine forest, fir forest, oak forest and montane chaparral. The pine forest occupies 14.09% of the area, pinyon pine forest 12.54% and pinyon pine forest associated with xeric scrubland 9.55% (UAAAN, 1998). Oak forests are distributed in temperate sites with more humidity at altitudes between 2,000 and 2,600 m of altitude. They are more abundant in San Lorenzo and Boca Negra Canyons, and above Lomas de Lourdes (Encina-Domínguez & Valdés-Reyna, 2013). The most common tree species in the oak forests are *Quercus greggii*, *Q. mexicana*, *Q. saltillensis* with scattered *Juniperus flaccida*, *Quercus laeta* and *Pinus greggii*. According to Encina-Domínguez et al. (2007), in these forests, the most abundant shrub genera are *Ageratina*, *Garrya* and *Stevia*, and the most abundant herbs genera are *Achillea*, *Artemisia* and *Polypodium*.



**Figure 1.** Location of the Sierra of Zapalinamé, in the state of Coahuila, northeastern Mexico (25°N)

### ***Vegetation sampling***

We estimated vegetation attributes by sampling sixty-six sites, located along altitudinal gradients in canyons where oak species dominate the canopy. At each site, we established a circular 500 m<sup>2</sup> plot, where all shrubs were registered and identified, and all tree with diameter at breast height (DBH)  $\geq$  3 cm were counted, identified and measure (Olvera-Vargas et al., 1996). Taxonomic identities of collected plant specimens were determined and vouchers deposited at ANSM herbarium. For species names, we followed the checklist of native vascular plants of Mexico (Villaseñor, 2016).

Plot position and elevation were measured using a global position system (GPS; Etrex, Garmin Ltd., Olathe, KS). Chemical and physical soil factors were based on bulk samples taken from 0-30 cm depth. The soil samples were mixed, dried, and sifted through a 2 mm sieve; debris and stones were eliminated. Texture (sand, clay and silt) was determined by bouyoucos hydrometer. Organic matter content was determined by the ignition technique, and pH was measured in a soil-water ratio of 1:5 extract. Soil nitrogen, phosphorus, potassium and electrical conductivity were determined.

Climatic data were obtained by interpolation from a linear regression analysis using records for the last 10 years from 45 weather stations adjacent to the study area in order to have a greater variation for the study site (Terwin, 2007). Quantitative information was taken from database records from CONAGUA (2014). The variables used were: altitude based on a digital terrain model (INEGI, 2013) as an independent variable, and annual average temperature and precipitation as dependent variables, and thus the digital model of the average annual precipitation and mean annual temperature values was obtained.

### ***Statistical analysis***

Classification of the forests was based on the density of 69 woody species present in the 66 plots. The vegetation assemblages were classified using

WinTWINS Cluster Analysis (Two-way indicator species analysis, TWINSpan for Windows) version 2.3 (Hill & Šmilauer, 2005). TWINSpan is a tool to classify samples by species composition. It constructs an ordered two-way table from a site-by-species matrix which shows species synecological relations.

For ordination, detrended correspondence analysis (DCA) (Hill & Gauch, 1980) was performed to analyze how species composition changed along the main gradient. Basic statistical methods according to Zar (1984) were implemented using the SPSS computer package (SPSS, 1997). To reveal the relationship of the DCA axis I scores of the plots with altitude and edaphic variables, we obtained the Pearson correlation coefficient among these variables.

We used canonical correspondence analysis (CCA) to examine the distribution and relationship between species and edaphic, climatic and topographic factors (ter Braak, 1987). The analysis was based on the density values of 69 woody species, 66 sampling plot and five environmental variables. To test the significance of the eigenvalue of the first axis and to select the environmental variables explaining species composition, manual forward selection through a Monte Carlo permutation test with 499 permutations ( $P < 0.05$  significance) was performed. The manual forward selection was performed by selecting the variables that explained the greatest inertia (ordered by CANOCO) of the total inertia of the CCA axis 1. For carry out ordination analysis we used package CANOCO version 4.5 software (ter-Braak & Šmilauer, 2002).

For each oak association, we calculated the basal area and density of tree and shrubs. Using the density of species in the samples, we obtained an evenness index according to Magurran (2004). Finally, for ten environmental variables (elevation, soil pH, soil organic matter content, percentage of sand, silt, clay, nitrogen, phosphorus and potassium, as well as soil electric conductivity) and for the structural attributes in each oak association, a Student's t-test was performed to compare sites; significance was declared at  $P < 0.05$ .

## Results

The woody flora of the oak forests was dominated by species that have Holarctic links, comprising 69 species (19 trees species and 50 shrubs species), in 24 families. The most diverse families were Asteraceae (11 species), Fagaceae (11) and Rosaceae (9). The shrub species in these oak forests are also found in adjacent communities such as the montane chaparral (17 species), and a few in the rosetophyllous scrub, pine and fir forests.

Based on TWINSPAN, two oak associations were discriminated: first, *Quercus greggii* - *Q. mexicana* association and second, with *Quercus saltillensis* - *Q. laeta* association. In general, site conditions were characterized by moderate slopes, because they are located at canyons, with an average of depth of soils of 20 - 50 cm, abundant litter and low rockiness. The variables altitude, precipitation, ambient temperature, soil pH, soil electric conductivity, percentage of sand, clay and silt of soil presented significant differences ( $P < 0.05$ ) between the two associations (Table 1. ).

**Table 1.** Mean and standard deviation of environmental variables for two oak associations clustered from TWINSPAN. Differences between the two associations were compared with a **Student's t-test (t)**.

	<i>Que gre - Que mex</i>	<i>Que sal - Que lae</i>	<i>t</i>	<b>P</b>
Altitude (m)	2441.9 ± 91.1	2177.2 ± 106.0	10.696	<0.05
Precipitation (mm)	524.1 ± 23.9	459.25 ± 24.48	10.513	<0.05
Temperature (°C)	14.62 ± 0.33	15.59 ± 0.39	-10.635	<0.05
Organic matter (%)	5.29 ± 2.21	5.96 ± 2.36	-1.151	<i>n.s.</i>
Nitrogen (mg/kg)	0.26 ± 0.11	0.30 ± 0.12	-1.180	<i>n.s.</i>
Phosphorus (mg/kg)	12.67 ± 3.91	12.46 ± 2.62	0.232	<i>n.s.</i>
Potassium (mg/kg)	185.5 ± 52.9	170.83 ± 26.85	1.263	<i>n.s.</i>
Soil pH	6.24 ± 0.76	7.02 ± 0.49	-4.470	$P < 0.05$
Electric conductivity (meq/100 g)	0.34 ± 0.10	0.44 ± 0.08	-3.821	$P < 0.05$
Sand (%)	49.17 ± 9.38	43.58 ± 11.35	2.153	$P < 0.05$
Clay (%)	19.38 ± 5.40	30.33 ± 9.59	-5.949	$P < 0.05$
Silt (%)	31.48 ± 6.62	26.08 ± 7.74	2.990	$P < 0.05$

*Que gre - Que mex* = *Quercus greggii* - *Quercus saltillensis*

*Que sal - Que lae* = *Quercus laeta* - *Quercus mexicana*

*n.s* non-significant

The soil pH showed significant differences between the *Quercus greggii* - *Q. mexicana* association (mean 6.24; medium acidity) and the *Quercus saltillensis* - *Q. laeta* association (mean 7.02; neutral). Soils in the sampled plots had more than 4% organic matter, and were, therefore, extremely rich in this component. This property is correlated with the amount of N in soils, and the plots had above 0.25% of total N, and were considered rich in this element. The P content of soils was poor, with values of 9 - 16 mg/kg, and the K content was medium, with 101-200 mg/kg. The soils were deemed non-saline, with low electrical conductivity values (less than 2.5 mmhos/cm).

Regarding the biotic variables of these oak forests, the density of trees and shrubs, DBH and total richness did not differ between the two associations. However, significant differences ( $P < 0.05$ ) were observed in basal area for the tree species (Table 2. ).

**Table 2.** Mean  $\pm$  standard deviation for structural attributes including species richness and diversity for woody species in both oak forests. Differences between both forests were compared with a **Student's t-test**.

	<i>Que gre - Que mex</i>	<i>Que sal - Que lae</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
Diameter at 1.30 m (cm)	10.019 $\pm$ 1.39	9.40 $\pm$ 1.29	1.75	<i>n.s.</i>
Basal area (m <sup>2</sup> /ha)	21.9 $\pm$ 3.9	16.5 $\pm$ 6.7	4.13	<0.01
Density trees (ind/ha)	2323.8 $\pm$ 746.7	2231.7 $\pm$ 843.2	0.46	<i>n.s.</i>
Density shrubs (ind/ha)	3374.3 $\pm$ 2443.9	3194.2 $\pm$ 1724.7	0.32	<i>n.s.</i>
Species richness	14.95 $\pm$ 4.1	17.13 $\pm$ 4.8	-1.94	<i>n.s.</i>
Evenness	0.70	0.76		

*Que gre - Que mex* = *Quercus greggii* - *Quercus saltillensis*

*Que sal - Que lae* = *Quercus laeta* - *Quercus mexicana*

*n.s* non-significant

Species woody richness and evenness were higher in the *Quercus saltillensis* - *Q. laeta* association. The average DBH in both associations was less than 10 cm. *Quercus mexicana* had a mean diameter of 14 cm, and *Q. saltillensis* 13 cm. *Pinus greggii* reached up to 54 cm in diameter, however, its density was low (36 individuals/ha), and grows in these forests with more humidity. The basal area and density of oak trees species were 8.78 m<sup>2</sup>/ha and 1,459.52 ind/ha for *Quercus greggii*, 5.14 m<sup>2</sup>/ha, 261.90 ind/ha for *Q. mexicana*, 6.54 m<sup>2</sup>/ha, 790.48



ind/ha for *Q. saltillensis* and 6.58 m<sup>2</sup>/ha, 469.52 ind/ha for *Q. laeta*. The first two species are abundant in plots with higher total densities and basal areas.

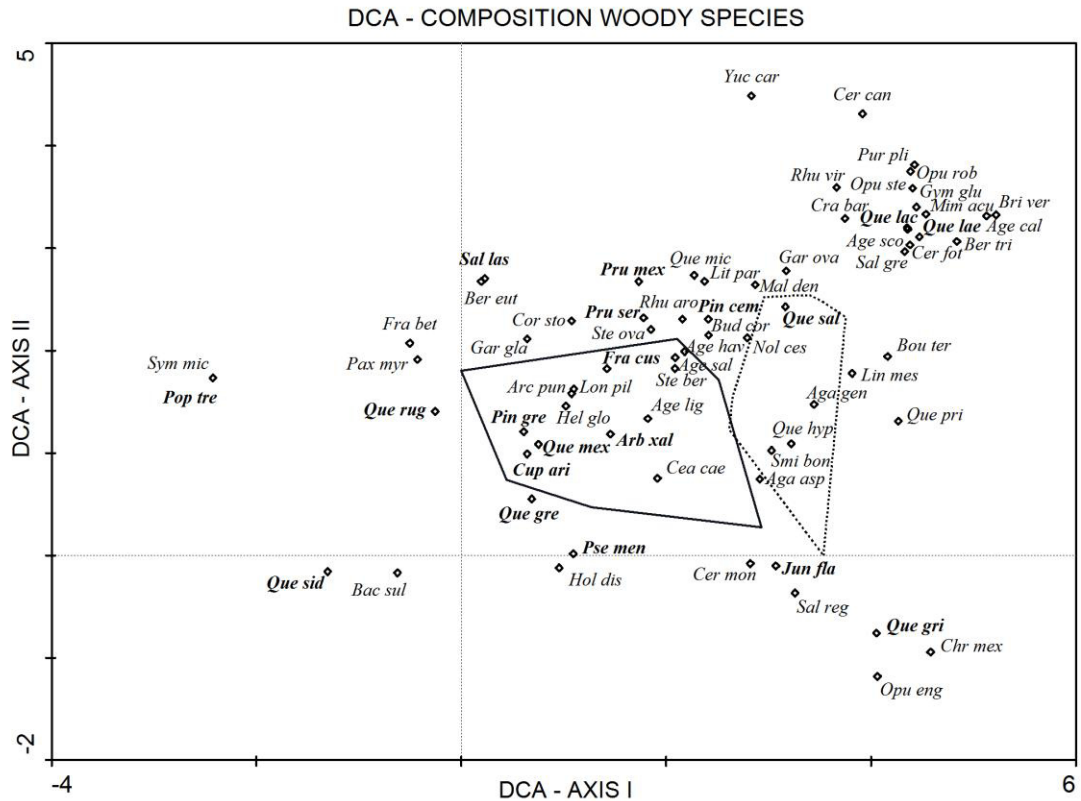
The density of shrubs was higher in the *Quercus greggii* - *Q. mexicana* forest, with 40 species, dominated by *Garrya glaberrima*, *Ageratina saltillensis* and *A. ligustrina* with 1,475 ind/ha, which represents 44.60% of the total vegetation density. The *Quercus saltillensis* - *Q. laeta* forest was the richest with 48 species, where the dominant shrubs were *Ageratina saltillensis*, *Salvia regla* and *Stevia berlandieri*, with 1,174 ind/ha, which represented 35.50% of the total vegetation density.

We graphically presented axis I (eigenvalue of 0.612 and a cumulative percentage of variance of 17.9%) and axis II (eigenvalue of 0.278 and a cumulative percentage of variance of 26%) of the DCA (with a total inertia of 3.418). Ordination of species with DCA, based in woody species density, revealed two clusters of sites that represent centroid of both oak forests (Figure 2). The environmental variables such as temperature ( $r^2 = 0.96$ ), precipitation ( $r^2 = 0.93$ ), altitude ( $r^2 = 0.72$ ), soil pH ( $r^2 = 0.31$ ), percentage of clay ( $r^2 = 0.29$ ), soil electric conductivity ( $r^2 = 0.23$ ), percentage of silt ( $r^2 = 0.11$ ), had significant correlation ( $P < 0.01$ ) with axis I.

The floristic group represented by high richness shrub species, was tightly clustered with high scores on axis I. *Quercus saltillensis*, *Q. laeta* and *Q. laceyi* were abundant in canyons and hillside at low elevations, close to 2,000 m, this formation it was the driest forest, includes shrubs species of xeric affinity belonging to genera *Cercocarpus*, *Mimosa*, *Agave* and *Opuntia*, common in adjacent scrublands. In contrast, the other major floristic gradient, which was richer in tree species, was across a mesic zone of our study area and appeared close to the center of the ordination diagram. This floristic group was evenly distributed with low scores on axis I and dominated by *Quercus greggii* - *Q. mexicana* growing at an average elevations of 2,400 m; it included tree and shrub species that grow in humid and temperate canyons like genera *Pinus*,

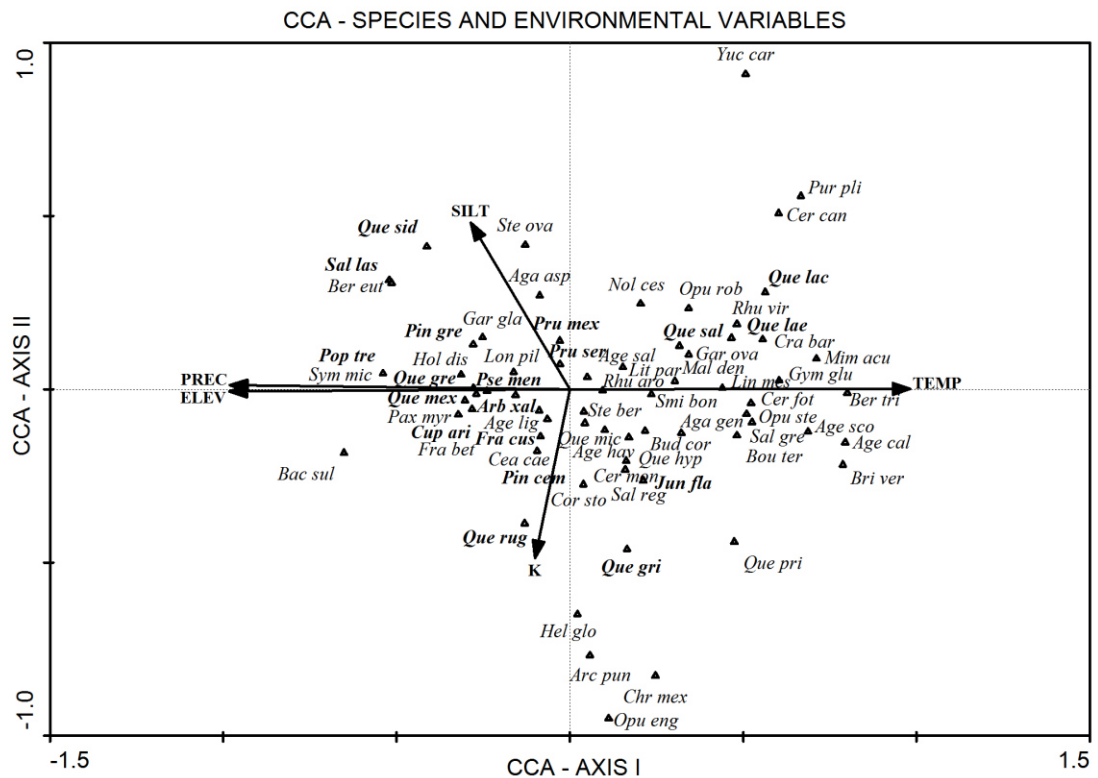
*Arbutus* and *Cupressus*, and shrubs such as *Garrya*, *Holodiscus* and *Lonicera* (Figure 2).

Only five of the 12 initial environmental variables analyzed were selected by the forward selection ( $P < 0.05$ ): these were elevation, precipitation, temperature, and soil physicochemical variables as K and percentage of silt. Cumulative percentage variance of the species-environment relationship for axes 1 and 2 was 77.8, indicating that most of the information was concentrated on the first two axes. Considering the correlations of environmental variables with axes, the first CCA axis was positively and strongly correlated with ambient temperature ( $r = 0.89$ ) and negatively and strongly correlated with altitude ( $r = -0.89$ ) and precipitation ( $r = -0.89$ ), suggesting a topographic-temperature gradient from low slopes with highest temperatures to high canyons with lowest temperatures (Figure 3). The second axis was positively correlated with soil texture, percentage of silt ( $r = 0.34$ ) and negatively correlated with K ( $r = 0.34$ ). The test of significance for the first canonical axis was significant ( $P < 0.002$ ).



**Figure 2.** DCA showing 69 woody species of oak forest in Sierra of Zapalinamé, tree species appears in bold. Dashed line polygon encloses *Quercus saltillensis* - *Q. laeta* association and dots line polygon encloses *Quercus greggii* - *Q. mexicana* forest. A complete checklist of species appears in Appendix 2.

*Ageratina saltillensis*, *Stevia berlandieri* and *Arbutus xalapensis* were the most widely distributed and abundant species across the oak forests, were placed close to the center of the ordination diagram. This clearly showed their generalist behavior, in contrast to species such as *Quercus sideroxyla*, *Q. grisea* and *Q. rugosa* which were further away from the center of the CCA biplot, we consider that they have greater habitat specificity, based on their locally restricted geographic distribution.



**Figure 3.** Canonical correspondence analysis (CCA) for woody species present in the study site and the five most significant environmental variables affecting vegetation. Abbreviations of the species use the first three letters of the genus and plant species name (see acronyms in the Appendix A). ELEV elevation, PREC average precipitation, TEMP average temperature, SILT percentage of silt and K Potassium

## Discussion

In the oak forests of Sierra of Zapalinamé, most woody species registered have holarctic affinities (Rzedowski, 1965), with few autochthonous genus of the families Cactaceae, Agavaceae and Rosaceae common in the arid zones in northern Mexico (Rzedowski, 1991b). All species are native and 15 of them are endemic to Mexico (Villaseñor, 2016). Most of the plant species are found in temperate forests, montane chaparral and xerophytic scrub in the Gran Sierra Plegada physiographic subprovince in Coahuila (Villarreal-Quintanilla, 2001).

The richness of vascular plant is highest in the oak forest *Quercus saltillensis* - *Q. laeta* (Encina-Domínguez et al., 2007) also in this association the soil pH and

temperature are higher. Similar findings were registered by Chytrý et al. (2007) in forests at relatively warm sites with a high-soil pH at continental southern Siberia. We observed that the number of tree species decreased with lower elevation, but the number of shrub species increased. The greatest shrub richness in the *Quercus saltillensis* - *Q. laeta* association, since it is located in a transition zone with the montane chaparral (Encina-Domínguez et al., 2007). It has a more open canopy, and therefore, has more genera of xeric affinity, similar findings has been registered by Vásquez & Givnish (1998) they consider that the occurrence of this pattern is because forests growing in low altitudes are more deciduous, exhibit greater open canopy, allowing more light into the understorey, resulting in a drier environment.

In the study area most oak are sympatric *Quercus* species, coexisting in pairs of oak between distantly related species, belonging to *Quercus* and *Lobatae* sections, similar patterns are reported for oak forest in west-central (Olvera-Vargas et al., 2010) and central Mexico (Aguilar-Romero et al., 2016). This richness differs from other montane oak forests of northeastern Mexico, which are usually dominated by 2 or 3 oak tree species, with average trunk diameters of 19 to 22 cm and densities between 220 and 240 stems/ha (Briones-Villarreal, 1991; Muller-Using, 1994). An exception occurs in forests of the Northeastern Coastal Plain, Coahuila, dominated by *Quercus fusiformis*, with an average DBH of 44 cm, basal area of 21.91 m<sup>2</sup>/ha and a density of 231 individuals/ha (Encina-Domínguez et al., 2011b). The difference in richness is because Sierra of Zapalinamé offers a greater topographic variability and consequently ampler conditions for establishment more oak species.

Several studies have reported that oak species distribution is affected by variation in temperature, precipitation or soil moisture gradients and nutrients (Aguilar-Romero et al., 2016; Diaz-Maroto et al., 2007), conditioning the communities in which these species are dominant. The most important environmental variables associated with the observed patterns of floristic composition in the oak forests studied were altitude, soil pH and percentage of

silt. Elevation was the most important determinant because it acts as a combination of other ecological factors with a more direct action on the distribution of plant species (Arévalo et al., 2012). Based on ordination analysis, in the study area *Quercus* species were distributed in an altitudinal gradient, from *Q. saltillensis* and *Q. laeta* at lower altitudes, *Q. greggii* and *Q. mexicana* at medium altitudes and *Q. sideroxylla* at the highest elevations, confirming the specialist behavior of *Quercus* species with regard to altitude (Olvera-Vargas et al., 2010). Altitude gradient was also an important factor determining patterns of floristic composition in oak forest in west-central Mexico (Olvera-Vargas et al., 2010) and in the northern Oaxaca range in Mexico (Meave et al., 2006).

The chemical properties of soils are affected by the underlying geological material, climatic and biotic factors, which determine soil fertility (Mengel & Kirkby, 2001). In the study area forests had a very high organic matter. The soil pH was from moderate acid reaction to neutral, these values are close to values reported for oak forests of México, which in general have soil pH between 5.5 and 6.5, with abundant litter and high organic matter content (Rzedowski, 2006). Possibly, the little difference of pH values was associated with levels of precipitation reported for the two oak forest. It is well known that high rainfall provokes an increased leaching of Ca and Mg, allowing the pH to decrease (Merry, 2009).

The low values of density and basal area recorded in this study could be related to soil nutrient contents, because plant growth is conditioned by macronutrients (Havlin et al., 2014). Broad-leaved deciduous forests are believed to be limited by P (Axmanová et al., 2011). In the forests studied, soil N supply was not limiting, but P levels were low and K levels were medium. P in soil for both forests studied was low, which agree with findings by Díaz-Maroto et al. (2007), who mention that this probably can be explained because the oak stands studied were mature and had not undergone any change in land use. But, perhaps more important, is the low rainfall, because this mountain is located near the Chihuahuan Desert Region (Henrickson & Johnston, 1986) which is

characterized by low to moderate rainfall. According to Rzedowski (2006), most oak forests in Mexico grow in areas with rainfall greater than 600 mm, reaching 1,500 mm or more in neotropical montane oak forest, which have high basal areas and densities, including the oak forest highlands of Chiapas (González-Espinosa et al., 2006) and northern Oaxaca (Meave et al., 2006), and the humid montane oak forests of west Mexico (Olvera-Vargas et al., 2010).

In the study area the distribution of the two oak forest associations was influenced mainly by altitude, temperature, and precipitation as revealed by the CCA analysis. The differences in basal area and density in oak forest studied can be attributed by such environmental variability, which differs throughout forests. This may be related to a combination of a higher stem density with larger diameters of such species, possibly correlated with highest rainfall. Similarly, in oak forests at central Mexico, Aguilar-Romero et al. (2016) observed a relationship between oak species distribution with temperature and precipitation.

The structure and composition of the Zapalinamé forests probably still reflect a carry-over effect of the past history of timber harvesting, including the major logging of oaks for railway sleepers in the late 19<sup>th</sup> century, and even the collection of beams, posts and poles throughout the early 20<sup>th</sup> century. In the forests studied, there are no recent records of logging, perhaps because of the difficult access to canyons. Anthropogenic intervention comes through livestock grazing and recreation. A major fire occurred in 1998 causing a decrease in the *Quercus saltillensis* - *Q. laeta* forest (Portes, 2001), with a quick expansion of montane chaparral.

Our results demonstrated the existence of a clear environmental gradient influence on the composition and structure of oak forests in the study area. A combination of landscape features (especially altitude), climatic variables, and some soil properties were very important in explaining the distribution of woody species. As a result of the ecological analysis in oak forests, we recommend, the ecological data shown here should be used for promoting the protection and

restoring the impacted areas. Efforts should concentrate on maintaining the species richness and structure in these forests.

**Acknowledgments** The senior author thanks to National Council on Science and Technology for a scholarship-loan to conduct these doctoral studies. We wish to thank the staff of the Zapalinamé protected area for support this research, especially Sergio C. Marines G. and Juan M. Cárdenas. We also thank Rafael H. Cárdenas, Julio Cesar Gómez and Zilmar A. Zamora for assistance during field data collection. Onofre Pastrana prepared the map and Cristobal Flores provides data of precipitation and temperature of study area. Thanks to Timothy Synnott for improving the English. We appreciate soils analysis realized by Antonio Ilizaliturri from the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Mexico. Many thanks to the Universidad de La Laguna (Spain) for their invaluable support during preparation of this paper.



## DISCUSIÓN GENERAL

La flora de la sierra de Zapalinamé registrada en este estudio muestra un incremento de 541 especies con respecto al listado florístico citado por Arce (1980) para el macizo montañoso. Representa el 28.71% de los 3,207 taxa estimados para el estado de Coahuila (Villarreal-Quintanilla, 2001). Se registraron 867 especies nativas de México, que representan el 3.71% con respecto a las 23,314 especies registradas por Villaseñor (2016), de este porcentaje 226 especies presentes en el área estudiada son endémicas de México.

Las familias Asteraceae, Poaceae y Fabaceae contienen la mayor riqueza de géneros y especies en el área estudiada, así como en la mayor parte de México (Rzedowski, 1991a; Villaseñor, 2003, 2004), se han utilizado como indicadores de diversidad en el país (Villaseñor et al., 2007). Las seis familias más diversas de plantas en el área están también entre las 15 familias más diversas en México (Villaseñor, 2003). Cactaceae, Euphorbiaceae y Rubiaceae, de abundancia considerable en México, también están bien representadas en esta región montañosa.

Como parte de la riqueza florística están presentes diez especies endémicas del sureste de Coahuila y áreas adyacentes (Villarreal-Quintanilla & Encina-Domínguez 2005), sin embargo, solo *Ageratina villarrealii* es endémica para la sierra de Zapalinamé (Turner, 2010) con distribución restringida al bosque de oyamel del Cerro El Penitente a 3,100 m de altitud (Encina-Domínguez et al., 2008). Las especies en el área de estudio conocidas de uno o pocos ejemplares pueden considerarse raras (Rabinowitz et al., 1986), bajo este concepto se presentan 21 especies. Debido a su rareza en el área protegida, se deben implementar programas de monitoreo para determinar su distribución actual y abundancia con el objetivo de promover su protección.

Se registraron 54 especies no nativas y naturalizadas de acuerdo al criterio de CONABIO (2015). Se identificaron malezas eurasiáticas asociadas con

alteraciones antropogénicas, como *Asphodelus fistulosus*, *Bassia scoparia*, *Eruca sativa*, *Reseda luteola*, *Salsola kali* y *Sisymbrium altissimum* (CONABIO, 2015; Villaseñor y Espinosa García, 2004). Para la sierra de Zapalinamé se han reportado 21 especies provenientes de África, Eurasia y el Mediterráneo con potencial para colonizar e invadir las comunidades vegetales (Valdés-Reyna et al., 2010). Las especies de Poaceae son las más comunes, incluye *Arundo donax*, *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana*, *Eragrostis lehmanniana* y *Melinis repens*, recolectadas en áreas con disturbio por actividades humanas. Estas especies han sido documentadas como invasoras en otras partes de México (CONABIO, 2015). Considerando la influencia humana en el área de estudio, algunas de estas especies podrían incrementar sus poblaciones en el mediano plazo y afectar la biodiversidad local.

De acuerdo a la clasificación de las provincias florísticas de México (Rzedowski, 2006), el área de estudio se ubica en la zona de transición entre dos regiones y dos provincias: Sierra Madre Oriental (Región Mesoamericana de Montaña) y Altiplanicie (Región Xerofítica Mexicana). Por lo anterior, en el área de estudio se presenta una proporción significativa de géneros con afinidad geográfica Neártica (Rzedowski, 1965, 1991b), por lo que la flora presenta un vínculo holártico. Algunos elementos de las zonas áridas de América del Norte, especialmente arbustos y hierbas, son comunes. Además, se registraron varios géneros con afinidad Neotropical.

En cuanto a las relaciones florísticas, géneros típico de climas fríos con afinidad Neártica se registraron en elevaciones más altas. Las afinidades fitogeográficas muestran que los árboles son los dominantes en la mayoría de los bosques templados fríos en el noreste (Estrada-Castillón et al., 2013; Salinas-Rodríguez et al., 2013) y en el centro de México (Rzedowski y Rzedowski, 2005). Por su parte los matorrales xerófilos tienen un gran número de géneros autóctonos que se han adaptado a condiciones áridas comunes en el norte de México (Rzedowski, 1991b).

El paisaje de la sierra de Zapalinamé está dominado por bosque de pino piñonero y chaparral montano, comunidades que tienen amplia distribución y además ocupan la mayor superficie. Esto se atribuye a que el macizo montañoso se localiza en la zona de transición entre la Sierra Madre Oriental y la Altiplanicie, de esta forma favorece que confluyan floras de clima templado frío, además de las zonas áridas del norte de México (Rzedowski, 1991b). Su ubicación además de una topografía irregular contribuyen a la formación de variadas comunidades vegetales. Los tipos de vegetación como bosque de *Quercus*, bosque de coníferas, matorral xerófilo y pastizal reportados para México por Rzedowski (2006) están presentes en el área estudiada a través de ocho comunidades vegetales.

En el área de estudio los bosques ocupan el 33.78%, de estos el bosque de pino piñonero (Ortiz-Badillo, 2010), ocupa 8,690 ha (19.82%), por ello es la comunidad más abundante. El bosque de encino se establece en el fondo de cañones con mayores condiciones de humedad (Encina-Domínguez et al., 2009), ocupa una superficie de 633 ha (1.44%). La presencia de comunidades boscosas está condicionada por la altitud, bajas temperaturas y humedad disponible. El chaparral montano (Muller, 1947) es la comunidad arbustiva con mayor distribución en el área, por ello, presenta más asociaciones de especies, tres son citadas por Arce & Marroquín (1985), las cuales son: Matorral denso inerme parvifolio de rosáceas, matorral de manzanita y matorral de encinos arbustivos.

En el macizo montañoso de Zapalinamé la distribución de las comunidades vegetales está condicionada por la altitud, con influencia directa en la precipitación y temperatura, además de aspectos del microrrelieve como la posición y exposición topográfica, lo cual concuerda con lo reportado por Ramírez-Martínez (1998) quién menciona que el bosque de encino crece en cañones en altitudes de 2,200 a 2,400 m, el bosque de oyamel en elevaciones de 2,800 a 3,000 m, por su parte el matorral desértico rosetófilo es propio de

laderas con exposición sur, mientras que el zacatal y matorral desértico micrófilo se distribuyen en valles que rodean el macizo montañoso.

Las comunidades vegetales de la sierra de Zapalinamé, presentan evidencias de impactos debido a la influencia humana, a través de aprovechamientos forestales, libre pastoreo y recreación desordenada, la cual ha sido más intensa en los últimos 100 años, actualmente existe fuerte presión de la mancha urbana de las ciudades de Saltillo y Arteaga (Synnott, 2013; Valdés-Dávila, 2008; Valdés-Dávila et al., 2013). Los incendios ocurridos son el principal disturbio (Meganck et al., 1981; Portes, 2001), su ocurrencia se incrementará con el aumento de la presión por espacios urbanos aledaños al área protegida (UAAAN, 1998). La acción del fuego ha reducido de forma significativa la superficie del bosque de pino, bosque de encino y bosque de oyamel, varios de estos a finales del siglo pasado (Portes, 2001), por lo que las comunidades presentan diferentes grados de fragmentación.

En general en las zonas boscosas donde han ocurrido incendios, se establecen chaparral montano y/o matorral desértico rosetófilo, que corresponden a etapas serales en la dinámica de esa vegetación posterior a un disturbio. En la exposición noroeste del macizo montañoso aledaña a la ciudad de Saltillo, la cubierta vegetal está dominada por el chaparral montano, esto es debido a los incendios recurrentes que han eliminado gran parte de los bosques de encino, pino y oyamel y las especies arbustivas que dominan este matorral son buenos colonizadores después de la ocurrencia de incendios (obs. pers.).

Las áreas agrícolas de la zona de amortiguamiento, se localizan en los valles intermontanos con suelos profundos. En el área de estudio la actividad agrícola inició desde finales del siglo XIX (Favret-Tondato, 2013). Su establecimiento ocasionó la disminución del Zacatal. En la sierra de Zapalinamé es la vegetación más fragmentada, ocupa una superficie de 1,976 ha, lo que representa el 4.54% de la zona montañosa. Algunas comunidades como el Bosque de pino piñonero de *Pinus cembroides*, ha reducido su superficie debido a los fraccionamientos campestres (Synnot, 2013), los cuales continúan

en aumento. Es común el establecimiento de casas-habitación entre zonas arboladas. El chaparral montano ha sido afectado por el incremento de la zona urbana de la ciudad de Saltillo y Arteaga (Gómez-Pérez et al., 2011; Portes, 2001) y por la apertura de bancos de material, ambos cambios de uso del suelo eliminan por completo la cubierta vegetal.

Al comparar la superficie de algunas comunidades vegetales obtenidas en el presente estudio con las referidas por el Plan de manejo de la sierra de Zapalinamé (UAAAN, 1998) se aprecia que en los últimos 19 años los bosques de pino y de oyamel presentaron una disminución de la superficie. Esto puede atribuirse al cambio de uso del suelo o sustitución por matorrales, sin embargo, en estas comunidades no se tienen registros de afectación de tal superficie (Marines-Gómez com. pers.). Estas diferencias pueden ser debido a la metodología implementada en este estudio y al mayor detalle en la digitalización. Las áreas agrícolas y asentamientos humanos, varios de ellos irregulares, además de fraccionamientos campestres, incrementaron su superficie ocupada, demostrando una mayor presión de la población para el cambio de uso del suelo.

En la sierra de Zapalinamé las comunidades más vulnerables a desaparecer del macizo montañoso debido a su escasa superficie ocupada son el zacatal, vegetación riparia y bosque de oyamel, la primera amenazada por el sobrepastoreo y ampliación de la frontera agrícola. La disminución o desaparición de la vegetación riparia por desecamiento de manantiales y aumento de especies invasoras. El bosque de oyamel es vulnerable a los incendios forestales, así como al ataque de plagas y enfermedades, como se ha registrado en este tipo de bosques en el sur de Coahuila (Encina-Domínguez, 2015), por lo que podría ser sustituido por chaparral montano.

En los bosques de encino de la Sierra de Zapalinamé, la riqueza de especies leñosas es mayor en el bosque de *Quercus saltillensis* - *Q. laeta* (Encina-Domínguez et al., 2007), además, en este el pH del suelo y la temperatura son mayores. Resultados similares fueron reportados por Chytrý et al. (2007) para

bosques en sitios relativamente cálidos con un alto pH del suelo en el sur de Siberia. El número de especies de árboles disminuyó al decrecer la altitud, sin embargo, el número de especies arbustivas se incrementó. La mayor riqueza de arbustos se presenta en el bosque de *Quercus saltillensis* - *Q. laeta*, debido a que se localiza en la zona de transición con el chaparral montano (Encina-Domínguez et al., 2007). Estos bosques tienen un dosel más abierto, lo que permite se establecen más especies de afinidad xérica, hallazgos similares han sido registrados por Vásquez & Givnish (1998).

Varios estudios han reportado que la distribución de las especies de encino es afectada por la variación en la temperatura, precipitación o gradiente de humedad del suelo y nutrientes (Aguilar-Romero et al., 2016, Díaz-Maroto et al., 2007), condicionando las comunidades en las que estas especies son dominantes. Las variables ambientales más importantes asociadas con los patrones de composición florística en los bosques de encino estudiados fueron la altitud, así como el pH y porcentaje de limo en el suelo. La altitud fue la variable más importante debido a que actúa como una combinación de otros factores ecológicos con acción directa sobre la distribución de las especies (Arévalo et al., 2012). A partir del análisis de ordenación, en el área de estudio, las especies de *Quercus* se distribuyeron en un gradiente altitudinal, confirmando el comportamiento especialista de las especies de *Quercus* con respecto a la altitud (Olvera-Vargas et al., 2010).

Los bajos valores de densidad y área basal registrados en los bosques de encino podrían estar relacionados con el contenido de nutrientes del suelo, debido a que el crecimiento de las plantas está condicionado por macronutrientes (Havlin et al., 2014). En estos bosques el suministro de Nitrógeno del suelo no fue limitante, pero los niveles de Fósforo fueron bajos y de Potasio fueron medios. Pero tal vez es más importante la baja precipitación, ya que el macizo montañoso se localiza cerca del Desierto Chihuahuense (Henrickson & Johnston, 1986), que se caracteriza por lluvias bajas a moderadas. De acuerdo con Rzedowski (2006), la mayoría de los bosques de

encino en México crecen en áreas con precipitación superior a 600 mm, alcanzando 1,500 mm o más en el sureste de México, entre estos, los bosques ubicados en los Altos de Chiapas, los cuales poseen alta densidad y área basal (González-Espinosa et al., 2006).

De acuerdo al análisis de correspondencia canónica, en el área de estudio, la distribución de las dos asociaciones del bosque de encino estuvo influenciada por la altitud, temperatura y precipitación. Las diferencias en el área basal y densidad del arbolado pueden atribuirse a esta variabilidad ambiental, que difiere a través de los bosques. Esto puede estar relacionado con una combinación de una mayor densidad de árboles con diámetros mayores para tales especies, correlacionada con mayor precipitación. De manera similar, en los bosques de encino del centro de México, Aguilar-Romero et al. (2016) observaron una relación entre la distribución de las especies de encino con respecto al gradiente de temperatura y la precipitación.

Se demuestra la existencia de un gradiente ambiental con influencia directa sobre la composición y estructura de los bosques de encino en la Sierra de Zapalinamé. Una combinación de características del paisaje (en especial la altitud), variables climáticas y algunas propiedades del suelo fueron importantes para explicar la distribución de las especies leñosas.

## CONCLUSIONES

1. La sierra de Zapalinamé se ubica en la zona de transición entre la Sierra Madre Oriental y la Altiplanicie Mexicana, por lo que la flora está integrada por una proporción significativa de géneros de afinidad geográfica neártica y presenta un vínculo holártico. Son importantes algunos géneros propios de las zonas áridas del norte de México, en especial especies arbustivas. Se presenta además una menor proporción de géneros de afinidad neotropical.
2. Se concluye que la flora del macizo montañoso está dominada por especies nativas de México, varias de ellas son endémicas para el estado de Coahuila, otras más se ubican en categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, alberga además, una elevada riqueza de orquídeas y cactáceas, por lo que el área protegida contribuye a la conservación de la diversidad biológica del estado.
3. Las comunidades vegetales se distribuyen a través de un gradiente altitudinal, el cual además del relieve, tienen influencia directa en la precipitación y temperatura. El bosque de pino piñonero y chaparral montano son las más abundantes en el área estudiada, por lo que el clima dominante es templado semiseco.
4. Se concluye que las comunidades como bosque de pino y bosque de oyamel han disminuido su superficie debido a la ocurrencia de incendios forestales, posterior a estas perturbaciones son reemplazados por el chaparral montano. El zacatal y la vegetación riparia son las más vulnerables a desaparecer del macizo montañoso debido la fuerte presión por actividades humanas.
5. El bosque de encino de la sierra de Zapalinamé es una comunidad que se distribuye en cañones, albergan un tercio de la flora leñosa del macizo montañoso. Está representado por dos asociaciones de este bosque, las



cuales son delimitadas por la humedad disponible. En el bosque más seco la riqueza de plantas arbustivas se incrementa, debido a infiltraciones de especies de afinidad xérica propias del chaparral montano.

6. Se concluye que la distribución de las especies leñosas en el bosque de encino ocurre a través de un gradiente de humedad. La composición y estructura están determinadas por la altitud, temperatura y precipitación, además de propiedades fisicoquímicas del suelo como Potasio y porcentaje de limo.
7. Se recomienda fomentar la conservación de la riqueza florística de la sierra de Zapalinamé, así como la restauración de las áreas impactadas y con ello asegurar la permanencia de los servicios ecosistémicos que proporcionan las comunidades vegetales del macizo montañoso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Romero, R. F., García-Oliva, F., Pineda-García F., Torres I., Peña-Vega E., Ghilardi A., & Oyama, K. (2016). Patterns of distribution of nine *Quercus* species along an environmental gradient in a fragmented landscape in central Mexico. *Botanical Sciences*, 94, 471–482.
- Akeroyd, J., & Synge, H. (1992). Higher plant diversity. In Groombridge, B. (Ed.) *Global biodiversity. Status of the earth's living resources* (pp. 64–87). London, UK: Chapman & Hall.
- Alba-Ávila, J. A. (2011). *Flora, vegetación y fitogeografía de la Sierra de Jimulco, Coahuila, México*. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León, México.
- Allioni, C. (1785). *Flora pedemontana sive enumeratio methodica stirpium indigenarum Pedemontii 1*. Augustae Taurinorum [Torino]: Excudebat Ioannes Michael Briolus.
- Allred, K., & Valdés-Reyna, J. (1995). Novelties and notes in North American *Aristida* (Gramineae). *Novon*, 5, 209–222. doi.org/10.2307/3392251
- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1–20. doi.org/10.1111/boj.12385
- Arce, G. L. (1980). *Adición al estudio de la vegetación y la florística del cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coah., México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.
- Arce, G. L., & Marroquín, J. S. (1985). Las unidades fisonómico-florísticas del Cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila, México. *Biótica*, 10, 369–393.
- Arévalo, J. R., Cortés-Selva, F., & Chiarucci, A. (2012). Ecological determinants of species composition in the forest vegetation of Tuscany, Italy. *Plant Ecology and Evolution*, 145, 323–331.

- Arias, S. (1993). Cactáceas: conservación y diversidad en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 44, 109–115.
- Arreguín-Sánchez, M. de la L., & Fernández, R. (2004). Flora de la Sierra Gorda, Querétaro. In I. Luna, J. J. Morrone, & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental* (pp. 193–214). México, D.F.: Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM-CONABIO.
- Austin, M. P., Pausas, J. G., & Nicholls, A. O. (1996). Patterns of tree species richness in relation to environment in southeastern New South Wales, Australia. *Australian Journal of Ecology*, 21, 154–164.
- Axmanová, I., Zelený, D., Li, C. F., & Chytrý, M. (2011). Environmental factors influencing herb layer productivity in Central European oak forests: insights from soil and biomass analyses and a phytometer experiment. *Plant Soil*, 342, 183–194.
- Baker, M. S. (1947). A new violet from Mexico. *Madroño*, 9(4), 131–133.
- Barbour, M. G., Burk J. H., Pitts W. D., Gilliam F. S., & Schwartz M. W. (1999). *Terrestrial plant ecology* (3rd ed.). Menlo Park, California, EUA: Benjamin-Cummings.
- Barneby, R. (1991). *Sensitivae Censitae: A description of the genus Mimosa Linnaeus (Mimosaceae) in the New World*. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 65, 1–835.
- Bartlett, H. H. (1935). Various *Palmae coryphea*e of Central America and Mexico. *Publications of the Carnegie Institution of Washington*, 461(2), 27–42.
- Behera, M. D., & Kushwaha, S. P. S. (2007). An analysis of altitudinal behavior of tree species in Subansiri district, eastern Himalaya. *Biodiversity and Conservation*, 16, 1851–1865.
- Bezaury-Creel, J., & Gutiérrez-Carbonell, D. (2009). Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México. In *Capital Natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 385-431). México, D.F.: CONABIO.

- Blake, S. F. (1913). Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University, No. 41. II. A revision of *Encelia* and some related genera. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, 49, 346–396.
- Bolli, R. (1994). Revision of the genus *Sambucus*. *Dissertationes Botanicae*, 223, 1–227.
- Bonpland, A. J. A. (1809). Voyage de Humboldt et Bonpland. In A. von Humboldt, A. Bonpland, A. Poiteau, F. Schoell, & P. J. F. Turpin (Eds.). *Plantes Équinoxiales*. 2.F. Schoell, Paris, Francia. doi.org/10.5962/bhl.title.460
- Briones-Villarreal, O. L. (1991). Sobre la flora, vegetación y fitogeografía de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas. *Acta Botanica Mexicana*, 16, 15–43.
- Briones, O., & Villarreal-Q., J. A. (2001). Vegetación y flora de un ecotono entre las provincias del Altiplano y de la Planicie Costera del Noreste de México. *Acta Botanica Mexicana*, 55, 39–67.
- Britton, N. L., & Rose, J. N. (1922). Two new genera of Cactaceae. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 49, 251–252. doi.org/10.2307/2480247
- Britton, N. L., & Rose, J. N. (1923). The Cactaceae, descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Publication No. 248, Volume IV. Washington, D.C., EUA: Carnegie Institution of Washington. doi.org/10.5962/bhl.title.46288
- Candolle, A. P. de (1836). *Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis, sive enumeratio contracta Ordinum, Generum, Specierumque Plantarum huc usque cognitarum, juxta methodi naturalis normas digesta; Auctore Aug. Pyramo de Candolle. Pars Quinta [Vol. 5] Sistens Calycereas et Compositarum tribus priores*. Sumptibus Sociorum Treuttel et Würtz, Parisiis [Paris], venitque in eorumdem bibliopolio, Argentorati [Strassburg]. doi.org/10.5962/bhl.title.286
- Candolle, A. L. P. P. de (1868). *Coniferæ. Pinus*. In A. L. P. P. de Candolle (Ed.), *Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis, sive enumeratio contracta Ordinum, Generum, Specierumque Plantarum huc usque*

- cognitarum, juxta methodi naturalis normas digesta; Editore et pro parte Auctore Alphonso de Candolle. Pars Decima Sexta [Vol. 16] Sectio Posterior [Part 2] Sistens Cupuliferas, Salicineas, Gymnospermas, etc. Sumptibus Victoris Masson et filii, Parisiis [Paris], venitque apud eosdem Lipsiæ [Leipzig], procurante F. Wagner (pp. 377–431). doi.org/10.5962/bhl.title.286*
- Cassini, A. H. G. de (1825). Obéliscaire, *Obeliscaria*. In F. Cuvier (Ed.), *Dictionnaire des sciences naturelles*. Vol. 35. (pp. 272–278). Le Normant, Paris.
- Cavanilles, A. J. (1794). *Icones et descriptiones plantarum, quae aut sponte in Hispania crescunt, aut in hortis hospitantur*: volumen III. Matriti: Ex Regia Typographia (Eius operas dirigente Lázaro Gayguer). Madrid, España.
- Challenger, A., & Dirzo, R. (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad. In *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 37-73). México, D.F.: CONABIO.
- Christenhusz, M. J. M., Zhang, X-C., & Schneider, H. (2011a). A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. *Phytotaxa*, 19, 7–54. doi.org/10.11646/phytotaxa.19.1.2
- Christenhusz, M. J. M., Reveal, J. L., Farjon, A., Gardner, M. F., Mill, R. R., & Chase, M. W. (2011b). A new classification and linear sequence of extant gymnosperms. *Phytotaxa*, 19, 55–70. doi.org/10.11646/phytotaxa.19.1.3
- Chytrý, M., Danihelka, J., Ermakov, N., Hájek, M., Hájková, P., Kočí, M., ... Valachovič, M. (2007). Plant species richness in continental southern Siberia: effects of pH and climate in the context of the species pool hypothesis. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 668–678.
- Columbus, J. T. (1999). An expanded circumscription of *Bouteloua* (Gramineae: Chloridoideae): new combinations and names *Aliso*, 18(1), 61–65.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2014). Consultado 15-09-2016. Bases de datos de la CONAGUA/SIGA. Subgerencia de información geográfica del agua, en <http://www.siga.cna.gob.mx>

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2015). Consultado 15-07-2015. Malezas de México, en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/paginas/lista-plantas-generos.htm>
- Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas (CONANP). (2016). Consultado 19-06-2017. Areas naturales protegidas, en <http://www.conanp.gob.mx/regionales/>
- Coulter, J. M. (1894). Preliminary revision of the North American species of *Cactus*, *Anhalonium*, and *Lophophora*. *Contributions from the United States National Herbarium*, 3(2), 91–132.
- Coville, F. V. (1893). *Botany of Death Valley expedition*. Contributions from the United States National Herbarium, Volumen 4.
- Dávila, A. P., Mejía-Saulés, M. T., Gómez-Sánchez, M., Valdés-Reyna, J., Ortiz, J. J., Morín, C., Castrejón, J., & Ocampo, A. (2006). *Catálogo de las gramíneas de México*. México, D.F.: UNAM-CONABIO.
- Dávila, P., Benítez, H., Barrios, Y., Cruz-Angón, A., & Alvarez-Girard, N. (2011). Definition and insertion of the GSPC in the political context of Mexico. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 166, 326–330.
- Davis, H. B. (1936). *Life and work of Cyrus Guernsey Pringle*. Burlington, New Jersey, EUA: University of Vermont.
- Decaisne, J. (1880). Réponse aux critiques de M. Th. Wenzing relativement à mon Mémoire sur les Pomacées. In L. Van Houtte (Ed.), *Flore des serres et des jardins de l'Europe. Annales Générales d'Horticulture* 23(7–9, pp. 152–157).
- Diario Oficial. (1937). Decreto que declara Zona Protectora Forestal una porción de la serranía de Zapalinamé, en Saltillo, Coahuila. Departamento forestal y de caza y pesca. *Diario Oficial. Órgano del gobierno constitucional de los Estados Unidos Mexicanos*. México, D.F. Tomo C, No. 6, 12–13.

- Díaz-Maroto, I. J., Fernández-Parajes, J., & Vila-Lameiro, P. (2007). Chemical properties and edaphic nutrients content in natural stands of *Quercus pyrenaica* Willd. in Galicia, Spain. *Eurasian Soil Science*, 40, 522–531.
- Don, G. (1831). *A General History of the Dichlamydeous Plants, comprising complete descriptions of the different orders; together with the characters of the genera and species, and an enumeration of the cultivated varieties; their places of growth, time of flowering, mode of culture, and uses in medicine and domestic economy; the scientific names accentuated, their etymologies explained, and the classes and orders illustrated by engravings, and preceded by introductions to the Linnæan and natural systems, and a glossary of the terms used: the whole arranged according to the natural system. Vol. 1.—Thalamifloræ*. London, England: Printed for J. G. and F. Rivington.
- Eggleston, W. W. (1907). New North American Crataegi. *Torrey*, 7(2), 35–36.
- Eggleston, W. W. (1909). The Crataegi of Mexico and Central America. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 36(9), 501–514. doi.org/10.2307/2479290
- Encina-Domínguez, J. A. (2015). Estructura y composición de especies de los bosques de *Abies vejarii* Martínez en Coahuila, México. In M.R. Pineda-López, L.R. Sánchez-Velásquez & J.C. Noa-Carranza (Eds.), *Ecología, biotecnología y conservación del género Abies en México* (pp. 43-58). España: Editorial Académica Española.
- Encina-Domínguez, J. A., Zárate-Lupercio, A., Valdés-Reyna, J., & Villarreal-Quintanilla, J. A. (2007). Caracterización ecológica y diversidad de los bosques de encino de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 81, 51–63.
- Encina-Domínguez, J. A., Encina-Domínguez, F. J., Mata-Rocha, E., & Valdés-Reyna, J. (2008). Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 83, 13–24.

- Encina-Domínguez, J. A., Zárate-Lupercio, A., Estrada-Castillón, E., Valdés-Reyna, J., & Villarreal-Quintanilla, J. A. (2009). Composición y aspectos estructurales de los bosques de encino de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Acta Botanica Mexicana*, 86, 71–108.
- Encina-Domínguez, J. A., Encina-Domínguez, F. J., & Mata-Rocha, E. (2011a). Ecología del bosque de *Ostrya virginiana* (Betulaceae) de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 5(1), 305–310.
- Encina-Domínguez, J.A., Mata-Rocha E., Meave J. A., & Zárate-Lupercio A. (2011b). Community structure and floristic composition of *Quercus fusiformis* and *Carya illinoensis* forests of the Northeastern Coastal Plain, Coahuila, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 607–622.
- Encina-Domínguez, J. A., Gómez-Pérez, S. G., & Valdés-Reyna, J. (2012). Composición florística y ecología del matorral submontano de rosáceas de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Journal of the Botanical Research Institution of Texas*, 6(1), 143–156.
- Encina-Domínguez, J. A., & Valdés-Reyna, J. (2013). Vegetación de la Sierra de Zapalinamé. In A. Arizpe-Narro (Ed.), *Sierra Zapalinamé. Guía para conocer y valorar el área protegida de la Sierra de Zapalinamé* (pp. 57–72). Saltillo, Coahuila, Mexico: Elementocero ediciones.
- Encina-Domínguez, J. A., Valdés-Reyna J., & Villarreal-Quintanilla J. A. (2014). Estructura de un zacatal de toboso (*Hilaria mutica*: Poaceae) asociado a sustrato ígneo en el Noreste de Coahuila, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 8(2), 583–594.
- Encina-Domínguez, J. A, Estrada-Castillón E., Villarreal-Quintanilla J. A., Villaseñor J. L., Cantú-Ayala C. M., & Arévalo J. R. (2016) Floristic richness of the Sierra de Zapalinamé, Coahuila, Mexico. *Phytotaxa*, 283(1), 1–42.
- Engelmann, G. (1856). Cactaceae. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, 3, 260–314.



- Engler, A. (1880). Diagnosen neuer Burseraceae und Anacardiaceae. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, 1(1), 41–47.
- Epling, C. (1939). A revision of *Salvia*, subgenus *Calosphace*. Feddes Repertorium Specierum Novarum Regni Vegetabilis, *Beiheft*, 110, 1–383.
- Enríquez-Enríquez, E. D., Koch S. D., & González-Elizondo M. S. (2003). Flora y vegetación de la Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas, México. *Acta Botanica Mexicana*, 64, 45–89.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2011). ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, California, EUA.
- Estrada-Castillón, E., & Villarreal-Quintanilla, J. A. (2010). Flora del centro del estado de Chihuahua, México. *Acta Botanica Mexicana*, 86, 71–108.
- Estrada-Castillón, E., Villarreal-Quintanilla, J. A., Salinas-Rodríguez, M. M., Rodríguez-González, H., Jiménez-Pérez, J., & García-Aranda, M. A. (2013). Flora and phytogeography of Cumbres de Monterrey national park, Nuevo León, México. *Journal of the Botanical Research Institution of Texas*, 7(2), 771–801.
- Estrada-Castillón, E., Arévalo, J. R., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Salinas-Rodríguez, M. M., Encina-Domínguez, J. A., González-Rodríguez H., & Cantú Ayala, C. M. (2015). Classification and ordination of main plant communities along an altitudinal gradient in the arid and temperate climates of northeastern Mexico. *Science Nature*, 102, 59–70.
- Favret-Tondato, R. C. (2013). Apropiación de los recursos naturales y producción en el territorio de la sierra de Zapalinamé. In A. Arizpe-Narro (Ed.), *Sierra Zapalinamé. Guía para conocer y valorar el área protegida de la Sierra de Zapalinamé* (pp. 89–101). Saltillo, Coahuila, Mexico: Elementocero ediciones.
- Fernandes-Abreu, M., Rodrigues-Pinto, J. R., Maracahipes, L., Gomes, L., Almeida de Oliveira, E., Schwantes-Marimon, B., ... Lenza, E. (2012). Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop *cerrado* areas in

- Serra Negra, Goiás State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 35, 259–272.
- Fischer, H. S., Michler, B., & Ewald, J. (2014). Environmental, Spatial and Structural Components in the Composition of Mountain Forest in the Bavarian Alps. *Folia Geobotanica*, 49, 361–384.
- Flores-Hernández, C. (2015). *Estructura y Diversidad del Matorral Desértico Rosetófilo de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Fournier, E. (1886). *Mission scientifique au Mexique et dans L'Amérique centrale*. Mexicanarum plantarum enumeratio Vol. 2.
- Franco, J. M. do Amaral (1950). *Abies*. *Boletim da Sociedade Broteriana, sér. 2* 24: 73–76.
- Freeman, C. C., & Barkley, T. M. (1995). A synopsis of the genus *Packera* (Asteraceae: Senecioneae) in Mexico. *Sida*, 16(4), 699–709.
- Fulton, M. G. (1944). *Diary and letters of Josiah Gregg: southwestern enterprises, 1847-1850*. Norman, Oklahoma, EUA: University of Oklahoma Press.
- García-Sánchez, F., Aguirre-Rivera, Juan R., Villanueva-Díaz, J., & García-Pérez, J. (1999). Contribución al conocimiento florístico de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. *Polibotánica*, 10, 73–103.
- García-Sánchez, C. A., Sánchez-González, A., & Villaseñor, J. L. (2014). La familia Asteraceae en el parque nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. *Acta Botanica Mexicana*, 106, 97–116.
- Gentry, H. S. (1998). *Agaves of Continental North America*. Tucson, Arizona, EUA: The University of Arizona Press.
- Giménez de Azcárate, J., & González-Costilla, O. (2011). Pisos de Vegetación de la Sierra de Catorce y territorios circundantes (San Luis Potosí, México). *Acta Botanica Mexicana*, 94, 91–123.
- Gómez-Pérez, S. G., Zárate-Lupercio A., Valdés-Reyna J., & Villarreal-Quintanilla J. Á. (2011). Cambio de Uso de Suelo del Matorral

- Submontano de Rosáceas y Áreas Adyacentes de la Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coah., México. *Agraria, Nueva Epoca*, 8, 24–29.
- Gómez-Sánchez, M., Suárez-Martínez A. L., & Martínez-Montes E. I. (2011). Análisis florístico de un pastizal del estado de Querétaro, México. *Journal Botanical Research Institute of Texas*, 5(2), 707–717.
- González-Elizondo, M. S., González-Elizondo, M., & Cortés-Ortiz, A. (1993). Vegetación de la reserva de la biófera "La Michilía" Durango, México. *Acta Botanica Mexicana*, 22, 1-104.
- González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., & Galindo-Jaimes, L. (2006). Secondary succession in montane pine-oak forests of Chiapas, Mexico. In: M. Kappelle (Ed.), *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forest* (pp. 209–221). Berlin Heidelberg, Germany: Ecological Studies Vol. 185, Springer-Verlag
- González-Ledezma, M., Koch, S. D., & Gómez-Sánchez, M. (1998). Two new species of *Festuca* (Gramineae: Pooideae) from Mexico. *Novon*, 8, 147–151. doi.org/10.2307/3391986
- González-Medrano, F. (2003). *Las comunidades vegetales de México*. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT.
- Gordon, G. (1875). *The Pinetum: being a synopsis of all the coniferous plants at present known, with descriptions, history and synonyms, and a comprehensive systematic index*. (2d. edition). Covent Garden, London, England: Henry C. Bohn, Henrietta Street.
- Gould, F. W., & Kapadia, Z. J. (1962). The new *Bouteloua* from the southwest. *The Southwestern Naturalist*, 7(3–4), 176–181. doi.org/10.2307/3668839
- Gould, F. W., & Kapadia, Z. J. (1964). Biosystematic studies in the *Bouteloua curtispindula* complex. II. Taxonomy. *Brittonia*, 16(2), 182–207. doi.org/10.2307/2805095
- Graham, R. (1828). Description of several new or rare plants, which have flowered in the neighbourhood of Edinburgh, chiefly in the Royal Botanic Garden, during the last three months. *The Edinburgh New Philosophical Journal*, 5, 169–176.

- Gray, A. (1849). *Plantae Fendlerianae Novi-Mexicanae: An Account of a Collection of Plants Made Chiefly in the Vicinity of Santa Fe, New Mexico, by Augustus Fendler; with Descriptions of the New Species, Critical Remarks, and Characters of Other Undescribed or Little Know Plants from Surrounding Regions. Memoirs of the American Academy of Arts and Science, new series, 4(1), 1–116.*
- Gray, A. (1852). *Plantae Wrightianae Texano-Neo-Mexicanae. Smithsonian Contributions to Knowledge, 3(5), 1–146.*
- Gray, A. (1854). *Plantae novae thurberianae. Memoirs of the American Academy of Arts and Science, 5, 297–328.*
- Griffiths, D. (1912). The gramma grasses: *Bouteloua* and related genera. *Contributions from the United States National Herbarium, 14, 343–428.*  
[doi.org/10.5962/bhl.title.53625](https://doi.org/10.5962/bhl.title.53625)
- Grubov, V. I. (1949). Trudy Botanicheskogo Instituta Akademii Nauk S S S R. Ser. 1, Flora i Sistematika Vysshikh Rastenii. Moscow & Leningrad 8.
- Guerrero-Campo, J., Alberto, F., Hodgson, J., García-Ruiz, J. M., & Montserrat-Martí, G. (1999). Plant community patterns in a gypsum area of NE Spain. I. Interactions with topographic factors and soil erosion. *Journal of Arid Environments, 41, 401–410.*
- Gutiérrez, J., & Solano, E. (2014). Afinidades florísticas y fitogeográficas de la vegetación del municipio de San José Iturbide, Guanajuato, México. *Acta Botanica Mexicana, 107, 7–65.*
- Hall, M. T. (1971). A new species of *Juniperus* from Mexico. *Fieldiana, Botany, 34(4), 45–53.* [doi.org/10.5962/bhl.title.960](https://doi.org/10.5962/bhl.title.960)
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D. (2014). *Soil Fertility and Fertilizers: An introduction to nutrient management (8a ed.)*. New Jersey, EUA: Prentice Hall, Inc.
- Hemsley, W. B. (1880). *Diagnoses plantarum novarum vel minus cognitarum Mexicanarum et Centrali-Americanarum, part 3*. London, England: Taylor & Francis.

- Hemsley, W. B. (1881). *Biologia Centrali-Americana*; or contributions to the knowledge of the fauna and flora of Mexico and Central America. *Botany*, 2(8), 1-576.
- Henrickson, J., & Johnston, M. C. (1986). Vegetation and community types of the Chihuahuan Desert. In J. C. Barlow, A. M. Powell & B. N. Timmermann (Eds.), *Second Symposium on Resources of the Chihuahuan Desert Region, United States and Mexico* (pp. 20–39). Alpine, Texas, EUA: Chihuahuan Desert Research Institute. Sul Ross State University.
- Henrickson, J., & Johnston, M. C. (1997). *A flora of the Chihuahuan Desert Region*. (preliminar version). Los Angeles, California, EUA: Published by J. Henrickson.
- Hernández, L. (1995). Taxonomic study of the Mexican genus *Hemiphylacus* (Hyacinthaceae). *Systematic Botany*, 20(4), 546–554.
- Hess, W. J., & Henrickson, J. (1987). A taxonomic revision of *Vauquelinia* (Rosaceae). *Sida*, 12, 101–163.
- Hill, M. O., & Gauch, H.J. Jr (1980). Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. *Vegetatio*, 42, 47–58.
- Hill, M. O., & Šmilauer, P. (2005). *TWINSPAN for Windows version 2.3*. Huntingdon and České Budějovice, Czech Republic: Centre for Ecology and Hydrology & University of South Bohemia.
- Hitchcock, A. S. (1891). A catalogue of the Anthophyta and Pteridophyta of Ames, Iowa. *Transactions of the Academy of Science of St. Louis*, 5(3–4), 477–532.
- Huerta-Martínez, F. M., Vázquez-García, J. A., García-Moya, E., López-Mata, L., & Vaquera-Huerta, H. (2004). Vegetation ordination at the southern Chihuahuan Desert (San Luis Potosi, Mexico). *Plant Ecology*, 174, 79–87.
- Instituto Coahuilense de Ecología (ICE). (2001). *Ordenamiento Ecológico de Coahuila, México*. Saltillo, Coahuila, Mexico: Gobierno de Coahuila.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2013). *Continúo de modelos digitales de elevación LIDAR de terreno con resolución de 15 m*. México.
- Johnston, M. C., Nixon, K., Nesom, G. L., & Martínez, M. (1989). Listado de plantas vasculares conocidas de la Sierra de Guatemala, Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Biotam*, 1, 21–53.
- Kiger, R. W. (2001). New combinations in *Pthemeranthus* Rafinesque (Portulacaceae). *Novon*, 11, 319–321. doi.org/10.2307/3393037
- King, R. M., & Robinson, H. E. (1970). Studies in the Eupatorieae (Compositae). XIX New combinations in *Ageratina*. *Phytologia*, 19(4), 208–229.
- Koch, K. H. E. (1873). *Dendrologie: die Cupuliferen, Coniferen und Monocotylen* 2. Erlangen, Berlin.
- Körner, C. (2007). The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in Ecology & Evolution*, 22, 569–574.
- Kunth, K. (1830). *Distribution méthodique de la famille Des Graminées*. Graminearum genera. Révision des Graminées Vol. 1.
- Kunth, C. S. (1820). Botanique, In: Humboldt, F.W.H.A. von, Bonpland, A.J.A. & Kunth, C.S., *Nova Genera et Species Plantarum quas in peregrinatione ad plagam æquinoctialem orbis novi collegerunt, descripserunt, partim adumbraverunt Amat. Bonpland et Alex. de Humboldt. Ex schedis autographis Amati Bonplandi in ordinem digessit Carol. Sigismund. Kunth. Accedunt Tabulæ Æri incisæ, et Alexandri de Humboldt notationes ad geographiam plantarum spectantes. Tomus Quartus [Vol. 4], pars 6*. Sumptibus Librariæ Græco-Latino-Germanicæ, Lutetiæ Parisiorum [Paris], pp. 1-312, tt. 301-412. doi.org/10.5962/bhl.title.640
- Kunth, C. S. (1823). Botanique, In: Humboldt, F.W.H.A. von, Bonpland, A.J.A. & Kunth, C.S., *Nova Genera et Species Plantarum quas in peregrinatione ad plagam æquinoctialem orbis novi collegerunt, descripserunt, partim adumbraverunt Amat. Bonpland et Alex. de Humboldt. Ex schedis autographis Amati Bonplandi in ordinem digessit Carol. Sigismund. Kunth. Accedunt Tabulæ Æri incisæ, et Alexandri de Humboldt notationes*

- ad geographiam plantarum spectantes. Tomus Sextus [Vol. 6]*, Lutetiæ Parisiorum. Apud Gide Filum, Bibliopolam, [Paris].
- Liebmann, F. M. (1854). Om Egeslaegten i America. In M. C. Johan (Ed.), *Oversigt over det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger og dets Midlemmers Arbejder* (pp. 159–189). Kjobenhavn, Copenhagen.
- Lindley, J. (1839). Miscellaneous notices: Mexican pines. *Edwards's Botanical Register*, 25, 62–64.
- Linnaeus, C. (1753). *Caroli Linnæi. Species Plantarum, exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum Systema Sexuale digestas*. Tomus I [et II]. Cum Privilegio S. R. M:tis Sueciæ & S. R. M:tis Polonicæ ac Electoris Saxon. Impensis Laurentii Salvii, Holmiæ [Stockholm]. doi.org/10.5962/bhl.title.669
- Linnaeus, C. (1771). *Car. a Linné Equ. Aur. Mantissa Plantarum Altera Generum editionis VI. & Specierum editionis II*. Cum Privilegio S:æ R:æ M:tis Sveciæ & Electoris Saxon. Impensis Direct. Laurentii Salvii, Holmiæ [Stockholm] (pp. 143–587).
- Link, J. H. F., & Otto, C. F. (1827). Ueber die Gattungen *Melocactus* und *Echinocactus*, nebst Beschreibung und Abbildung der imKönigl. botanischen Garten bei Berlin befindlichen Arten. *Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gartenbaues in den Königlich Preussischen Staaten* 3: 412–432.
- Llorente-Bousquets, J., & Ocegueda, S. (2008). Estado del conocimiento de la biota. In *Capital natural de México vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 283–322). México, D.F.: CONABIO.
- López-Aguillón, R. (1981). Espectro de tribus de gramíneas en el cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

- Lot, A., & Chiang, F. (1986). *Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*. México, D.F.: Consejo Nacional de la Flora de México, A.C.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford, UK: Blackwell Science.
- Marroquín, J. S. (1976a). Vegetación y florística del nordeste de México. I. Aspectos sinecológicos en Coahuila. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 36, 69–101.
- Marroquín, J. S. (1976b). Vegetación y florística del nordeste de México. II. El bosque decíduo templado. Compilaciones y adiciones. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 37, 103–132.
- Marroquín, J. S., Borja L. G., Velázquez C. R., & de la Cruz J. A. (1981). *Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México* (2a ed.). México, D.F.: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Martens, M., & Galeotti, H. G. (1845). *Enumeratio synoptica plantarum phanerogamicum ab Henrico Galeotti in regionibus Mexicanis collectarum. Solanaceae. Bulletin de l'Academie Royale des Sciences et Belles-lettres de Bruxelles*, 12, 129–149.
- Martínez, M. (1942). Tres especies nuevas mexicanas del género *Abies*. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 13(2), 621-634.
- Martínez, M. (1945). Las pináceas mexicanas. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 16, 1–345.
- Maxon, W. R. (1916). Systematic investigations in lichens and ferns, grasses and other phanerogams. Studies of tropical ferns No. 6. *Contributions from the United States National Herbarium*, 17(7), 541–607.
- McVaugh, R. (1956). *Edward Palmer. Plant explorer of the American West*. Norman, Oklahoma, EUA: University of Oklahoma Press.
- Meave, J. A., Rincón, A., & Romero-Romero, M. A. (2006). Oak forests of the hyper-humid region of La Chinantla, Northern Oaxaca range Mexico. In



- M. Kappelle (Ed.), *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forest* (pp. 113–125). Berlin Heidelberg, Germany: Ecological Studies Vol. 185, Springer-Verlag
- Meganck, R. A., Carrera J., Rodríguez F. C., & Serrato V. C. (1981). *Plan de Manejo para el uso múltiple del cañón de San Lorenzo*. Saltillo, Coahuila, Mexico: UAAAN-OEA.
- Melchert, T. E., & Turner, B. L. (1990). New species, names, and combinations in mexican *Bidens* (Asteraceae:Coreopsidae). *Phytologia*, 68, 20–31.
- Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2001). *Principles of plant nutrition* (5th ed.). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
- Merry, R. H. (2009). Acidity and alkalinity of soils. In A. Sabljic (Ed.), *Environmental and Ecological Chemistry*. Vol 2 Encyclopedia of Life Support Systems. Paris, Francia.
- Mez, C. C. (1889). *Lauraceae Americanae monographice descriptae*. Jahrbuch des Königlichen Botanischen Gartens und des Botanischen Museums zu Berlin Vol. 5.
- Miller, P. (1768). *The gardeners dictionary: containing the best and newest methods of cultivating and improving the kitchen, fruit, and flower garden, and nursery, as also for performing the practical parts of agriculture, including the management of vineyards, with the methods of making and preserving wine, according to the present practice of the most skilful vignerons in the several wine countries in Europe, together with directions for propagating and improving, from real practice and experience, all sorts of timber trees*. London: *The eighth edition*. Printed for the author. Unpaged. doi.org/10.5962/bhl.title.541
- Miranda, F. y Hernández-X., E. (2013). *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. México, D.F.: Sociedad Botánica de México. CONABIO. Fondo de Cultura Económica. Ediciones Universitarias. Edición conmemorativa.
- Mirbel, C. F. B. de (1825). Distribution géographique des conifères. *Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle*, 13, 68–76.

- Mittermeier, R. A. (1988). Primate diversity and the tropical forest: case studies from Brazil and Madagascar and the importance of megadiversity countries. In E.O. Wilson (Ed.), *Biodiversity*. Washington, DC: National Academy Press.
- Mittermeier, R. A., & Goettsch, de M. C. (1992). La importancia de la diversidad biológica de México. In J. Sarukhán, & R. Dirzo (Eds.), *México ante los retos de la biodiversidad* (pp. 63–73). México, D.F.: CONABIO.
- Mosco, A. & Zanovello, C. (1997). *Neolloydia gautii* Benson: A tangled taxonomic history and two new combinations. *Bradleya; Yearbook of the British Cactus and Succulent Society*, 15, 77–83.
- Muldavin, E. H., Harper G., Neville P., & Wood S. (2014). A vegetation classification of the Sierra del Carmen, U.S.A. and México. In C.A. Hoyt, & J. Karges (Eds.), *Proceedings of the Sixth Symposium on the Natural Resources of the Chihuahuan Desert Region* (pp. 117–150). Fort Davis, Texas, EUA: Chihuahuan Desert Research Institute.
- Muller, C. H. (1939). Relation of the vegetation and climatic types in Nuevo Leon, Mexico. *American Midland Naturalist*, 21, 687–729.
- Muller, C. H. (1947). Vegetation and climate in Coahuila. *Madroño*, 9, 33–57.
- Muller-Using, B. (1994). Contribuciones al conocimiento de los bosques de encino y pino-encino en el Noreste de México. Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N.L., México. Reporte Científico Especial No. 14.
- MVSP (2016). Multi-Variate statistical Package, version 3.13.
- Nees von Esenbeck, C. G. D. (1832). *Genera et species Asterearum. Recensuit, descriptionibus et animadvertationibus illustravit, synonyma emendavit*.
- Nees von Esenbeck, C. G. D. (1841). *Florae Africae Australioris Illustrationes Monographicae* 1. Sumtibus Prausnitzianis, Glogów.
- Nixon, K. C. (1993). The genus *Quercus* in Mexico. In T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, & J. Fa (Eds.), *Biological diversity of Mexico: origins and distribution* (pp. 447-458). New York, EUA: Oxford University Press.

- Nuttall, T. (1837). Collections towards a flora of the Territory of Arkansas. *Transactions of the American Philosophical Society, new series*, 5(6[3]), 139–204.
- Olvera-Vargas, M., Moreno-Gómez, S., & Figueroa-Rangel, B. L. (1996). *Sitios permanentes para la investigación silvícola. Manual para su establecimiento*. Guadalajara, México: Libros del Instituto Manantlán. Universidad de Guadalajara.
- Olvera-Vargas, M., Figueroa-Rangel, B. L., & Vázquez-López, J. M. (2010). Is there environmental differentiation in the *Quercus* dominated forests of west-central Mexico?. *Plant Ecology*, 211, 321–335.
- Ortiz-Badillo, R. M. (2010). *Estructura y diversidad del bosque de Pinus cembroides Zucc. de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Otto, E. (1864). *Hamburger Garten- und Blumenzeitung. Eine Zeitschrift für die Garten-und Blumenfreunde* Vol. 20.
- Oviedo, J. L. (1980). *Inventario de las alternativas de transformación de especies forestales de la sierra de Zapalinamé*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Periódico Oficial (1996). Decreto del Área Natural Protegida, con Carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, un Área de la Serranía conocida como Zapalinamé. *Periódico Oficial del Gobierno del estado de Coahuila*. Saltillo, Coahuila, México. Tomo CIII, No. 83, 69–75.
- Persoon, C. H. (1805). *Synopsis Plantarum seu Enchiridium Botanicum, complectens enumerationem systematicam specierum hucusque cognitarum. Curante Dr. C. H. Persoon. Pars Prima [Vol. 1]*. Apud Carol. Frid. Cramerum, Parisiis Lutetiorum [Paris], apud J. G. Cottam, Tubingæ [Tübingen] doi.org/10.5962/bhl.title.638
- Pfeiffer, L. (1837). *Enumeratio Diagnostica: Cactearum*.

- Pinkava, D. J. (1984). Vegetation and flora of the Bolson of Cuatro Ciénegas region, Coahuila, México: IV. Summary, endemism and corrected catalogue. *Journal Arizona-Nevada Academy Sciences*, 19, 23–47.
- Piper, C. V. (1905). New and interesting American grasses. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 18(24), 143–150.
- Portes, V. L. (2001). Evaluación del cambio de uso de suelo y del paisaje regional en la sierra Zapalinamé. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 2, 41–51.
- Purpus, J. A. (1906). Monatschrift für Kakteenkunde: *Mammillaria chionocephala* J.A. Purpus. 16, 41–43.
- Rabinowitz, D., Cairns, S., & Dillon, T. (1986). Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. In M. E. Soule (Ed.), *Conservation biology: The science of scarcity and diversity* (pp. 182–204). Massachusetts, EUA: Sinauer, Sunderland.
- Rahayu, S. S., Rodzay, A. W., Kamariah, A. S., & Burslem, D. F. R. P. (2012). Habitat associations and community structure of dipterocarps in response to environment and soil conditions in Brunei Darussalam, northwest Borneo. *Biotropica*, 44, 595–605.
- Ramamoorthy, T. P. (1984). Notes on *Salvia* (Labiatae) in Mexico, with three new species. *Journal of the Arnold Arboretum*, 65, 135–143.
- Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A., & Fa, J. (Eds.). (1993). *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution*. Nueva York, EUA: Oxford University Press.
- Ramírez-Marcial, N., González-Espinosa, M., & Williams-Linera, G. (2001). Anthropogenic disturbance and tree diversity in montane rain forest in Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 154, 311–326.
- Ramírez-Martínez, J. C. 1998. *Un sistema de información geográfica para la identificación de los determinantes de la vegetación y usos del suelo en la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

- Rico-Arce, M. L., & Bachman, S. (2006). A taxonomic revision of *Acaciella* (Leguminosae, Mimosoideae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 63, 189–244.
- Rodríguez, G. A., Villarreal, J. A., & Valdés-Reyna, J. (1994). Vegetación y flora de la sierra de Parras, Coahuila. *Agraria*, 10, 79–109.
- Rose, J. N. (1903). Studies of Mexican and Central American Plants No. 3. *Contributions from the United States National Herbarium*, 8(1), 1–55.
- Roth, A. W. (1787). *Botanische Abhandlungen und Beobachtungen*. J. J. Winterschmidt, Nürnberg.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores. (2005). Flora fanerogámica del Valle de México. (2a. ed., 1a reimp.). Pátzcuaro, Michoacán, México: Instituto de Ecología, A.C. - CONABIO.
- Rzedowski, J. (1965). Relaciones geográficas y posibles orígenes de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 29, 121–177.
- Rzedowski, J. (1966). Vegetación del estado de San Luis Potosí. *Acta Científica Potosina*, 5, 5–291.
- Rzedowski, J. (1991a). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana*, 14, 3–21.
- Rzedowski, J. (1991b). El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botanica Mexicana*, 15, 47–64.
- Rzedowski, J. (1993). Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. In T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, & J. Fa (Eds.), *Biological diversity of Mexico: origins and distribution* (pp. 129–148). New York, EUA: Oxford University Press.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. (1a ed. digital). México, D.F.: CONABIO.
- Rzedowski, J. (2015). *Catálogo preliminar de las especies de árboles silvestres de la Sierra Madre Oriental*. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo complementario XXX. Pátzcuaro, Michoacán, México: CONABIO-Instituto Nacional de Ecología-CONACYT.

- Rzedowski, J., Medina-Lemos, R., & Calderón de Rzedowski, G. (2005). Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botanica Mexicana*, 70, 85–111.
- Salinas-Rodríguez, M. M., Estrada-Castillón, E., & Villarreal-Quintanilla, J. A. (2013). Flora and phytogeography of the canon de Iturbide, Nuevo Leon, Mexico. *Journal of the Botanical Research Institution of Texas*, 7(2), 803–819.
- Sánchez-González, A., & González, L. M. (2007). Técnicas de recolecta de plantas y herborización. In A. Contreras-Ramos, C. Cuevas-Cardona, I. Goyenechea, & U. Iturbide (Eds.), *La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad* (pp. 123-133). Pachuca, Hidalgo, México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Sánchez-González, A., López-Mata, L., & Vibrans, H. (2006). Composición y patrones de distribución geográfica de la flora del bosque de oyamel del cerro Tláloc, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 79, 67–78.
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Anta, S., & de La Maza, J. (2009). *Capital Natural de México: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de Sustentabilidad. Síntesis*. México, D.F.: CONABIO.
- Scheidweiler, M. J. F. (1838). *Descriptio diagnostica nunnularum cactearum, quæ a domino Galeotti in provinciis Potosi et Guanaxato regni Mexicani inveniuntur*. *Bulletins de l'Académie Royale des Sciences et Belles-lettres de Bruxelles*, 5(8), 491–497.
- Schilling, E. E., & Panero, J. L. (2002). A revised classification of subtribe Helianthinae (Asteraceae: Heliantheae). I. Basal lineages. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 140, 65–76. doi:10.1046/j.1095-8339.2002.00079.x

- Scott, A. J. (1978). A revision of the Camphorosmiodeae (Chenopodiaceae) *Feddes Repertorium*, 81(2-3), 101–119.
- Scribner, F. L. (1884). Arizona plants. *Botanical Gazette*, 9(12), 186–187.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 [http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFs\\_r/DO2454.pdf](http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFs_r/DO2454.pdf)
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). (1983). *Síntesis geográfica de Coahuila*. México, D.F.: Dirección General de Geografía e Informática.
- Seibert, J., Stendahl, J., & Sørensen, R. (2007). Topographical influences on soil properties in boreal forests. *Geoderma*, 141, 139–148.
- Seigler, D. S., & Ebinger, J. E. (2005). New combinations in the genus *Vachellia* (Fabaceae: Mimosoideae) from the New World. *Phytologia*, 87(3), 139–178.
- Shreve, F. (1942). Grassland and related vegetation in northern Mexico. *Madroño*, 6(6), 190–198.
- Small, J. K. (1901). Shrubs and trees of the southern states. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 28(6), 356–361.
- Small, J. K., & Rydberg, P. A. (1905). Saxifragaceae, Hydrangeaceae. *North American Flora*, 22(2), 108–178
- Smith, A. R., & Tejero-Díez, J. D. (2014). *Pleopeltis* (Polypodiaceae), a redefinition of the genus and nomenclatural novelties. *Botanical Sciences*, 92(1), 43–58. doi.org/10.17129/botsci.29
- Smithsonian institution (2015). Herbarium collection of the Smithsonian National Museum of Natural History. Washington, DC, USA. Consultado 15-04-2015 en <http://collections.nmnh.si.edu/search/botany/>
- Sosa, V., & De-Nova, J.A. (2012). Endemic angiosperm lineages in Mexico: hotspots for conservation. *Acta Botanica Mexicana*, 100, 293-315
- Sousa, S. M., & Delgado, S. A. (1993). Mexican Leguminosae: phytogeography, endemism, and origins. In T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, & J. Fa

- (Eds.), *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution* (pp. 459–511). New York, EUA: Oxford University Press.
- Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). (1997) *SPSS Base 7.5 Applications*. Guide/SPSS Inc, Chicago, Illinois, EUA.
- Standley, P. C. (1920). Six new species of plants from Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 33, 65–68.
- Standley, P. C. (1922). Trees and shrubs of Mexico (Fagaceae-Fabaceae). *Contributions from the United States National Herbarium*, 23(2), 171–515. doi.org/10.5962/bhl.title.15726
- Styles, B. (1993). Genus *Pinus*: A Mexican purview. In T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, & J. Fa (Eds.), *Biological diversity of Mexico: origins and distribution* (pp. 397–420). New York, EUA: Oxford University Press.
- Synnott, T. (2013). Los impactos ecológicos de los humanos en la Sierra de Zapalinamé. In A. Arizpe-Narro (Ed.), *Sierra Zapalinamé. Guía para conocer y valorar el área protegida de la Sierra de Zapalinamé* (pp. 247–260). Saltillo, Coahuila, Mexico: Elementocero ediciones.
- Swallen, J. R. (1950). New grasses from Mexico, Central America, and Surinam. *Contributions from the United States National Herbarium*, 29, 395-428.
- Swingle, W. T. (1916). The early European history and botanical name of the tree of heaven, *Ailanthus altissima*. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 6(14), 490–498.
- ter Braak, C.J.F. (1987). The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, 69, 69–77.
- ter Braak, C.J.F., & Šmilauer, P. (2002). *CANOCO reference manual and CanoDraw for windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power, Ithaca, New York, EUA.
- Thiers, B. (2011). Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium.<sweetgum.nybg.org/ih/> (consultado 10 de Agosto de 2015).



- Toledo-Garibaldi, M., & Williams-Linera, G. (2014). Tree diversity patterns in successive vegetation types along an elevation gradient in the Mountains of Eastern Mexico. *Ecological Research*, 29, 1097–1104.
- Torrey, J. (1859). *Report on the United States and Mexican Boundary. Botany*, 2(1), 1–270.
- Trelease, W. (1911). The desert group Nolineae. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 50, 404–442.
- Trelease, W. (1924). *The American oaks*. Washington, DC, EUA: Memoirs of the National Academy of Sciences Vol. 20.
- Trewin, B. (2007). *Función de las normales climatológicas en un clima cambiante*. Ginebra, Suiza: National Climate Centre. Australian Bureau of Meteorology. Organización Meteorológica Mundial.
- Tropicos, página web del Missouri Botanical Garden (2015). Consultado 15-06-2015 en <http://www.tropicos.org/>
- Turner, B. L. (1982). New taxa in *Verbesina* (Sect. *Verbesinaria*) from North-Central Mexico. *Southwestern Naturalist*, 27(3), 345–346. doi.org/10.2307/3670885
- Turner, B. L. (1991). Two new species of *Ageratina* (Asteraceae-Eupatorieae) from northeastern México. *Phytologia*, 71, 311–314.
- Turner, B. L. (2010). *Ageratina villarrealii* (Asteraceae: Eupatorieae), a new species from Sierra de Zapalinamé, Coahuila, Mexico. *Phytologia*, 92, 362–365.
- Turner, B. L., & Nesom, G. L. (1998). Biogeografía, diversidad y situación de peligro o amenaza de Asteraceae de México. In T.P. Ramamoorthy, A. Lot, & J. Fa (Eds.), *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución* (pp. 545–561). México, D.F.: Instituto de Biología, UNAM.
- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). (1998). *Programa de manejo de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Sierra de Zapalinamé”*. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Valdés-Dávila, C. (2008). El uso de los recursos naturales en Saltillo en documentos de archivo entre 1578 y 1920. In A. Fábregas-Puig, M. A.

- Nájera-Espinoza, & J. F. Román-Gutiérrez (Eds.), *Regiones y esencias. Estudio sobre la gran chichimeca. Seminario permanente de estudios de la gran Chichimeca* (pp. 107–114). Guadalajara, Jalisco, México.
- Valdés-Dávila, C., Niño-García, D. A., & Terry-Carrillo, E. A. (2013). Como utilizaron los habitantes de Saltillo sus recursos naturales. In A. Arizpe-Narro (Ed.), *Sierra Zapalinamé. Guía para conocer y valorar el área protegida de la Sierra de Zapalinamé* (pp. 75–87). Saltillo, Coahuila, Mexico: Elementocero ediciones.
- Valdés-Reyna, J., Encina-Domínguez, J. A., Villarreal-Quintanilla, J. A., Gómez-Pérez, S. G., & Mata-Rocha, E. (2010). *Guía de campo de las plantas invasoras de la sierra de Zapalinamé*. Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro,
- Valdés-Reyna, J. (2015). *Gramíneas de Coahuila*. México, D.F.: CONABIO.
- Valdez-Tamez, V., & Aguilar-Enríquez, M. L. (1983). El género *Quercus* en las unidades fisonómico - florísticas del Municipio de Santiago, Nuevo León, México. INIF-SARH. Bol. Tec. Num. 98.
- Valencia, A. S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75, 33–53.
- Valiente-Banuet, A., Flores-Hernández M., & Dávila P. (1998). The chaparral vegetation in Mexico under nonmediterranean climate: The convergent and Madrean-Tethyan hypotheses reconsidered. *American Journal of Botany*, 85, 1398–1408.
- Vásquez, G. J. A., & Givnish, T. J. (1998). Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlán. *Journal of Ecology*, 86, 999–1020.
- Vega-Mares, J. H., Estrada-Castillón, E., Villarreal-Quintanilla, J. A., & Quintana-Martínez, E. (2014). Flora of the halophytic grasslands in the valle de Janos, Chihuahua, México. *Journal of the Botanical Research Institution of Texas*, 8(1), 151–163.
- Villarreal-Q., J. A. (1983). *Malezas de Buenavista, Coahuila*. Saltillo, Coahuila, Mexico: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Villarreal-Q., J. A. (1989). A new species of genus *Prunus* subgenus *Amygdalus* (Rosaceae) from Coahuila, México. *Sida*, 13, 273–275.
- Villarreal-Q., J. A. (1994). Flora vascular de la Sierra de la Paila, Coahuila, México. *Sida*, 16, 109–138.
- Villarreal-Quintanilla, J. A. (2001). *Listados florísticos de México. XXIII. Flora de Coahuila*. México, D.F.: Instituto de Biología, UNAM.
- Villarreal-Q., J. A., & Valdés-R., J. (1992-93). Vegetación de Coahuila, México. *Revista de Manejo de Pastizales*, 6, 9–18.
- Villarreal-Quintanilla, J. A., & Encina-Domínguez, J. A. (2005). Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botanica Mexicana*, 70, 1–46.
- Villarreal-Quintanilla, J. A., & Estrada-Castillón, E. (2008). *Listados florísticos de México. XXIV. Flora de Nuevo León*. México, D.F.: Instituto de Biología, UNAM.
- Villaseñor, J. L. (1992). Los parques nacionales y otras áreas protegidas en la conservación de la riqueza florística. *Boletín del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara*, 1(3), 119–130.
- Villaseñor, J. L. (2003). Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia*, 28, 160–167.
- Villaseñor, J. L. (2004). Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75, 105–135.
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 559–902. doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017
- Villaseñor, J. L., & Espinosa-García, F. J. (1998). *Catálogo de Malezas de México*. México, D.F.: Instituto de Biología, UNAM-Fondo de Cultura Económica.
- Villaseñor, J. L., & Espinosa-García, F. J. (2004). The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions*, 10, 113–123. doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00059.x

- Villaseñor, J. L., Maeda, P., Rosell, J. A., & Ortiz, E. (2007). Plant families as predictors of plant biodiversity in Mexico. *Diversity and Distributions*, 13, 871–876. doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00385.x
- Walker, J. B., Sytsma, K. L., Treutlein, J., & Mink, M. (2004). *Salvia* is not monophyletic: implications for the systematics, radiation and ecological specialization of *Salvia* and tribe Menthae. *American Journal of Botany*, 91, 1115–1125.
- Watson, S. (1882). Contributions to American Botany. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, 17, 316–382. doi.org/10.2307/25138655
- Watson, S. (1883). Contributions to American botany. List of plants from Southwestern Texas and northern Mexico collected chiefly by Dr. E. Palmer in 1879-90. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, 18, 96–196.
- Weber, W. A., & Löve, Á. (1981). New combinations in the genus *Packera* (Asteraceae). *Phytologia*, 49(1), 44–50.
- Werdermann, E. (1933). *Blühende Kakteen und andere sukkulente Pflanzen 2. Band*. Verlag von J. Neumann - Neudamm und Berlin. Tafel 72.
- Wislizenus, M. D. (1848). *Memoir of a tour to Northern Mexico: connected with Col. Doniphan's Expedition in 1846 and 1847*. doi.org/10.5962/bhl.title.41509
- Wooton, E. O., & Standley, P. C. (1912). The grasses and grass-like plants of New Mexico. *Bulletin, New Mexico College of Agriculture and Mechanic Arts University, Agricultural Experiment Station*, 81, 1–175.
- Zamudio, S. (1988). Dos nuevas especies de *Pinguicula* (Lentibulariaceae) del centro y norte de México. *Acta Botanica Mexicana*, 3, 21–28.
- Zar, J. H. (1984). *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- Zizka, G. (1988). Revision der Melinideae Hitchcock (Poaceae, Panicoideae). *Bibliotheca Botanica*, 138, 1–149.

Zuccarini, J. G. (1832). Plantarum novarum vel minus cognitarum, quae in horto botanico herbarioque regio monacensi servantur, fasciculus I  
*Abhandlungen der Mathematisch-Physikalischen Classe der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften*, 1, 287–394.

## APÉNDICES

### Appendix 1. Checklist of vascular plants of sierra de Zapalinamé.

The specimens obtained in the study area were deposited mainly in the ANSM herbarium, and partial collections were deposited in MEXU, CFNL and TEX/LL. Only the herbaria are mentioned where the type specimen is deposited for each species collected in the study area. These are indicated with a (+) symbol and appear before the scientific name. The herbaria are: (ANSM) Herbarium of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, (GH) The Gray Herbarium, (K) Royal Botanic Gardens, Kew, (MEXU) National Herbarium of México Universidad Nacional Autónoma de México, (MO) Missouri Botanical Garden, (NYBG) The William and Lynda Steere Herbarium of the New York Botanical Garden, (US) United States National Herbarium, Smithsonian Institution. Other symbols included: ( ‡ ) Non-native weed species and other introduced species. Biological forms: Herbs (*he*), shrub (*sh*) and tree (*tr*), cacti (*ca*), parasitic plant (*pp*), mistletoe (*mi*), succulent (*su*) and epiphytic plant (*ep*). (\*) Plant species endemic to Mexico. Collectors' names: Edhy Francisco Álvarez García (A), Leopoldo Arce González (AG), Mary Barkworth (B), Miguel Agustín Carranza Pérez (C), Juan Antonio Encina Domínguez (E), Francisco Javier Encina Domínguez (ED), Ernest Lyonnet (EL), Sergio G. Gómez Pérez (G), George S. Hinton (H), James Kessler (K), Ricardo López Aguillón (L), Oscar Mares Arreola (M), Jorge Saúl Marroquín de la Fuente (MF), Marine Françoise Robert (MR), Edward J. Palmer (P), Paul M. Peterson (PE), Eloy Padilla Velarde (PV), Robert Merrill King (RK), Timothy Synnott (S), Jesús Valdés Reyna (VR), José Ángel Villarreal Quintanilla (V), M.G. Villaseñor (VI).

### LYCOPODIIDAE

#### Equisetaceae

*Equisetum hyemale* L., A 208, E 4631, 4779, *he*

*Equisetum laevigatum* A. Braun, V 1720, *he*

### EQUISETIDAE

#### Selaginellaceae

*Selaginella lepidophylla* (Hook. & Grev.) Spring, E 4333, 4691, *he*

*Selaginella peruviana* (Milde) Hieron., C 318, *he*

*Selaginella pilifera* A. Braun, V 948, 1606, *he*

### POLYPODIIDAE

#### Aspleniaceae

*Asplenium monanthes* L., E 452, AG s/n, *he*

*Asplenium resiliens* Kunze, AG s/n, E 525, 589, 1389, 1790, G 218, 340, H 20865, *he*

Dryopteridaceae

*Elaphoglossum muelleri* (E. Fourn.) C. Chr., V 544, *he*

*Phanerophlebia umbonata* Underw., A 323, E 4020, *he*

Polypodiaceae

*Pleopeltis polylepis* (Roem. ex Kunze) T. Moore var. *erythrolepis* (Weath.) T. Wendt, E 5077, G 153, 225, *he*

+\* *Pleopeltis fallacissima* (Maxon) A.R. Sm. & Tejero, AG s/n, P 426 (US), V 1607, 1729, *he*

\* *Polypodium guttatum* Maxon, E 453, *he*

Pteridaceae

*Adiantum capillus-veneris* L., E 1119, 4647, G 139, V 1717, *he*

*Argyrochosma incana* (C. Presl) Windham, E 522, 717, 787, G 220, *he*

*Argyrochosma limitanea* (Maxon) Windham subsp. *mexicana* (Maxon) Windham, AG s/n, *he*

*Argyrochosma microphylla* (Mett. ex Kuhn) Windham, AG s/n, E 610, 3958, 4334, 4869, G 114, 341, 408, M 1011, P 404, V 972, *he*

*Astrolepis cochisensis* (Goodd.) D.M. Benham & Windham, E 615, 3957, 4335, 4870, *he*

*Astrolepis crassifolia* (Houlston & T. Moore) D.M. Benham & Windham, VR 1413, *he*

*Astrolepis integerrima* (Hook.) D.M. Benham & Windham, E 4990, 5068, 5270, *he*

*Astrolepis sinuata* (Lag. ex Sw.) D.M. Benham & Windham, E 527, 2074, 4353, 5269, G 147, M 1004, *he*

*Cheilanthes horridula* Maxon, E 461, 679, *he*

*Cheilanthes pyramidalis* Fée, E 500, 718, V 3130, *he*

*Mildella fallax* (M. Martens & Galeotti) G.L. Nesom, G 152, *he*

*Mildella intramarginalis* (Kaulf. ex Link) Trevis., E 702, *he*

*Myriopteris alabamensis* (Buckley) Grusz & Windham, E 526, 611, 652, 1137, 1893, 2092, 4043, 4239, 4665, 4684,

G 116, 499, *he*

*Myriopteris notholaenoides* (Desv.) Grusz & Windham, AG s/n, P 405, V 2691, *he*

*Myriopteris rufa* Fée, AG s/n, E 523, 614, 680, 751, 1791, 2090, G 163, 339, H 20866, M 1015, MF 3596, VR 1411,

1412, *he*

*Myriopteris tomentosa* (Link) Fée, E 467, 482, *he*

*Notholaena aschenborniana* Klotzsch, AG s/n, E 481, 524, 613, 3959, 4117, 4331, 4336, 4682, 4989, G 124, 146, 221,

228, 535, P 402, V 2692, *he*

*Notholaena greggii* (Mett. ex Kuhn) Maxon, A 357, *he*

+ *Notholaena neglecta* Maxon, P 424 (US), V 1716, *he*

*Pellaea atropurpurea* (L.) Link, E 792, 1792, 4047, 4567, 4685, V 1718, 2694, *he*

*Pellaea cordifolia* (Sessé & Moc.) A.R. Sm., E 4116, *he*

*Pellaea intermedia* Mett. ex Kuhn, AG s/n, E 4352, H 20863, *he*

*Pellaea sagittata* (Cav.) Link var. *cordata* (Cav.) A.F. Tryon, E 477, 612, *he*

*Pellaea ternifolia* (Cav.) Link, E 703, 1186, 4118, G 253, *he*

## **GNETIDAE**

Ephedraceae

\**Ephedra aspera* Engelm. ex S. Watson, E 3918, 4435, 4513, 4893, *sh*

\**Ephedra compacta* Rose, AG s/n, E 4360, 4450, V 2723, *sh*

## **PINIDAE**

Cupressaceae

*Cupressus arizonica* Greene, A 117, AG s/n, E 1269, 4095, 4827, MF 3093, *tr*

*Juniperus coahuilensis* (Martínez) Gaussen, E 4350, *sh*

*Juniperus deppeana* Steud., C 2237, E 2627, 3045, 4071, 4083, 4139, 4728, 5576, ED 118, *sh*

*Juniperus flaccida* Schltld., AG s/n, C 2239, E 1159, 1191, 2043, 3044, 3999, 4070, G 455, MF 3099, PV 1154, *tr*

+*Juniperus saltillensis* M.T. Hall, E 4234, 4242, M.T. Hall 66305-5 (MEXU), *sh*

Pinaceae

\**Abies vejarii* Martínez, E 4826, *tr*

*Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez, AG s/n, E 3043, *tr*

*Pinus cembroides* Zucc., E 4137, 4544, 4683, 4709, 4761, PV 1161, *tr*

\**Pinus greggii* Engelm. ex Parl., H 22071, V 3143, *tr*

‡*Pinus halepensis* Mill., E 2793, 4573, 4986, *tr*

*Pinus hartwegii* Lindl., E 4828, G 275, *tr*

\**Pinus pinceana* Gordon & Glend., E 3058, 3928, 4863, 5019, *tr*

*Pinus pseudostrobus* Lindl., E 4830, *tr*

*Pinus remota* (Little) D.K. Bailey & Hawksw., E 4773, 5505, *tr*

*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, E 3042, 4829, *tr*

## **MAGNOLIIDS**

Aristolochiaceae

\**Aristolochia lassa* I.M. Johnst., V 1046, *he*

Lauraceae

+*Litsea parvifolia* (Hemsl.) Mez, E 710, 4819, Gregg 314 (MO), MF 3076, *sh*

Piperaceae

*Peperomia bracteata* A.W. Hill, E 1134, 4046, G 605, V 1735, *he*



## EUDICOTS

### Acanthaceae

- Anisacanthus quadrifidus* (Vahl) Nees, E 5036, G 182, *sh*  
*Dyschoriste linearis* (Torr. & A. Gray) Kuntze, E 749, 4505, V 2925, *he*  
*Siphonoglossa greggii* Greenm. & C.H. Thoms., E 4466, *he*  
*Stenandrium dulce* (Cav.) Nees, V 876, *he*

### Adoxaceae

- Sambucus nigra* L. subsp. *canadensis* (L.) Bolli, E 1273, *sh*

### Amaranthaceae

- Amaranthus graecizans* L., G 645, *he*  
*Amaranthus hybridus* L., V 979, *he*  
*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., E 4620, *sh*  
‡*Bassia scoparia* (L.) A.J. Scott, E 4963, *he*  
*Chenopodium berlandieri* Moq., G 374, *he*  
*Dysphania graveolens* (Willd.) Mosyakin & Clemants, V 970, *he*  
*Eurotia lanata* (Pursh) Moq., E 4226, *sh*  
*Gomphrena serrata* L., MF s/n, P 389, *he*  
*Guilleminea densa* (Humb. & Bonpl. ex Schult.) Moq., V 973, *he*  
*Iresine leptoclada* (Hook. f.) Henrickson & S.D. Sundb., E 5074, 5084, *sh*  
‡*Salsola kali* L., E 4607, *he*

### Anacardiaceae

- Rhus aromatica* Aiton, E 562, *sh*  
*Rhus microphylla* Engelm., E 2746, 3915, 3930, 4434, 4707, *sh*  
*Rhus virens* Lindh. ex A. Gray, AG s/n, E 2747, 3062, 3960, 5054, ED 105, G 521, PV 1157, V 2705, *sh*  
‡*Schinus molle* L., E 4356, 4777, *tr*

### Apiaceae

- ‡*Apium graveolens* L., G 107, *he*  
\**Arracacia ternata* Mathias & Constance, G 272, H 20287, 20457, *he*  
‡*Berula erecta* (Huds.) Coville, E 4788, *he*  
*Cyclospermum leptophyllum* (Pers.) Sprague, V 618, *he*  
\**Donnellsmithia ternata* (S. Watson) Mathias & Constance, E 547, 570, 4677, G 245, H 20277, 20425, 22069, *he*  
\**Eryngium gramineum* F. Delaroché, H 22068, *he*  
\**Eryngium hemsleyanum* H. Wolff, A 106, E 549, 569, *he*  
\**Eryngium serratum* Cav., E 4980, *he*  
*Lilaeopsis schaffneriana* (Schltdl.) J.M. Coult. & Rose, V 1732, *he*  
\**Tauschia johnstoniana* Mathias & Constance, E 561, G 252, H 20234, 20290, *he*

### Apocynaceae

- Asclepias brachystephana* Torr., A 109, *he*

*Asclepias elata* Benth., E 2067, *he*  
*Asclepias linaria* Cav., E 4023, 4316, G 234, *he*  
 \**Asclepias mexicana* Cav., E 2716, *he*  
 \**Asclepias otarioides* E. Fourn., E 938, H 20460, *he*  
*Asclepias texana* A. Heller, V 1713, *he*  
 \**Asclepias virletii* E. Fourn., G 115, E 4445, *he*  
*Funastrum torreyi* (A. Gray) Schltr., E 4766, *he*  
*Mandevilla karwinskii* (Müll. Arg.) Hemsl., E 604, 808, 1136, 1910, 4264, 4669,  
 ED 106, H 20255, MF 2917, P 697, *he*  
 \**Matelea chrysantha* (Greenm.) Woodson, G 276, *he*  
*Metastelma pringlei* A. Gray, H 20414, *he*  
 \**Orthosia angustifolia* Turcz., E 750, 1130, 4022, 4290, 4674, V 1731, *he*  
*Telosiphonia macrosiphon* (Torr.) Hemr., E 4286, *he*

#### Asteraceae

*Achillea millefolium* L., A 111, E 539, 1788, G 240, V 555, *he*  
*Acourtia nana* (A. Gray) Reveal & R.M. King, E 4626, V 2706, *he*  
 \**Acourtia parryi* (A. Gray) Reveal & R.M. King, E 4251, *he*  
 \**Acourtia purpusii* (Brandege) Reveal & R.M. King, H 20869, *he*  
*Acourtia wrightii* (A. Gray) Reveal & R.M. King, A 113, E 4509, 4579, 4752, *he*  
 \**Ageratina calaminthifolia* (Kunth) R.M. King & H. Rob., E 1803, G 517, *he*  
 +*Ageratina calophylla* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob., E 1284, 4199, 4237,  
 5516, G 169, 344, P 318 (MO), *sh*  
 \**Ageratina campyloclada* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob., G 266, H 20268, *sh*  
 \**Ageratina gypsophila* B.L. Turner, H 20496, *he*  
*Ageratina havanensis* (Kunth) R.M. King & H. Rob., E 645, 656, G 166, 176,  
 518, 4040, MF s/n, 3079, PV 1144, RK  
 10363, 10379, V 2089, 2287, V 1782, *sh*  
*Ageratina ligustrina* (DC.) R.M. King & H. Rob., AG s/n, C 324, V 1781, *sh*  
 \**Ageratina nesomii* B.L. Turner, A 114, E 647, 4111, *he*  
 \**Ageratina oreithales* (Greenm.) B.L. Turner, A 311, E 627, 637, 672, 781, 1470,  
 1786, *he*  
 +*Ageratina saltillensis* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob., A 115, E 639, 1166,  
 1194, 3051, G 326, Pringle 10080  
 (MO), V 1992, *sh*  
 \**Ageratina scorodonioides* (A. Gray) R.M. King & H. Rob., E 646, 786, 1160,  
 1180, 1806, 2071, 4029, G 483, 600, H  
 20493, P 388, S 2013, *sh*  
 +*Ageratina villarrealii* B.L. Turner, G 553 (ANSM), *he*  
*Ageratina wrightii* (A. Gray) R.M. King & H. Rob., A 117, E 4052, 4197, 4236,  
 5517, G 532, P 427, V 564, 3730, *sh*  
 +*Ageratina zapalinama* B.L. Turner, E 1185, H 20499 (TEX), *he*  
*Ageratum corymbosum* Zuccagni, E 657, 1899, 3944, 4021, 4309, 4955, G 319,  
 H 20481, MF 3588, *he*  
*Aldama cordifolia* (A. Gray) E.E. Schill. & Panero, E 635, 684, 1804, MF 2960, V  
 3129, *sh*  
 \**Amauriopsis autumnalis* (W.L. Ellison) B.L. Turner, E 4045, *he*

- Ambrosia confertiflora* DC., E 4881, G 331, V 877, *he*  
*Ambrosia peruviana* Willd., G 183, V 574, *he*  
*Artemisia ludoviciana* Nutt., C 316, MF 2873, V 1996, 2712, *he*  
\**Aztecastar matudae* (Rzed.) G.L. Nesom, AG s/n, H 20225, 20231, *sh*  
*Baccharis pteronioides* DC., E 4428, 4548, *sh*  
*Baccharis salicifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. subsp. *salicifolia*, E 2045, 3994, 4785, G 456, *sh*  
*Baccharis sulcata* DC., A 291, H 20440, P 413, V 2295, *sh*  
*Bahia absinthifolia* Benth., E 4257, 4960, *he*  
*Barkleyanthus salicifolius* (Kunth) H. Rob. & Brettell, E 4347, 4367, V 6322, *sh*  
*Bidens laevis* (L.) Britton, Sterns & Poggenb., V 1787, *he*  
\**Bidens longistyla* Hart., P 419, 4992, *he*  
*Bidens pilosa* L., E 4076, 4219, G 329, *he*  
+\**Bidens saltillensis* Melchert, C.P. Cowan 3559 (TEX), E 789, 1170, 1187, 4003, 4202, H 20483, V 975, 2696, *he*  
*Brickellia eupatorioides* (L.) Shinnery var. *chlorolepis* (Wootton & Standl.) B.L. Turner, E 670, 1808, V 971, *he*  
*Brickellia grandiflora* (Hook.) Nutt., M 999, *he*  
\**Brickellia hintoniorum* B.L. Turner, H 20430, *he*  
*Brickellia laciniata* A. Gray, G 171, V 556, *sh*  
*Brickellia lemmonii* A. Gray var. *conduplicata* (B.L. Rob.) B.L. Turner, E 655, 694, 1807, G 519, RK 10380, V 1791, *he*  
\**Brickellia nesomii* B.L. Turner, E 1789, *he*  
\**Brickellia secundiflora* (Lag.) A. Gray, C 329, E 600, 623, 634, 658, 779, V s/n, *he*  
*Brickellia subuligera* (S. Schauer) B.L. Turner, E 4582, V 885, 2709, *he*  
*Brickellia veronicifolia* (Kunth) A. Gray, E 682, 2750, 4200, 4238, G 520, M 1010, *sh*  
\**Calanticaria brevifolia* (Greenm.) E.E. Schill. & Panero, E 3065, G 534, M 1009, *sh*  
\**Calanticaria greggii* (A. Gray) E.E. Schill. & Panero, E 3894, 4201, 4243, 4267, 4892, 4997, 5020, 5085, P 421, *sh*  
*Calyptocarpus vialis* Lees., G 291, *he*  
*Chaetopappa bellioides* (A. Gray) Shinnery, E 4327, 4338, 4345, 4370, 4485, V 1040, *he*  
*Chaetopappa ericoides* (Torr.) G.L. Nesom, E 4369, 4423, 4465, 4951, 5550, ED 111, *he*  
*Chaetopappa parryi* A. Gray, E 574, 659, 740, 1135, 1489, 4560, 4694, G 265, H 20265, MF 2889, 2979, V 1078, *he*  
\**Chaptalia hololeuca* Greene, H 20228, V 2708, *he*  
\**Chaptalia lyratifolia* Burkart, H 20227, P 544, *he*  
*Chaptalia nutans* (L.) Pol. var. *texana* (Greene) Burkart, A 130, E 661, 774, G 117, MF 3171, V 2299, 2707, *he*  
+*Chrysactinia mexicana* A. Gray, E 2046, 3947, 4103, 4275, 4489, 4570, G s/n (NYBG), 126, *sh*  
\**Chrysactinia truncata* S. Watson, A 132, E 2083, 4105, 4692, G 491, MF 3172, P 406, V 540, 1600, *he*

- \* *Cirsium pringlei* (S. Watson) Petr., E 542, 580, 1393, G 564, 634, H 20448, *he*  
*Cirsium texanum* Buckley, E 4891, V 2697, *he*  
*Cirsium undulatum* (Nutt.) Spreng. H 20470, *he*  
*Conoclinium dissectum* A. Gray, A 134, E 109, 4056, 4663, 4894, ED 109, *he*  
*Conyza bonariensis* (L.) Cronquist, V 879, *he*  
*Conyza canadensis* (L.) Cronquist, E 4962, V 880, *he*  
*Cosmos bipinnatus* Cav., G 168, 529, *he*  
*Dahlia coccinea* Cav., E 508, 1184, E 2094a, 3949, 4268, 4995, H 20415, V 935, *he*  
\* *Dahlia tubulata* P.D. Sorensen, E 1480, *he*  
*Dyssodia papposa* (Vent.) Hitchc., E 2760, 4075, 4224, *he*  
\* *Dyssodia pinnata* (Cav.) B.L. Rob., C 322, E 564, 631, 1885, 2073, 3053, 3923, 3977, 4210, 4874, 4906, 5007, 5562, G 287, 316, 337, 485, H 20488, MF 2964, V 950, *he*  
\* *Erigeron basilobatus* S.F. Blake, E 565, 1342, 1385, 1471, 2630, *he*  
\* *Erigeron potosinus* Standl., G 561, H 20455, *he*  
*Erigeron pubescens* Kunth, C 321, 2248, E 1121, 1467, 1900, 2091, 2781, 4044, 4132, 4531, 4984, G 498, H 20282, 20454, MF 2883, V 2698, *he*  
*Erigeron tenellus* DC., E 934, *he*  
*Fleischmannia pycnocephala* (Less.) R.M. King & H. Rob., E 633, 662, 1802, 4220, 4768, ED 136, G 324, RK 10367, *he*  
*Flourensia cernua* DC., E 5083, 5086, *sh*  
\* *Flourensia microphylla* (A. Gray) S.F. Blake, E 3893, 3946, *sh*  
\* *Gaillardia mexicana* A. Gray, E 730, 1175, 4721, G 263, 509, H 20292, MF 2890, *he*  
*Gaillardia pinnatifida* Torr., A 140, E 3945, 4258, 4442, 4468, 5033, *he*  
*Gaillardia suavis* (A. Gray & Engelm.) Britton & Rusby, E 2779, *he*  
*Galinsoga parviflora* Cav., AG s/n, V 962, *he*  
*Gochnatia hypoleuca* (DC.) A. Gray, E 3064, 3916, G 335, P 410, *sh*  
*Grindelia grandiflora* Hook., E 2631, 4983, 5565, *he*  
*Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal var. *eligulata* (Steyerm.) Adr. Bartoli & Tortosa, E 4885, 4964, H 20291, *he*  
\* *Gundlachia riskindii* (B.L. Turner & G. Langford) Urbatsch & R.P. Roberts, H 20261, *he*  
\* *Gutierrezia grandis* S.F. Blake, ED 110, G 562, H 20232, 20263, V 1789, *sh*  
*Gutierrezia sarothrae* (Pursh) Britton & Rusby, A 145, E 2757, 4225, 5037, G 280, *sh*  
*Gymnosperma glutinosum* (Spreng.) Less., E 1192, 2059, 3968, 4084, 5072, M 1054, PV 1143, V 2718, *sh*  
\* *Helianthella gypsophila* B.L. Turner var. *calcareia* B.L. Turner, A 147, E 737, 783, 2050, G 462, 625, 4107, H 20426, 20513, MF 2954, *he*  
\* *Helianthella mexicana* A. Gray, E 683, MF 3589, V 934, *he*  
*Helianthus laciniatus* A. Gray, E 4066, *he*  
\* *Heliopsis annua* Hemsl., E 4967, G 622, *he*  
\* *Heliopsis filifolia* S. Watson, AG s.n., *he*

- Heliopsis parvifolia* A. Gray, E 603, 784, 1182, 2057, 4002, 4041, 4792, G 469, 550, 4762, MF 2907, V 936, 2296, 2701, *he*
- ‡*Helminthotheca echioides* (L.) Holub, E 4796, *he*
- Heterosperma pinnatum* Cav., M s/n, V 968, *he*
- \**Heterotheca mucronata* V.L. Harms, AG s/n, E 1123, 1263, 1384, G 262, 575, H 22074, MF 2988, V 949, 1603, *he*
- Heterotheca subaxillaris* (Lam.) Britton & Rusby, E 3992, 5039, G 128, 137, 334, *he*
- Hieracium crepidispermum* Fr., E 506, 513, V 2298, *he*
- \**Hieracium dysonymum* S.F. Blake, A 150, H 20275, *he*
- Hymenoxys odorata* DC., E 4968, *he*
- Jefea brevifolia* (A. Gray) Strother, E 3896, 4601, 4998, *sh*
- Lactuca graminifolia* Michx., AG s/n, E 593, *he*
- Laennecia coulteri* (A. Gray) G.L. Nesom, E 4006, 4131, 4884, *he*
- Laennecia schiedeana* (Less.) G.L. Nesom, E 4123, H 20507, *he*
- Machaeranthera tanacetifolia* (Kunth) Nees, E 4065, 4966, *he*
- Melampodium cinereum* DC., G 620, *he*
- \**Packera coahuilensis* (Greenm.) C. Jeffrey, C 2243, E 485, 585, 1386, 1481, G 227, 251, MF 2953, *he*
- +*Packera loratifolia* (Greenm.) W.A. Weber & A. Löve, AG s/n, E 454, 502, 699, 1479, G 136, H 20267, 20443, Pringle 13676 (GH), *he*
- \**Packera zimapanica* (Hemsl.) C.C. Freeman & T.M. Barkley, E 4733, *he*
- Palafoxia texana* DC., V 2926, *he*
- Parthenium argentatum* A. Gray, E 4426, 4508, *sh*
- Parthenium bipinnatifidum* (Ortega) Rollins, V 882, *he*
- Parthenium confertum* A. Gray, A 155, E 4873, 4902, MF 2895, *he*
- Parthenium hysterophorus* L., E 2753, 4279, G 219, 373, *he*
- Parthenium incanum* Kunth, E 3897, 4512, G 293, *sh*
- Pinaropappus roseus* (Less.) Less. var. *maculatus* McVaugh, E 1883, *he*
- Pinaropappus roseus* (Less.) Less. var. *roseus*, A 157, E 1216, 4477, 5512, ED 108, G 369, 556, MF 2882, V 930, 1028, *he*
- \**Porophyllum coloratum* (Kunth) DC., E 4209, H 20485, *he*
- \**Porophyllum linaria* (Cav.) DC., A 158, E 601, 4292, G 343, 4033, V 1792, 3135, 3727, *he*
- Porophyllum scoparium* A. Gray, E 4791, 4921, G 185, *sh*
- \**Psacalium peltatum* (Kunth) Cass. var. *adenophorum* S.F. Blake, G 345, MF 3174, V 980, 1601, *he*
- \**Pseudognaphalium hintoniorum* (G.L. Nesom) Hinojosa & Villaseñor, E 4977, *he*
- ‡*Pseudognaphalium luteoalbum* Hilliard & B.L. Burt, E 4130, *he*
- Pseudognaphalium roseum* (Kunth) Anderb., A 141, C 2247, E 4012, 4034, 5038, *he*
- Pseudognaphalium semiamplexicaule* (DC.) Anderb., C 330, E 765, 782, 1183, 1809, 2093, 4122, 5064, MF s/n, PV

1137, *he*

*Psilostrophe gnaphalodes* DC., E 4598, 4716, *he*

*Ratibida columnifera* (Nutt.) Wootton & Standl., E 4959, *he*

*Sanvitalia aberti* A. Gray, E 4216, *he*

\**Sanvitalia angustifolia* Engelm. ex A. Gray, E 4883, 5031, G 376, Greg 274 (MO), V 1348, *he*

*Schkuhria pinnata* (Lam.) Kuntze ex Thell., E 4094, *he*

\**Senecio carnerensis* Greenm., H 20436, *he*

\**Senecio madreensis* A. Gray, A 317, E 579, G 554, H 20441, *he*

\**Senecio richardsonii* B.L. Turner, E 557, 1478, 1787, G 560, H 20444, *he*

*Sidneya tenuifolia* (A. Gray) E.E. Schill. & Panero, E 3895, *sh*

*Simsia amplexicaulis* (Cav.) Pers., G 623, *he*

*Simsia calva* (A. Gray & Engelm.) A. Gray, E 4915, G 338, V 2700, *he*

*Simsia lagasciformis* DC., E 4223, *he*

*Smallanthus maculatus* (Cav.) H. Rob., E 660, 762, *he*

\**Solidago hintoniorum* G.L. Nesom, E 538, H 20508, 20867, *he*

*Solidago velutina* DC., E 747, 4790, G 127, 641, H 20469, *he*

\**Stevia berlandieri* A. Gray, C 2232, E 577, 711, 739, 788, 1499, MF 2891, V 1728, *he*

*Stevia jorullensis* Kunth, E 4978, ED 126, *he*

*Stevia micrantha* Lag., A 162, C 327, V 978, *he*

*Stevia ovata* Willd., C 326, E 632, 754, 1188, 1805, 4086, 4215, 4221, H 20511, PV 1148, *he*

\**Stevia pilosa* Lag., E 1501, G 558, *he*

\**Stevia porphyrea* McVaugh, A 319, E 576, 4110, 4304, *he*

*Stevia salicifolia* Cav., C 319, E 599, 1502, 3052, 4000, G 551, H 20497, MF 3180, V 551, 1599, *he*

*Stevia serrata* Cav., E 654, 2060, G 325, 470, V 1993, *he*

\**Stevia tephra* B.L. Rob., P 409, *he*

\**Stevia tomentosa* Kunth, C 328, E 1801, 1906, 3054, 3998, 4055, 4198, G 327, M 1001, PV 147, *he*

*Stevia viscida* Kunth, E 4218, *he*

\**Symphotrichum carnerosanum* (S. Watson) G.L. Nesom, C 323, E 636, 3134, *he*

*Symphotrichum expansum* (Poepp. ex Spreng.) G.L. Nesom, E 4126, *he*

*Tagetes lucida* Cav., E 776, 4114, 4315, MF 2971, V 966, *he*

‡*Taraxacum officinale* F.H. Wigg., E 4366, *he*

*Tetaneuris scaposa* (DC.) Greene var. *scaposa*, E 2754, 4456, G 121, 511, 627, V 1033, *he*

*Thelesperma longipes* A. Gray, E 4463, 4901, *he*

*Thelesperma megapotamicum* (Spreng.) Kuntze, E 4514, 4578, V 2927, *he*

*Thelesperma simplicifolium* (A. Gray) A. Gray, E 1215, 1889, 3979, 4368, 4742, G 277, 368, *he*

*Thymophylla acerosa* (DC.) Strother, E 3965, 4153, 4535, *he*

*Thymophylla pentachaeta* (DC.) Small var. *pentachaeta*, AG s/n, E 2755, 3904, 4233, 4247, 4399, 4469, 4907, G 320,

V 2717, *he*

*Thymophylla setifolia* Lag., E 2756, 3962, 4246, 4952, 5012, G 292, *he*  
*Tithonia tubiformis* (Jacq.) Cass., E 4222, *he*  
\* *Townsendia mexicana* A. Gray, E 5029, *he*  
\* *Verbesina chihuahuensis* A. Gray, E 4872, P 407, 420, V 933, *he*  
+ *Verbesina coahuilensis* A. Gray ex S. Watson, E 541, 578, 2087, 4676, G 496,  
H 20422, P 584 (K), V 967, 1597, *he*  
+ *Verbesina daviesiae* B.L. Turner, F.G. Davies & Turner A-78 (MEXU), H  
20421, 20439, 20484, 20495, *he*  
*Verbesina encelioides* (Cav.) Benth. & Hook. f. ex A. Gray, E 4441, *he*  
+ *Verbesina hypomalaca* B.L. Rob. & Greenm. var. *saltillensis* B.L. Turner, E  
535, 4087, 4698, G 513, H 22079, MF  
2902, P 695 (US), *he*  
*Verbesina longipes* Hemsl., A 314, E 546, 4289, 4496, 4576, MF 2921, *he*  
\* *Vernonia greggii* A. Gray, A 169, E 602, 625, 1344, 2629, 4085, 4235, 4973, ED  
123, H 22078, MF 2956, V 959, *he*  
*Viguiera dentata* (Cav.) Spreng., E 2758, 4206, 4214, V 881, 932, *he*  
*Wedelia acapulcensis* Kunth var. *hispida* (Kunth) Strother, G 119, 294, 336, *he*  
*Xanthisma spinulosum* (Pursh) D.R. Morgan & R.L. Hartm. var. *spinulosum*, E  
4067, 4256, 4623, 5547 *he*  
\* *Zaluzania megacephala* Sch. Bip., A 171, 320, *he*  
\* *Zaluzania triloba* (Ortega) Pers., E 4440, *he*  
*Zinnia acerosa* (DC.) A. Gray, E 2759, 3964, 4284, 5028, G 282, *he*  
\* *Zinnia juniperifolia* (DC.) A. Gray, E 3913, 4053, 5021, G 621, M 1012, P 386,  
*he*  
*Zinnia peruviana* (L.) L., G 348, 530, V 956, *he*

#### Berberidaceae

\* *Berberis eutriphylla* (Fedde) C.H. Mull., AG s/n, E 2628, 4664, 4821, G 164, MF  
3069, *sh*  
*Berberis trifoliolata* Moric., E 1158, 4320, 4340, 4498, 4767, V 6328, *sh*

#### Betulaceae

*Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch, A 176, E 1114, 2707, *tr*

#### Bignoniaceae

*Chilopsis linearis* (Cav.) Sweet, E 4811, *tr*  
*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth, E 3900, 3929, 4602, G 525, *sh*

#### Boraginaceae

*Antiphytum heliotropioides* A. DC., A 178, 4446, 4532, 4996, H 20461, *he*  
*Cryptantha mexicana* (Brandege) I.M. Johnst., E 4506, *he*  
*Cryptantha palmeri* (A. Gray) Payson, E 4444, *he*  
\* *Cynoglossum henricksonii* L.C. Higgins, G 102, 161, *he*  
*Heliotropium greggii* Torr., E 3948, MF s/n, *he*  
*Heliotropium torreyi* I.M. Johnst., E 4293, 4591, *he*  
\* *Lithospermum calcicola* B.L. Rob., H 20418, *he*

*Lithospermum calycosum* (J.F. Macbr.) I.M. Johnst., E 4323, 4337, 4480, 5519, *he*

*Lithospermum viride* Greene, AG s/n, E 514, 560, 4563, H 20288, 22072, MF s/n, V 958, *he*

*Nama dichotoma* (Ruiz & Pav.) Choisy, E 671, *he*

\**Nama palmeri* A. Gray ex Hemsl., P 408, *he*

*Nama parvifolia* (Torr.) Greenm., V 559, *he*

*Nama stevensii* C.L. Hitchc. var. *gypsicola* (I.M. Johnst.) Bacon, E 4453, *he*

*Omphalodes aliena* A. Gray ex Hemsl., E 2876, *he*

*Phacelia congesta* Hook., E 2084, G 492, H 20435, MF s/n, *he*

*Tiquilia canescens* (A. DC.) A.T. Richardson, E 4536, *he*

*Tiquilia greggii* (Torr. & A. Gray) A.T. Richardson, E 3899, 4661, *sh*

### Brassicaceae

\**Asta schaffneri* (S. Watson) O.E. Schulz var. *pringlei* (O.E. Schulz) Rollins, A 180, E 533, 3956, 4420, 4871, H 20490, *he*

‡*Brassica rapa* L., E 4348, *he*

*Cardamine macrocarpa* Brandegee, C 2250, E 590, *he*

‡*Diplotaxis muralis* (L.) DC., A 181, *he*

‡*Eruca sativa* Mill., E 3753, 4349, *he*

*Erysimum asperum* (Nutt.) DC. subsp. *capitatum* (Douglas ex Hook.) B.L. Turner, E 459, 471, 1466, 2874, 5462, G 239, H 20259, *he*

*Hesperidanthus linearifolius* (A. Gray) Rydb., E 1143, 1181, 2062, G 474, *he*

*Lepidium montanum* Nutt., V 1070, *he*

*Lepidium virginicum* L., E 4961, *he*

‡*Nasturtium officinale* R. Br., E 4633, 4770, G 578, 637, *he*

*Nerisyrenia linearifolia* (S. Watson) Greene, E 4326, *he*

*Pennellia longifolia* (Benth.) Rollins, H 20447, *he*

*Physaria argyraea* (A. Gray) O'Kane & Al-Shehbaz subsp. *diffusa* (Rollins) O'Kane & Al-Shehbaz, E 731, 4325, 4328, *he*

*Physaria fendleri* (A. Gray) O'Kane & Al-Shehbaz, G 375, E 3754, 4255, 4354, 4363, 4411, 5268, *he*

‡*Rapistrum rugosum* (L.) All., E 4719, H 20253, V 1071, *he*

‡*Sinapis arvensis* L., E 4618, 4637, G 170, *he*

‡*Sisymbrium altissimum* L., E 4406, V 612, *he*

‡*Sisymbrium irio* L., E 4737, *he*

\**Sphaerocardamum macropetalum* (Rollins) Rollins, E 4342, 4408, 4459, 4486, *he*

*Synthlipsis greggii* A. Gray, E 4430, 4439, 4464, *he*

\**Thelypodium longipes* (Rollins) Rollins, A 184, E 773, 785, 1132, 2061, G 473, *he*

### Burseraceae

*Bursera fagaroides* (Kunth) Engl., E 4864, 4987, *sh*



Cactaceae

- \* *Ariocarpus retusus* Scheidw., E 4896, *ca*
- \* *Coryphantha hintoniorum* Dicht & A. Lüthy, E 4723, *ca*
- Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F.M. Knuth, E 4422, 4625, *ca*
- Cylindropuntia tunicata* (Lehm.) F.M. Knuth, E 4358, *ca*
- \* *Echinocactus horzonthalonius* Lem., E 4895, *ca*
- \* *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, E 4416, *ca*
- \* *Echinocereus knippelianus* Liebner, E 4357, *ca*
- Echinocereus reichenbachii* (Terscheck ex Walp.) Haage, E 4517, *ca*
- Echinocereus stramineus* (Engelm.) Engelm. ex F. Seitz, E 4521
- Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britton & Rose, E 4572, P 691, *ca*
- Escobaria dasyacantha* (Engelm.) Britton & Rose, E 4568, *ca*
- \* *Ferocactus pilosus* (Galeotti) Werderm., E 4415, *ca*
- Lophophora williamsii* (Lem. ex Salm-Dyck) J.M. Coult., G 643, *ca*
- \* *Mammillaria chionocephala* J.A. Purpus, E 4344, 4372, 4580, *ca*
- Mammillaria heyderi* Muehlenpf., E 4470, *ca*
- Mammillaria winterae* Boed. subsp. *winterae*, E 4417, *ca*
- Neolloydia conoidea* (DC.) Britton & Rose, E 4418, 4571, *ca*
- Opuntia engelmannii* Salm-Dyck ex Engelm., A 186, E 3976, 4701, 4765, *ca*
- Opuntia microdasys* (Lehm.) Pfeiff., E 4594, *ca*
- \* *Opuntia rastrera* F.A.C. Weber, E 4520, *ca*
- Opuntia robusta* J.C. Wendl., E 4736, *ca*
- \* *Opuntia stenopetala* Engelm., E 3975, 4803, *ca*
- Thelocactus bicolor* (Galeotti ex Pfeiff.) Britton & Rose, E 4516, *ca*
- Thelocactus rinconensis* (Poselger) Britton & Rose, E 4403, *ca*
- \* *Turbincarpus beguinii* (N.P. Taylor) Mosco & Zanovello, E 4346, 4362, G 646, *ca*

Campanulaceae

- Campanula rotundifolia* L., E 1465, 1794, 5607, G 238, H 20449, *he*
- Lobelia berlandieri* A. DC., E 4500, *he*

Cannabaceae

- Celtis laevigata* Willd., E 4635, 4823, MF s/n, *tr*

Caprifoliaceae

- \* *Lonicera pilosa* (Kunth) Spreng., E 456, 697, 4820, 5460, H 20270, *sh*
- Symphoricarpos microphyllus* Kunth, E 4732, *sh*

Caryophyllaceae

- Arenaria lanuginosa* (Michx.) Rohrb., E 460, 5071, *he*
- Arenaria lycopodioides* Willd. ex Schltld., E 4133, 5560, G 270, H 20861, V 2300, *he*
- \* *Drymaria anomala* S. Watson, P 700, *he*
- Drymaria glandulosa* Bartl., E 681, *he*

*Silene laciniata* Cav., A 189, E 572, 1189, 1490, 4007, G 132, H 20429, P 412, *he*

Celastraceae

*Mortonia greggii* A. Gray, M 986, *sh*

\**Mortonia palmeri* Hemsl., E 810, 3061, 3915, *sh*

*Paxistima myrsinites* (Pursh) Raf. subsp. *mexicana* Navaro & W.H. Blackw., E 1274, V 6324, *sh*

Cistaceae

*Helianthemum glomeratum* (Lag.) Lag. ex Dunal, E 4115, G 577, V 3142, *sh*

Cleomaceae

*Polanisia uniglandulosa* (Cav.) DC., A 322, E 4307, *he*

Convolvulaceae

‡*Convolvulus arvensis* L., G 278, *he*

*Convolvulus equitans* Benth., E 4799, 5555a *he*

*Cuscuta pentagona* Engelm., E 4708, *he*

*Dichondra argentea* Humb. & Bonpl. ex Willd., C 2241, G 378, V 943, *he*

*Dichondra brachypoda* Wooton & Standl., E 4731, 5561, *he*

*Evolvulus alsinoides* (L.) L., E 4522, 4994, G 342, *he*

*Evolvulus sericeus* Sw., E 4726, 5543, *he*

*Ipomoea costellata* Torr., E 1200, 4092, *he*

*Ipomoea hederifolia* L., AG s/n, E 592, 732, 2069, G 481, MF 2946, s/n, *he*

*Ipomoea orizabensis* (Pelletan) Ledeb. ex Steud. var. *collina* (House) J.A. McDonald, G 104, *he*

*Ipomoea purpurea* (L.) Roth., E 1168, 4876, P 396, *he*

Cornaceae

*Cornus stolonifera* Michx., E 724, 5464, G 158, *tr*

Crassulaceae

\**Echeveria cuspidata* Rose, AG s/n, E 3920, *su*

\**Echeveria elegans* Rose var. *simulans* (Rose) Poelln., H 22075, *su*

\**Echeveria walpoleana* Rose, E 4419, *su*

\**Sedum chrysicaulum* J.A. McDonald, E 1275, 4808, *su*

\**Sedum glabrum* (Rose) Praeger, AG s/n, *su*

\**Sedum greggii* Hemsl., A 198, 5073, G 273, *su*

*Sedum wrightii* A. Gray subsp. *priscum* R.T. Clausen, A 200, E 685, 1190, 2089, 4042, G 497, *su*

\**Villadia aristata* Moran, E 5070, G 372, *su*

\**Villadia cucullata* Rose, A 228, *su*

Crossosomataceae

*Forsellesia spinescens* (A. Gray) Greene var. *mexicana* Ensign, MF 3092, *sh*

Cucurbitaceae

*Cucurbita foetidissima* Kunth, E 4739, 4889, *he*

*Sicyos laciniatus* L., E 4617, MF s/n, *he*

Ericaceae

*Arbutus xalapensis* Kunth, C 136, E 1272, 1380, 4096, 4666, MF 2778, S 2015, *tr*

*Arctostaphylos pungens* Kunth, AG s/n, C 133, 2226, E 1268, 4359, ED 104, PV 1159, V 6326, *sh*

\**Comarostaphylis polifolia* (Kunth) Zucc. ex Klotzsch, E 5507, *sh*

*Chimaphila umbellata* (L.) W.P.C. Barton, E 5079, *he*

*Monotropa hypopitys* L., AG s/n, E 5606, G 566, H 20442, 20509, *he*

*Pterospora andromedea* Nutt., E 5609, H 20456, 20510, *he*

Euphorbiaceae

*Acalypha monostachya* Cav., E 2769, 3943, 5030, G 389, V 2720, *he*

*Acalypha phleoides* Cav., E 626, 2054, 4009, 4957, 5040, 5551, G 175, 296, 466, MF 2975, *he*

*Croton dioicus* Cav., E 3963, 4232, 4583, 4925, V 565, *sh*

*Croton fruticosus* Engelm. ex Torr., E 1129, 4695, 4753, MF s/n, *sh*

*Croton pottsii* (Klotzsch) Müll. Arg., E 2782, 4277, 4577, *he*

\**Croton sancti-lazari* Croizat, E 4504, *sh*

*Croton suaveolens* Torr., A 211, AG s/n, E 1915, 4024, 4035, 4322, 4569, 4946, P 390, *he*

*Euphorbia antisyphilitica* Zucc., E 3919, 4802, *sh*

*Euphorbia brachycera* Engelm., E 469, 4756, G 243, H 20235, 20274, *he*

*Euphorbia cinerascens* Engelm., E 2752, 4410, 4519, 4912, 5042, 5069, H 20229, *he*

*Euphorbia dentata* Michx., E 606, 2770, *he*

*Euphorbia eriantha* Benth., E 3996, *he*

*Euphorbia furcillata* Kunth var. *ribana* M.C. Johnst., AG s/n, E 1280, G 271, *he*

*Euphorbia graminea* Jacq., G 486, *he*

*Euphorbia helleri* Millsp., MF 3591, *he*

*Euphorbia macropus* (Klotzsch & Garcke) Boiss., E 5574, *he*

*Euphorbia nutans* Lag., G 181, 211, *he*

*Euphorbia prostrata* Aiton, AG s/n, *he*

*Euphorbia serrula* Engelm., E 5034, *he*

*Euphorbia villifera* Scheele, AG s/n, E 4675, G 527, V 2722, *he*

*Jatropha dioica* Sessé, AG s/n, E 4518, *sh*

‡*Ricinus communis* L., G 300, *sh*

*Tragia amblyodonta* (Müll. Arg.) Pax & K. Hoffm., MF 2932, *he*

*Tragia brevispica* Engelm. & A. Gray, V 2928, *he*

*Tragia ramosa* Torr., E 638, 4693, *he*

Fabaceae

*Acaciella angustissima* (Mill.) Britton & Rose var. *texensis* (Nutt. ex Torrey & A. Gray) L. Rico, E 4898, 4988, *sh*

- \* *Astragalus coriaceus* Hemsl., E 4734, *he*  
*Astragalus emoryanus* (Rydb.) Cory., G 223, 528, *he*  
+\* *Astragalus greggii* S. Watson, C 2216, E 608, 668, 760, 4026, P 238 (US), V 2266, *he*  
\* *Astragalus hypoleucus* S. Schauer, AG s/n, E 4414, 4550, H 22076, MF 2777, *he*  
\* *Astragalus legionensis* Barneby, E 936, *he*  
*Astragalus mollissimus* Torr., E 4371, *he*  
\* *Astragalus purpusii* M.E. Jones, E 4414, H 20458, *he*  
\* *Astragalus sanguineus* Rydb., AG s/n, E 607, 937, 1150, 1399, 4405, 5579, *he*  
\* *Bauhinia ramosissima* Benth. ex Hemsl., E 4270, *sh*  
*Calliandra eriophylla* Benth., E 1907, 2751, 4443, 4471, 4866, G 524, *sh*  
*Centrosema virginianum* (L.) Benth., G 157, *he*  
*Cercis canadensis* L. var. *mexicana* (Rose) M. Hopkins, AG s/n, C 2218, E 727, 1400, 1890, 2708, 4013, G 507, V 571, *tr*  
*Cologania angustifolia* Kunth, AG s/n, C 2215, E 528, 665, 4643, 4673, 5566, MF 3600, *he*  
*Cologania pallida* Rose, AG s/n, E 573, 693, 752, 1176, 2053, G 465, *he*  
*Dalea aurea* Nutt. ex Fraser, E 2074a, G 317, *he*  
*Dalea bicolor* Humb. & Bonpl. ex Willd., E 1810, 4001, 4208, 4595, PV 1146, *sh*  
*Dalea brachystachys* A. Gray, E 5018, *he*  
\* *Dalea capitata* S. Watson, E 4437, 4982, *sh*  
\* *Dalea eriophylla* S. Watson, AG s/n, *sh*  
*Dalea formosa* Torr., E 4933, *sh*  
*Dalea frutescens* A. Gray, E 796, 2049, G 501, MF 2770, *sh*  
+ *Dalea greggii* A. Gray, E 4321, 4332, 4355, G 522, Gregg 348 (MO), *sh*  
*Dalea nana* Torr. ex A. Gray var. *carnescens* (Rydb.) Kearney & Peebles, E 1214, 4928, *he*  
*Dalea neomexicana* (A. Gray) Cory, V 2267, *he*  
*Dalea pogonathera* A. Gray, E 4507, 4930, 5017, *he*  
\* *Dalea radicans* S. Watson, AG s/n, E 1211, 4476, 4547, 4565, 5589, H 20226, MF 3558, P 549, *he*  
*Dermatophyllum secundiflorum* (Ortega) Gandhi & Reveal, AG s/n, E 4031, 4341, P 539, *sh*  
\* *Desmanthus painteri* (Britton & Rose) Standl., E 4900, 5011, *he*  
*Desmodium grahamii* A. Gray, C 2217, E 515, 1179, 1212, 1898, 2048, 2780, 4142, G 460, 626, MF 3192, s/n, *he*  
*Desmodium lindheimeri* Vail, E 609, 935, *he*  
*Desmodium neomexicanum* A. Gray, V 547, *he*  
*Desmodium psilophyllum* Schltld., E 664, 797, 1140, 1171, G 502, 555, MF 2966, *he*  
*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg., E 1895, 3967, 4624, 4641, G 108, 279, 601, 2713, V 2704, *sh*  
\* *Galactia brachystachya* Benth., E 4526, 4581, 5076, *he*  
*Hoffmannseggia glauca* (Ortega) Eifert, E 4606, 5554, *he*  
\* *Hoffmannseggia watsonii* (Fisher) Rose, E 4154, 5027, *he*

- Lathyrus parvifolius* S. Watson, A 225, 255, E 1279, G 269, H 20279, *he*  
*Leucaena greggii* S. Watson, AG s/n, E 4628, 4640, MF 3169, *sh*  
\**Lupinus cacuminis* Standl., A 264, *he*  
‡*Medicago lupulina* L., AG s/n, V 614, *he*  
‡*Medicago polymorpha* L. var. *vulgaris* (Benth.) Shinnery, E 489, 5059, *he*  
‡*Medicago sativa* L., E 5013, *he*  
*Mimosa aculeaticarpa* Ortega var. *aculeaticarpa*, E 4072, *sh*  
*Mimosa aculeaticarpa* Ortega var. *biuncifera* (Benth.) Barneby, AG s/n, E 2044, 3045, 4274, 4528, G 457, MF 2784, 2924, *sh*  
\**Mimosa subinermis* (S. Watson) B.L. Turner, E 3978, 4546, 4743, 5567, ED 128, *he*  
*Mimosa texana* (A. Gray) Small, C 2214, MF 2762, *sh*  
*Mimosa zygophylla* Benth., A 229, E 4281, 4401, *sh*  
*Nissolia platycalyx* S. Watson, E 748, 3995, 4558, 4751, *he*  
\**Orbexilum melanocarpum* (Benth. ex Hemsl.) Rydb., E 1345, *he*  
*Pediomelum rhombifolium* (Torr. & A. Gray) Rydb., E 4985, *he*  
\**Phaseolus albiflorus* Freytag & Debouck, E 591, 663, 757, 1177, 1500, *he*  
*Phaseolus coccineus* L., AG s/n, MF s/n, *he*  
\**Phaseolus zimapanensis* A. Delgado, V 2714, *he*  
*Prosopis glandulosa* Torr., E 3993, 4610, *tr*  
*Rhynchosia senna* Gillies ex Hook. var. *angustifolia* (A. Gray) Grear, E 1152, 5520, *he*  
‡*Robinia pseudoacacia* L., AG s/n, *tr*  
*Senegalia berlandieri* (Benth.) Britton & Rose, E 4593, G 526, *sh*  
*Senegalia roemeriana* (Scheele) Britton & Rose, E 4497, 4575, 5465, P 169, *sh*  
\**Senna demissa* (Rose) H.S. Irwin & Barneby, E 4524, 4887, 4918, 4949, 5002, 5559, G 229, *he*  
\**Senna mensicola* (H.S. Irwin & Barneby) H.S. Irwin & Barneby, G 111, *he*  
*Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn., E 5271, MF 3222, *tr*  
\**Vachellia glandulifera* (S. Watson) Seigler & Ebinger, E 3935, 4051, 4249, 4285, 4433, 4492, 5008, *sh*  
*Vicia humilis* Kunth, G 268, *he*  
*Vicia ludoviciana* Nutt. ex Torr. & A. Gray, A 232, E 487, 1278, 4135, 5463, 5585, *he*  
*Vicia pulchella* Kunth, H 20271, *he*

#### Fagaceae

- \**Quercus fulva* Liebm., E 518, *tr*  
\**Quercus greggii* (A. DC.) Trel., E 494, 543, 630, 722, 1271, 1282, 1391, 1487, 1799, 2749, 3049, 4112, 4814, *tr*  
*Quercus grisea* Liebm., E 532, 629, 678, 691, 745, 770, 794, 795, 929, 1164, 1354, 2075, 4302, *tr*  
\**Quercus hintoniorum* Nixon & C.H. Müll., E 1381, 1798, *sh*  
+\**Quercus hypoxantha* Trel., AG s/n, C 2222, E 545, 567, 582, 1267, 1270, 1355, 1382, 1396, 1486, 4812, H 20233, Pringle 10227 (US), *sh*

*Quercus intricata* Trel., E 1902, 3971, 4244, 4260, 4263, 4314, 4318, 4330, 4449, 4494, P 552, 748, *sh*

*Quercus laceyi* Small, A 324, E 582b, 598, 620, 640, 667, 675, 705, 735, 746, 1339, 1352, 1395, 1892, 4028, 4039, 4269, 4296, 4300, 4561, *tr*

\**Quercus laeta* Liebm., C 2224, E 521, 531, 566a, 582c, 621, 628, 641, 650, 666, 677, 686, 689, 733, 144, 763, 768, 1131, 1162, 1337, 1350, 1394, 1347, 1356, 2077, MF 2775, 2970, *tr*

\**Quercus mexicana* Bonpl., C 2219, E 462, 483, 490, 493a, 507, 517, 695, 721, 723, G 150, *tr*

\**Quercus microphylla* Née., AG s/n, E 568, 643, 688, 692, 701, 704, 736, 1259, 1494, 3050, 4050, 4098, 4113, 4138, 4262, 4295, 4312, 4729, 4815, 5577, *sh*

\**Quercus pringlei* Seemen ex Loes., AG s/n, C 2223, E 1493, 1901, 3059, 3910, 4261, 4266, 4313, 4361, 4555, 4748, 5022, ED 119, H 20480, 20862, PV 1160, *sh*

*Quercus rugosa* Née., C 2220, E 484, 497, *tr*

+\**Quercus saltillensis* Trel., A 325, C 2221, E 530, 544, 566, 582a, 622, 642, 649, 676, 687, 690, 734, 769, 793, 1163, 1258, 1338, 1351, 1353, 1492, 1498, 2076, 3048, 4097, 4301, 4303, 4305, 4813, 4971, 5101, P 1277(GH), *tr*

\**Quercus sideroxyla* Bonpl., E 455, *tr*

#### Fouquieriaceae

*Fouquieria splendens* Engelm., E 4431, *sh*

#### Garryaceae

\**Garrya glaberrima* Wangerin, AG s/n, E 696, V 3726, *sh*

*Garrya ovata* Benth., E 1260, 1264, 1346, 1383, 5102, MF 2772, *sh*

#### Gentianaceae

*Halenia recurva* (Sm.) C.K. Allen, H 20450, *he*

*Zeltnera calycosa* (Buckley) G. Mans., E 4659, *he*

#### Geraniaceae

\**Geranium crenatifolium* H.E. Moore, E 488, H 20283, *he*

*Geranium seemannii* Peyr., E 581, 673, 715, 2051, 4015, 4140, 5055, 5558, 5583, G 463, H 20453, V 546, *he*

#### Grossulariaceae

\**Ribes affine* Kunth, G 254, *sh*

#### Hydrangeaceae

+\**Fendlerella lasiopetala* Standl., E 540, 809, 4557, P 535 (US), V 1598, *sh*

*Philadelphus microphyllus* A. Gray subsp. *microphyllus*, E 1797, 4690, H 20445, *sh*

Hypericaceae

*Hypericum formosum* Kunth, E 1343, 4566, 4686, *he*

*Hypericum punctatum* Lam., E 729, 759, *he*

Juglandaceae

\**Juglans mollis* Engelm., E 3794, *tr*

Koeberliniaceae

*Koeberlinia spinosa* Zucc., G 286, *sh*

Krameriaceae

\**Krameria cytisoides* Cav., AG s/n, G 233, E 3898, 4252, 4804, 4865, 5000, ED 101, *sh*

*Krameria lanceolata* Torr., A 248, E 5043, *he*

Lamiaceae

\**Agastache palmeri* (B.L. Rob.) Standl., G 162, 574, *he*

\**Hedeoma ciliolata* (Epling) R.S. Irving, H 20428, *he*

*Hedeoma costata* A. Gray var. *pulchella* (Greene) R.S. Irving, E 473, 510, 1261, 4324, 4479, G 264, H 20269, 22070, MF 3563, P 547, V 1077, 2726, *he*

*Hedeoma drummondii* Benth., E 4525, 4747, P 548, V 2713, *he*

*Hedeoma nana* (Torr.) Briq., E 4211, 4587, 4941, *he*

‡*Marrubium vulgare* L., E 4574, *he*

‡*Mentha x piperita* L., G 638, *he*

*Monarda citriodora* Cerv. ex Lag., A 254, E 2632, 4068, 4882, *he*

*Poliomintha glabrescens* A. Gray ex Hemsl., A 255, ED 121, *sh*

\**Poliomintha longiflora* A. Gray, G 347, H 22073, P 417, 694, *sh*

*Salvia ballotiflora* Benth., M 990, E 3892, 4259, 4276, 4954, *sh*

\**Salvia coahuilensis* Fernald, E 556, 780, 4412, 4452, *he*

\**Salvia coulteri* Fernald, E 5065, *sh*

\**Salvia glechomifolia* Kunth, E 726, 1187, 2070, 4143, 4975, 5564, 5593, ED 115, G 482, *he*

*Salvia greggii* A. Gray, C 325, E 728, 1496, 3966, 4102, 4502, ED 122, G 224, 235, MF 2877, 3277, V 927, S 2005, *sh*

*Salvia lycioides* A. Gray, H 22067, MF 3071, V 941, *he*

*Salvia microphylla* Kunth var. *microphylla*, E 1118, 2712, 4656, G 479, *he*

\**Salvia potus* Epling, P 422, *he*

\**Salvia prunelloides* Kunth, H 20424, MF 2878, 2940, *he*

*Salvia reflexa* Hornem., G 510, 619, *he*

*Salvia regla* Cav., E 536, 933, 1167, 1193, 1491, 3047, 4030, 4100, 4310, 5063, 5591, ED 120, H 20423, MF 2898, 2912, s/n, V 577, *sh*

*Salvia roemeriana* Scheele, E 738, 4484, 5059a, G 346, H 20260, MF 3604, P 534, *he*

*Salvia texana* (Scheele) Torr., E 4473, *he*

*Salvia tiliifolia* Vahl, E 4074, G 323, MF 3193, V 928, *he*

*Scutellaria drummondii* Benth., E 1155, *he*  
*Scutellaria potosina* Brandegees, C 2238, E 1912, 4488, 4651, 5584, ED 114,  
133, H 20236, MF 2909, P 546, V 536,  
1072, 2727, *he*  
\**Scutellaria suffrutescens* S. Watson, E 4036, 4553, 4652, MF 2779, 2833,  
3158, P 392, 394, *sh*  
*Stachys agraria* Schltld. & Cham., E 1469, *he*  
*Stachys bigelovii* A. Gray, C 2234, E 466, MF 2977, V 1712, *he*  
*Tetraclea coulteri* A. Gray, E 3933, 4585, *he*  
*Teucrium cubense* Jacq., E 4613, *he*

#### Lentibulariaceae

\**Pinguicula gracilis* Zamudio, E 1389a, *he*

#### Linaceae

*Linum rupestre* (A. Gray) Engelm. ex A. Gray, C 2229, E 1905, 3903, 4429,  
4654, 4806, 4913, H 20411, *he*  
*Linum schiedeanaum* Schltld. & Cham., E 575, 712, 1139, 1488, 4099, 4482,  
4554, 5548, ED 132, G 237, 321, 581, PV  
1142, *he*

#### Loasaceae

\**Eucnide lobata* (Hook) A. Gray, MF 2783, P 418, *he*  
*Mentzelia hispida* Willd., E 1888, 3997, *he*  
*Mentzelia incisa* Urb. & Gilg, E 2068, 4662, G 480, *he*

#### Lythraceae

*Cuphea aequipetala* Cav., AG s/n, E 771, 775, 1178, 1210, 2052, 4793, G 318,  
464, MF 2911, 2939, PV 1141, *he*  
*Cuphea cyanea* Moc. & Sessé ex DC., AG s/n, C 2225, E 516, 605, 1122, 1174,  
4025, 4678, H 20433, P 416, *he*  
*Lythrum alatum* Pursh var. *lanceolatum* (Elliott) Torr. & A. Gray ex Rothr., G  
184, *he*

#### Malpighiaceae

\**Mascagnia lilacina* (S. Watson) Nied., E 2717, 4297, *he*

#### Malvaceae

*Anoda cristata* (L.) Schltld., G 644, *he*  
*Ayenia pilosa* Cristóbal, E 5001, MF 3614, *he*  
*Herissantia crispa* (L.) Brizicky, E 4991, *he*  
*Hibiscus coulteri* Harv. ex A. Gray, E 4287, 4603, *he*  
\**Pavonia nepetifolia* (Standl.) Standl., A 271, *he*  
*Sida abutifolia* Mill., E 2775, 3942, *he*  
*Sida elliotii* Torr. & A. Gray, E 2776, *he*  
*Sida spinosa* L., E 4592, 5546, G 297, *he*  
*Sphaeralcea angustifolia* (Cav.) G. Don, E 4549, 5544, *he*



\* *Sphaeralcea endlichii* Ulbr., E 4288, 4461, *he*  
*Sphaeralcea hastulata* A. Gray, E 4467, 5572, *he*

Montiaceae

*Phemeranthus brevicaulis* (S. Watson) Kiger, E 3755, *he*

Nyctaginaceae

*Acleisanthes longiflora* A. Gray, E 4621, *he*

*Allionia incarnata* L., 5032, *he*

*Boerhavia anisophylla* Torr., E 4282, 4672, 4950, *he*

*Cyphomeris crassifolia* (Standl.) Standl., G 289, 379, *he*

*Cyphomeris gypsophiloides* (M. Martens & Galeotti) Standl., E 5003, *he*

*Mirabilis albida* (Walter) Heimerl, E 478, 619, 2056, 4004, 4670, 4744, G 468, V 1724, *he*

*Mirabilis glabrifolia* (Ortega) I.M. Johnst., E 3902, H 20417, 20487, *he*

*Mirabilis jalapa* L., E 4965, *he*

*Mirabilis linearis* (Pursh) Heimerl var. *linearis*, G 383, E 3951, 4011, V 611, *he*

*Mirabilis longiflora* L., E 4037, H 20491, MF s/n, V 1734, *he*

Oleaceae

*Forestiera angustifolia* Torr., E 4436, *sh*

*Forestiera reticulata* Torr., E 4722, *sh*

*Fraxinus cuspidata* Torr., E 597, 932, 1115, 1125, 1894, 2709, 4027, 4474, 4490, G 122, 506, P 536, *tr*

*Fraxinus greggii* A. Gray, E 4407, 4551, 4749, *sh*

*Fraxinus pennsylvanica* Marsh, V 3132, *tr*

*Fraxinus velutina* Torr., MF s/n, *tr*

\* *Menodora chumleyi* B.L. Turner, H 20240, 22066, *sh*

\* *Menodora coulteri* A. Gray var. *coulteri*, E 5005, V 1035, *sh*

*Menodora scabra* A. Gray, E 4455, 4746, G 290, 388, *sh*

Onagraceae

*Calylophus drummondianus* Spach var. *berlandieri* (Spach) Towner & P.H. Raven, E 4717, *he*

*Calylophus hartwegii* (Benth.) P.H. Raven, E 2774, 3939, 4250, 4397, 4462, ED 117, G 120, *he*

*Calylophus tubicula* (A. Gray) P.H. Raven, E 4878, *he*

*Epilobium ciliatum* Raf., E 5061, G 583, V 550, *he*

*Gaura calcicola* P.H. Raven & D.P. Greg., E 4794, G 103, *he*

*Oenothera jamesii* Torr. & A. Gray, E 4782, G 101, *he*

*Oenothera kunthiana* (Spach) Munz, E 4725, G 259, P 543, *he*

*Oenothera primiveris* A. Gray, H 20452, *he*

*Oenothera rosea* L'Hér. ex Aiton, E 4144, 4615, 4648, 5581, *he*

*Oenothera suffrutescens* (Ser.) W.L. Wagner & Hoch, E 4543, 5553, *he*

*Oenothera tetraptera* Cav., C 317, *he*

*Oenothera texensis* P.H. Raven & D.R. Parn., ED 107, G 260, 315, 635, *he*

Orobanchaceae

- \* *Aureolaria greggii* (S. Watson) Pennell, AG s/n, E 3911, 4947, 5024, *he*
- Castilleja lanata* A. Gray, E 4590, 4917, *he*
- \* *Castilleja scorzonerifolia* Kunth, E 1153, 1262, 4106, 5588, ED 124, G 246, H 20273, 20427, MF 2880, 3190, *he*
- Castilleja sessiliflora* Pursh, E 4339, 4368, 4398, *he*
- Castilleja tenuiflora* Benth., E 4700, 4750, 4807, 5023, MF 2941, P 415, V 553, *he*
- Conopholis alpina* Liebm., A 289, E 509, 4679, G 250, *pp*
- \* *Lamourouxia dasyantha* (Cham. & Schldl.) W.R. Ernst, E 5006, *he*
- Orobanche ludoviciana* Nutt., E 4511, G 384, *pp*
- \* *Seymeria decurva* Benth., A 396, *he*
- Seymeria scabra* A. Gray, G 567, *he*
- \* *Seymeria virgata* (Kunth) Benth., A 397, AG s/n, H 20419, *he*

Oxalidaceae

- Oxalis corniculata* L., E 2058, 2875, 4730, 5587, *he*
- Oxalis drummondii* A. Gray, E 476, 4800, *he*
- Oxalis latifolia* Kunth, E 464, 505, G 154, H 20256, *he*

Papaveraceae

- \* *Argemone echinata* G.B. Ownbey, E 4720, G 125, 230, *he*
- Corydalis pseudomicrantha* Fedde, H 20286, *he*
- \* *Hunnemannia fumariifolia* Sweet, A 291a, E 1126, 2047, 4308, 4404, G 459, *he*

Passifloraceae

- Passiflora foetida* L., A 327, *he*

Phrymaceae

- Erythranthe glabrata* (Kunth) G.L. Nesom, G 580, V 1783, *he*

Phyllanthaceae

- Phyllanthus polygonoides* Nutt. ex Spreng., E 1916, 2771, G 328, V 874, *he*

Phytolaccaceae

- Phytolacca icosandra* L., E 559, G 523, *sh*
- Rivina humilis* L., E 1128, *he*

Plantaginaceae

- Maurandya antirrhiniflora* Humb. & Bonpl. ex Willd., E 1127, 1148, 4634, 4922, G 295, 387, MF s/n, *he*
- Mecardonia vandellioides* (Kunth) Pennell, A 392, C 2242, E 2778, 4090, 4134, 4481, 4653, 5513, G 382, 624, *he*
- Penstemon barbatus* (Cav.) Roth. var. *barbatus*, E 512, 618, 674, 742, 1133, 1169, 5586, G 236, 552, H 20285, 20431, MF 2887, *he*
- Penstemon campanulatus* (Cav.) Willd, E 496, 4667, *he*
- Penstemon lanceolatus* Benth., E 4495, 4533, 5060, H 20413, P 550, V 886, *he*

\* *Penstemon leonensis* Straw, E 1472, H 20512, *he*  
*Plantago hookeriana* Fisch. & C.A. Mey., E 4127, 5051, *he*  
‡ *Plantago lanceolata* L., A 301, E 4630, 4776, G 130, *he*  
‡ *Plantago major* L., G 138, 156, *he*  
*Plantago virginica* L., E 4644, 4789, V 1026, *he*  
*Stemodia schottii* Holz., E 4657, *he*  
*Veronica americana* Schwein. ex Benth., E 2085, G 493, *he*  
‡ *Veronica persica* Poir., V 613, 1029, *he*

#### Polemoniaceae

*Giliastrum purpusii* (Brandege) J.M. Porter subsp. *stewartii* (I.M. Johnst.) J.M. Porter, G 484, *he*  
*Giliastrum rigidulum* (Benth.) Rydb. var. *acerosum* (A. Gray) W.A. Weber, E 4458, G 299, *he*  
*Ipomopsis aggregata* (Pursh) V.E. Grant, E 1793, *he*  
*Loeselia caerulea* (Cav.) G. Don, V 538, *he*  
*Loeselia greggii* S. Watson, E 624, 1198, 2072, 2772, 4081, 5549, G 281, PV 1149, *he*  
*Polemonium pauciflorum* S. Watson, E 5459, *he*

#### Polygalaceae

*Hebecarpa barbeyana* (Chodat) J.R. Abbot, E 4586, *he*  
*Hebecarpa macradenia* (A. Gray) J.R. Abbott, V 871, *he*  
*Polygala alba* Nutt. var. *tenuifolia* (Pursh) S.F. Blake, A 350, E 4048, 4248, 4448, V 2715, *he*  
\* *Polygala dolichocarpa* S.F. Blake, E 4421, 4727, *he*  
*Polygala scoparioides* Chodat, E 4916, EL 3671, *he*  
*Rhinotropis lindheimeri* (A. Gray) J.R. Abbott var. *lindheimeri*, E 772, 4715, *he*

#### Polygonaceae

*Eriogonum atrorubens* Engelm. var. *auritulum* W.J. Hess & Reveal, E 594, 741, 756, G 247, 258, H 20432, MF 3583, V 3133, *he*  
\* *Eriogonum ciliatum* Torr. ex Benth., A 352, E 1911, 3980, 4057, 4740, G 113, 390, M 1002, P 385, *he*  
*Eriogonum greggii* Torr. & A. Gray, G 298, 391, *he*  
*Eriogonum jamesii* Benth. var. *undulatum* (Benth.) S. Stokes ex M.E. Jones, AG s/n, H 20437, *he*  
‡ *Polygonum aviculare* L., E 4619, G 381, *he*  
‡ *Rumex crispus* L., E 4612, *he*

#### Portulacaceae

*Portulaca pilosa* L., E 4897, *he*

#### Primulaceae

‡ *Lysimachia arvensis* (L.) U. Manns & Anderb., E 4639, *he*

Ranunculaceae

*Clematis drummondii* Torr. & A. Gray, E 3970, 4054, 4929, G 514, PV 1136, *he*  
*Clematis pitcheri* Torr. & A. Gray, A 367, E 669, 777, 1120, MF 2900, 2968, V 2286, *he*

\**Thalictrum grandifolium* S. Watson, C 2244, E 472, 1276, 4564, G 148, H 20254, *he*

Resedaceae

‡*Reseda luteola* L., E 4364, 4718, G 173, *he*

Rhamnaceae

\**Ceanothus buxifolius* Willd. ex Schult. f., E 1265, *sh*

*Ceanothus caeruleus* Lag., E 716, 931, 1146, 1340, 4311, 4816, G 248, H 22077, MF 2774, 2920, 2961, *sh*

*Ceanothus greggii* A. Gray, C 135, E 4402, 4714, 4817, G 112, V 6321, *sh*

*Condalia ericoides* (A. Gray) M.C. Johnst., E 5267 *sh*

*Condalia spathulata* A. Gray, MF 2780, 3636, *sh*

*Condalia warnockii* M.C. Johnst., E 4529, MF 2781, *sh*

*Frangula betulifolia* (Greene) Grubov, E 491, *tr*

\**Frangula microphylla* (Humb. & Bonpl. ex Schult.) Grubov, E 4374, *sh*

Rosaceae

\**Cercocarpus fothergilloides* Kunth, E 1257, 1283, 1397, 4271, 4351, 4487, McVaugh 12349 (MICH), P 537, *sh*

\**Cercocarpus macrophyllus* C.K. Schneid., E 4831, *sh*

*Cercocarpus montanus* Raf., C 2236, E 4818, H 20272, MF 3427, 3587, *sh*

+*Crataegus baroussana* Eggl., AG s/n, C 2227, E 1116, 1165, 2710, Prin 10083 (NYBG), *sh*

+*Crataegus greggiana* Eggl., MF 3271, Pal 300 (GH), *sh*

*Fragaria virginiana* Mill., E 479, *he*

*Holodiscus discolor* (Pursh) Maxim., E 470, 504, V 1995, *sh*

\**Lindleya mespiloides* Kunth, E 1903, 3060, 4032, 4475, 4552, 4703, ED 103, G 257, McVaugh 12347 (MICH), MF 2769, P 393, 739, PV 1145, *sh*

*Malacomeles denticulata* (Kunth) Decne., E 709, 1157, 2748, 4319, 4478, 4702, MF 2768, P 741, PV 1156, *sh*

*Petrophytum caespitosum* (Nutt.) Rydb., H 20459, 20500, 20864, *he*

\**Prunus cercocarpifolia* Villarreal, E 4710, 4712, 4713, 5575, *sh*

*Prunus mexicana* S. Watson, E 486, 4425, 4970, V 3139, 6327, *tr*

*Prunus serotina* Ehrh. ssp. *virens* (Wooton & Standl.) McVaugh, E 1266, 1398, G 508, McVaugh 12350 (MICH), *tr*

\**Purshia plicata* (D. Don) Henrickson, C 2235, E 930, 1156, 3063, 4317, 4329, 4343, 4483, 4556, ED 102, *sh*

*Rosa carolina* L., E 4979, *sh*

*Rubus trivialis* Michx., E 511, 587, *he*

+ *Vauquelinia corymbosa* Bonpl. subsp. *saltilloensis* W.J. Hees & Henrickson, A 380, E 4272, 4699, 4706, M 1024, McVaugh 12345 (MICH), MF 3552, P 538, V 541, *sh*

Rubiaceae

*Bouvardia ternifolia* (Cav.) Schltld., C 2245, E 1341, 2715, 2745, 3936, 4502, 4940, 5545, MF 2974, *sh*

*Crusea diversifolia* (Kunth) W.R. Anderson, E 1199, G 512, V 2699, *he*

*Galium uncinulatum* DC., C 2233, E 468, 4049, 4696, H 20262, V 537, 942, 1733, *he*

*Hedyotis acerosa* A. Gray, E 4400, 4447, G 312, *he*

*Hedyotis intricata* Fosberg, E 3901, 3922, *he*

*Hedyotis mullerae* Fosberg, G 249, *he*

*Hedyotis nigricans* (Lam.) Fosberg, A 382, E 764, 1495, 1914, 4705, 4926, ED 112, G 145, P 699, *he*

*Hedyotis palmeri* (A. Gray) W.H. Lewis, E 4109, 4457, 4523, ED 129, G 261, H 20412, V 1736, *he*

*Hedyotis rubra* (Cav.) A. Gray, E 4413, 4424, 4515, *he*

*Relbunium laevigatum* (DC.) Hemsl., E 713, H 20237, 20438, *he*

Rutaceae

\* *Choisya palmeri* Standl., E 5103, MR 4204, 4214, *sh*

*Ptelea trifoliata* L., A 384, E 2714, 4491, 4545, 4562, 4671, G 118, 256, *sh*

*Thamnosma texana* (A. Gray) Torr., E 4527, 4953, *he*

Salicaceae

‡ *Populus alba* L., E 4538, *tr*

*Salix lasiolepis* Benth., AG s/n, E 5062, V 3141, *tr*

*Salix nigra* Marshall, E 4609, 4629, 4769, *tr*

Santalaceae

*Arceuthobium vaginatum* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) J. Presl, G 267, *mi*

*Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler, G 505, V 1788, *mi*

\* *Phoradendron lanceolatum* Engelm. ex A. Gray, V 3138, *mi*

*Phoradendron leucarpum* (Raf.) Reveal & M.C. Johnst. subsp. *tomentosum* (DC.) J.R. Abbott & R.L. Thompson, E 495, 700, 725, 4104, 4972, G 504, *mi*

Sapindaceae

*Dodonaea viscosa* Jacq., AG s/n, *sh*

*Ungnadia speciosa* Endl., G 472, V 974, *sh*

Sapotaceae

*Sideroxylon lanuginosum* Michx. subsp. *rigidum* (A. Gray) T.D. Penn., C 2240, G 133, MF 2782, V 1714, *tr*

Saxifragaceae

\* *Heuchera mexicana* W. Schaffn. ex Small & Rydb., E 5458, *he*

Scrophulariaceae

- Buddleja cordata* Kunth subsp. *tomentella* (Standl.) E.M. Norman, E 1145, 3969, 4014, G 174, 222, 531, V 570, *sh*  
*Buddleja marrubiifolia* Benth., E 3917, 4253, 4600, 4660, *sh*  
*Buddleja scordioides* Kunth, E 3990, *sh*  
*Leucophyllum candidum* I.M. Johnst., E 4999, *sh*  
\**Leucophyllum laevigatum* Standl., E 3914, 4801, *sh*  
*Leucophyllum minus* A. Gray, E 4265, *sh*

Simaroubaceae

- ‡*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, E 4969, *tr*

Solanaceae

- Calibrachoa parviflora* (Juss.) D'Arcy, V 1068, *he*  
*Datura stramonium* L., AG s/n, *he*  
*Jaltomata procumbens* (Cav.) J.L. Gentry, AG s/n, V 2290, *he*  
*Nectouxia formosa* Kunth, E 480, *he*  
‡*Nicotiana glauca* Graham, E 4501, *sh*  
*Nicotiana obtusifolia* M. Martens & Galeotti, E 4616, *he*  
\**Nierembergia angustifolia* Kunth, E 767, 4093, 4658, 4724, 5580, ED 135, *he*  
*Physalis cinerascens* (Dunal) Hitchc., E 4008, G 322, *he*  
*Physalis hederifolia* A. Gray, E 465, 474, 499, 529, 537, 584, 755, 4129, 4460, 4809, 5552, *he*  
*Physalis lobata* Torr., ED 136, G 618, *he*  
\**Physalis microphysa* A. Gray, AG s/n, ED 116, *he*  
*Solanum americanum* Mill., E 558, 2080, G 489, *he*  
*Solanum elaeagnifolium* Cav., E 4597, 4738, 5014, *he*  
*Solanum fendleri* A. Gray, AG s/n, MF 2910, *he*  
*Solanum rostratum* Dunal, G 385, *he*  
\**Solanum verrucosum* Schltdl., E 503, 1173, 1468, 2086, G 494, H 20434, *he*

Talinaceae

- Talinum lineare* Kunth., G 370, *he*  
*Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn., E 5087, *he*

Urticaceae

- Parietaria pensylvanica* Muhl. ex Willd., V 572, *he*  
\**Urtica spiralis* Blume, E 2877, *he*

Verbenaceae

- Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc., E 4604, 4611, *sh*  
*Glandularia bipinnatifida* (Nutt.) Nutt., E 4082, 4605, G 283, *he*  
*Lippia graveolens* Kunth, E 4291, 4589, *sh*  
*Phyla strigulosa* (M. Martens & Galeotti) Moldenke, E 4781, G 105, *he*  
*Priva mexicana* (L.) Pers., V 1602, 2725, *he*  
*Verbena canescens* Kunth, E 4079, 4530, V 539, *he*  
*Verbena menthifolia* Benth., E 2081, G 488, V 548, *he*

*Verbena neomexicana* Small var. *hirtella* L.M. Perry, E 753, 1147, 2773, 3988, 4472, 4655, 4908, ED 125, G 284, 330, *He*

Violaceae

*Hybanthus verbenaceus* (Kunth) Loes., E 1154, 4760, *he*

*Hybanthus verticillatus* (Ortega) Baill., G 453, *he*

\**Viola galeanaensis* M.S. Baker, E 1161, *he*

*Viola lovelliana* Brainerd, V 6329, *he*

*Viola nephrophylla* Greene, AG 14, V 976, *he*

Vitaceae

*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., E 1117, V 2291, *sh*

*Vitis berlandieri* Planch., E 4542, 4778, *sh*

Zygophyllaceae

*Kallstroemia hirsutissima* Vail, G 386, *he*

*Larrea tridentata* (DC.) Coville, E 4146, 4427, 4534, *sh*

**MONOCOTS**

Amaryllidaceae

*Allium kunthii* G. Don, E 563, 1277, 1886, 3986, G 274, 380, V 2710, *he*

*Nothoscordum bivalve* (L.) Britton, H 20264, *he*

*Zephyranthes brevipes* Standl., E 4306, G 255, *he*

*Zephyranthes drummondii* D. Don, E 5466 *he*

Arecaceae

\**Brahea berlandieri* Bartlett, E 1891, V 3137, *tr*

Asparagaceae

\**Agave asperrima* Jacobi, E 4824, G 636, *sh*

\**Agave gentryi* B. Ullrich, E 4689, 4825, *sh*

*Agave lecheguilla* Torr., E 4745, *sh*

\**Agave montana* Villarreal, G 642, *sh*

\**Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck, E 4735, *sh*

\**Agave striata* Zucc. subsp. *falcata* (Engelm.) Gentry, E 3891, *sh*

\**Dasyllirion cedrosanum* Trel., E 3890, 4704, G 616, P 696, *sh*

*Echeandia flavescens* (Schult. & Schult. f.) Cruden, C 2231, E 492, 1196, 1913, 2082, 4141, 4914, 5590, G 490, H

20451, 20494, *he*

+*Hemiphylacus latifolius* S. Watson, E 4939, 5248, P 1319(GH), *he*

*Maianthemum stellatum* (L.) Link, E 5461, G 241, *he*

\**Manfreda brunnea* (S. Watson) Rose, E 5045, *su*

\**Nolina cespitifera* Trel., AG s/n, E 4697, G 610, V 1604, *sh*

*Yucca carnerosana* (Trel.) McKelvey, E 4454, *sh*

Asphodelaceae

‡*Asphodelus fistulosus* L., C 315, E 2777, 4073, 4124, 4365, 4774, G 123, PV 1158, *he*

Bromeliaceae

*Hechtia texensis* S. Watson, E 4432, *sh*

\**Tillandsia erubescens* Schltld., E 706, 5096, G 586, *ep*

*Tillandsia recurvata* (L.) L., E 2919, 4711, *ep*

*Tillandsia usneoides* (L.) L., E 5097, *ep*

Commelinaceae

\**Callisia navicularis* (Ortgies) D.R. Hunt, E 4741, 4905, 5582, H 20409, *he*

*Commelina dianthifolia* Delile, E 519, 766, 1172, 2088, 4005, 4145, G 495, MF 2964, 3590, *he*

*Commelina diffusa* Burm. f., E 4875, V 964, *he*

*Commelina erecta* L. var. *angustifolia* (Michx.) Fernald, E 616, G 516, *he*

*Gibasis geniculata* (Jacq.) Rohweder, E 463, *he*

\**Gibasis karwinskyana* (Schult. f.) Rohweder, C 2230, E 1141, 5510, 5592, ED 134, G 109, 155, 5151, V 963, 1710, *he*

\**Gibasis linearis* (Benth.) Rohweder, E 4588, 4754, 4810, 4956, G 371, *he*

\**Tinantia pringlei* (S. Watson) Rohweder, E 2711, *he*

\**Tradescantia brachyphylla* Greenm., E 3921, 4254, *he*

\**Tradescantia hirta* D.R. Hunt, E 4775, H 20410, *he*

Cyperaceae

*Carex schiedeana* Kunze, E 498, 644, 1142, 4108, 4409, 4687, 4822, 4833, 5557, G 477, H 20230, *he*

*Carex spissa* L.H. Bailey, E 4638, 4771, K 7378, *he*

‡*Cyperus esculentus* L., G 377, *he*

*Cyperus hermaphroditus* (Jacq.) Standl., C 2246, V 1785, *he*

*Cyperus niger* Ruiz & Pav., E 4128, V 542, 1784, *he*

*Cyperus odoratus* L., E 534, 761, 5595, *he*

*Eleocharis montevidensis* Kunth, E 4645, 4772, G 573, V 1723, *he*

*Schoenoplectus americanus* (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller, E 4787, *he*

Iridaceae

*Sisyrinchium angustifolium* Mill., E 520, *he*

*Sisyrinchium arizonicum* Rothr., H 20420, *he*

*Sisyrinchium scabrum* Cham. & Schltld., E 1151, G 242, 559, H 20281, *he*

\**Sisyrinchium schaffneri* S. Watson, A 246, E 4636, 4681, 4783, G 129, 244, H 20276, *he*

*Sisyrinchium tenuifolium* Humb. & Bonpl. ex Willd., E 1197, 1464, *he*

Juncaceae

*Juncus arcticus* Willd. var. *mexicanus* (Willd. ex Schult. & Schult. f.) Balslev, G 572, V 1721, *he*

*Juncus ensifolius* Wikstr., G 571, *he*



*Juncus texanus* (Engelm.) Coville, G 106, *he*

Melanthiaceae

\**Anticlea hintoniorum* (B.L. Turner) Zomlefer & Judd, H 20501, *he*

*Anticlea virescens* (Kunth) Rydb., E 548, 1477, 1800, *he*

*Schoenocaulon texanum* Scheele, H 20416, *he*

Orchidaceae

*Corallorhiza maculata* (Raf.) Raf., A 285, E 720, ED 113, 130, S 2007, *he*

*Corallorhiza striata* Lindl., E 1483, *he*

*Dichromanthus cinnabarinus* (La Llave & Lex.) Garay, A 286, E 1195, 1904, 3938, 4298, 5035, H 20482, S 2001, *he*

*Hexalectris grandiflora* (A. Rich. & Galeotti) L.O. Williams, E 4976, 5506, 5508, 5514, 5578, *he*

*Goodyera oblongifolia* Raf., E 714, G 579, *he*

*Govenia liliacea* (La Llave & Lex.) Lindl., E 708, G 582, 5509, *he*

\**Malaxis brachystachys* (Richb.f.) Kuntze, A 357a, E 457, 493, 588, 1387, 5511, ED 131, S 2008, *he*

\**Malaxis hintonii* Todzia, MF 2942, *he*

*Malaxis soulei* L.O. Williams, A 357b, E 458, *he*

*Platanthera brevifolia* (Greene) Kraenzl., E 1484, 5608, G 226, *he*

*Platanthera limosa* Lindl., E 1485, *he*

*Schiedeella durangensis* (Ames & C. Schweinf.) Burns-Bal., H 20289, *he*

Poaceae

\**Achnatherum editorum* (E. Fourn.) Valdés-Reyna & Barkworth, E 4438, *he*

*Achnatherum eminens* (Cav.) Barkworth, E 2786, 3984, 4060, G 309, 356, *he*

\**Achnatherum multinode* (Scribn. ex Beal) Valdés-Reyna & Barkworth, E 3927, 4207, 4758, 4868, *he*

*Achnatherum robustum* (Vasey) Barkworth, E 4688, G 607, *he*

*Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth, E 4622, VR, 906, V 1605, *he*

*Andropogon gerardii* Vitman, G 536, *he*

*Aristida adscensionis* L., G 210, 392, 606, *he*

*Aristida curvifolia* E. Fourn., E 2783, 3932, 3961, 3982, 4245, 4877, 4911, 4942, 5009, VR 1125, *he*

*Aristida divaricata* Humb. & Bonpl. ex Willd., E 5026, 5053, *he*

+*Aristida eludens* Allred & Valdés-Reyna, E 1144, 1206, 1908, 4845, VR 2254 (ANSM), 2257, *he*

*Aristida gypsophila* Beetle, G 353, *he*

*Aristida havardii* Vasey, E 4149, 4837, 4846, 5052, *he*

*Aristida pansa* Woot. & Standl. f. *contracta* Allred & Valdés-Reyna, E 4642, 5010, 5041, *he*

*Aristida pansa* Woot. & Standl. f. *pansa*, E 3905, 4152, 4229, G 352, 395, *he*

*Aristida purpurea* Nutt. var. *purpurea*, E 1205, 2765, 4584, G 311, 405, L s/n, *he*

*Aristida purpurea* Nutt. var. *nealleyi* (Vasey) Allred, E 4927, L s/n, *he*

*Aristida purpurea* Nutt. var. *perplexa* Allred & Valdés-Reyna, L s/n, *he*

- Aristida purpurea* Nutt. var. *wrightii* (Nash) Allred, E 1887, 4064, 4958, 5044, L s/n, *he*  
*Aristida schiedeana* Trin. & Rupr. var. *schiedeana*, E 4017, 5515, *he*  
‡*Arundo donax* L., E 4632, *he*  
*Bothriochloa barbinodis* (Lag.) Herter var. *barbinodis*, E 2766, 4018, G 201, 304, *he*  
*Bothriochloa laguroides* (DC.) Herter var. *laguroides*, E 4899, G 206, 305, 355, V 1542, *he*  
*Bouteloua breviseta* Vasey, E 3906, *he*  
*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. var. *caespitosa* Gould & Kapadia, E 3924, 4945, 5046, 5075, 5518, 5569, L s/n, *he*  
*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. var. *curtipendula*, E 1149, 1209, 2064, 2762, 4061, G 189, 307, 476, *he*  
*Bouteloua dactyloides* (Nutt.) Columbus, E 3973, 4088, 5025, *he*  
*Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths, E 1884, 2761, 3056, 3907, 3953, 4077, 4227, 4240, 4943, 5047, G 394, *he*  
*Bouteloua hirsuta* Lag., E 2763, 3931, 4231, 4879, G 303, *he*  
\**Bouteloua scorpioides* Lag., E 3974, *he*  
*Bouteloua simplex* Lag., E 4217, *he*  
*Bouteloua uniflora* Vasey var. *coahuilensis* Gould & Kapadia, E 2787, 4880, 4909, 4920, 4944, G 358, 403, V 884, *he*  
*Bouteloua uniflora* Vasey var. *uniflora*, E 3926, 3937, 3985, 4062, G 313, *he*  
*Bouteloua warnockii* Gould & Kapadia, E 3940, 4150, *he*  
*Brachypodium mexicanum* (Roem. & Schult.) Link var. *mexicanum*, E 707, G 215, 216, L s/n, VR 3064, *he*  
\**Brachypodium pringlei* Scribn. ex Beal, E 4680, *he*  
*Bromus anomalus* Rupr. ex E. Fourn., A 155a, E 550, 596, 617, 719, 1474, 1796, 4120, MF 3075, PE 17865, 18814, VR 3076, V 1705, *he*  
*Bromus carinatus* Hook. & Arn. var. *carinatus*, E 475, 501, 1473, 1476, 1482, 2078, 2719, 4888, 5058, 5249, G 217, 487, V 1704, *he*  
*Bromus carinatus* Hook. & Arn. var. *marginatus* (Nees) Barkworth & Anderton, AG s/n, L s/n, PE 18785, 18792, *he*  
‡*Bromus catharticus* Vahl, E 2791, 4125, 4614, 4775, 4890, G 209, L s/n, VR 911, *he*  
\**Bromus densus* Swallen, A 313, E 4038, G 590, 593, H 20284, *he*  
*Bromus frondosus* (Shear) Wooton & Standley, VI s/n, *he*  
*Bromus richardsonii* Link., E 1207, PE 18784, 17869, *he*  
‡*Cenchrus ciliaris* L., E 2792, 5016, G 399, *he*  
*Cenchrus echinatus* L., G 302, *he*  
‡*Chloris gayana* Kunth, V 883, *he*  
*Chloris submutica* Kunth, E 2788, 5049, VR 1127, 3066, *he*  
*Chloris virgata* Sw., G 178, *he*  
‡*Cynodon dactylon* (L.) Pers., G 398, *he*  
*Digitaria hitchcockii* (Chase) Stuck., E 4596, *he*

- Digitaria pubiflora* (Vasey) Wipff, E 3981, 4924, *he*  
*Disakisperma dubium* (Kunth) P.M. Peterson & N. Snow, E 2768, 4010, 4844, G 407, 503, 603, VR 3065, *he*  
‡*Eleusine multiflora* Hochst. ex A. Rich., VR 1109, *he*  
*Elymus arizonicus* (Scribn. & J.G. Sm.) Gould, E 554, 791, 2633, 4759, 4974, VR 3069, *he*  
*Elymus canadensis* L., G 180, *he*  
*Elymus elymoides* (Raf.) Swezey, E 2790, 4835, 4886, 5571, G 406, VR 1856, *he*  
*Elymus trachycaulus* (Link) Gould ex Shinners, E 1388, G 595, *he*  
*Enneapogon desvauxii* P. Beauv., G 402, *he*  
‡*Eragrostis barrelieri* Daveau, E 4608, 4839, G 179, 207, VR 1131, *he*  
‡*Eragrostis curvula* (Schrud.) Nees, VR 922, *he*  
*Eragrostis intermedia* Hitchc., G 190, 310, 359, 401, VR 1124, 3063, *he*  
‡*Eragrostis lehmanniana* Nees, E 4294, *he*  
*Eragrostis mexicana* (Hornem.) Link, G 186, *he*  
*Eragrostis palmeri* S. Watson, E 3925, 4063, 4841, 4919, G 393, *he*  
*Erioneuron avenaceum* (Kunth) Tateoka var. *avenaceum*, E 2767, 4078, 4230, 4840, 4948, G 196, 306, V 1044, *he*  
*Erioneuron nealleyi* (Vasey) Tateoka, E 3909, 3934, 3954, 3987, 4273, 4283, 5004, G 314, 404, *he*  
*Festuca amplissima* Rupr., G 589, *he*  
*Festuca arizonica* Vasey, G 594, *he*  
*Festuca rubra* L., E 553, *he*  
+*Festuca valdesii* Gonz.-Led. & S.D. Koch, E 552, H 20278 (MEXU), L s/n, *he*  
*Hesperostipa neomexicana* (Thurb.) Barkworth, E 4058, 4451, *he*  
*Heteropogon contortus* (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult., E 4278, 4993, *he*  
*Hopia obtusa* (Kunth) Zuloaga & Morrone, E 5555, *he*  
*Hilaria swallenii* Cory, E 2784, 3972, 4836, 5570, G 333, MF 3638, VR 1541, 1889, *he*  
*Koeleria pyramidata* (Lam.) P. Beauv. subsp. *pyramidata*, E 758, 778, 4091, G 596, H 20505, *he*  
*Melica montezumae* Piper, E 4559, P 551, *he*  
‡*Melinis repens* (Willd.) Zizka, E 3991, 4627, 4780, 4923, 5015, G 131, *he*  
\**Metcalfia mexicana* (Scribn.) Conert., A 332, E 2715, 3055, 3912, 4805, G 360, 608, VR 3070, *he*  
*Muhlenbergia depauperata* Scribn., E 4212, *he*  
*Muhlenbergia dubia* E. Fourn., E 651, 1202, 2066, 3066, 5573, G 478, *he*  
*Muhlenbergia emersleyi* Vasey, E 698, 1201, 4205, 2716, G 350, *he*  
*Muhlenbergia glauca* (Nees) B.D. Jacks., E 586, 653, 790, 4121, *he*  
~*Muhlenbergia gypsophila* Reeder & C. Reeder, E 4241, *he*  
*Muhlenbergia macroura* (Kunth) Hitchc., E 1392, 2718, H 20506, 20868, *he*  
*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus, E 2785, 3955, 4151, 4228, 5048, G 308, PE 17858, VR 3067, *he*  
*Muhlenbergia quadridentata* (Kunth) Trin., E 2714, *he*  
*Muhlenbergia rigens* (Benth.) Hitchc., G 351, VR 3068, *he*

*Muhlenbergia rigida* (Kunth) Kunth, E 1203, 2717, 3067, 4059, 4203, 5067, 5568, *he*  
*Muhlenbergia setifolia* Vasey, E 4213, G 349, 396, 5066, VR 3073, *he*  
*Muhlenbergia spiciformis* Trin., E 3983, *he*  
*Muhlenbergia tenuifolia* (Kunth) Kunth, E 1204, 3908, 4204, 4510, 4867, 4842, 5077, G 195, 400, 461, VR 3072, *he*  
*Muhlenbergia torreyi* (Kunth) Hitchc. ex Bush, E 4148, *he*  
*Munroa pulchella* (Kunth) Amarilla, E 3941, 4147, *he*  
*Nassella leucotricha* (Trin. & Rupr.) R.W. Pohl, B 5139, E 571, 2065, 4493, 5563, G 458, 613, VR 1894, 3062, *he*  
*Nassella mucronata* (Kunth) R.W. Pohl, G 197, VR 1895, *he*  
*Nassella tenuissima* (Trin.) Barkworth, E 4069, G 200, 332, *he*  
‡*Panicum antidotale* Retz., E 4795, *he*  
*Panicum hallii* Vasey var. *hallii*, E 2789, 4599, 4843, 4910, 5050, *he*  
*Paspalum distichum* L., E 4797, *he*  
*Paspalum pubiflorum* Rupr. ex E. Fourn. var. *pubiflorum*, E 4773, G 100, *he*  
*Paspalum setaceum* Michx., E 2055, G 467, *he*  
*Peyritschia deyeuxioides* (Kunth) Finot, E 551, 1795, 4119, 4764, *he*  
\**Piptochaetium angustifolium* (Hitchc.) Valencia & Costas, E 4757, L s/n, *he*  
*Piptochaetium fimbriatum* (Kunth) Hitchc., E 2094, 3057, 4089, 4101, 4646, 4834, 5250, 5556, 5594, G 500, MF 3188, 3594, *he*  
\**Poa ruprechtii* Peyr., E 1475, PE 18787, 18790, *he*  
*Polypogon elongatus* Kunth, C 2249, E 5057, G 584, *he*  
‡*Polypogon viridis* (Gouan) Breistr., E 4784, 5056, G 214, 585, *he*  
*Schizachyrium sanguineum* (Retz.) Alston, E 1208, 3989, 4016, G 354, *he*  
‡*Setaria adhaerens* (Forssk.) Chiov., E 4838, *he*  
*Setaria leucopila* (Scribn. & Merr.) K. Schum., E 2764, 4280, G 301, *he*  
*Setaria parviflora* (Poir.) Kerguélen, G 167, 193, 397, *he*  
‡*Setaria verticillata* (L.) P. Beauv., E 3952, *he*  
*Sorghastrum brunneum* Swallen, E 648, 2063, G 475, *he*  
‡*Sorghum bicolor* (L.) Moench., G 639, *he*  
‡*Sorghum halepense* (L.) Pers., E 4798, *he*  
*Sporobolus cryptandrus* (Torr.) A. Gray, G 208, *he*  
‡*Sporobolus indicus* (L.) R. Br., G 588, *he*  
*Tridens muticus* (Torr.) Nash var. *muticus*, E 1213, 1909, G 361, *he*  
*Trisetum viride* (Kunth) Kunth, E 555, 743, PE 18795, 18815, *he*  
*Zuloagaea bulbosa* (Kunth) Bess, AG s/n, C 2251, E 1138, 1896, 2079, 4019, 4981, G 471, MF 2875, 3073, 3593, V 1730, *he*

#### Smilacaceae

*Smilax bona-nox* L., E 595, *sh*

#### Typhaceae

*Typha domingensis* Pers., E 4786, G 640, *he*

**Appendix 2. Woody species registered in the oak forests of Sierra of Zapalinamé in northeastern Mexico (25°N).**

Scientific name	Species abbreviations	Life form	Preferential habitat
<i>Agave gentryi</i>	<i>Aga gen</i>	shrub	Oak forest
<i>Ageratina havanensis</i>	<i>Age hav</i>	shrub	
<i>Ageratina ligustrina</i>	<i>Age lig</i>	shrub	
<i>Ageratina saltillensis</i>	<i>Age sal</i>	shrub	
<i>Arbutus xalapensis</i>	<i>Arb xal</i>	tree	
<i>Baccharis sulcata</i>	<i>Bac sul</i>	shrub	
<i>Berberis eutriphylla</i>	<i>Ber eut</i>	shrub	
<i>Buddleja cordata</i>	<i>Bud cor</i>	shrub	
<i>Ceanothus caeruleus</i>	<i>Cea cae</i>	shrub	
<i>Cercis canadensis</i>	<i>Cer can</i>	shrub	
<i>Cornus stolonifera</i>	<i>Cor sto</i>	shrub	
<i>Crataegus baroussana</i>	<i>Cra bar</i>	tree	
<i>Frangula betulifolia</i>	<i>Fra bet</i>	shrub	
<i>Fraxinus cuspidata</i>	<i>Fra cus</i>	tree	
<i>Garrya glaberrima</i>	<i>Gar gla</i>	shrub	
<i>Holodiscus discolor</i>	<i>Hol dis</i>	shrub	
<i>Litsea parvifolia</i>	<i>Lit par</i>	shrub	
<i>Lonicera pilosa</i>	<i>Lon pil</i>	shrub	
<i>Prunus mexicana</i>	<i>Pru mex</i>	tree	
<i>Prunus serotina</i>	<i>Pru ser</i>	tree	
<i>Quercus greggii</i>	<i>Que gre</i>	tree	
<i>Quercus grisea</i>	<i>Que gri</i>	tree	
<i>Quercus laceyi</i>	<i>Que lac</i>	tree	
<i>Quercus laeta</i>	<i>Que lae</i>	tree	
<i>Quercus mexicana</i>	<i>Que mex</i>	tree	
<i>Quercus rugosa</i>	<i>Que rug</i>	tree	
<i>Quercus saltillensis</i>	<i>Que sal</i>	tree	
<i>Quercus sideroxyla</i>	<i>Que sid</i>	tree	
<i>Rhus aromatica</i>	<i>Rhu aro</i>	shrub	
<i>Salix lasiolepis</i>	<i>Sal las</i>	shrub	
<i>Salvia greggii</i>	<i>Sal gre</i>	shrub	
<i>Salvia regla</i>	<i>Sal reg</i>	shrub	
<i>Smilax bona-nox</i>	<i>Smi bon</i>	shrub	
<i>Stevia berlandieri</i>	<i>Ste ver</i>	shrub	
<i>Stevia ovata</i>	<i>Ste ova</i>	shrub	
<i>Ageratina calophylla</i>	<i>Age cal</i>	shrub	Pine forest
<i>Ageratina scorodonioides</i>	<i>Age sco</i>	shrub	
<i>Arctostaphylos pungens</i>	<i>Arc pun</i>	shrub	
<i>Pinus cembroides</i>	<i>Pin cem</i>	tree	

Scientific name	Species abbreviations	Life form	Preferential habitat
<i>Pinus greggii</i>	<i>Pin gre</i>	tree	
<i>Cupressus arizonica</i>	<i>Cup ari</i>	tree	Fir forest
<i>Garrya ovata</i>	<i>Gar ova</i>	shrub	
<i>Paxistima myrsinites</i>	<i>Pax myr</i>	shrub	
<i>Populus tremuloides</i>	<i>Pop tre</i>	tree	
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	<i>Pse men</i>	tree	
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	<i>Sym mic</i>	shrub	
<i>Berberis trifoliolata</i>	<i>Ber tri</i>	shrub	Montane chaparral
<i>Bouvardia ternifolia</i>	<i>Bou ter</i>	shrub	
<i>Brickellia veronicifolia</i>	<i>Bri ver</i>	shrub	
<i>Cercocarpus fothergilloides</i>	<i>Cer fot</i>	shrub	
<i>Cercocarpus montanus</i>	<i>Cer mon</i>	shrub	
<i>Chrysactinia mexicana</i>	<i>Chr mex</i>	shrub	
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	<i>Gym glu</i>	shrub	
<i>Helianthemum glomeratum</i>	<i>Hel glo</i>	shrub	
<i>Juniperus flaccida</i>	<i>Jun fla</i>	tree	
<i>Lindleya mespiloides</i>	<i>Lin mes</i>	shrub	
<i>Malacomeles denticulata</i>	<i>Mal den</i>	shrub	
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	<i>Mim acu</i>	shrub	
<i>Purshia plicata</i>	<i>Pur pli</i>	shrub	
<i>Quercus hypoxantha</i>	<i>Que hyp</i>	shrub	
<i>Quercus microphylla</i>	<i>Que mic</i>	shrub	
<i>Quercus pringlei</i>	<i>Que pri</i>	shrub	
<i>Rhus virens</i>	<i>Rhu vir</i>	shrub	
<i>Agave asperrima</i>	<i>Aga asp</i>	shrub	Rosetophyllous scrub
<i>Nolina cespitifera</i>	<i>Nol ces</i>	shrub	
<i>Opuntia engelmannii</i>	<i>Op eng</i>	shrub	
<i>Opuntia stenopetala</i>	<i>Opu ste</i>	shrub	
<i>Yucca carnerosana</i>	<i>Yuc car</i>	shrub	
<i>Opuntia robusta</i>	<i>Opu rob</i>	shrub	Cultivated