



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN BOTÁNICA

**CONTRIBUCIÓN AL
CONOCIMIENTO FLORÍSTICO DE
LA SIERRA DE LOS CARDOS,
SUSTICACÁN, ZACATECAS**

LEOPOLDO HURTADO REVELES

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2021

La presente tesis, titulada: **Contribución al conocimiento florístico de la Sierra de los Cardos, Susticacán, Zacatecas**, realizada por el alumno: **Leopoldo Hurtado Reveles** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

BOTÁNICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA



DRA. MIREYA BURGOS HERNÁNDEZ

ASESORA



DRA. MONSERRAT VÁZQUEZ SÁNCHEZ

ASESOR



DR. JUAN CARLOS LÓPEZ ACOSTA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, abril de 2021

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO FLORÍSTICO DE LA SIERRA DE LOS CARDOS, SUSTICACÁN, ZACATECAS

Leopoldo Hurtado Reveles, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2021

RESUMEN

Zacatecas es uno de los estados con mayor rezago en su conocimiento florístico y cuenta con limitada información que permita tomar acertadas decisiones de manejo y conservación de su flora y vegetación. Esto es preocupante, pues existe una creciente necesidad de conservar la mayor proporción de superficie posible frente al cambio climático global y el aumento de la presión antrópica sobre los ecosistemas naturales. La Sierra de los Cardos representa una de las principales zonas montañosas del estado, se encuentra en un área de transición entre provincias fisiográficas y por su naturaleza de isla serrana, es sumamente importante en términos biológicos. A través del método por parcelas se muestreó la flora vascular presente en la sierra en su porción centro-sur, que se ubica dentro de los límites políticos del municipio de Susticacán. Se encontraron 342 especies, 213 géneros y 74 familias de plantas vasculares. El 34 % de las especies son endémicas de México y el 5.3 % constituyen nuevos registros estatales. Mediante datos geomáticos, recorridos en campos y bajo un criterio fisonómico-florístico, se identificaron seis comunidades vegetales, que correspondieron a encinares, pinares, chaparrales, nopaleras, pastizales y zacatonales. La posible naturaleza secundaria de algunas de ellas, aunado al evidente disturbio antrópico en el área, sugiere que las comunidades primarias podrían estar en riesgo de desaparecer. La ampliación de la frontera agrícola y pecuaria favorecen el establecimiento de plantas invasoras que también amenazan la flora nativa más vulnerable. Este estudio reafirma la necesidad de llevar a cabo trabajos florísticos y de vegetación a escalas locales y propone a la Sierra de los Cardos como una serranía con gran necesidad de ser conservada y monitoreada.

Palabras clave: endemismo, flora vascular, cambio climático, comunidades vegetales, islas serranas, Sierra Madre Occidental, Susticacán.

CONTRIBUTION TO THE FLORISTIC KNOWLEDGE OF THE SIERRA DE LOS CARDOS, SUSTICACÁN, ZACATECAS

Leopoldo Hurtado Reveles, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2021

ABSTRACT

Zacatecas is one of the states with the most lag in its floristic knowledge and has limited information that allows for correct management decisions. This is concerning because there is a growing need to preserve the largest surface of land towards climate change and the increase of human pressure on natural ecosystems. The Sierra de los Cardos represents one of the main mountainous areas of the state, it is in a transition zone between physiographic provinces and because of its nature as a sky island, it is highly important in biologic terms. Through the plotting method, the vascular flora present in the central-southern portion of the sierra was sampled, which is located within the political limits of the municipality of Susticacán. We found 342 species, 213 genres and 74 families. Thirty-four percent of the species are endemic to Mexico and 5.3 % are new records for the state. Using geomatic data, field surveys and adhering to floristic-physiognomic criteria we identified oak forests, pine forests, chaparral, *nopaleras*, grasslands and *zacatonales* as plant communities. The possible secondary nature of some of them, coupled with the evident disturbance in the area suggests that the primary communities could be at risk of disappearing. The expansion of the agricultural and livestock frontier favors the establishment of invasive plants that also threaten the most vulnerable flora. This study reaffirms the need to carry out floristic and vegetation work at local scales and proposed the Sierra de los Cardos as a mountain range in great need of being conserved and monitored.

Key words: endemism, vasular flora, climate change, plant communities, sky islands, Sierra Madre Occidental, Susticacán.

AGRADECIMIENTOS

Las fuentes de financiamiento y entidades que hicieron posible el llevar a cabo este estudio, a CONACyT (beca CONACyT-906572), al Colegio de Postgraduados, al Campus Montecillo y al Posgrado en Botánica.

Los miembros de mi consejo particular, Dra. Mireya Burgos Hernández, Dra. Monserrat Vázquez Sánchez y Dr. Juan Carlos López Acosta por el trabajo y entusiasmo que pusieron en este trabajo desde el momento en que surgió la idea; por el apoyo moral y académico, así como por la paciencia y motivación que mostraron.

Mis amigos y familia que me alentaron a llevar a cabo esta empresa y que hicieron de ella una excelente experiencia.

Municipio de Susticacán y a las personas que me apoyaron durante el trabajo de campo y por su interés en este proyecto.

Todas las personas, compañeros de clase, estudiantes e investigadores que conocí durante mi maestría y que al compartir sus saberes conmigo me inspiraron a mejorar mi desempeño.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Estado del arte del conocimiento florístico de Zacatecas	4
Importancia biológica y cultural	7
Estado actual de la Sierra de los Cardos	9
Taxonomía vegetal e inventarios florísticos: ¿Cuál es su importancia?	12
Literatura citada	14
CAPÍTULO 1: CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO FLORÍSTICO DE LA SIERRA DE LOS CARDOS, ZACATECAS, MÉXICO	19
1.1: RESUMEN	19
1.2: ABSTRACT	20
1.3: INTRODUCCIÓN	21
1.4: MATERIALES Y MÉTODOS	24
1.4.1: Área de estudio	24
1.4.2: Inventario florístico	26
1.5: RESULTADOS	28
1.6: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	34
1.7: LITERATURA CITADA	40

CAPÍTULO 2: COMUNIDADES VEGETALES DE LA SIERRA DE LOS CARDOS, ZACATECAS, MÉXICO	50
2.1: RESUMEN	50
2.2: ABSTRACT	51
2.3: INTRODUCCIÓN	52
2.4: MATERIALES Y MÉTODOS	55
2.4.1: Área de estudio	55
2.4.2: Identificación y caracterización de la vegetación.....	56
2.4.3. Mapa de vegetación	58
2.5: RESULTADOS	59
2.5.1: Encinares	63
2.5.2: Pinares	64
2.5.3: Chaparrales	65
2.5.4: Nopaleras	67
2.5.5: Pastizales	68
2.5.6: Zacatonales	68
2.6: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	72
2.7: LITERATURA CITADA	79
CONCLUSIONES GENERALES	85
APÉNDICE 1	88

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO 1: CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO FLORÍSTICO DE LA SIERRA DE LOS CARDOS, ZACATECAS, MÉXICO

Cuadro 1: Familias y géneros con mayor riqueza en la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México..... 32

Cuadro 2: Nuevos registros para el estado de Zacatecas registrados en el centro-sur de la Sierra de los Cardos. *especies endémicas de México..... 33

CAPÍTULO 2: COMUNIDADES VEGETALES DE LA SIERRA DE LOS CARDOS, ZACATECAS, MÉXICO

Cuadro 1: Resultados de Análisis de Similitud (ANOSIM) empleando el índice de Bray-Curtis entre cada comunidad vegetal presente en la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México. En los recuadros verdes se señalan los valores de R mientras que en los azules se indican el valor de P asociada..... 63

Cuadro 2: Especies con los valores más altos de importancia ecológica (AEIV) para los encinares y pinares del centro-sur de la Sierra de Los Cardos, Zacatecas, México 64

Cuadro 3: Especies con los valores más altos de importancia ecológica (AEIV) para los chaparrales y nopaleras del centro-sur de la Sierra de Los Cardos, Zacatecas, México 66

Cuadro 4: Especies con los valores más altos de importancia ecológica (AEIV) para los pastizales y zacatonales del centro-sur de la Sierra de Los Cardos, Zacatecas, México..... 69

LISTA DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN GENERAL

Figura 1. A) Estado de Zacatecas en la República Mexicana; B) Ubicación de la Porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México; C) Delimitación geográfica de la Sierra de los Cardos en el estado de Zacatecas, México; D) Límite político del Municipio de Sustiacán, Zacatecas, México 3

REVISIÓN DE LITERATURA

Figura 2. Señalética que indica las actividades de restauración ecológica realizadas en 2014 en la Sierra de los Cardos. 10

Figura 3. Algunas disciplinas cuyos estudios dependen directamente del conocimiento florístico para llevarse a cabo (Peattie, 1946, Funk, 1993, Funk, 2006). 14

CAPÍTULO 1: CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO FLORÍSTICO DE LA SIERRA DE LOS CARDOS, ZACATECAS, MÉXICO

Figura 1: A) Estado de Zacatecas en la República Mexicana; B) Ubicación de la Porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México; C) Delimitación geográfica de la Sierra de los Cardos en el estado de Zacatecas, México; D) Límite político del Municipio de Sustiacán, Zacatecas, México 26

Figura 2: Curva de acumulación de especies de flora vascular registradas en la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México 29

Figura 3: Algunas especies vegetales de la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México. A) *Bouvardia ternifolia* (Cav.) Schldl.; B) *Ipomoea capillaceae* (Kunth) G. Don; C) *Tradescantia crassifolia* Cav.; D) *Pinus cembroides* Zucc.; E) *Stevia serrata* Cav.; F) *Pellaea ternifolia* (Cav.) Link; G) *Psacalium sinuatum* (Cerv.) H. Rob. & Brettell;

H) *Dahlia coccinea* Cav.; I) *Piptochaetium fimbriatum* (Kunth) Hitchc. Link. Fotos: L. Hurtado-Reveles. 30

Figura 4: Algunas de las especies endémicas presentes en la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México. A) *Sedum fuscum* Hemsl.; B) *Mammillaria moelleriana* Boed.; C) *Prochnyanthes mexicana* (Zucc.) Rose; D) *Commelina scabra* Benth.; E) *Pinguicula oblongiloba* A. DC.; F) *Dahlia sherfii* P.D. Sørensen.; G) *Castilleja linifolia* N.H. Holmgren; H) *Delphinium pedatisectum* Hemsl.; I) *Gentianopsis lanceolata* (Benth.) H.H.Iltis. Fotos: L. Hurtado-Reveles..... 37

CAPÍTULO 2: COMUNIDADES VEGETALES DE LA SIERRA DE LOS CARDOS, ZACATECAS, MÉXICO

Figura 1: Mapa de la ubicación de la parte centro-sur de la Sierra de los Cardos en el municipio de Susticacán, Zacatecas 57

Figura 2: Comunidades vegetales presentes en el centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México I: A. Encinares; B. Pinares; C. Chaparrales..... 60

Figura 3: Comunidades vegetales presentes en el centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México II. A. Nopaleras; B. Pastizales; C. Zacatonales 61

Figura 4: Resultado del Análisis de Escalamiento Métrico No Dimensional (N-DMS). Verde = Encinares; Azul = Pinares; Marrón = Chaparrales; Anaranjado = Nopaleras; Morado = Pastizales; Amarillo = Zacatonales. Esta gráfica nos permite visualizar la disimilaridad entre los sitios de estudio por la distancia entre los sitios de estudio, cada uno es un punto del color de la comunidad vegetal a la que corresponde. 62

Figura 5: A) Mapa de vegetación de la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México; B) Estado de Zacatecas en la República Mexicana; C) Municipio de Sustiacán en Zacatecas..... 71

INTRODUCCIÓN GENERAL

Se estima que en el planeta existen alrededor de 308,312 especies de plantas vasculares (Christenhusz & Byng 2016). De esta increíble diversidad florística, aproximadamente un 6 % (23,314 especies) es registrada en México como parte de su vegetación nativa. Lo anterior no es de menor importancia, pues el territorio mexicano representa sólo el 1.32 % de la superficie mundial y cerca del 50 % de sus especies de plantas vasculares son endémicas (Villaseñor 2016). Esta riqueza, reflejada también en otros grupos de seres vivos, se debe entre muchos otros factores, a su intrincada topografía, ubicación geográfica, su historia evolutiva, así como a la combinación de dos regiones biogeográficas (neártica y neotropical) y una zona de transición (Morrone 2015). Por lo que este país no es sólo un rico en especies, sino también en tipos de vegetación, los cuales llegan a ser sumamente contrastantes entre sí (Rzedowski 2006). Lo anterior, no solo convierte a México en una nación privilegiada y con potencial de desarrollo único, sino que también le confiere una responsabilidad inmensa de conservación, tanto propia como frente al mundo (CONABIO 2010).

En contraste, a nivel global las tasas de deforestación y de cambio de uso de suelo son alarmantes, la World Wildlife Fund (WWF 2019) estima que al año se pierden más de 7.5 millones de hectáreas de bosques en el mundo. En México la situación no es diferente, según la Global Forest Watch (GFW 2019) durante el 2017 se perdieron 299 mil hectáreas de cubierta vegetal en el país. Lo anterior resulta preocupante, considerando que México ocupa el tercer lugar en América Latina (Ulloa-Ulloa *et al.* 2017) y el cuarto a nivel mundial en riqueza de flora vascular (Villaseñor 2016).

A pesar de que México cuenta con una larga tradición en estudios de su flora vascular, solo el 19.2 % del territorio nacional se encuentra contemplado en algún estudio florístico, poniendo en evidencia que el conocimiento de la flora nacional sigue siendo insatisfactorio. En consecuencia, resalta la importancia de los inventarios florísticos, que constituyen una base importante del conocimiento biológico de una región, pues conocer su diversidad resulta necesario para que una comunidad o población pueda aprovechar, manejar y/o proteger su vegetación nativa. De igual manera, la formación de especialistas taxónomos para aumentar y mejorar la exploración de la diversidad, así como para la evaluación óptima del capital natural del país es una necesidad urgente y, que lamentablemente hoy, se encuentra en crisis (Villaseñor 2016).

Zacatecas es uno de los estados del país con un conocimiento insipiente de su flora y vegetación, pues los estudios florísticos en esta región son escasos (Enríquez-Enríquez 1998, Puig-Magrinyà & Carrillos-Reyes 2004, Enríquez-Enríquez *et al.* 2003, Lara-Raimers 2011, Álvarez-Huacon *et al.* 2012, Ramírez-Prieto *et al.* 2016). Lo que hace urgente la consolidación de inventarios florísticos locales, así como realizar estudios que exploren la dinámica y ubicación de los diversos tipos de vegetación a través del territorio zacatecano son importantes de llevarse a cabo.

La Sierra de los Cardos es una estribación del sistema montañoso de la Sierra Madre Occidental en su transición hacia la Mesa Central. Se ubica en la porción occidental del estado de Zacatecas, entre los municipios de Jerez de García Salinas, Monte Escobedo, Tepetongo, Susticacán y Valparaíso. La región cuenta con un estudio florístico para una pequeña parte del norte de la sierra (Ramírez-Prieto *et al.* 2016, Figura 1), sin embargo, no existen trabajos que contemplen la parte centro-sur de la misma, particularmente la que corresponde al municipio de Susticacán. Enfocar esfuerzos en generar conocimiento

biológico de esta región es imperante, particularmente frente a un escenario climático cambiante y a las altas tasas de deforestación y extinción actuales (Pimm *et al.* 2014). En respuesta a los vacíos de información botánica que aún prevalece en muchas regiones del país, en particular en el estado de Zacatecas, la presente tesis tuvo como objetivo contribuir al conocimiento de la flora y vegetación de la Sierra de los Cardos en su porción centro-sur, así como abonar información al inventario florístico estatal y nacional.

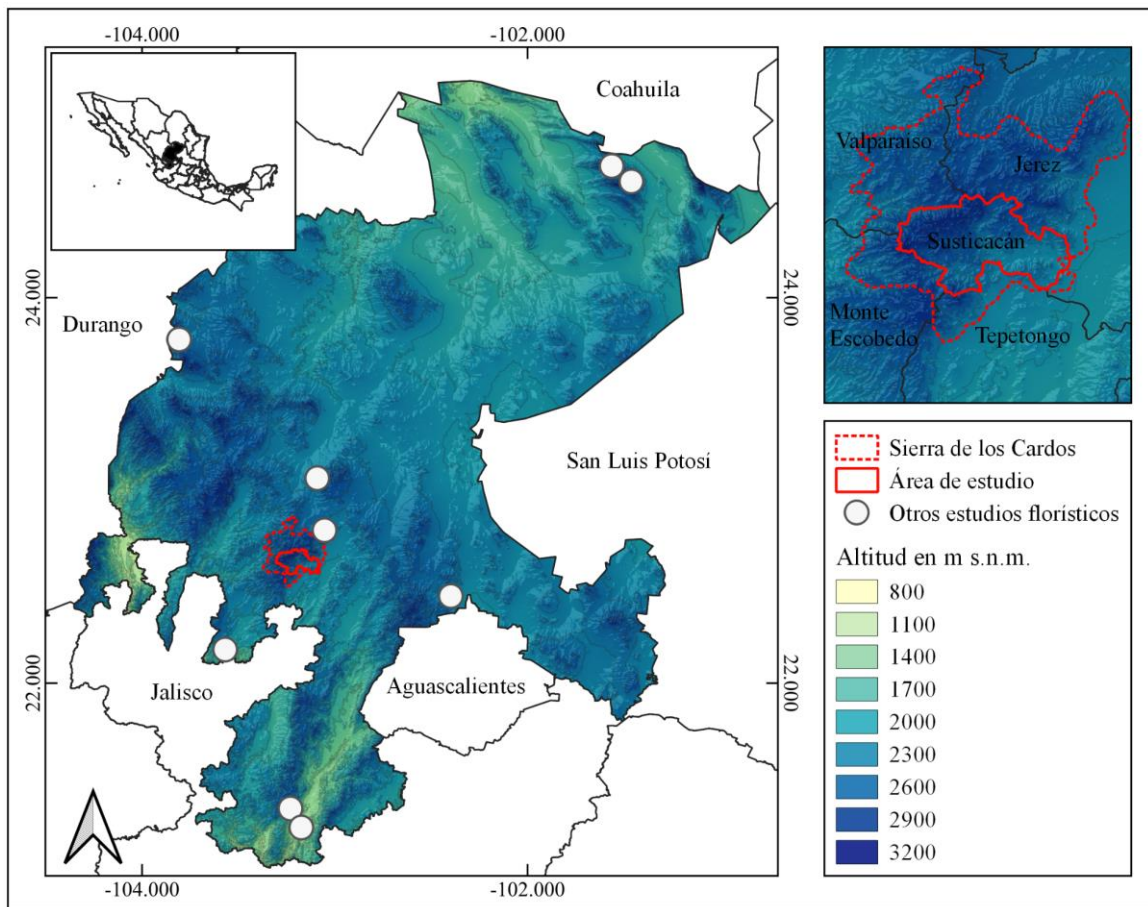


Figura 1. Mapa de Zacatecas con énfasis en la Sierra de los Cardos y el área de estudio con referencia a los estudios florísticos locales existentes para la entidad.

REVISIÓN DE LITERATURA

Estado del arte del conocimiento florístico de Zacatecas

El conocimiento florístico de Zacatecas es escaso con relación a otras entidades del país y no se cuenta aún con una flora estatal, por lo que su diversidad vegetal no está bien conocida ni explorada. Considerando lo ya estudiado, para la última actualización del catálogo de plantas vasculares de México, Villaseñor (2016) registra para el estado 3,705 especies, 179 familias y 1,045 géneros. De acuerdo con el mismo trabajo, en Zacatecas crecen 1,599 especies endémicas de México y 12 microendémicas a Zacatecas. La mayoría de esta diversidad corresponde a especies de los biomas de bosques templados y matorrales xerófilos (1,085 y 947 especies cada uno); con los biomas de bosque tropical temporalmente seco, bosque húmedo de montaña y bosque tropical húmedo menos representados (355, 215 y 49 especies respectivamente).

Los primeros trabajos científicos donde se recopila y se explora la riqueza florística de Zacatecas datan de mediados del siglo pasado. Así, en 1957, Rzedowski describió los tipos de vegetación para las zonas áridas de San Luis Potosí y Zacatecas, contemplando la porción noreste y centro del último estado. Tres años más tarde, Guzmán-H & Vela-Gálvez (1960) identificaron para la región suroeste de Zacatecas los tipos de vegetación de pradera, matorral árido, bosque pino-encino, matorral subtropical, bosque tropical deciduo y encinal de transición. En 1966 se publicó “La vegetación de Nueva Galicia” que constituye una recopilación extensiva de literatura, especímenes de herbario y datos obtenidos por Rzedowski & McVaugh (1966) en sus exploraciones, dando un panorama de la diversidad florística del occidente de México. Básicamente el trabajo contempló los estados de Jalisco, Aguascalientes y Colima, con porciones de Durango, Michoacán, Nayarit y Zacatecas. Para

este último estado, se incluyó el suroeste y parte del oeste de la entidad. Si bien los autores no mencionan ninguna colecta ni hacen referencia al municipio de Susticacán, sí son nombradas las siguientes localidades aledañas como puntos de muestreo: Ciudad García (antiguo nombre de la cabecera municipal de Jerez), Monte Escobedo (Monte Escobedo), San Juan Capistrano (Valparaíso), Hacienda de Santa Teresa (Monte Escobedo), Tanque de los Rayos (Valparaíso), Valparaíso (Valparaíso). Todos ellos ubicados en municipios colindantes con Susticacán.

En la entidad se han llevado a cabo cinco estudios que contemplan grupos taxonómicos superiores. En 1979 se publicó el primero de tres tomos en el que se exploró la diversidad briofítica de Zacatecas y se determinó que la familia Pottiaceae es la mejor representada en el estado (Delgadillo & Cárdenas 1979). Trece años después, a partir de una revisión de ejemplares de herbario, se publicó un estudio que recopiló un total de 240 especies nativas de gramíneas (Balleza-Cadengo 1992). Una década más tarde, a partir de revisiones de herbario y trabajo de campo, se identificaron 141 géneros y 464 especies de Asteraceae para el estado (Balleza-Cadengo & Villaseñor 2002). Posteriormente, Herrera-Arrieta y Cortés-Ortiz (2009) analizaron la diversidad y distribución de Poaceae y nombraron a la subfamilia Chloridoideae como la más diversa. Por su parte Sabás-Rosales (2016), registró 36 especies de *Quercus* L. (Fagaceae) a nivel estatal y concluyó que por su heterogeneidad medioambiental alta, Zacatecas es uno de los estados con promedio mayor al nacional en número de especies de encinos.

Balleza-Cadengo & Villaseñor (2002) y Balleza-Cadengo *et al.* (2005) realizaron una regionalización biogeográfica de Zacatecas con base en los patrones de distribución de las especies identificadas, determinaron finalmente dos regiones subordinadas a las provincias florísticas propuestas por Rzedowski (2006). La primera de ellas corresponde a las zonas

áridas del Altiplano Central, y la segunda, con un clima más templado, al de la Sierra Madre Occidental, en el que se ubica la zona de este estudio.

A nivel regional, recientemente Barrera-Zubiaga *et al.* (2018) describieron los atributos florísticos de cuatro diferentes comunidades dominadas por especies de pinos piñoneros (*Pinus cembroides* Zucc.; asociación de *Pinus cembroides* - *Pinus cembroides* var. *bicolor* Little; y bosque dominado por *Pinus maximartinezii* Rzed.). Los sitios de estudio se ubicaron en distintas localidades de los municipios de Fresnillo, Juchipila y Sombrerete, abarcando el centro, sur y noroeste del estado respectivamente. Los autores concluyeron que las cuatro diferentes comunidades presentaron una semejanza baja, por lo que deben ser manejados de forma independiente, dadas sus condiciones particulares.

A escala local, en el Cerro de la Cantarilla,, en el municipio de Moyahua ubicado al extremo suroeste estatal, Enríquez-Enríquez (1998) conformó un inventario florístico con 298 especies y reportó los siguientes tipos de vegetación: selva baja caducifolia, bosque espinoso, bosque de encinos y bosque de galería. En el 2004, se publicó una aproximación florística para el cañón del Río Chico en Monte Escobedo, se registrarón 134 especies de plantas vasculares y la presencia del bosque tropical caducifolio, bosque de galería o ripario y matorral subtropical (Puig-Magrinyà & Carrillo-Reyes 2004). Un año antes, Enríquez-Enríquez *et al.* (2003) documentaron para el Área Natural Protegida de Sierra de Órganos, en Sombrerete, al noroeste de Zacatecas, 406 especies, 284 géneros y 75 familias de plantas. Además, reconocieron por su fisionomía y especies dominantes los siguientes tipos de vegetación: bosque de *Quercus*, bosque de *Pinus*, bosque de *Pinus-Quercus*, bosque de *Pinus-Juniperus*, vegetación de arroyos pedregosos, vegetación de peñascos, matorral de *Mimosa-Opuntia*, pastizal y vegetación acuática y subacuática.

Para el norte de Zacatecas, en la sierra El Mascarón, se delimitaron cinco distintas asociaciones vegetales, matorral rosetófilo, matorral rosetófilo con matorral submontano, matorral micrófilo, vegetación de arroyos y matorral rosetófilo con bosque de pino (Lara-Raimers 2011). Un año más tarde, en la parte norte del estado, en una porción de la ecorregión del Desierto Chihuahuense, se llevó a cabo un estudio para determinar la diversidad y riqueza florística de cactáceas (Álvarez-Huacón *et al.* 2012). Por último, el trabajo antecesor más relevante para el presente estudio fue llevado a cabo por Ramírez-Prieto *et al.* (2016), en el norte de la Sierra de los Cardos, específicamente en la cima de la Mesa Alta en el municipio de Jerez de García Salinas. Estos autores examinaron las diferencias entre la diversidad de cuatro laderas expuestas en distintas direcciones y recopilan un total de 237 especies, resaltando que ninguna ladera compartió más de 50 % de semejanza.

Importancia biológica y cultural

La Sierra de los Cardos se ubica dentro de la provincia florística de la Sierra Madre Occidental (SMOc), que se extiende del norte de México, entre Sonora y Chihuahua, hasta Jalisco (González-Elizondo *et al.* 2012). Se caracteriza por contar con una topografía abrupta y se considera parte del reino holártico, ya que imperan los elementos florísticos de este origen. Dominan los bosques de *Pinus* en las partes más altas y de *Quercus* en las bajas (Rzedowski 1978).

La composición florística de la SMOc varía ampliamente entre sus distintas regiones debido a los intrincados factores bioclimáticos que se ejercen aquí (Ruacho-González *et al.* 2013). En ella, se encuentra la mayor diversidad de coníferas, con el 46 % de las especies

de pinos, el 34 % de encinos y el 100 % de los madroños conocidos para México (Gernandt & Pérez-de la Rosa 2014). A pesar de la importancia que representa, es una de las regiones más deficientemente conocida en el país y es preciso destacar la necesidad urgente de documentar y conservar la diversidad biológica que en ella se presenta (González-Elizondo *et al.* 2012).

Además de la importancia de esta provincia florística en virtud de su diversidad vegetal, también se debe destacar el papel que tienen las montañas bajo el panorama actual del cambio climático. El cambio climático global que actualmente enfrentamos y, en el que las actividades humanas han tenido influencia, ocasiona un incremento en la temperatura promedio de la tierra (Hoegh-Guldberg *et al.* 2019). En comunidades vegetales, esto no solo se manifiesta en una migración latitudinal de las especies, sino altitudinal en sierras y cordilleras (Parmesan 2006, Wilson *et al.* 2007, Lenoir *et al.* 2010). Por esta razón, es trascendental no solo contar con información de la distribución histórica y actual de las especies para saber su comportamiento futuro, sino conocer la diversidad que hay antes de que desaparezca, pues esta información permitirá tomar las medidas de conservación y restauración necesarias.

A pesar de que el área de estudio pertenece a la SMOc, no forma parte del conjunto continuo de sierras que la integran, sino que es una cadena montañosa pequeña, rodeada de valles y planicies afines a la Mesa del Centro. Para esta última, en términos florísticos equivale, a la denominada por Rzedowski (1978), Altiplanicie, la cual se extiende desde Chihuahua y Jalisco hasta el Estado de México, Puebla, Tlaxcala y Michoacán. Por lo tanto, se pueden observar en algunas zonas de la sierra, como en las partes bajas, vegetación de tipo matorral xerófilo (Rzedowski, 2006). En consecuencia, la Sierra de los Cardos

constituye una de las últimas sierras aisladas y presenta comunidades vegetales con influencias de ambas provincias.

Además de su importancia biológica, la Sierra de los Cardos forma parte de la ruta de peregrinación religiosa del pueblo Wixárika, en español huicholes. Durante sus peregrinaciones los grupos tradicionales, entregan ofrendas en los sitios sagrados esparcidos a lo largo de la ruta de procesión (Neurath 2000). Varios de estos sitios se concentran en la sierra, a la que el pueblo originario le ha dado el nombre de Xurahue Muyeca, convirtiéndola así en un paisaje igualmente sagrado (Giménez de Azcárate *et al.* 2018). Es por esto que la zona no sólo presenta un importante valor cultural para los habitantes del municipio de Susticacán, sino también para el grupo étnico huichol.

Estado actual de la Sierra de los Cardos

Referencias formales sobre el estado actual de conservación de la Sierra de los Cardos son escasos. El sitio no se encuentra señalado en el mapa de “Regiones terrestres prioritarias de México” de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Arriaga *et al.* 2000); ni en el de “Zonas críticas y de alto riesgo para la conservación de la biodiversidad de México” (Ceballos *et al.* 2009). Por lo anterior, se puede afirmar que la zona de estudio, no se encuentra contemplada en estudios nacionales donde priorizan áreas actuales o potenciales de conservación en el país. Solo una porción del noroeste de la Sierra forma parte del polígono de la “Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043, Río Ameca” decretado por la CONANP en 1949 y recategorizada en 2002 (Romero 2013), no obstante, no existe un plan de manejo. A nivel regional o local, tampoco se cuenta con información en temas de conservación, pero a partir de recorridos de

campo durante el desarrollo de esta investigación, ha sido posible observar evidencias de actividades de reforestación, construcción de zanjas trincheras y represas con madera seca. Éstas tienen como fin retener humedad y suelo, así como disminuir la erosión hídrica. Lo anterior, sugiere que existe un impacto ambiental considerable en la zona, pero también una preocupación por parte de algunas instancias de gobierno (Figura 2) y de la población local.



Figura 2. Señalética que indica las actividades de restauración ecológica realizadas en 2014 en la Sierra de los Cardos.

La porción centro-sur de la sierra, se ubica dentro de los límites políticos del municipio de Susticacán, formalizados en 1918 y cuya cabecera municipal (del mismo nombre) fue fundada oficialmente casi dos siglos antes, en 1797; sin embargo, ya existía desde mucho antes como un pueblo de origen indígena y se ha sugerido que su nombre proviene del

tarasco, que significa “lugar de cañada fuerte”. A partir de la fundación de la cabecera, se comenzaron a adquirir tierras, tanto por dotación por parte de la Corona española como por su compra, gracias a la organización comunal. De esta manera, los nuevos dueños del territorio poco a poco construyeron pequeñas estancias en sitios para el ganado, localizados en la serranía circundante, algunas de las cuales, constituyen actualmente las cuatro localidades habitadas del municipio: El Chiquihuite, Los Cuervos, Cieneguitas y, la cabecera municipal, Susticacán (Vázquez-Díaz 2016).

Actualmente las principales actividades económicas a lo largo del municipio son la ganadería, la agricultura y en menor medida la explotación forestal (Vázquez-Díaz 2016). En la sierra, se observó el desarrollo del pastoreo de ganado ovino y bovino. CONABIO (2016) reporta para el área algunas zonas con niveles altos de impactos antropogénicos a la biodiversidad. Además, existe la presencia de asentamientos temporales conocidos localmente como “casas de agua”, que son pequeñas habitaciones donde los dueños de ganado se alojan en la temporada de lluvia, cuando llevan a pastar a sus animales lejos de sus comunidades. A partir de declaraciones de habitantes locales, se sabe que durante el siglo pasado, existió extracción minera rudimentaria de estaño y hulla en pequeños puntos a lo largo de la Sierra de los Cardos. La mención de esta información es de importancia, pues aunque no existe ningún documento sobre el impacto histórico de origen antrópico en la sierra, si es evidente durante los recorridos realizados y el tema es ampliamente conocido por sus pobladores.

Taxonomía vegetal e inventarios florísticos: ¿Cuál es su importancia?

Recientemente el estudio de la vida pasó de ser esencialmente descriptivo en tiempos de los antiguos naturalistas, a ser capaz de contestar preguntas que desentrañan desde patrones de evolución, hasta la evaluación del impacto actual de especies invasoras. Todos estos estudios, parten de una correcta identificación de las especies sujetos de la investigación (Noriega *et al.* 2015). Dicho esto y, a pesar de que la comunidad científica es consciente de la relevancia de la taxonomía en sus diversas líneas de investigación, no se le da el lugar ni la importancia que representa. Esto se manifiesta en un escaso trabajo taxonómico y en maneras poco adecuadas para reconocer, y por lo tanto, remunerar este tipo de actividad que aliente a los nuevos investigadores a formarse como taxónomos, al menos en el caso de la botánica (Villaseñor, 2016). Lo anterior, se ha desencadenado en una crisis de la taxonomía vegetal, que magnifica los impactos negativos de la reconocida crisis de la biodiversidad. Como ya se mencionó, es vital para el desarrollo de una investigación contar con una correcta determinación específica, sin embargo, esta es sólo una de las tantas aplicaciones de la taxonomía.

Considerando que existe una proporción importante de especies aún por descubrir, sumada a una tasa de extinción alarmante, muchas especies desaparecerán sin siquiera ser descubiertas, y por lo tanto, se perderán junto con su historia evolutiva y los beneficios potenciales que pudo haber traído para desarrollo humano (Villaseñor 2016). Es tal la dimensión de la crisis taxonómica, que Salazar-Vallejo *et al.* (2018), destacaron el reto que representa bajo el contexto nacional y presentaron una propuesta de consolidación de un plan nacional para el conocimiento de la biodiversidad. En dicha propuesta se destacó la

necesidad del trabajo colaborativo de centros de investigación, universidades y sociedades científicas para el incremento de formación de taxónomos profesionales.

Una flora, es un inventario de plantas de un área geográfica definida (Lawrence 1951). Por otro lado, un inventario florístico es una lista publicada, no publicada o digital de las plantas de cualquier región a cualquier escala y son el punto de partida del conocimiento vegetal de una región determinada. Estos listados son la piedra angular de evaluaciones ambientales, planes de manejo y cualquier proyecto e investigación que contemple cualquier componente de la biodiversidad, desde los genes hasta los ecosistemas o paisajes (Jayakumar *et al.* 2011). La impresión de que este tipo de trabajos no son tan importantes y críticos para la ciencia, es una visión errónea. A escala local toman especial relevancia ya que son registros del área de distribución de especies, en conjunto representan una base de datos de incidencias que nos permite conocer qué tan escasas o abundantes son algunas de ellas (Peattie 1946). A su vez, frecuentemente existe un desconocimiento de los habitantes hacia su flora local, por lo que estos estudios son una herramienta imprescindible para vincular las localidades con su capital natural y así fortalecer la conservación de la biodiversidad (da Conceição Pereira *et al.* 2016). Es trascendental que los estudios florísticos sean reconocidos por su papel integral en todos los estudios de biodiversidad, así como de otras disciplinas (Figura 3) (Funk 2006).

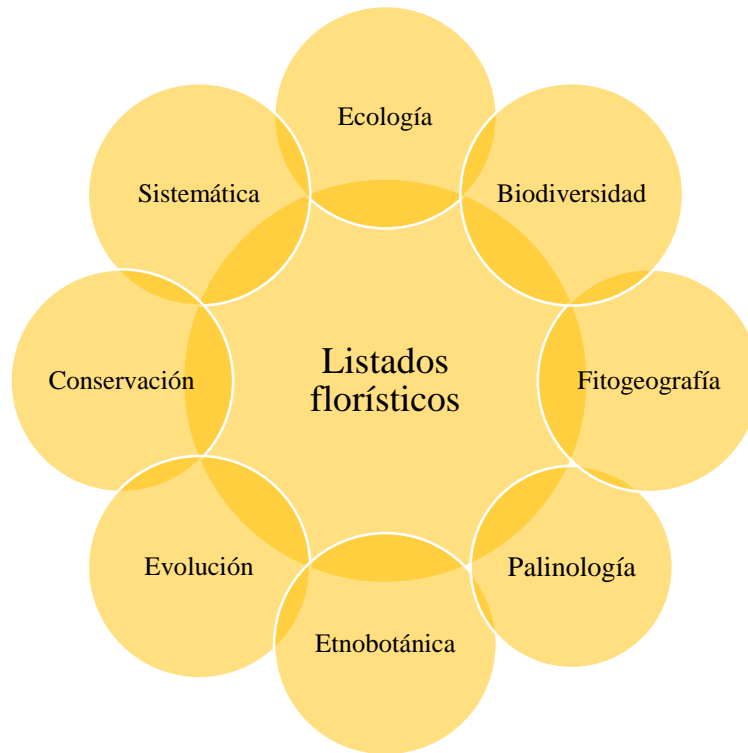


Figura 3. Algunas disciplinas cuyos estudios dependen directamente del conocimiento florístico para llevarse a cabo (Peattie 1946, Funk 1993, Funk 2006).

Literatura citada

- Álvarez-Huacón V, Boada-Plaja G, Fernández-Asensio C. 2012. *Diversidad y riqueza de cactáceas en el Desierto Zacatecano en el Estado de Zacatecas*. PhD Thesis. Universidad de Girona.
- Arriaga L, Espinoza JM, Aguilar C, Martínez E, Gómez L, Loa E. 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. ISBN: 970-9000-16-0
- Balleza-Cadengo JJ. 1992. *Gramíneas del estado de Zacatecas catálogo de especies y clave para géneros*. PhD Thesis. Colegio de Postgraduados.
- Balleza-Cadengo JJ, Villaseñor JL. 2002. La familia Asteraceae en el estado de Zacatecas (México). *Acta Botanica Mexicana* **59**: 5-69. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm59.2002.893>
- Balleza-Cadengo JJ, Villaseñor JL, Ibarra-Manríquez G. 2005. Regionalización biogeográfica de Zacatecas, México, con base en los patrones de distribución de la

- familia Asteraceae. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **76**: 71-78. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2005.001.349>
- Barrera-Zubiaga EJ, Granados-Sánchez D, Granados-Victorino RL, Luna-Cavazos M. 2018. Characterization of four pinyon pine forests in the state of Zacatecas, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales* **24**: 275-296. DOI: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.03.018>
- Ceballos G, Díaz Pardo E, Espinosa H, Flores Videla O, García A, Martínez L, Martínez Meyer E, Navarro A, Ochoa L, Salazar I, Santos Barrera G. 2009. In: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, eds. *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. México, D. F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. ISBN: 978-607-7607-08-3
- Christenhusz MJ, Byng JW. 2016. The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa* **261**: 201-217. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.261.3.1>
- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad]. 2010. *Síntesis - Capital Natural de México - Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN: 978-607-7607-09-0
- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. 2016. *Mexbio 1.0 Mapa de impactos antropogénicos a la biodiversidad 2010*. México DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (accessed February 9, 2021).
- da Conceição Pereira M, Moura M, Rego IE, Silva L. 2016. Local knowledge of the flora of a region: implications in biodiversity conservation. *AIMS Environmental Science* **34**:778-803. DOI: <https://doi.org/10.3934/environsci.2016.4.778>
- Delgadillo C, Cárdenas MA. 1979. Musgos de Zacatecas, México. I. *Botanical Sciences* **38**: 1-6. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1166>
- Enríquez-Enríquez ED. 1998. Estudio florístico del cerro La Cantarilla, municipio de Moyahua, Estado de Zacatecas, México. MSc Thesis. Colegio de Postgraduados.
- Enríquez-Enríquez ED, Koch SD, González-Elizondo MS. 2003. Flora y vegetación de la Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas, México. *Acta Botanica Mexicana* **64**: 45-89. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm64.2003.928>
- Funk VA. 1993. Uses and Misuses of Floras. *Taxon* **42**: 761-772. DOI: <https://doi.org/10.2307/1223261>
- Funk VA. 2006. Floras: a model for biodiversity studies or a thing of the past?. *Taxon* **553**: 581-588. DOI: <https://doi.org/10.2307/25065635>

- Gernandt DS, Pérez-de la Rosa JA. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: 126-133. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.32195>
- Giménez de Azcárate J, Fernández H, Candelario T, Lira R, Llano M. 2018. Diagnósis cultural y natural de la Ruta Huichol a Huiricuta: Criterios para su inclusión en la Lista del Patrimonio Mundial. *Investigaciones Geográficas* **96**: 1-18. DOI: <https://doi.org/10.14350/rig.59604>
- GFW [Global Forest World]. 2020. *Zacatecas*. <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/MEX> (accessed November 23, 2020).
- González-Elizondo MS, González-Elizondo M, Tena-Flores JA, Ruacho-González L, López-Enríquez IL. 2012. Vegetación de la sierra madre occidental, México: Una síntesis. *Acta Botanica Mexicana* **100**: 351-403. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.40>
- Guzmán-H.G, Vela-Gálvez L. 1960. Contribución al conocimiento de la vegetación del suroeste del estado de Zacatecas (República Mexicana). *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana* **25**: 46-61. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsoci.1065>
- Herrera-Arrieta Y, Cortés-Ortiz A. 2009. Diversidad y distribución de las gramíneas (Poaceae) en el Estado de Zacatecas. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* **3**: 775-792.
- Hoegh-Guldberg O, Jacob D, Taylor M, Bolaños TG, Bindi M, Brown S, Camilloni IA, Diedhiou A, Djalante R, Ebi K, Engelbrecht F. 2019. The human imperative of stabilizing global climate change at 1.5 C. *Science* **365**: 1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.aaw6974>
- Jayakumar S, Kim SS, Heo J. 2011. Floristic inventory and diversity assessment-a critical review. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences* **1**: 151-168.
- Lara-Raimers EA. 2011. *Estructura y diversidad de la vegetación en una porción de la Sierra el Mascarón en el Norte de Zacatecas, México*. BSc Thesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Lawrence GHM. 1951. *Taxonomy of Vascular Plants*. New York: Macmillan. ISBN: 978-002-3681-90-5
- Lenoir J, Gégout JC, Guisan A, Vittoz P, Wohlgemuth T, Zimmermann NE, Dullinger S, Pauli H, Willner W, Svenning JC. 2010. Going against the flow: potential mechanisms for unexpected downslope range shifts in a warming climate. *Ecography* **33**: 295-303. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06279.x>
- Morrone JJ. 2015. Biogeographical regionalisation of the world: a reappraisal. *Australian Systematic Botany* **28**:81-90. DOI: <https://doi.org/10.1071/SB14042>

- Neurath J. 2000. El don de ver: El proceso de iniciación y sus implicaciones para la cosmovisión huichola. *Desacatos* **5**: 57-78. DOI: <https://doi.org/10.29340/5.1222>
- Noriega JA, Santos AM, Aranda SC, Calatayud J, de Castro I, Espinoza VR, Hórreo JL, Medina NG, Peláez ML, Hortal J. 2015. ¿Cuál es el alcance de la crisis de la Taxonomía? Conflictos, retos y estrategias para la construcción de una Taxonomía renovada. *Revista IDE@-SEA* **9**: 1-16.
- Parmesan C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **37**: 637-669. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100>
- Peattie DC. 1946. The use – and uselessness – of Local Floras. *Castanea* **11**: 63-65.
- Pimm SL, Jenkins CN, Abell R, Brooks TM, Gittleman JL, Joppa LN, Raven PH, Roberts CM, Sexton JO. 2014. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science* **344**: 987-998. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1246752>
- Puig-Magrinyà F, Carrillo-Reyes P. 2004. Aproximación a la flora y vegetación del cañón del Río Chico, Monte Escobedo, Zacatecas. In: Vázquez-García JA, Cházaro-Basáñez MJ, Nieves G, Vargas Rodríguez YL, Flores Macías A, eds. *Flora del Norte de Jalisco y Etnobotánica Huichola*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara. ISBN: 970-27-0592-4
- Ramírez-Prieto J, Koch-Olt SD, Balleza-Cadengo JDJ, Adame-González M, Romero-Nápoles J. 2016. Flora de la cima de la Mesa Alta, Jerez, Zacatecas, México. *Botanical Sciences* **94**: 357-375. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.246>
- Romero A. 2013. *15 Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043, Nayarit*. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/biodiversidad/areas-naturales-protégidas/142> (accessed July 3, 2020)
- Ruacho-González L, González-Elizondo MS, González-Elizondo M, López-González C. 2013. Diversidad florística en cimas de la Sierra Madre Occidental, México, y su relación con variables ambientales. *Botanical Sciences* **91**: 193-205. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.414>
- Rzedowski J. 1957. Vegetación de las partes áridas de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* **18**: 49-101.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. México, D.F.: Editorial Limusa. ISBN: 978-968-1800-02-4
- Rzedowski J. 2006. *Vegetación de México: Ira. Edición digital*. México, D. F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf (accessed March 12, 2019).

- Rzedowski J, McVaugh R. 1966. La vegetación de Nueva Galicia. *Contributions from the University of Michigan Herbarium* **9**: 1-123.
- Sabás-Rosales JL. 2016. Encinos (*Quercus*: Fagaceae) de Zacatecas: Taxonomía, diversidad y distribución. PhD Thesis. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Salazar-Vallejo SI, González NE, Barrientos-Villalobos J, Carbajal-Márquez RA, Schmitter-Soto JJ. 2018. El reto taxonómico de la biodiversidad en México. *Biología y Sociedad* **1**: 65-74.
- Ulloa-Ulloa CU, Acevedo-Rodríguez P, Beck S, Belgrano MJ, Bernal R, Berry PE, Brako L, Celis M, Davidse G, Forzza RC, Gradstein SR. 2017. An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science* **358**: 1614-1617. DOI: <https://10.1126/science.aao0398>
- Vázquez-Díaz GJ. 2016. SUSTICACÁN. *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Zacatecas*. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM32zacatecas/municipios/32043a.html> (accessed July 15, 2020)
- Villaseñor JL. 2016. Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **87**: 559-902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Wilson RJ, Gutierrez D, Gutierrez J, Monserrat VJ. 2007. An elevational shift in butterfly species richness and composition accompanying recent climate change. *Global Change Biology* **13**: 1873-1887. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01418.x>
- WWF [World Wildlife Fund]. 2019. *Deforestation*. World Wildlife Fund. <https://www.worldwildlife.org/threats/deforestation> (accessed February 23, 2020)

CAPÍTULO 1. CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO FLORÍSTICO DE LA SIERRA DE LOS CARDOS, ZACATECAS, MÉXICO

CONTRIBUTION TO THE FLORISTIC KNOWLEDGE OF THE SIERRA DE LOS CARDOS, ZACATECAS, MEXICO

1.1. RESUMEN

Antecedentes: La Sierra de los Cardos es una de las principales zonas montañosas de Zacatecas, se encuentra en un área de transición entre provincias fisiográficas y por su naturaleza de isla serrana, es sumamente importante en términos biológicos. A pesar de esto, el área no ha sido explorada botánicamente.

Preguntas: ¿Cuáles y cuántas familias, géneros y especies de plantas vasculares alberga la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos? ¿Existen especies bajo categoría de riesgo y endémicas, cuántas y cuáles?

Especies de estudio: Flora vascular.

Sitio y años de estudio: Centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas. 2019-2020.

Métodos: Se realizó un inventario florístico por el método de cuadrantes. Los ejemplares se determinaron con apoyo de literatura especializada y corroboración con ejemplares de herbario.

Resultados: Se identificaron 74 familias, 213 géneros y 342 especies. Asteraceae (75 especies), Poaceae (38) y Fabaceae (27) fueron las familias mejor representadas, mientras que *Muhlenbergia* (11 especies), *Quercus* (11), *Ipomoea* y *Stevia* (8) fueron los géneros más diversos. Se identificaron 117 especies endémicas, tres en riesgo, seis introducidas y 18 nuevos registros para Zacatecas. De acuerdo con el hábito, dominan las hierbas (264 especies), seguidas de los arbustos (55) y árboles (23).

Conclusiones: La Sierra de los Cardos en su porción centro-sur presenta una importante riqueza florística, que junto a los nuevos registros, especies endémicas y en riesgo, ponen en evidencia la urgencia de incluir el área en estrategias de conservación y continuar las exploraciones botánicas tanto a nivel local como estatal.

Palabras clave: conservación, flora vascular, endemismo, isla serrana, Sierra Madre Occidental.

1.2. ABSTRACT

Background: The Sierra de los Cardos is one of the main mountainous areas of Zacatecas, it is located in a transition zone between physiographic provinces, and due to its nature as a sky-island, it is extremely important in biological terms. Despite this, the area has not been botanically explored.

Questions: Which and how many families, genera, and species of vascular plants are found in the south-central portion of the Sierra de los Cardos? Are there any threatened or endemic species, how many and which ones?

Studied species: Vascular flora.

Study site and dates: South-central portion of the Sierra de los Cardos, Zacatecas. 2019-2020.

Methods: A floristic inventory was carried out by the quadrant method. The specimens were determined with the support of specialized literature and corroboration with specimens from herbarium.

Results: 74 families, 213 genera, and 342 species were identified. Asteraceae (75 species), Poaceae (38), and Fabaceae (27) were the best represented families, meanwhile, *Muhlenbergia* (11 especies), *Quercus* (11), *Ipomoea*, and *Stevia* (8) were the richest genera.

117 endemic species were identified, three at risk, six introduced, and 18 new records for Zacatecas. According to habit, herbs (264 species) dominate, followed by shrubs (55) and trees (23).

Conclusions: The Sierra de los Cardos in the south-central portion presents an important floristic richness, which together with the new records, endemic and endangered species, highlight the urgency of including the area in conservation strategies and continuing botanical explorations.

Key words: conservation, vascular flora, endemism, sky-island, Sierra Madre Occidental.

1.3. INTRODUCCIÓN

La pérdida de hábitat por cambio de uso de suelo es uno de los factores antropogénicos que impactan la biodiversidad y nos ha impuesto un reto contemporáneo crucial en México: incrementar el conocimiento taxonómico de la riqueza biológica (Isbell *et al.* 2013, Badii *et al.* 2015). Sin embargo, esta tarea está lejos de ser concluida, debido en parte, a los sesgos y disparidades en la realización de inventarios y estudios de diversidad, pues se han enfocado principalmente en regiones con ecosistemas conservados, altamente diversos, así como en taxones carismáticos y/o conspicuos (Troudet *et al.* 2017, Stahl *et al.* 2020). A pesar de que en México se ha tenido un particular interés en los listados florísticos y de que se cuenta con un importante avance en el conocimiento de su flora, aún existen regiones poco estudiadas con fuertes vacíos de información (Sosa & Dávila 1994, Villaseñor 2016), incrementándose en regiones alejadas y poco conspicuas de la República Mexicana.

El estado de Zacatecas, localizado en la porción centro-norte del país, se divide en cuatro provincias fisiográficas: Eje Neovolcánico, Mesa del Centro, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental (INEGI 2020). Dicha convergencia de regiones le proporciona una alta heterogeneidad de condiciones físicas, ambientales y ecológicas propicias para el desarrollo de una gran variedad de comunidades vegetales de las cuales se tiene aún un incipiente conocimiento en su composición y requiere de una mayor exploración botánica (Sosa & Dávila 1994, Ramírez-Prieto *et al.* 2016).

De acuerdo con el listado de plantas vasculares realizado por Villaseñor (2016), en Zacatecas existen cerca de 3,705 especies. Una estimación más reciente, registró un total de 2,646 especies (Balleza-Cadengo 2020). Lo anterior, resulta en una diferencia de poco más de 1,000 especies entre ambas cifras, por lo que es imperante realizar inventarios más detallados dentro de la región.

El conocimiento existente de la flora vascular zacatecana descansa en los trabajos de Balleza-Cadengo (1992), Balleza-Cadengo & Villaseñor (2002), Enríquez-Enríquez *et al.* (1998), Enríquez-Enríquez *et al.* (2003), Puig-Magrinyà & Carrillo-Reyes (2004), Herrera-Arrieta & Pámanes-García (2010), Lara-Raimers (2011), Álvarez-Huacón *et al.* (2012), Ramírez-Prieto *et al.* (2016) y Barrera-Zubiaga *et al.* (2018). A pesar de estas aportaciones al conocimiento florístico del estado, existen extensas zonas y numerosas regiones sin documentación de su flora que forma parte de importantes biomas como el Desierto Chihuahuense y la Sierra Madre Occidental, por lo que realizar inventarios a cualquier escala geográfica en zonas poco o nulamente exploradas, constituirá un valioso aporte al inventario nacional e información útil para establecer estrategias a nivel local que regulen su conservación y aprovechamiento.

La Sierra de los Cardos constituye una zona montañosa de tipo “islas serranas” las cuales contribuyen de manera considerable a la biodiversidad de Zacatecas (Bryson & Ávila-Villegas 2020). Dichas formaciones son grupos de montañas aisladas que presentan vegetación de bosques templados rodeados de partes bajas con vegetación más árida, principalmente de tipo matorral xerófilo (Warshall 1995), resultado de procesos de expansión y contracción de los bosques de *Pinus-Quercus* de la Sierra Madre Occidental ocurridos durante la última era de hielo (Van Devender & Burgess 1985). Esta dinámica geomorfológica, las ha transformado en refugios ecológicos de varios linajes de plantas e influyeron en numerosos eventos de especiación, determinando así, la composición florística y el grado de endemismo de las especies. En consecuencia, este tipo de regiones son consideradas con una alta riqueza biológica (Stewart *et al.* 2010, Leite *et al.* 2016) y, en el caso de la sierra, también cultural, pues constituye parte de la ruta de peregrinación del pueblo Wixárika que la consideran un paisaje sagrado (Giménez de Azcárate *et al.* 2018).

Lamentablemente, en la región las actividades agrícolas y pecuarias han ganado terreno en los últimos años, modificando la estructura y composición del área, con altos niveles de impactos antropogénicos a la biodiversidad (CONABIO 2016). Además, a este riesgo, se suma el documentado efecto del cambio climático global sobre la vegetación de climas templados (Parmesan 2006, Wilson *et al.* 2007, Parolo & Rossi 2008, Lenoir *et al.* 2010, Jump *et al.* 2012), lo que en conjunto amenaza la permanencia de los ecosistemas en el área de estudio y con ello la diversidad presente a todos los niveles. El presente trabajo tuvo como objetivo, contribuir al conocimiento de la flora vascular de la Sierra de los Cardos en su porción centro-sur, enfatizando la presencia de especies endémicas de México, raras o en alguna categoría de riesgo y, abonar así, al conocimiento florístico del estado de Zacatecas y en general al del país.

1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1 Área de estudio. La Sierra de los Cardos es una estribación del sistema montañoso de la Sierra Madre Occidental (SMOc), que no forma parte del continuo de sierras que la integran, sino que es una cadena montañosa pequeña, constituida por formaciones geológicas irregulares, rodeada de valles y planicies afines a la Mesa del Centro (INEGI 2001, 2013). Comprende una extensión aproximada de 800 km² y se ubica en la porción occidental del estado de Zacatecas en México, entre los municipios de Jerez de García Salinas, Monte Escobedo, Tepetongo, Susticacán y Valparaíso (INEGI 2010a, b, c, d, e) (Figura 1).

La porción centro-sur de la sierra cuenta con una superficie de 142 km² y se localiza dentro de los límites políticos del municipio de Susticacán, entre las coordenadas extremas 22° 41' 48'' y 22° 33' 45'' N y 103° 19' 22'' y 103° 04' 47'' W (Figura 1). El tipo de clima dominante con base en la clasificación de Köppen, modificada por García (1981) es el templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (Cx), seguido del semiseco templado con lluvias en verano (Bs) y en menor representación, el templado con lluvias en verano de humedad media (Cw₁). El área de estudio recibe una precipitación promedio anual entre 600 a 700 mm, con una temperatura promedio de 14 a 16 °C y una elevación que oscila entre 2080 y 2932 m (INEGI 2010c). El relieve es accidentado, formando pendientes con distinto grado de inclinación. El tipo de roca dominante es del tipo ígnea extrusiva correspondiente al periodo Triásico y, en menor proporción, ígnea intrusiva. El principal tipo de suelo reportado para el área es el fluvisol (INEGI 2020).

Hasta el momento no existe un conocimiento detallado de los tipos de vegetación presentes en la sierra, pero de acuerdo con INEGI (2010c), la vegetación representada en el área es el bosque de coníferas (*Pinus*, *Abies*, *Cupressus*), los matorrales xerófilos y los pastizales (*Bouteloua*, *Muhlenbergia*). En zonas adyacentes al área de estudio hay cuatro localidades habitadas (El Chiquihuite, Los Cuervos, Cieneguitas y Susticacán) y se observa el desarrollo del pastoreo de ganado ovino y bovino, así como de actividades agrícolas.

1.4.2 Inventario florístico. Las recolectas botánicas se llevaron a cabo durante marzo de 2019 a octubre de 2020, a través de un muestreo aleatorio estratificado por tipo de vegetación, mediante 60 cuadrantes y cubriendo las distintas formas de crecimiento de la flora vascular (Mateucci & Colma 1982, Mostacedo & Fredericksen 2000, Burgos-Hernández & Castillo-Campos 2018). De manera complementaria y durante todo el estudio, fueron recolectadas especies conspicuas que no hubiesen sido registradas dentro de los cuadrantes de muestreo. Para cada taxón, fueron recolectados tres ejemplares y de cada uno de ellos, se registró información del sitio de colecta (altitud, coordenadas geográficas, pendiente, orientación de la ladera y tipo de vegetación). El proceso de herborización fue de acuerdo con lo propuesto por Lot & Chiang (1986). Algunas de las especies raras o con categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010) se registraron solo de manera fotográfica.

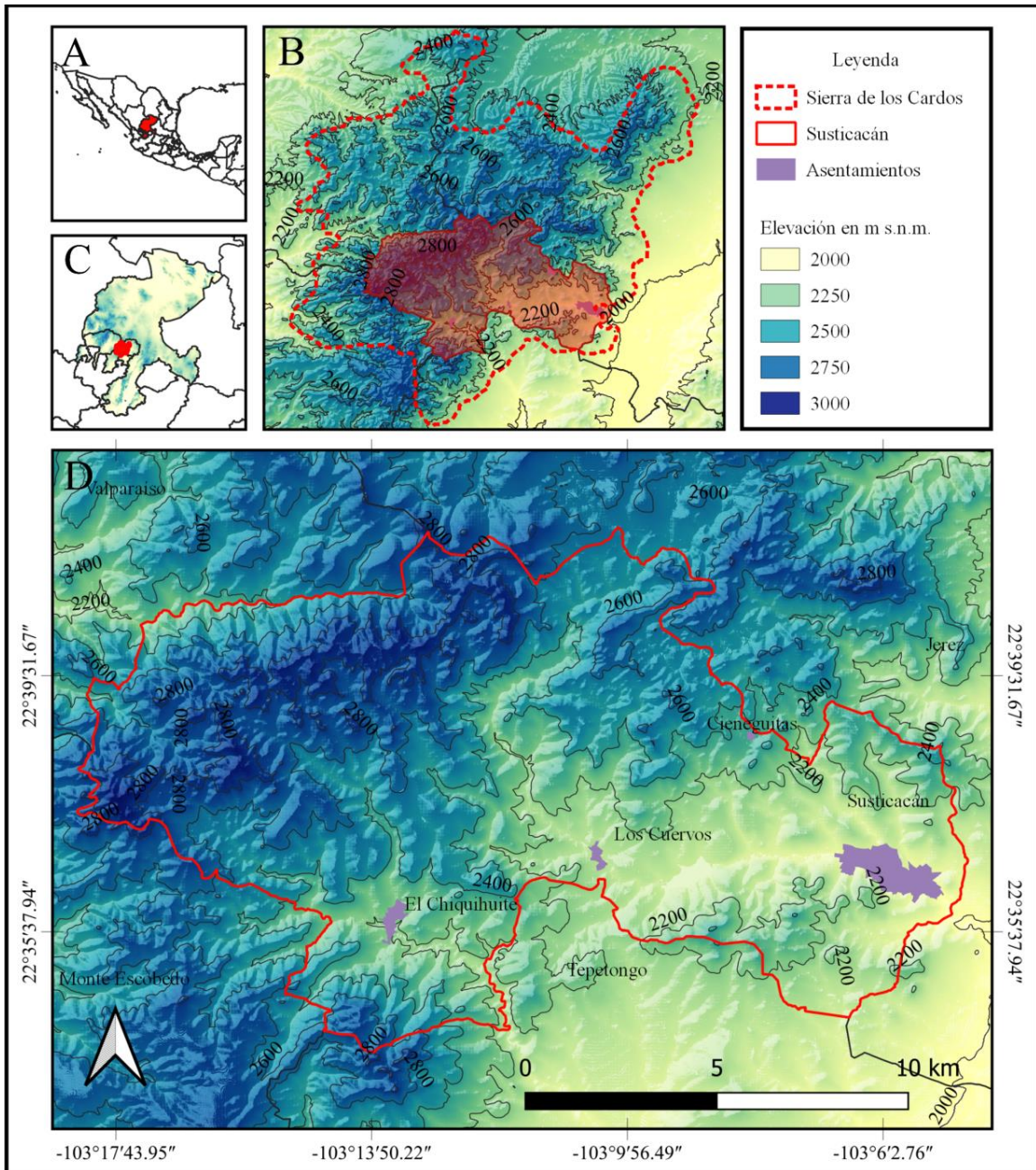


Figura 1. A) Estado de Zacatecas en la República Mexicana; B) Ubicación de la Porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México; C) Delimitación geográfica de la Sierra de los Cardos en el estado de Zacatecas, México; D) Límite político del Municipio de Sustiacán, Zacatecas, México.

La determinación taxonómica de cada ejemplar se llevó a cabo mediante el empleo de monografías, floras, claves dicotómicas y tratados de grupos taxonómicos particulares (Straw 1962, Gould 1979, Gunn 1979, McVaugh 1984, Frame *et al.* 1999, Balleza-Cadengo & Villaseñor 2002, Calderón & Rzedowski 2003, 2005, Herrera-Arrieta & Pámanes-García 2010, Castro-Castro *et al.* 2015, Hernández & Gómez-Hinostrosa 2015, Cohen 2018, Redonda-Martínez 2018). Asimismo, fue cotejada con ejemplares depositados en los herbarios CHAPA y MEXU (Thiers 2020), así como aquellos disponibles de manera digital en el portal de la Red de Herbarios del Noroeste de México (2020). La correcta nomenclatura y las autoridades taxonómicas para cada taxón, fueron verificadas y corregidas con base en la información actualizada disponible en los sitios web de Tropicos (2020), International Plant Names Index (IPNI 2020) y ThePlantList (2013). Los especímenes identificados fueron ingresados a las colecciones de los herbarios CHAPA y MEXU.

El listado de especies siguió el orden de las clasificaciones más recientes publicadas para cada grupo taxonómico. Para helechos y afines se utilizó el sistema propuesto por el PPG I (2016), para gimnospermas el sistema de Christenhusz *et al.* (2011) y para las angiospermas el propuesto por el APG IV (2016). El estatus de conservación de cada especie fue determinado de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010) y la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación (IUCN 2020). Para identificar los taxones endémicos de México, se consultó el catálogo de plantas vasculares de Villaseñor (2016). Para malezas y especies introducidas, se consultó a Villaseñor & Espinosa-García (2004) y el sitio web de malezas de México (CONABIO 2017).

Para corroborar la completitud del muestreo se realizaron curvas de acumulación de especies en el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell 2019) con base en los cuadrantes de

muestreo y utilizando el estimador no paramétrico Chao 2, considerado como uno de menor sesgo y que se basa en incidencias (presencia-ausencia), es decir, la relación entre la presencia de especies y el número de veces que aparecen en el total de las muestras (Colwell & Coddington 1994, López-Gómez & Williams-Linera 2006).

1.5. RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 700 números de colecta que correspondieron a 342 especies, 213 géneros y 74 familias (Apéndice 1). De las especies colectadas, 298 fueron obtenidas a partir del muestreo por cuadrantes, mientras que 44 lo fueron de las colectas libres. De acuerdo con la curva de acumulación de especies (Figura 2), se logró capturar el 76.4 % de la riqueza esperada (Chao 2 = 390), lo que fue complementado por los registros libres para tener finalmente representada el 87.7 % de la riqueza esperada.

Las angiospermas fueron el grupo más grande con 318 especies, de las cuales 243 son eudicotiledóneas y 75 monocotiledóneas (Figura 3). Las gimnospermas estuvieron representadas por cinco especies de las familias Cupressaceae y Pinaceae. Mientras que para el grupo de los helechos se registraron 17 especies y solo dos para las licofitas.

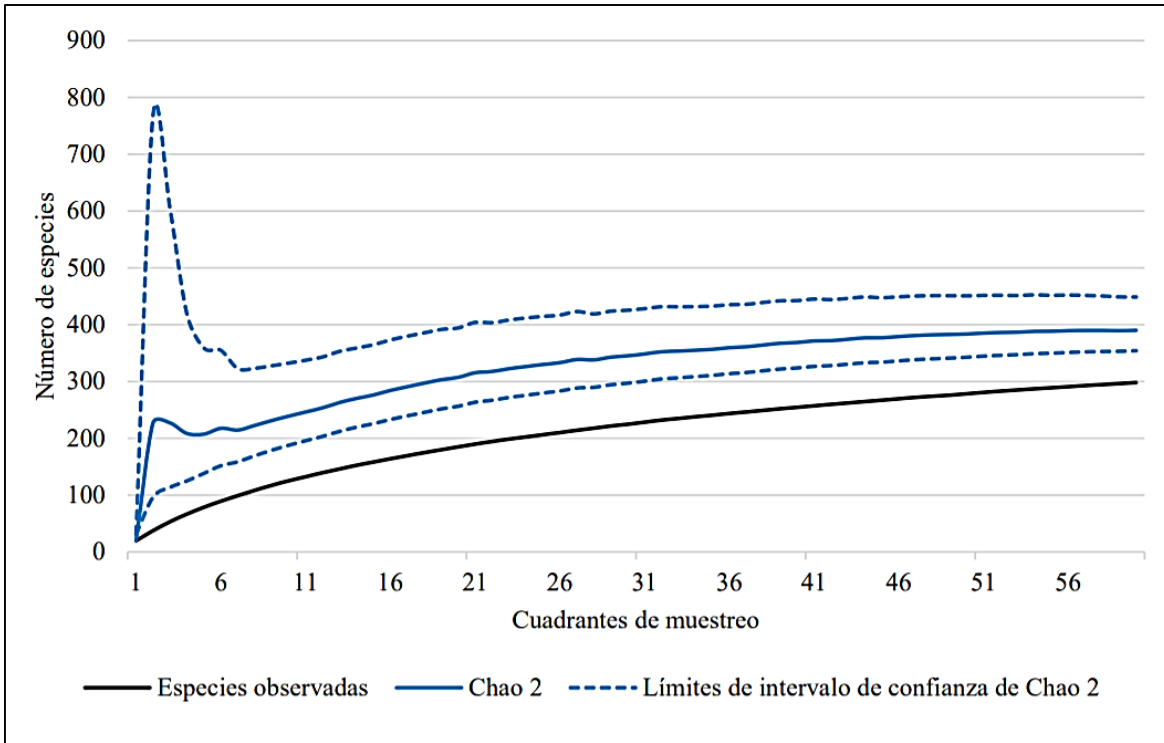


Figura 2. Curva de acumulación de especies de flora vascular registradas en la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México.

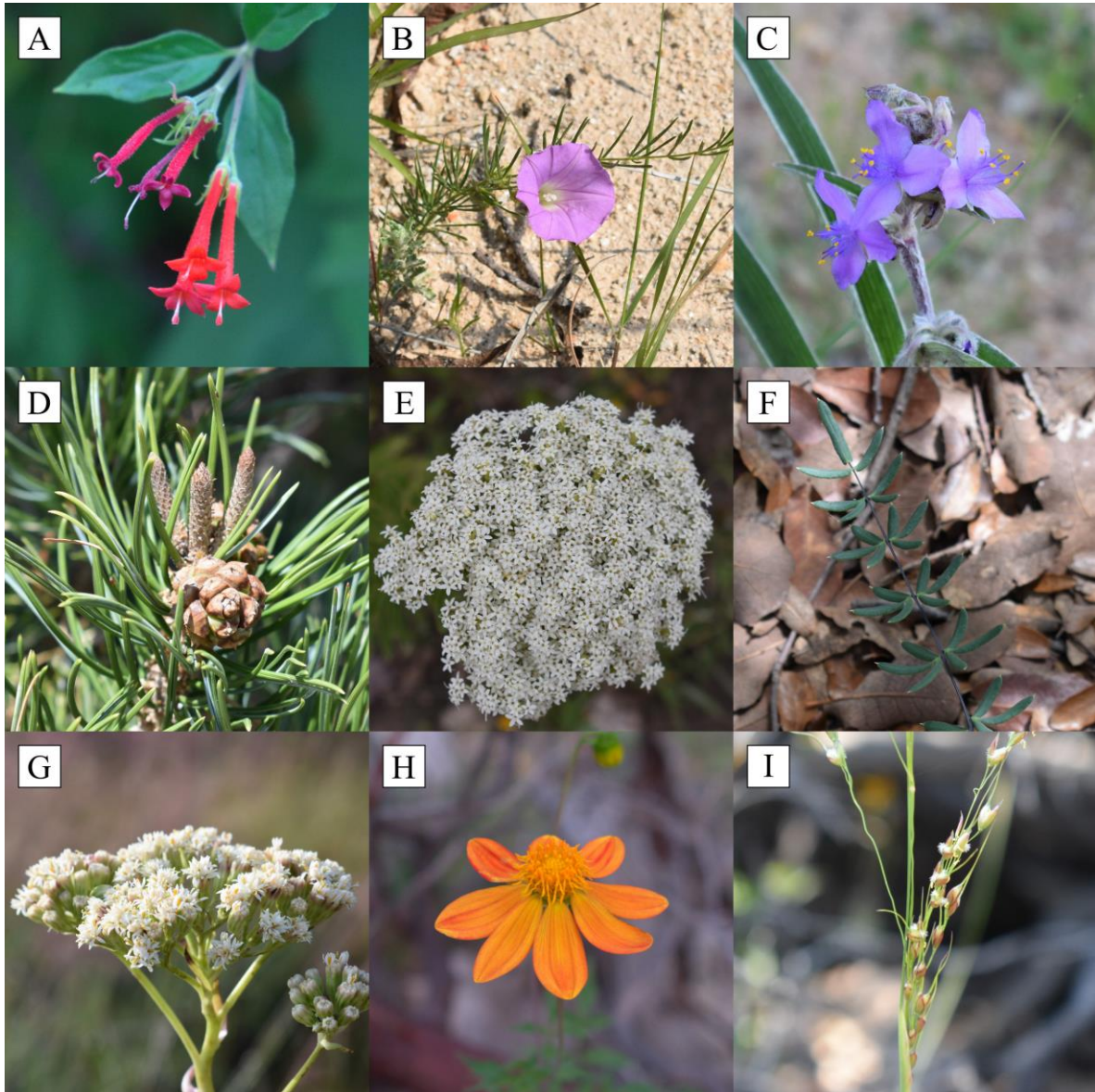


Figura 3. Algunas especies vegetales de la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México. A) *Bouvardia ternifolia* (Cav.) Schldt.; B) *Ipomoea capillaceae* (Kunth) G. Don; C) *Tradescantia crassifolia* Cav.; D) *Pinus cembroides* Zucc.; E) *Stevia serrata* Cav.; F) *Pellaea ternifolia* (Cav.) Link; G) *Psacalium sinuatum* (Cerv.) H. Rob. & Brettell; H) *Dahlia coccinea* Cav.; I) *Piptochaetium fimbriatum* (Kunth) Hitchc. Link.
Fotos: L. Hurtado-Reveles.

Las familias mejor representadas fueron Asteraceae (42 géneros/75 especies), Poaceae (20/38) y Fabaceae (17/27), que integran el 37 % del total de géneros y el 41 % de las especies colectadas (Cuadro 1). Los géneros con mayor número de taxones fueron *Muhlenbergia* Schreb. (11 especies), *Quercus* L. (11), *Ipomoea* L. (8), *Stevia* Cav. (8), *Bouteloua* Lag. (6) y *Salvia* L. (6), que en conjunto registraron el 12 % de las especies. De acuerdo con el hábito de crecimiento, 264 especies fueron hierbas (77 %), 55 arbustos (16 %) y 23 árboles (7 %). Sólo se registró una epífita en toda el área de estudio, *Tillandsia recurvata* (L.) L., que también fue la única representante de la familia Bromeliaceae.

De la flora inventariada, destacaron 18 nuevos registros para el estado de Zacatecas (Cuadro 2), 117 especies endémicas de México (Apéndice 1) y seis listadas como introducidas. Estas últimas pertenecieron a la familia Poaceae y son: *Chloris virgata* Sw., *Digitaria ternata* (A.Rich.) Stapf, *Festuca myuros* (L.) C.C.Gmel., *Lolium perenne* L., *Melinis repens* (Willd.) Zizka y *Sporobolus indicus* (L.) R.Br. De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010), *Mammillaria moelleriana* Boed., está sujeta a protección especial y en la Lista Roja de la IUCN (2020), *Mammillaria jaliscana* (Britton & Rose) Boed., está catalogada como vulnerable y *Arbutus xalapensis* Kunth como dependiente de conservación.

Cuadro 1. Familias y géneros con mayor número de especies en el centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México.

Familias	Géneros	Especies	Géneros	Especies
Asteraceae	42	75	<i>Muhlenbergia</i> Schreb.	11
Poaceae	20	38	<i>Quercus</i> L.	11
Fabaceae	17	27	<i>Ipomoea</i> L.	8
Convolvulaceae	3	13	<i>Stevia</i> Cav.	8
Pteridaceae	5	12	<i>Bouteloua</i> Lag.	6
Fagaceae	1	12	<i>Salvia</i> L.	6
Commelinaceae	5	10	<i>Mammillaria</i> Haw.	5
Cactaceae	4	9	<i>Verbesina</i> L.	5
Orobanchaceae	5	9	<i>Oxalis</i> L.	4
Orchidaceae	6	9	<i>Ageratina</i> Spach.	4
Asparagaceae	7	8	<i>Commelina</i> Mirb.	4
Lamiaceae	2	8	<i>Myriopteris</i> Fée	4
Ranunculaceae	5	7	<i>Sedum</i> L.	4
Crassulaceae	3	7	<i>Phaseolus</i> L.	4
Plantaginaceae	3	6	Total	84
Total	128	250		

Cuadro 2. Nuevos registros para el estado de Zacatecas procedentes del centro-sur de la Sierra de los Cardos. *especies endémicas de México.

Familia	Especie
Asparagaceae	* <i>Polianthes nelsonii</i> Rose
Asteraceae	* <i>Ageratina deltoidea</i> (Jacq.) R.M.King & H.Rob.
Campanulaceae	<i>Diastatea micrantha</i> (Kunth) McVaugh
Commelinaceae	* <i>Tradescantia cirrifera</i> Mart.
Convolvulaceae	<i>Ipomoea cristulata</i> Hallier f.
Crassulaceae	* <i>Sedum fuscum</i> Hemsl.
Crassulaceae	* <i>Sedum napiferum</i> Peyr.
Fabaceae	<i>Vicia humilis</i> Kunth
Fagaceae	* <i>Quercus glaucescens</i> Bonpl.
Linaceae	<i>Linum schiedeanum</i> Schltld. & Cham
Geraniaceae	* <i>Geranium cruceroense</i> R.Knuth
Melanthiaceae	* <i>Schoenocaulon mortonii</i> Brinker
Ophioglossaceae	<i>Ophioglossum californicum</i> Prantl
Orchidaceae	<i>Malaxis abieticola</i> Salazar & Soto Arenas
Ranunculaceae	* <i>Thalictrum pinnatum</i> S. Watson
Ranunculaceae	* <i>Thalictrum strigillosum</i> Hemsl.
Rosaceae	* <i>Xerospiraea hartwegiana</i> (Rydb.) Henrickson
Valerianaceae	* <i>Valeriana laciniosa</i> M. Martens & Galeotti

1.6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La Sierra de los Cardos en su porción centro-sur, resguarda una riqueza florística que corresponde al 1.5 % de las plantas vasculares estimadas para México (Villaseñor 2016) y al 13 % de la flora documentada para el estado de Zacatecas (Balleza-Cadengo 2020). Las familias mejor representadas (Asteraceae, Poaceae y Fabaceae) coinciden con las familias más diversas de México (Villaseñor 2016, Sánchez-Ken 2019) y, de igual manera, son las más ricas en la entidad en ese mismo orden. Cabe destacar que el número de especies colectado de cada una de ellas equivale al 15 %, 11.2 % y 11.5 % del número reportado a nivel estatal (Balleza-Cadengo 2020). Este mismo patrón se ha registrado también en estudios florísticos de sierras de las regiones centro-norte y norte del país (Enríquez-Enríquez *et al.* 2003, Martínez-Cruz & Téllez-Valdés 2004, González *et al.* 2007, Cabrera-Luna *et al.* 2015, Ramírez-Prieto *et al.* 2016, Encina-Domínguez *et al.* 2016, 2020, Vega-Mares *et al.* 2020). La dominancia florística concuerda con lo observado por Rzedowski (2006), quien menciona que las familias citadas son las más ricas en la flora del matorral xerófilo de México. Villaseñor (2018) también reporta a Asteraceae como particularmente rica para bosques templados, ambos presentes en la Sierra de los Cardos.

En este estudio destacan particularmente los géneros *Muhlenbergia* y *Quercus* por contener el mayor número de especies y que también son los más numerosos a nivel nacional (Villaseñor 2016). Aunque el primero de ellos se ha reportado como el género más diverso en sierras de Zacatecas y estados aledaños (Enríquez-Enríquez *et al.* 2003, Martínez-Cruz & Téllez-Valdés 2004, González *et al.* 2007), hasta hace poco, solo se tenía reportada la presencia de dos especies para el municipio de Susticacán (Sabás-Rosales

2016), el cual incluye la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos. De manera contrastante, el presente estudio incrementa a 11 el número de especies de encinos en esa área, lo que pone en evidencia la necesidad de una mayor exploración botánica en la zona y resalta su alta diversidad florística hasta hace poco desconocida. Se ha mencionado previamente que la riqueza y endemismo de *Quercus* está asociada principalmente a la heterogeneidad ambiental (Valencia-A. 2004, Badii *et al.* 2008), condición que se presenta en la sierra, proporcionado así hábitats adecuados para el establecimiento de sus especies. Lo anterior, sumado a que la SMOc ha sido considerada un centro de diversificación de este género (González-Elizondo *et al.* 2007, 2012) puede explicar el que *Quercus* encabece la lista de los géneros más diversos en la Sierra de los Cardos. Por su parte *Muhlenbergia* es el más representativo dentro de las gramíneas mexicanas (Dávila *et al.* 2018) y ha sido señalado con una alta riqueza presente en Zacatecas (Enríquez-Enríquez *et al.* 2003, Herrera-Arrieta & Cortés-Ortiz 2010) y como un componente importante de las comunidades vegetales de la SMOc (González-Elizondo *et al.* 2012), así como en estudios florísticos del norte del país (Ávila-González *et al.* 2019, Vega-Mares *et al.* 2020). Los géneros *Salvia*, *Stevia* e *Ipomoea* han sido reportados también como elementos importantes de la flora zacatecana (Balleza-Cadengo & Villaseñor 2002, Enríquez-Enríquez *et al.* 2003, Ramírez-Prieto *et al.* 2016) y a *Bouteloua* como un elemento de alta riqueza en zonas semiáridas del centro-norte y norte de México (Rzedowski 1991, Briones & Villarreal-Q 2001, Herrera-Arrieta *et al.* 2004).

La flora endémica de México registrada en la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos (117 especies) (Figura 4) representa el 13.7 % de la reportada a nivel estatal (Villaseñor 2016) y, siguiendo a Fattorini (2017), de manera general puede atribuirse tanto

a la historia evolutiva de la zona en su calidad de isla serrana (Van Devender & Burgess 1985), como a la dinámica actual de los diferentes tipos de vegetación que convergen en el área de estudio. De acuerdo con Rzedowski (1993), los bosques de coníferas y encinares, así como los matorrales xerófilos y pastizales, son los tipos de vegetación que más contribuyen al endemismo del país, todos ellos presentes en la sierra. La importancia de los elementos de distribución restringida, se debe a que son indicadoras no solo de condiciones especiales de suelo, clima y ecología, sino también del grado de conservación de un área específica, información que resulta útil para la determinación de áreas de protección (Villaseñor 1991, Castillo-Campos *et al.* 2005, Martínez-Camilo *et al.* 2012).

Se suma a la importante riqueza de especies que resguarda la sierra, 18 nuevos registros para Zacatecas, que representan el 5.3 % de la flora inventariada, 13 de los cuales son especies endémicas de México (Villaseñor 2016). Lo anterior, constituye no solo la evidencia de la poca exploración botánica que aún prevalece en diversas áreas de la entidad, sino que resalta la importancia de seguir realizando inventarios florísticos en diversos lugares del país a escalas locales, pues el éxito en un adecuado manejo y conservación de los recursos naturales, depende en gran parte del conocimiento de las especies presentes.

De las tres especies registradas en alguna categoría de riesgo, destacan las del género *Mammillaria*, las cuales se encuentran amenazadas por la destrucción de su hábitat natural, así como por su extracción ilegal (Hernández & Gómez-Hinostrosa 2015). Aunque la información respecto a la degradación ambiental de la zona de estudio es deficiente, son evidentes los impactos antrópicos como el cambio de uso de suelo por actividades agrícolas y pecuarias.



Figura 4. Algunas de las especies endémicas presentes en la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México. A) *Sedum fuscum* Hemsl.; B) *Mammillaria moelleriana* Boed.; C) *Prochnyanthes mexicana* (Zucc.) Rose; D) *Commelina scabra* Benth.; E) *Pinguicula oblongiloba* A. DC.; F) *Dahlia sherfii* P.D. Sørensen.; G) *Castilleja linifolia* N.H. Holmgren; H) *Delphinium pedatisectum* Hemsl.; I) *Gentianopsis lanceolata* (Benth.) H.H.Iltis. Fotos: L. Hurtado-Reveles.

De acuerdo con Echavarría-Cháirez *et al.* (2007) el sobrepastoreo es uno de los principales causantes de la degradación física de los pastizales del estado, situación presente en la Sierra de los Cardos, y que suele tener un fuerte impacto sobre el reclutamiento de especies, así como consecuencias en la estructura de las comunidades vegetales. Destaca también que la mayoría de los municipios aledaños al área de estudio, cuentan con superficies bajo concesión minera (SIAM 2020). La presencia de estas actividades en la región, así como el evidente aumento de la superficie dedicada a la agricultura y ganadería, hacen notoria la amenaza actual y potencial a la flora en la sierra (Guzmán-López 2016), además de exponer el área a invasiones de especies que representan una amenaza a largo plazo (Brooks *et al.* 2004, Aguirre-Muñoz *et al.* 2009). En términos de especies introducidas destaca *M. repens* (una especie de origen africano), la cual se observó ocupando extensiones considerables en zonas aledañas a las comunidades habitadas cercanas a la sierra. Esto es de especial atención, ya que ha sido señalada como una especie invasora de amplia distribución, que reduce la calidad y cantidad de los servicios ecosistémicos y produce afectaciones a cultivos (Melgoza-Castillo *et al.* 2014, Morales-Romero *et al.* 2019, Leal 2021), poniendo en riesgo los pastizales naturales de la región. De acuerdo con Vibrans *et al.* (2014), las gramíneas se han reportado entre las invasoras más dañinas, que a nivel nacional ocupan el primer lugar en especies introducidas. Considerando lo anterior, se recomienda que se lleven a cabo estudios integrales que recopilen información de especies exóticas en la Sierra de los Cardos y áreas circundantes, con el fin de conocer a tiempo el impacto actual y potencial de su presencia para la vegetación nativa.

El patrón de la riqueza de especies con respecto al tipo de hábito encontrado en la sierra, ha sido reportado también en áreas del centro-norte y norte del país, como en la Cima de la

Mesa Alta de Jerez, Zacatecas (Ramírez-Prieto *et al.* 2016), la Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas (Enríquez-Enríquez *et al.* 2003), rancho El Duranguense, en la SMOC (Aragón-Piña *et al.* 2010), la Reserva de la Biosfera del Abra Tanchipa y el Cañon de Los Chivos en San Luis Potosí (De-Nova *et al.* 2019, Morales *et al.* 2020), en el Santuario El Palmito en Sinaloa (Ávila-González *et al.* 2019) y en La Sierra Azul en Chihuahua (Vega-Mares *et al.* 2020) por mencionar algunos. Los matorrales xerófilos y los pastizales, son la vegetación que domina el paisaje de la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos y en menor proporción, los pinares y encinares. Lo anterior, puede explicar el que las herbáceas fueran la forma de crecimiento más cuantiosa.

El número de endemismos, las especies en categoría de riesgo y las nuevas adhesiones a la flora estatal presentes en la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, ponen de manifiesto la importante diversidad florística que resguarda, pero también, la necesidad de ampliar los estudios florísticos en la región y promover su inclusión en acciones de conservación. Lo anterior, particularmente frente al actual cambio de uso de suelo por actividades agrícolas y ganaderas, con el consecuente efecto de la ampliación del área de distribución de los elementos exóticos, que en conjunto, amenazan la persistencia de los elementos florísticos nativos más vulnerables. Este estudio constituye un marco de referencia, no solo para un mejor entendimiento, manejo y conservación de los recursos florísticos de la sierra, sino también, para sustentar la propuesta de incluir a la ruta de peregrinación del pueblo Wixárika como Patrimonio de la Humanidad y proteger con ello su conocimiento ancestral que permitirán la revalorización de la flora regional.

1.7. LITERATURA CITADA

- Aguirre-Muñoz A, Mendoza-Alfaro R, Arredondo-Ponce-Bernal H, Arriaga-Cabrera L, Campos-González E, Contreras-Balderas S, Elías-Gutiérrez M, Espinosa-García FJ, Fernández-Salas I, Galaviz-Silva L, García de León FJ, Lazcano-Villarreal D, Martínez-Jiménez M, Meave del Castillo ME, Medellín RA, Naranjo-García E, Olivera-Carrasco M-T, Pérez-Sandi M, Rodríguez-Almaraz G, Salgado-Maldonado G, Samaniego-Herrera A, Suárez-Morales E, Vibrans H, Zertuche-González JA. 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. *In: Capital natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 277-318. ISBN: ISBN: 978-607-7607-08-3
- Álvarez-Huacón V, Boada-Plaja G, Fernández-Asensio C. 2012. *Diversidad y riqueza de cactáceas en el Desierto Zacatecano en el Estado de Zacatecas*. PhD Thesis. Universidad de Girona.
- APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* **181**: 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Aragón-Piña EE, Garza-Herrera A, González-Elizondo MS, Luna-Vega I. 2010. Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **81**: 771-787. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2010.003.648>
- Ávila-González H, González-Gallegos JG, López-Enríquez IL, Ruacho-González L, Rubio-Cardoza J, Castro-Castro A. 2019. Inventario de las plantas vasculares y tipos de vegetación del Santuario El Palmito, Sinaloa, México. *Botanical Sciences* **97**: 789-820. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2356>
- Badii M, Landeros J, Cerna E. 2008. Patrones de asociación de especies y sustentabilidad. *International Journal of Good Conscience* **3**: 632-660.
- Badii MH, Guillen A, Rodríguez CE, Lugo O, Aguilar J, Acuña M. 2015. Pérdida de Biodiversidad: Causas y Efectos. *Daena: International Journal of Good Conscience* **10**: 156-174.
- Balleza-Cadengo JJ. 1992. *Gramíneas del estado de Zacatecas catálogo de especies y clave para géneros*. PhD Thesis. Colegio de Postgraduados.
- Balleza-Cadengo JJ. 2020. Plantas *In: CONABIO y Gobierno del Estado de Zacatecas*, eds. *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. México, Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 136-139. ISBN: 978-607-8570-37-9

- Balleza-Cadengo JJ, Villaseñor JL. 2002. La familia Asteraceae en el estado de Zacatecas (México). *Acta Botanica Mexicana* **59**: 5-69. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm59.2002.893>
- Barrera-Zubiaga EJ, Granados-Sánchez D, Granados-Victorino RL, Luna-Cavazos M. 2018. Characterization of four pinyon pine forests in the state of Zacatecas, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales* **24**: 275-296. DOI: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.03.018>
- Briones O, Villarreal-Q JA. 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. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm55.2001.875>
- Brooks ML, D'Antonio CM, Richardson DM, Grace JB, Keeley JE, DiTomaso JM, Hobbs RJ, Pellant M, Pyke D. 2004. Effects of invasive alien plants on fire regimes. *BioScience* **54**: 677-688. DOI: [https://doi.org/10.1641/00063568\(2004\)054\[0677:EOIAP0\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/00063568(2004)054[0677:EOIAP0]2.0.CO;2)
- Bryson RWJr, Ávila-Villegas H. 2020. Las islas serranas. In: CONABIO y Gobierno del Estado de Zacatecas, eds. *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México, pp. 125-126. ISBN: 978-607-8570-37-9
- Burgos-Hernández M, Castillo-Campos G. 2018. Análisis florístico de la selva tropical perennifolia del centro-norte de Veracruz, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* **5**: 451-463. DOI: <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1676>
- Cabrera-Luna JA, Huerta-Cantera HE, Salinas-Soto P, Olvera-Valerio D. 2015. Flora y vegetación de la sierra El Rincón, Querétaro y Michoacán, México. *Botanical Sciences* **93**: 615-632. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.168>
- Calderón de Rzedowski G, Rzedowski J. 2003. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, fascículos 1 al 100*. México, Michoacán: Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN: 970-709-038-3
- Calderón de Rzedowski G, Rzedowski J. 2005. *Flora fanerogámica del Valle de México*. México, Michoacán: Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN: 978-607-7607-36-6
- Castillo-Campos G, Medina AM, Dávila APD, Zavala HJA. 2005. Contribución al conocimiento del endemismo de la flora vascular en Veracruz, México. *Acta Botanica Mexicana* **73**: 19-57. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm73.2005.1004>
- Castro-Castro A, Zuno-Delgadillo O, Carrasco-Ortiz MA, Harker M, Rodríguez A. 2015. Novedades en el género *Dahlia* (Asteraceae: Coreoideae) en Nueva Galicia, México. *Botanical Sciences* **93**: 41-51. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.239>
- Christenhusz MJ, Reveal JL, Farjon A, Gardner MF, Mill RR, Chase MW. 2011. A new classification y linear sequence of extant gymnosperms. *Phytotaxa* **19**: 55-70. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.19.1.3>

- Cohen JJ. 2018. A revision of the Mexican species of *Lithospermum* (Boraginaceae) 1. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **103**: 200-257. DOI: <https://doi.org/10.3417/2011067>
- Colwell RK. 2019. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. EstimateS, version 9.1.0. <http://purl.oclc.org/estimates> (accessed April 15, 2020).
- Colwell RK, Coddington JA. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* **1311**: 101-118. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.1994.0091>
- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. 2016. *Mexbio 1.0 Mapa de impactos antropogénicos a la biodiversidad 2010*. México DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (accessed February 9, 2021).
- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. 2017. *Malezas de México*. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezasmexico.htm> (accessed August 10, 2020).
- Dávila P, Mejía-Saulés M, Soriano-Martínez AM, Herrera-Arrieta Y. 2018. Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México. *Botanical Sciences* **96**: 462-514. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1894>
- De-Nova JA, González-Trujillo R, Castillo-Lara P, Fortanelli-Martínez J, Mora-Olivo A, Salinas-Rodríguez MM. 2019. Inventario florístico de la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa, San Luis Potosí, México. *Botanical Sciences* **97**: 761-788. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2285>
- Echavarría-Cháirez FG, Serna-Pérez A, Bañuelos-Valenzuela R, Salinas-González H, Flores-Nájera MDJ, Gutiérrez-Luna R. 2007. *Degradación física de los suelos de pastizal bajo pastoreo continuo en el Altiplano de Zacatecas*. México, Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Zacatecas. ISBN: 978-970-4301-45-3
- Encina-Domínguez JA, Castellón EE, Quintanilla JAV, Villaseñor JL, Ayala CMC, Arevalo JR. 2016. Floristic richness of the Sierra de Zapalinamé, Coahuila, Mexico. *Phytotaxa* **283**: 1-42. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.283.1.1>
- Encina-Domínguez JA, Arévalo-Sierra JR, Villarreal-Quintanilla JA, Estrada-Castillón E. 2020. Composición, estructura y riqueza de plantas vasculares del matorral xerófilo en el norte de Coahuila, México. *Botanical Sciences* **98**: 1-15. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2251>
- Enríquez-Enríquez ED, Koch SD, Gonzáles-Ledesma M, Balleza-Cadengo JJ. 1998. Estudio florístico del cerro La Canterilla, municipio de Moyahua, Estado de Zacatecas, México. MSc Thesis. Colegio de Postgraduados.

- Enríquez-Enríquez ED, Koch SD, González-Elizondo MS. 2003. Flora y vegetación de la Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas, México. *Acta Botanica Mexicana* **64**: 45-89. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm64.2003.928>
- Fattorini S. 2017. Endemism in historical biogeography and conservation biology: concepts and implications. *Biogeographia—The Journal of Integrative Biogeography* **32**: 47-75. DOI: <https://doi.org/10.21426/B632136433>
- Frame D, Espejo A, Lopez-Ferrari AR. 1999. A conspectus of Mexican Melantiaceae including a description of new taxa of *Schoenocaulon* and *Zigadenus*. *Acta Botanica Mexicana* **48**: 27-50. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm48.1999.832>
- García E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Koëpen. México. DF: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 970-32-1010-4
- Giménez de Azcárate J, Fernández H, Candelario T, Lira R, Llano M. 2018. Diagnósis cultural y natural de la Ruta Huichol a Huiricuta: Criterios para su inclusión en la Lista del Patrimonio Mundial. *Investigaciones Geográficas* **96**: 1-18. DOI: <https://doi.org/10.14350/rig.59604>
- González CO, Giménez de Azcarate J, García PJ, Aguirre RJR. 2007. Flórlula vascular de la Sierra de Catorce y territorios adyacentes, San Luis Potosí, México. *Acta Botanica Mexicana* **78**: 1-38. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm78.2007.1027>
- González-Elizondo MS, González-Elizondo M, Márquez-Linares MA. 2007. Vegetación y Ecorregiones de Durango. México, Durango: CIIDIR Unidad Durango. ISBN: 970-95117-0-X
- González-Elizondo MS, González-Elizondo M, Tena-Flores JA, Ruacho-González L, López-Enríquez IL. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botanica Mexicana* **100**: 351-403. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.40>
- Gould FW. 1979. The genus *Bouteloua* (Poaceae). *Annals of the Missouri Botanical garden* **66**: 348-416. DOI: <https://doi.org/10.2307/2398834>
- Gunn CR. 1979. *Genus Vicia, with Notes about Tribe Viciae (Fabaceae) in Mexico and Central America*. Washington, DC: US Department of Agriculture, Science and Education Administration. ISBN: 001-000-04034-1
- Guzmán-López F. 2016. Impactos ambientales causados por megaproyectos de minería a cielo abierto en el estado de Zacatecas, México. *Revista de Geografía Agrícola* **57**: 7-26. DOI: <https://doi.org/10.5154/r.ga.2016.57.010>
- Hernández HM, Gómez-Hinostrosa C. 2015. *Mapping the cacti of Mexico*. Inglaterra, Milborne Port: DH Books. ISBN: 978-095-3813-48-3

- Herrera-Arrieta Y, Cortés-Ortiz A. 2010. Listado florístico y aspectos ecológicos de la familia Poaceae para Chihuahua, Durango y Zacatecas, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* **5**: 711-738.
- Herrera-Arrieta Y, Pámanes-García DS. 2010. *Guía de los pastos de Zacatecas*. México, DF: Instituto Politécnico Nacional y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN: 968-5269-27-0
- Herrera-Arrieta Y, Peterson PM, Cerda-Lemus M. 2004. *Revisión de Bouteloua Lag. (Poaceae)*. México, DF: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo, Instituto Politécnico Nacional, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN: 968-5269-02-5.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2001. *Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Sistema topofomas*. México, DF: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2010a. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Zacatecas, Susticacán, 32043*. México, DF: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática]. 2010b. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Zacatecas, Monte Escobedo, 32031*. México, DF: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática]. 2010c. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Zacatecas, Susticacán, 32043*. México, DF: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática]. 2010d. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Zacatecas, Tepetongo, 32046*. México, DF: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática]. 2010e. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Zacatecas, Valparaíso, 32049*. México, DF: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2013. *Condensado Estatal Zacatecas*. México DF: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2020. *Mapas*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/datos> (accessed December 09, 2020).

- IPNI [International Plant Names Index]. 2020. *International Plant Names Index*. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens. <https://www.ipni.org/> (accessed August 17, 2020).
- Isbell F, Reich PB, Tilman D, Hobbie SE, Polasky S, Binder S. 2013. Nutrient enrichment, biodiversity loss, and consequent declines in ecosystem productivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110**: 11911-11916. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1310880110>
- IUCN [The International Union for Conservation of Nature]. 2020. The International Union for Conservation of Nature. *Red list of threatened species*, version 2020-3. <http://www.iucnredlist.org/> (accessed May 19, 2020).
- Jump AS, Huang TJ, Chou CH. 2012. Rapid altitudinal migration of mountain plants in Taiwan and its implications for high altitude biodiversity. *Ecography* **35**: 204-210. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2011.06984.x>
- Lara-Raimers EA. 2011. *Estructura y diversidad de la vegetación en una porción de la Sierra el Mascarón en el Norte de Zacatecas, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Leal SJ. 2021. *Conocimiento local de plantas invasoras en el municipio de Alfajayucan, Hidalgo, México*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados.
- Leite YL, Costa LP, Loss AC, Rocha RG, Batalha-Filho H, Bastos AC, Quaresma VS, Fagundes V, Paresque R, Passamani M, Pardini R. 2016. Neotropical forest expansion during the last glacial period challenges refuge hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **113**: 1008-1013. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1513062113>
- Lenoir J, Gégout JC, Guisan A, Vittoz P, Wohlgemuth T, Zimmermann NE, Dullinger S, Pauli H, Willner W, Svenning JC. 2010. Going against the flow: potential mechanisms for unexpected downslope range shifts in a warming climate. *Ecography* **33**: 295-303. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06279.x>
- López-Gómez AM, Williams-Linera G. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Botanical Sciences* **78**: 7-15. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1717>
- Lot A, Chiang F. 1986. Manual de Herbario. Administración, Manejo de Colecciones, Técnicas de Recolección y Preparación de Ejemplares Botánicos. México, DF: Consejo Nacional de la Flora de México, AC. ISBN: 968-6144-00-5
- Matteucci SD, Colma A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Vol. 22. Washington, DC: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. ISBN: 0-8270-1611-5
- Martínez-Camilo R, Pérez-Farrera MÁ, Martínez-Meléndez N. 2012. Listado de plantas endémicas y en riesgo de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, México. *Botanical Sciences* **90**: 263-285. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.390>

- Martínez-Cruz J, Téllez-Valdés O. 2004. Listado florístico de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Botanical Sciences* **74**: 31-49. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1685>
- McVaugh R. 1984. *Flora Novo-Galiciana: a descriptive account of the vascular plants of Western Mexico (Compositae) XII*. Estados Unidos, Ann Arbor: University of Michigan Press. ISBN: 978-047-2048-12-0
- Melgoza-Castillo A, Balandrán-Valladares MI, Mata-González R, Pinedo-Álvarez C. 2014. Biología del pasto rosado *Melinis repens* (Willd.) e implicaciones para su aprovechamiento o control: Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* **5**: 429-442. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v5i4.4015>
- Morales JI, Castillo-Lara P, Puente-Martínez R, De-Nova JA. 2020. Estudio florístico de la microcuenca del Cañón de Los Chivos, San Luis Potosí, México. *Botanical Sciences* **98**: 644-6. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2623>
- Morales-Romero D, Lopez-García H, Martínez-Rodríguez J, Molina-Freaner F. 2019. Documenting a plant invasion: the influence of land use on buffelgrass invasion along roadsides in Sonora, Mexico. *Journal of Arid Environments* **164**: 53-59. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.01.012>
- Mostacedo B, Fredericksen T. 2000. *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Bolivia, Santa Cruz: BOLFOR. <http://www.bionica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf> (accessed March 10, 2019)
- Parmesan C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **37**: 637-669. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100>
- Parolo G, Rossi G. 2008. Upward migration of vascular plants following a climate warming trend in the Alps. *Basic and Applied Ecology* **9**: 100-107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2007.01.005>
- PPG I. 2016. A community-based classification for extant ferns and lycophytes. *Journal of Systematics and Evolution* **54**: 563-603. DOI: <https://doi.org/10.1111/jse.12229>
- Puig-Magrinyà F, Carrillo-Reyes P. 2004. Aproximación a la flora y vegetación del cañón del Río Chico, Monte Escobedo, Zacatecas. In: Vázquez-García JA, Cházaro-Basáñez MJ, Nieves-Hernández G, Vargas-Rodríguez YL, Flores-Macías A, eds. *Flora del norte de Jalisco y etnobotánica huichola*. México, Jalisco: Serie Fronteras de la Biodiversidad. Universidad de Guadalajara (CUCBA-CUCSH). pp. 69-76. ISBN: 978-970-2705-92-5
- Ramírez-Prieto J, Koch SD, Balleza-Cadengo JDJ, Adame-González M, Romero-Nápoles J. 2016. Flora de la cima de la Mesa Alta, Jerez, Zacatecas, México. *Botanical Sciences* **94**: 357-375. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.246>
- Red de Herbarios del Noreste de México. 2020. *Red de Herbarios del Noreste de México*. <https://herbanwmex.net/portal/index.php> (accessed August 10, 2020).

- Redonda-Martínez R. 2018. Tratamiento taxonómico de la tribu *Mutisieae* (Asteraceae) en México. *Acta Botanica Mexicana* **123**: 121-166. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm123.2018.1277>
- Rzedowski J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botanica Mexicana* **15**: 47-64. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm15.1991.620>
- Rzedowski J. 1993. Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. In: Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J, eds. *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Nueva York: Oxford University Press. pp. 129-144. ISBN: 978-019-5066-74-6
- Rzedowski J. 2006. *Vegetación de México: Ira. Edición digital*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf (accessed November 22, 2020).
- Sabás-Rosales JL. 2016. *Encinos (Quercus: Fagaceae) de Zacatecas: taxonomía, diversidad y distribución*. PhD Thesis. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Sánchez-Ken JG. 2019. Riqueza de especies, clasificación y listado de gramíneas (Poaceae) de México. *Acta Botanica Mexicana* **126**: 1-173. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1379>
- SIAM. 2020. [Dirección General de Minas]. 2020. *CartoMinMex*. Dirección General de minas. <http://www.siam.economia.gob.mx/#> (accessed Diciembre 7, 2020).
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 2da Sección, 30 de diciembre de 2010. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010
- Sosa V, Dávila P. 1994. Una evaluación del conocimiento florístico de México. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **81**: 749-757. DOI: <https://doi.org/10.2307/2399919>
- Stahl K, Lepczyk CA, Christoffel RA. 2020. Evaluating conservation biology texts for bias in biodiversity representation. *PLoS ONE* **15**: 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234877>
- Stewart JR, Lister AM, Barnes I, Dalén L. 2010. Refugia revisited: individualistic responses of species in space and time. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **277**: 661-671. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1272>
- Straw RM. 1962. The penstemons of Mexico. II. *Penstemon hartwegii*, *Penstemon gentianoides*, and their allies. *Botanical Sciences* **27**: 1-36. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1073>

- Thiers B. 2020. [continuously updated] *Index Herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's, Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/ih/> (accessed July 30, 2020).
- ThePlantList. 2013. *The Plant List. Versión 1.1*. <http://www.theplantlist.org> (accessed November 04, 2020).
- Tropicos. 2020. *Tropicos.org*, Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org> (accessed August 02, 2020).
- Troudet J, Grandcolas P, Blin A, Vignes-Lebbe R, Legendre F. 2017. Taxonomic bias in biodiversity data and societal preferences. *Scientific Reports* **7**: 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09084-6>
- Valencia-A S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Botanical Sciences* **75**, 33-53. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1692>
- Van Devender TR, Burgess TL. 1985. Late Pleistocene woodlands in the Bolson de Mapimi: a refugium for the Chihuahuan Desert biota? *Quaternary Research* **24**: 346-353. DOI: [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(85\)90056-0](https://doi.org/10.1016/0033-5894(85)90056-0)
- Vega-Mares JH, Rivero-Hernández O, Martínez-Salvador M, Melgoza-Castillo A. 2020. Análisis de la flora vascular de la Sierra Azul, Chihuahua, México. *Botanical Sciences* **98**: 618-652. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2565>
- Vibrans H, García-Moya E, Clayton D, Sánchez-Ken JG. 2014. *Hyparrhenia variabilis* and *Hyparrhenia cymbaria* (Poaceae): new for the Americas, successful in Mexico. *Invasive Plant Science and Management* **7**: 222-228. DOI: <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-13-00107.1>
- Villaseñor JL. 1991. Las Heliantheae endémicas a México: una guía hacia la conservación. *Acta Botanica Mexicana* **15**: 29-46.
- Villaseñor JL. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **87**: 559-902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Villaseñor JL. 2018. Diversidad y distribución de la familia Asteraceae en México. *Botanical Sciences* **96**: 332-358. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1872>
- Villaseñor JL, Espinosa-García JF. 2004. The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions* **10**: 113-123. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00059.x>
- Warshall P. 1995. The Madrean sky-island archipelago. In: DeBano LH, Ffolliott PH, Ortega-Rubio A, Gottfried GJ, Hamre RH, Edminster CB, eds. *Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago: the Sky-islands of Southwestern United States and Northwestern Mexico*. E.U.A, Arizona: USDA Forest Service Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. pp. 6-18. DOI: <https://doi.org/10.2737/RM-GTR-264>

Wilson RJ, Gutierrez D, Gutierrez J, Monserrat VJ. 2007. An elevational shift in butterfly species richness and composition accompanying recent climate change. *Global Change Biology* **13**: 1873-1887. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01418.x>

CAPÍTULO 2. COMUNIDADES VEGETALES DE LA SIERRA DE LOS CARDOS, ZACATECAS, MÉXICO

PLANT COMMUNITIES OF THE SIERRA DE LOS CARDOS, ZACATECAS, MEXICO

2.1. RESUMEN

Antecedentes: Por su variación topográfica y climática, producto de su ubicación en una zona de transición entre provincias fisiográficas, así como por su naturaleza de isla serrana, la Sierra de los Cardos presenta una diversidad que se demuestra en sus diferentes y contrastantes comunidades vegetales.

Preguntas: ¿Cuáles son las principales comunidades vegetales distribuidas en la Sierra de los Cardos en su porción centro-sur? ¿Cómo son estas comunidades?

Descripción de datos: Comunidades vegetales.

Sitio y años de estudio: centro sur de la Sierra de los Cardos en su porción centro sur, Zacatecas, 2019-2020.

Métodos: Las comunidades vegetales de la zona de estudio fueron delimitadas a partir de su reconocimiento en recorridos de campo, identificación en mapas a través de análisis de percepción remota y revisión de literatura. Se calculó el Índice Ajustado de Importancia Ecológica para cada especie a partir de los datos de inventario florístico por el método de parcelas. Se llevó a cabo un Análisis de Similitud, así como un Modelo de Escalamiento Multidimensional no Métrico para determinar si las comunidades vegetales eran distinguibles en términos de similitud.

Resultados: Se encontraron seis comunidades vegetales y se elaboró un mapa de distribución de estas, por superficie estas fueron: chaparrales, nopaleras, pinares, encinares, zacatonales y pastizales.

Conclusiones: Las comunidades vegetales a partir de sus diferencias florísticas y ecológicas muestran influencias de la Sierra Madre Occidental como de la Mesa Central, además, se reconocen particularidades para las comunidades de la región comparadas con sus equivalentes en otras regiones. El posible cambio en extensión de algunas de las comunidades podría acelerarse poniendo en riesgo a numerosas especies.

Palabras clave: biodiversidad de Zacatecas, zacatonales azonales, Sierra Madre Occidental, vegetación.

2.2. ABSTRACT

Background: Because of its topographic and climatic variation product of its location in a transition zone between physiographic provinces, the Sierra de los Cardos presents diversity that shows itself in different and contrasting plant communities.

Questions: What are the main plant communities distributed in the Sierra de los Cardos in its central-south portion? What are these communities like?

Data description: Plant communities.

Study site and dates: South-central portion of Sierra de los Cardos, Zacatecas, 2019-2020.

Methods: Plant communities in the study region were delimited based on their recognition during field surveys, identification in maps by remote sensing analysis as well as literature revision. We calculated the Adjusted Ecological Importance Index for each species based on floristic data obtained through the plotting method. We used Analysis of Simillarities as well as a Non-Metric Multidimensional scaling, to determine whether these plant communities were distinguishable in similarity terms.

Results: We found six plant communities and we created a distribution map for them, by surface these were: chaparral, *nopaleras*, pine forests, oak forests, *zacatonales* and grasslands.

Conclusions: Plant communities through their floristic and ecological differences show influences from both the *Sierra Madre Occidental* as well as the *Mesa Central*, we also recognize particularities for these communities in the region compared to their equivalents in other regions. The possible extension change of some communities could accelerate putting at risk numerous species.

Key words: biodiversity of Zacatecas, azonal zacatonales, Sierra Madre Occidental, vegetation .

2.3. INTRODUCCIÓN

La heterogeneidad del territorio mexicano, producto de su compleja historia evolutiva, situación geográfica y accidentada orografía, le hace poseedor de una gran diversidad de comunidades vegetales (Rzedowski 2006, Sosa & Loera 2017). Al mismo tiempo, México ocupa uno de los primeros lugares en el mundo en cuanto a tasa de deforestación y fragmentación. Se estima que sólo en el año 2019, se perdieron 321 mil hectáreas de bosques naturales en el país. Mientras que en lo que va del siglo, se han perdido casi cuatro millones (GFW 2020). Se suma a lo anterior, los efectos del cambio climático, que en zonas montañosas causan una migración altitudinal de especies (Grabherr *et al.* 1994, Alexander *et al.* 2015, Steinmann *et al.* 2021). Resulta necesario enfocar esfuerzos en generar un mayor conocimiento sobre la vegetación presente en zonas de montaña en el país a todas las escalas espaciales resulta necesario.

El primer paso para comprender los sistemas con vegetación es disponer de información sobre sus características y distribución, que en conjunto permitan su correcta clasificación (Franklin *et al.* 2016, Jensen *et al.* 2016). En este sentido, la clasificación de la vegetación resulta importante, pues proporciona un lenguaje común para la comunicación científica, permite la comparación de comunidades entre regiones y constituye una línea base para la toma de decisiones en aprovechamiento y conservación de los recursos vegetales (ESA 2021). La vegetación se ha clasificado principalmente con base a criterios fisonómicos, características abióticas y florísticas (composición de especies) (Goodall 1978). En México, los rasgos fisonómicos han sido los más utilizados, pues toman en cuenta aquellos elementos del paisaje que permiten definir no solo los tipos de vegetación (Whittaker 1970, Rzedowski 2006), sino que influyen en cómo las plantas interactúan con otros organismos y con el medio (Chyntrý *et al.* 2019).

La vegetación en muchas partes del mundo tiene un levantamiento de cobertura deficiente, lo que produce datos insuficientes que dificultan una adecuada caracterización y clasificación. En años recientes, el estudio de la vegetación ha avanzado considerablemente (Chyntrý *et al.* 2019), sin embargo, la mayoría de los trabajos se concentran en regiones que cuentan con una amplia tradición de trabajos de este tipo y no necesariamente en países megadiversos, dejando de lado áreas particulares que requieren de investigación detallada (Pärtel *et al.* 2017). Aunado a lo anterior, se presenta el problema de generalizar las cualidades de las comunidades vegetales a nivel local a partir de trabajos a escalas geográficas mayores, pues se ha demostrado que es necesario contar con información a un nivel más fino, ya que son los procesos ambientales locales los que más influyen en el ensamblaje de las comunidades vegetales (Damschen 2018).

En México, Zacatecas constituye uno de los estados del país con mayor rezago en cuanto al conocimiento de su capital vegetal (Ramírez-Díaz 2016), y la poca información generada ha sido producto de la extrapolación a partir de trabajos a escala nacional como los de Miranda & Hernández-X (1963) y Rzedowski (2006), incurriendo por tanto en errores en la clasificación a escala local. La Sierra Madre Occidental (SMOc) constituye una de las provincias fisiográficas más importantes del país en términos de diversidad vegetal (Descroix *et al.* 2004, González-Elizondo *et al.* 2013) y en Zacatecas converge con la Mesa del Centro. Lo anterior, se traduce en paisajes importantes en términos de conservación, ya que presentan una gran diversidad de flora y vegetación (González-Elizondo *et al.* 2007).

La Sierra de los Cardos es un ejemplo de dicha diversidad (Hurtado-Reveles *et al.* [en proceso](#)) y constituye un área relevante en términos biológicos, pues dada su condición de isla serrana o aislada, rompe con el continuo de vegetación semiárida propia del Desierto Chihuahuense y la Mesa Central (Bryson & Ávila-Villegas 2020). Este continuo se caracteriza por presentarse en zonas inferiores a los 1900 m de altitud, mientras que las islas serranas, al ser más altas, presentan condiciones climáticas diferentes que propician el desarrollo de comunidades vegetales distintas a las que le rodean (Warshall 1995). Dichas formaciones presentan poblaciones de flora relicto, producto de procesos evolutivos originados por la dinámica de los periodos glaciares e interglaciares durante el Pleistoceno (Van Devender & Burgess 1985).

La porción centro-sur de la sierra es una de las zonas menos estudiadas y donde recientemente se ha reportado una gran cantidad de endemismos y una alta riqueza taxonómica de la flora mexicana (Hurtado-Reveles *et al.* [en proceso](#)). A pesar de esto, al igual que en otras partes del país, el deterioro de la vegetación es el común denominador, debido en gran parte al crecimiento de la superficie agrícola y pecuaria. Además, el cambio

climático que actualmente enfrentamos pone en riesgo su permanencia. El presente estudio tuvo como objetivos describir las comunidades vegetales presentes en la región, basándonos en su fisionomía y composición florística, así como las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrollan. Además, generar un mapa para aportar información sobre su distribución y ubicación. Lo anterior, con la finalidad de contribuir con información base para un adecuado aprovechamiento de los recursos naturales presentes en la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1 Área de estudio. La Sierra de los Cardos (Figura 1) comprende una región de topografía abrupta del tipo sierra alta que se encuentra aislado del continuo montañoso de la Sierra Madre Occidental (SMOc) por lomeríos, valles y mesetas (INEGI 2001, 2013). Abarca poco más de 800 km² de superficie entre los municipios de Jerez, Monte Escobedo, Susticacán, Tepetongo y Valparaíso en el estado de Zacatecas (INEGI 2010a, b, c, d, e). La región centro-sur comprende un área aproximada de 142 km² y forma parte de la provincia fisiográfica SMOc, subprovincia de Sierras y Valles Zacatecanos; se ubica dentro de los límites políticos del municipio de Susticacán, en el estado de Zacatecas, entre las coordenadas extremas 22° 41' 48'' y 22° 33' 45'' N y 103° 19' 22'' y 103° 04' 47'' W.

El clima varía de Templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media en la parte occidental (Cw₁), a Semiseco templado con lluvias en verano (Bs) conforme nos movemos al suroeste (García 1988). La precipitación oscila entre los 600 mm para las partes más bajas hacia el oriente y 700 mm para la porción norte-occidental. El principal

tipo de suelo en el área fluvisol. El tipo de roca principal es ígnea extrusiva y en menor medida ígnea intrusiva (INEGI [2010c](#)).

2.4.2 Identificación y caracterización de la vegetación. Mediante la inspección a simple vista de imágenes satelitales Landsat 8 (cortesía del Servicio Geológico Estadounidense; USGS), se detectaron seis diferentes tipos de cobertura vegetal presentes en la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos. Con base en lo anterior, se realizaron recorridos al área de estudio, donde por observación directa, se verificó que estas verdaderamente representaran las principales comunidades vegetales de la zona y así considerarlas como las unidades de estudio que nos permitieran realizar un muestreo estratificado.

En cada uno de los diferentes tipos de cobertura vegetal identificada, se establecieron de manera aleatoria, 10 puntos de muestreo, para un total de 60, en los cuales se llevo a cabo un inventario de la flora vascular y se tomaron datos fisonómicos y florísticos del área (Hurtado-Reveles *et al.*, [en proceso](#)). Con la finalidad de diferenciar las distintas comunidades vegetales observadas, la información obtenida se comparó y analizó con respecto a las principales descripciones de los tipos de vegetación regionales y nacionales (Miranda & Hernández-X [1963](#), Flores *et al.* [1971](#), Rzedowski [2006](#), González-Elizondo *et al.* [2013](#)).

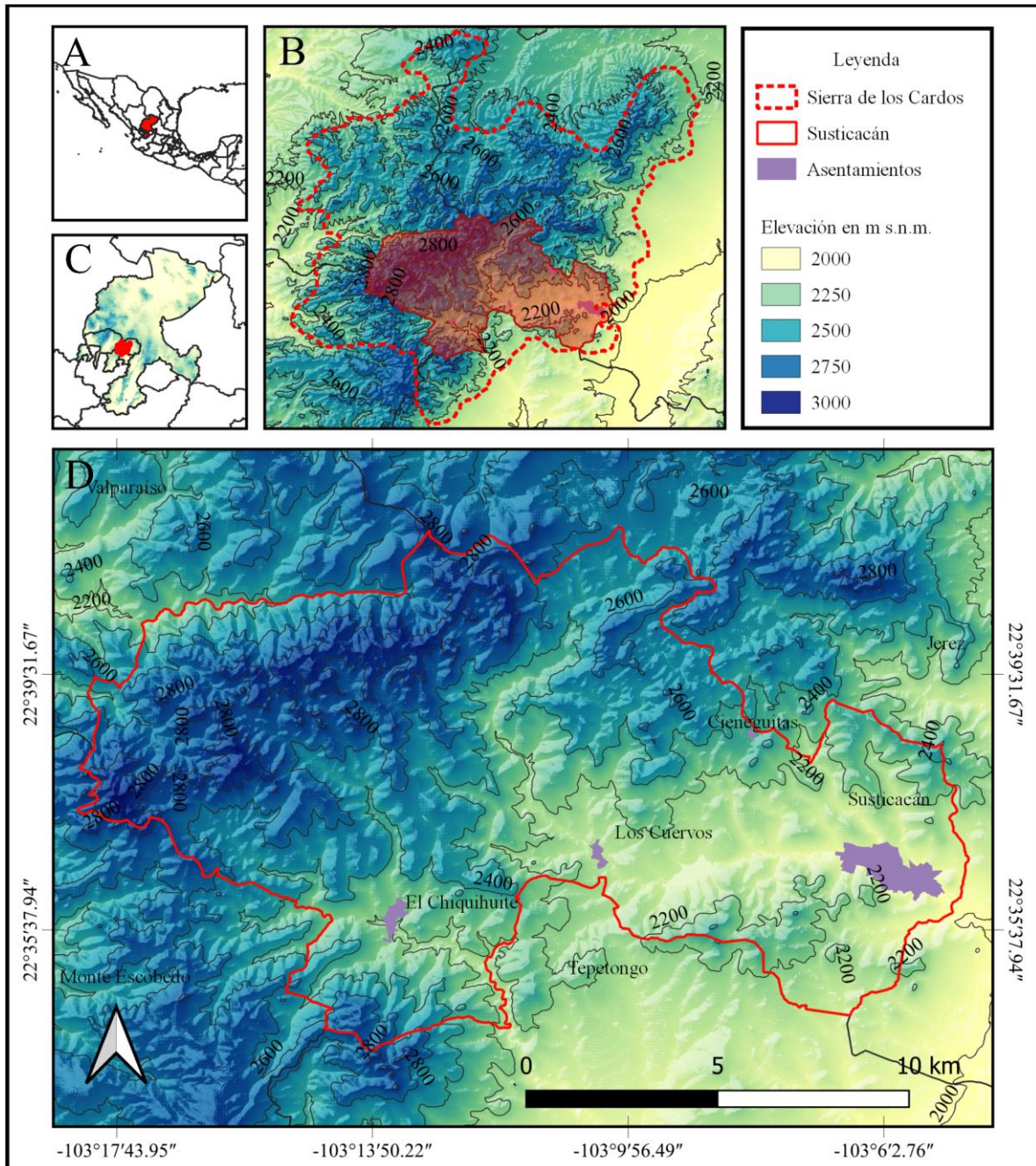


Figura 1. A) Estado de Zacatecas en la República Mexicana; B) Ubicación de la Porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México; C) Delimitación geográfica de la Sierra de los Cardos en el estado de Zacatecas, México; D) Límite político del Municipio de Susticacán, Zacatecas, México.

Con el propósito de soportar estadísticamente la presencia de las diferentes comunidades vegetales identificadas, se llevó a cabo un un Análisis de Escalamiento Multidimensional No Métrico (N-DMS; Kruskal 1964) y un Análisis de Similitud (ANOSIM; Clarke & Warwick 1994) usando los valores de cobertura registrados para cada especie en el software PAST 4 (Hammer *et al.* 2001). Aunque ambos métodos son comúnmente empleados para discriminar qué tan válida es una delimitación de unidades de estudio a priori en términos estadísticos, de acuerdo con Buttigieg y Ramette (2014), es recomendable utilizar más de un análisis de este tipo para confirmar que las unidades estudio, en este caso comunidades vegetales, son entidades distintas y evitar arbitrariedades.

Para caracterizar la vegetación, se emplearon criterios fisonómicos, florísticos y ecológicos. Se definieron los elementos más importantes para cada comunidad, mediante la estimación del Índice Ajustado de Importancia Ecológica (AEIV; Burgos-Hernández *et al.* 2014), en conjunto con observaciones de atributos ambientales tales como: altitud, orientación de la ladera, grado de inclinación de la pendiente, pedregosidad, cobertura de especies leñosas y de herbáceas, prevalencia de hojarasca y suelo desnudo. Finalmente, la nomenclatura para cada comunidad vegetal presente en el área de estudio se basó en la propuesta de Miranda & Hernández-X (1963), por ser la más acertada para el área de estudio.

2.4.3 Mapa de vegetación. Con la información generada, se elaboró un mapa de distribución de las comunidades vegetales presente en la la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos con apoyo del software QGIS 3.16 (QGIS 2021) y empleando imágenes Landsat 8 (USGS). Las escenas fueron corregidas atmosférica y topográficamente,

posteriormente se calcularon las firmas espectrales para cada putativa comunidad vegetal, empleando como sitios de entrenamiento los puntos de muestreo de la flora vascular realizada por Hurtado-Reveles *et al.* ([en proceso](#)).

Las bandas empleadas fueron la 2, 3, 4 y 8, así como una adicional con los valores de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). La clasificación se realizó utilizando el método de Fisher LDAC (Yang *et al.* 2004), este se eligió ya que era el que más se acercaba a lo observado durante las labores de muestreo en campo. Con la finalidad de dar solución a algunas inconsistencias que se presentaron en la clasificación basada solo en valores espectrales, los resultados fueron refinados tomando en cuenta los límites altitudinales y los tipos de roca basados en mapas de INEGI (2010c).

2.5. RESULTADOS

Basados en las imágenes satelitales, los datos fisonómicos y florísticos, así como las comparaciones con las descripciones de los tipos de vegetación regionales y de México, se identificaron seis comunidades vegetales, que de acuerdo a la clasificación de Miranda y Hernández-X (1963) corresponden a encinares (Figura 2A), pinares (Figura 2B), chaparrales (Figura 2C), nopaleras (Figura 3A), pastizales (Figura 3B) y zacatonales (Figura 3C). El diagrama resultante del N-DMS arrojó un alto valor de estrés (0.3, Figura 4), por lo que debe interpretarse con cautela. Mientras que en los resultados del ANOSIM (Cuadro 1), todos los cálculos entre las comunidades detectadas obtuvieron valores cercanos a 1 (> 0.8), lo que indica una mayor disimilitud entre ellas que entre los sitios de muestreo.

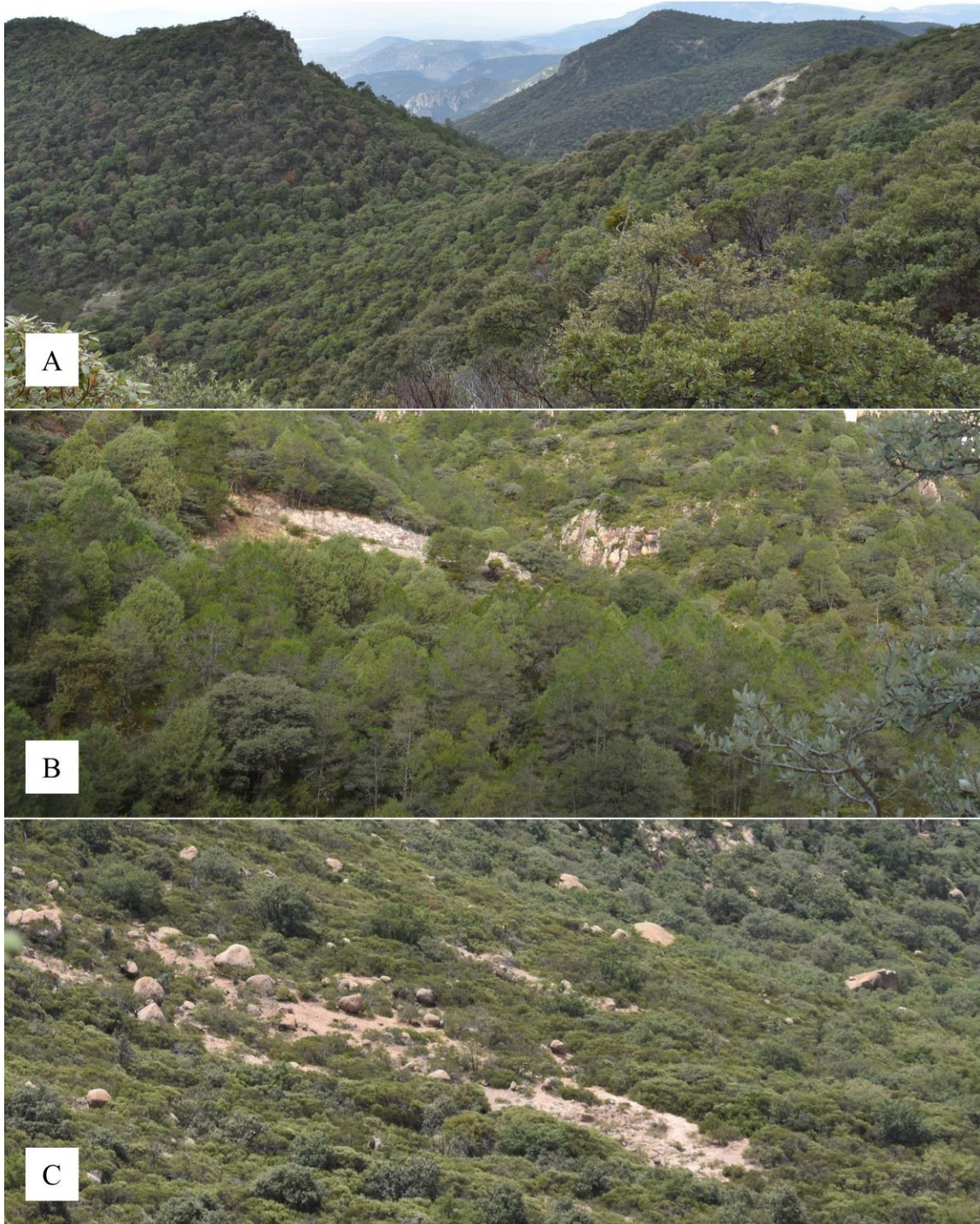


Figura 2. Comunidades vegetales presentes en el centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México I: A. Encinares; B. Pinares; C. Chaparrales.

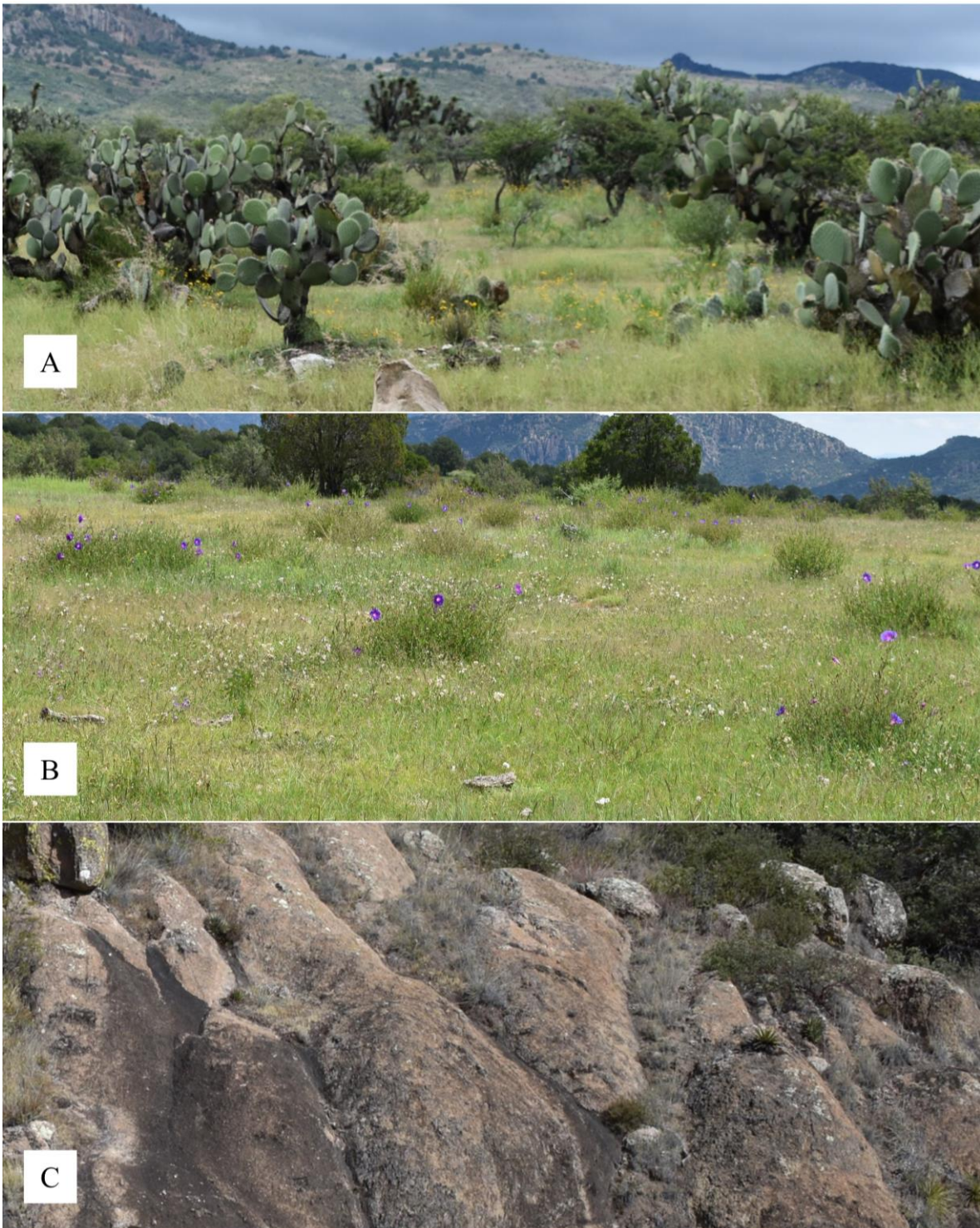


Figura 3. Comunidades vegetales presentes en el centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México II. A. Nopaleras; B. Pastizales; C. Zacatonales

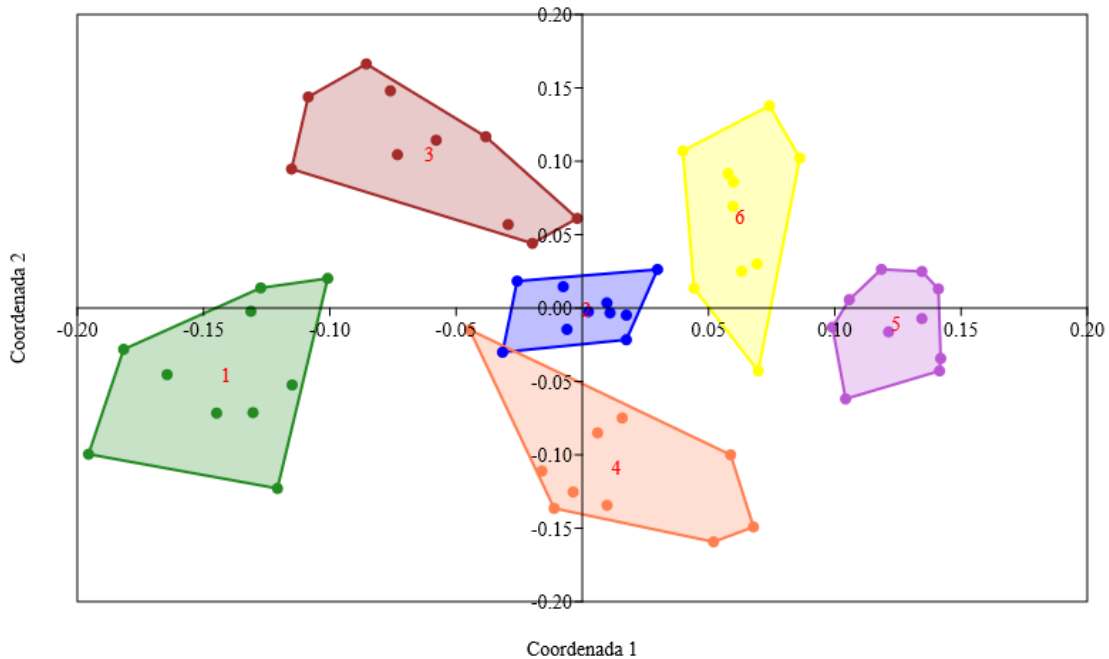


Figura 4. Análisis de Escalamiento Métrico No Dimensional (N-DMS). Verde (1) = Encinares; Azul (2) = Pinares; Marrón (3) = Chaparrales; Anaranjado (4) = Nopaleras; Morado (5) = Pastizales; Amarillo (6) = Zacatonales. Esta gráfica nos permite visualizar la disimilaridad entre los sitios de estudio por la distancia entre los sitios de estudio, cada uno es un punto del color de la comunidad vegetal a la que corresponde.

Cuadro 1. Análisis de Similitud (ANOSIM) empleando el índice de Bray-Curtis entre cada comunidad vegetal presente en la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México. En los recuadros verdes se señalan los valores de R mientras que en los azules se indican el valor de *P* asociada.

A) Resultados de ANOSIM entre comunidades vegetales						
	Encinares	Pinares	Chaparrales	Nopaleras	Pastizales	Zacatonales
Encinares		0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.0001
Pinares	0.8224		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Chaparrales	0.8841	0.9938		0.0001	0.0001	0.0001
Nopaleras	0.8716	0.9244	0.9653		0.0001	0.0002
Pastizales	0.962	0.9262	0.9689	0.9733		0.0001
Zacatonales	0.9191	0.8702	0.9462	0.8626	0.808	

2.5.1 *Encinares*. Esta comunidad se distribuyó entre los 2150 m a los 2800 m de altitud. Se encontró generalmente en las laderas con pendiente pronunciada y cañadas orientadas al norte. Las familias más representativas fueron Asteraceae (20 especies), Fabaceae (9), Pteridaceae (6) y Ranunculaceae (4). Mientras que a nivel de géneros fueron *Quercus* (4), *Salvia* (3), *Verbesina* (3) y *Juniperus* L. (3). La cobertura de especies leñosas fue en promedio de 77 %, mientras que el de especies herbáceas fue de 63 %. El sustrato presentó amplia cobertura de hojarasca, con poca presencia de suelo desnudo. La pedregosidad se limitó a los afloramientos rocosos aislados dentro de los bosques que no suelen sobresalir de la altura del dosel. Dicha comunidad vegetal, se presentó predominantemente en la mitad occidental del área de estudio, siendo esta la más húmeda y templada, pues recibe entre 700 y 800 mm de precipitación, con una temperatura promedio de 14 °C.

Este tipo de bosque contó con tres estratos, todos ellos con una cobertura abierta o discontinua. El estrato dominante fue el arbóreo, con altura promedio de 8.2 m, siendo *Quercus rugosa* Née la especie dominante (AEIV = 42.1; Cuadro 2). Algunas otras

especies de árboles registradas, aunque con valores de cobertura más bajos fueron *Quercus potosina* Trel. (6.7), *Q. eduardi* Trel. (5.9), *Q. obtusata* Bonpl. (3.8) y *Juniperus fláccida* Schltl. (3.5). La altura promedio del estrato arbustivo fue de 1.1 m, con *Stevia lucida* Lag. (9.7) como el elemento predominante. El estrato herbáceo presentó una altura promedio de 30 cm y destacan *Dichondra sericea* Sw. (9.1), *Penstemon roseus* G. Don (5.2), *Piptochaetium fimbriatum* (Kunth) Hitchc. (4.3), y *Phaseolus polymorphus* S. Watson (4.1).

Cuadro 2. Especies con los valores más altos de importancia ecológica (AEIV) para los encinares y pinares del centro-sur de la Sierra de Los Cardos, Zacatecas, México.

A) Encinares		B) Pinares	
Especie	AEI V	Especie	AEI V
<i>Quercus rugosa</i> Née	42.1	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	38.6
<i>Stevia lucida</i> Lag.	9.7	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> (Kunth) Hitchc.	11.4
<i>Dichondra sericea</i> Sw.	9.1	<i>Juniperus fláccida</i> Schltl.	7.2
<i>Quercus potosina</i> Trel.	6.7	<i>Aristida laxa</i> Cav.	6.8
<i>Quercus eduardi</i> Trel.	5.9	<i>Aristida schiedeana</i> Trin. & Rupr.	5.4
<i>Penstemon roseus</i> G. Don	5.2	<i>Cyperus seslerioides</i> Kunth	5.3
<i>Piptochaetium fimbriatum</i> (Kunth) Hitchc.	4.3	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.	5.0
<i>Phaseolus polymorphus</i> S.Watson	4.1	<i>Hypoxis mexicana</i> Schult. & Schult. f.	4.8
<i>Quercus obtusata</i> Bonpl.	3.8	<i>Ipomoea stans</i> Cav.	4.1
<i>Juniperus fláccida</i> Schltl.	3.5	<i>Gaga kaulfussii</i> (Kunze) Fay W. Li & Windham	3.7
Especies restantes	105. 6	Especies restantes	107. 5

2.5.2 *Pinares*. Este tipo de vegetación se distribuyó en altitudes que oscilan entre los 2250 y 2900 m. De manera general, no presentó una preferencia de orientación de ladera, pero se

registraron un mayor número de sitios con orientación al Este (60 %). Aquí, Asteraceae (21 especies) y Poaceae (11) son las familias más diversas. Por su parte los géneros más representativos fueron *Stevia* (7 especies), *Muhlenbergia* (5), *Ipomoea* (4) y *Commelina* L. (3). Las especies de leñosas cubrieron en promedio un 87 % de la superficie, mientras que las herbáceas lo hicieron en 65 %. Esta comunidad vegetal presentó poco suelo desnudo con cobertura de hojarasca continua en todos los sitios. Los afloramientos rocosos fueron comunes. La cobertura de dosel fue frecuentemente abierta. Se presentaron sobre todo en altitudes medias, en zonas con un promedio de precipitación entre los 600 y 700 mm, así como con una temperatura media de 15 °C.

El estrato arbóreo presentó una altura promedio de 7.4 m, siendo dominante *Pinus cembroides* Zucc. (AEIV = 38.6; Cuadro 2). El estrato arbustivo fue disperso, alcanzando un promedio de 60 cm de altura, con *Juniperus deppeana* Steud. (0.85) *Bursera fagaroides* (Kunth) Engl. (0.41), *Dasyllirion acrotrichum* (Schiede) Zucc. (0.41) y *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. (0.41) como las especies más comunes. Por su parte, el estrato herbáceo fue abierto y presenta una altura media de 18 cm. Aquí, las principales especies fueron gramíneas y gramineoides, entre las que destacan *Piptochaetium fimbriatum* (11.4), *Aristida laxa* Cav. (6.8), *Aristida schideana* Trin. & Rupr. (5.4) y *Cyperus seslerioides* Kunth (5.3).

2.5.3 *Chaparrales*. Esta comunidad se distribuyó en altitudes entre los 2350 y 2900 m. Se establecieron con frecuencia en laderas pedregosas sin una pendiente u orientación particular. Las familias de mayor riqueza fueron Asteraceae (18 especies), seguida de Poaceae (7), Fabaceae (5) y Cactaceae (4). Los géneros más diversos fueron *Muhlenbergia* (4 especies), *Quercus* (3), *Mammillaria* (3) y *Ageratina* Spach (3). La cobertura de

especies leñosas fue de 86 %, mientras que la de herbáceas fue de 24 %. Algunos sitios presentaron hojarasca abundante (40 %) pero no es generalizado. Esta comunidad vegetal se distribuyó de forma constante en el área de estudio, salvo en las altitudes más bajas, donde era sustituido por las nopaleras.

El estrato arbóreo, se encontró prácticamente ausente y por lo tanto presentó una cobertura muy dispersa. Aquí, se encontraron individuos aislados de *Q. potosina* o *P. cembroides*, alcanzando alturas de 5 m. El estrato arbustivo mantuvo una cobertura abierta, se encontró dominado por *Arctostaphylos pungens* Kunth (AEIV = 66.3; Cuadro 3), que contó con una altura promedio de 2.8 m. Por su parte, el estrato herbáceo presentó una cobertura dispersa y se encontró dominado por *Piptochaetium fimbriatum* (12.1), *Muhlenbergia peruviana* (P. Beauv.) Steud. (9.3), *Crocanthemum glomeratum* (Lag.) Janch (7.2) y *Roldana sessilifolia* (Hook. & Arn.) H. Rob. & Brettell (6.4).

Cuadro 3. Especies con los valores más altos de importancia ecológica (AEIV) para los chaparrales y nopaleras del centro-sur de la Sierra de Los Cardos, Zacatecas, México.

A) Chaparrales		B) Nopaleras	
Especie	AEI V	Especie	AEI V
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	66.3	<i>Opuntia leucotricha</i> DC.	15.7
<i>Piptochaetium fimbriatum</i> (Kunth) Hitchc.	12.1	<i>Urochloa mezianai</i> (Hitchc.) Morrone & Zuloaga	13.0
<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.	9.3	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	10.0
<i>Crocanthemum glomeratum</i> (Lag.) Janch.	7.2	<i>Myriopteris aurea</i> (Poir.) Grusz & Windham	9.0
<i>Roldana sessilifolia</i> (Hook. & Arn.) H. Rob. & Brettell	6.4	<i>Montanoa leucantha</i> (Lag.) S.F. Blake	8.1
<i>Comarostaphylis polifolia</i> (Kunth) Zucc. ex Klotzsch	4.5	<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	7.2
<i>Quercus potosina</i> Trel.	4.0	<i>Mimosa monancistra</i> Benth.	6.4

<i>Gaga arizonica</i> (Maxon) Fay W. Li & Windham	3.7	<i>Dyschoriste schiedeana</i> (Nees) Kuntze	5.7
<i>Prochnyanthes mexicana</i> (Zucc.) Rose	3.7	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	5.6
<i>Stevia lucida</i> Lag.	3.7	<i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn. & Merr.	5.3
Especies restantes	79.2	Especies restantes	114.1

2.5.4 *Nopaleras*. Esta vegetación fue la más común en las partes más bajas de la sierra, particularmente dominante en las zonas aledañas a los asentamientos humanos. Se localizó entre los 2000 y 2400 m s.n.m., establecida principalmente en laderas orientadas al sur, con una inclinación de la pendiente variable, pues se les puede encontrar tanto en terrenos planos como en laderas abruptas. A nivel de familia, Asteraceae (24 especies), Poaceae (11), Fabaceae (10) y Convolvulaceae (7) destacaron por el número de especies. Mientras que a nivel generico *Ipomoea* (5), *Stevia* (3), *Salvia* (3) y *Bouteloua* Lag. (3) fueron los más representativos. Las especies leñosas presentaron una cobertura promedio del 61 %, mientras que la cobertura de herbáceas fue del 55 %. Los sitios presentaron un promedio de pedregosidad del 40 %. En las áreas donde se distribuyó esta vegetación, el clima es notablemente más seco y cálido, con una precipitación que oscila entre los 400 - 600 mm con temperatura media de 16 °C.

Al igual que en los chaparrales, el estrato arbóreo estuvo prácticamente ausente, limitándose a individuos de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. y *Yucca decipiens* Trel. El estrato arbustivo fue el dominante, con una altura promedio de 1.3 m y caracterizado por ser del tipo abierto. En este estrato sobresalieron *Opuntia leucotricha* DC. (AEIV = 15.7; Cuadro 3), *Dodonaea viscosa* (10.0), *Montanoa leucantha* (Lag.) S.F. Blake (8.1), *Mimosa monancistra* Benth. (6.4) y *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.

(5.6). A su vez, *Urochloa meziana* (Hitcch.) Morrone & Zuloaga (13.0), *Myriopteris aurea* (Poir.) Grusz & Windham (9.0), *Bouteloua curtispindula* (Michx.) Torr. (7.2), *Dyschoriste schiedeana* (Nees) Kuntze (5.7) y *Bouteloua repens* (Kunth) Scribn. & Merr. (5.3), dominaron el estrato herbáceo, también abierto y con una altura media de 19 cm.

2.5.5 *Pastizales*. Los pastizales de la sierra crecían por lo general en sitios planos, entre altitudes que van de los 2340 a los 2800 m. Las familias Asteraceae (19 especies) y Poaceae (13) fueron las más diversas. Los géneros con mayor riqueza fueron *Muhlenbergia* (5 especies), *Stevia* (4) y *Laennecia* Cass. (3). La superficie del suelo se encontró cubierta en promedio en 95 % por especies herbáceas. La comunidad vegetal se presentó en manchones pequeños y aislados, sobre todo en la mitad occidental de la sierra, donde la precipitación oscila entre 700 y 800 mm y la temperatura media ronda los 14 °C.

Tanto el estrato arbóreo como el arbustivo se encontraron ausentes, los pocos elementos que sobresalen de la cubierta herbácea suelen ser individuos jóvenes de *Pinus cembroides* o *Juniperus flaccida* que rara vez sobrepasaron los 1.5 m de altura. El estrato herbáceo fue del tipo continuo y se encontró dominado por especies gramíneas o gramineoides, como: *Cyperus seslerioides* (AEIV = 22.8; Cuadro 4), *Muhlenbergia phleoides* (13.5), *Muhlenbergia rigida* (Kunth) Kunth (12.0) e *Hypoxis mexicana* Schult. & Schult. f. (10.5).

2.5.6 *Zacatonales*. Estas comunidades se encontraron restringidas a la parte noreste de la sierra, ubicada sobre una zona de afloramientos rocosos de tipo ígneas extrusivas, entre una altitud que va de los 2300 a los 2800 m. Se caracterizó por distribuirse en áreas con una topografía abrupta y sumamente irregular. Destacaron aquí las familias Asteraceae (21 especies) y Poaceae, así como *Muhlenbergia* (5 especies) y *Stevia* (3) entre los géneros. Los

sitios presentaron en promedio una superficie con pedregosidad del 77 %. La cobertura promedio de especies leñosas fue de 6 % y de 35 % la de herbáceas. La precipitación anual oscila entre los 600 y 700 m, con una temperatura media de 15 °C.

Cuadro 4. Especies con los valores más altos de importancia ecológica (AEIV) para los pastizales y zacatonales del centro-sur de la Sierra de Los Cardos, Zacatecas, México.

A) Pastizales		B) Zacatonales	
Especie	AEI V	Especie	AEI V
<i>Cyperus seslerioides</i> Kunth	22.8	<i>Muhlenbergia emersleyi</i> Vasey	16.9
<i>Muhlenbergia phleoides</i> (Kunth) P.M.Peterson	13.5	<i>Trachypogon spicatus</i> (L. f.) Kuntze	12.0
<i>Muhlenbergia rígida</i> (Kunth) Kunth	12.0	<i>Bulbostylis juncooides</i> (Vahl) Kük. ex Osten	11.4
<i>Hypoxis mexicana</i> Schult. & Schult. f.	10.5	<i>Muhlenbergia pubescens</i> (Kunth) Hitc.	8.3
<i>Stevia serrata</i> Cav.	9.1	<i>Agave schidigera</i> Lem.	7.4
<i>Evolvulus prostratus</i> B.L. Rob.	7.1	<i>Cyperus seslerioides</i> Kunth	6.5
<i>Commelina scabra</i> Benth.	6.6	<i>Gaga kaulfussii</i> (Kunze) Fay W. Li & Windham	6.3
<i>Muhlenbergia peruviana peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.	5.9	<i>Selaginella sartorii</i> Hieron.	6.3
<i>Bouteloua scorpioides</i> Lag.	5.8	<i>Stenocactus ochoteranianus</i> Tiegel	6.0
<i>Ipomoea capillacea</i> (Kunth) G. Don	5.2	<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	5.6
Especies restantes	101. 5	Especies restantes	113. 2

Tal como los chaparrales y pastizales, los zacatonales no presentaron un estrato arbóreo, salvo individuos aislados juveniles de *P. cembroides*. Por su parte, el estrato arbustivo se encontró representado por *Dodonaea viscosa* (AEIV = 4.9; Cuadro 4) y *Dasyilirion acrotrichum* (Schiede) Zucc. (3.3), y aunque presente, cuenta con una altura promedio de 63 cm y es muy disperso. El estrato herbáceo, abierto, fue el dominante con una altura promedio de 20 cm. Las especies representativas fueron en su mayoría gramíneas o

graminoides amacolladas, como *Muhlenbergia emersleyi* Vasey (16.9), *Trachypogon spicatus* (L. f.) Kuntze (12.0), *Bulbostylis juncooides* (Vahl) Kük. ex Osten (11.4) y *Muhlenbergia pubescens* (Kunth) Hitchc. (8.3), aunque también destacó *Agave schidigera* Lem. (7.4).

De todas las especies registradas, *Tradescantia crassifolia* Cav., fue la única compartida entre las seis comunidades vegetales, mientras que 11 especies se encontraron en cinco de las seis vegetaciones identificadas. *Bouvardia ternifolia* (Cav.) Schltldl., se registró en todas las comunidades excepto en pastizales. *Echeandia flavescens* (Schult. & Schult.f.) Cruden, *Gaga kaulfussii* (Kunze) F.W. Li & Windham, *Juniperus deppeana*, *Juniperus flaccida*, *Pellaea ternifolia* (Cav.) Link., y *Pinus cembroides* Zucc., estuvieron ausentes solo en las nopaleras. *Lycurus phleoides* Kunth, *Ipomoea capillaceae* (Kunth) G. Don, *Oxalis decaphylla* Kunth, y *Stevia serrata* Cav., no se registraron en encinares (Figura 3).

Finalmente, se encontró que las principales comunidades vegetales del área de estudio por superficie son los chaparrales (53.3 km²) y las nopaleras (42.6 km²). Les siguen los pinares (30 km²) y los encinares (25.2 km²). Mientras que con superficies mucho menores aparecieron los zacatonales (3.9 km²) y los pastizales (1 km²) (Figura 5).

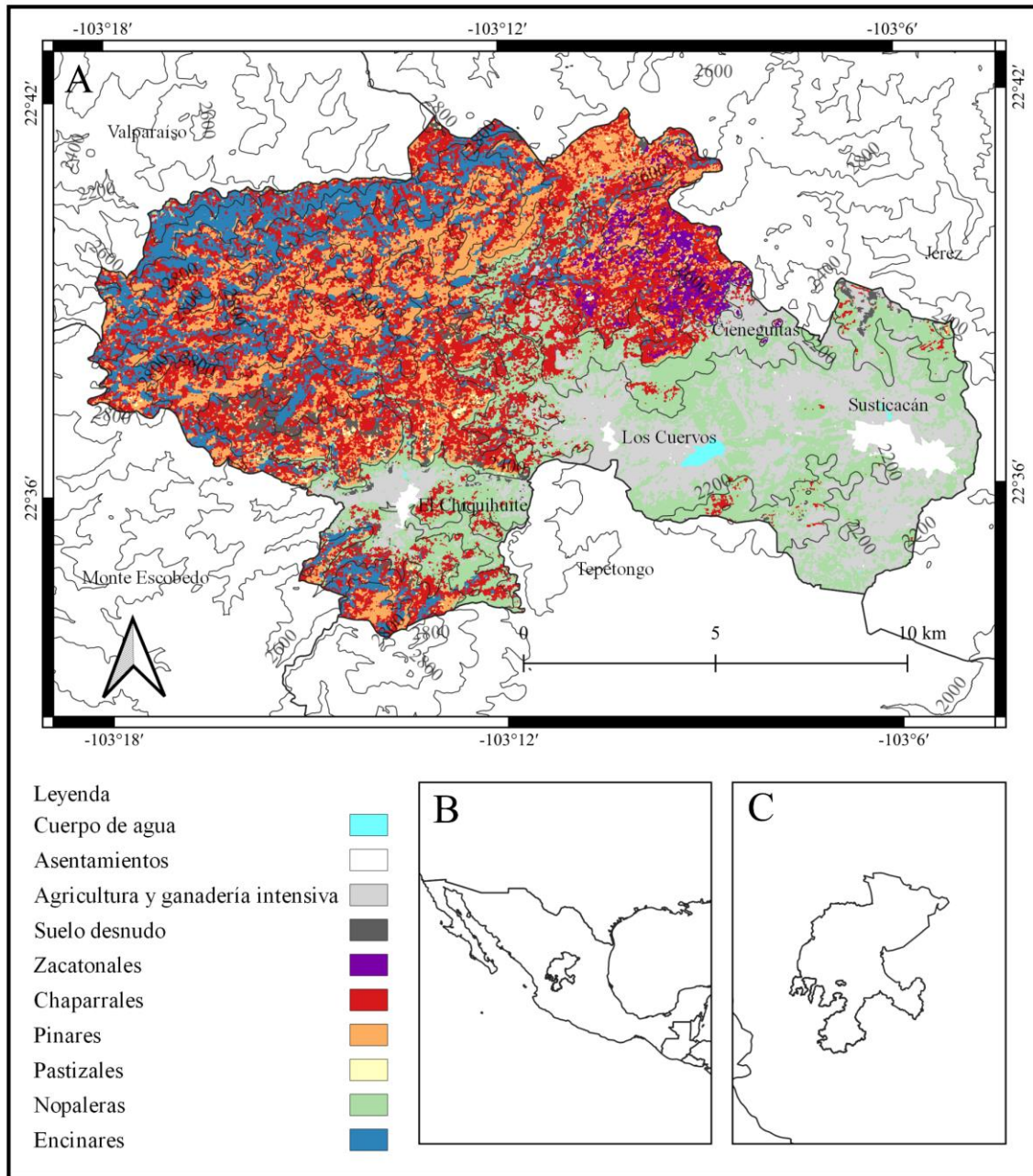


Figura 5. A) Mapa de vegetación de la porción centro-sur de la Sierra de los Cardos, Zacatecas, México; B) Estado de Zacatecas en la República Mexicana; C) Municipio de Susticacán en Zacatecas.

2.6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El ANOSIM, sugirió una buena selección de unidades de muestreo. Por otro lado, aunque el N-DMS sugirió un posible grado de arbitrariedad, se ha documentado que este valor se ve afectado negativamente conforme aumenta el número de variables (Holland 2008), como pudo ser el caso en el presente estudio.

Los encinares de la región de estudio coincidieron con lo reportado por González-Elizondo *et al.* (2012) para la SMOc, quienes los describen como un tipo de comunidad dominada por *Q. rugosa*, que se desarrolla entre los 2000 y 2900 m s.n.m., particularmente en sitios con alta humedad ambiental. Dichas características son equivalentes a las registradas por este estudio, pues esta vegetación se restringió a las laderas norte, las cuales presentan una menor exposición solar y un clima notablemente menos árido que el resto del área. Estructuralmente se asemejan a los reportado por Santibáñez-Andrade *et al.* (2015) para el Valle de México, en el sentido de que están dominados por *Q. rugosa* en su estrato arbóreo; sin embargo, para esta región el intervalo altitudinal de su distribución es superior (entre 2700 y 3100 m s.n.m.) y las siguientes especies en importancia son distintas a las que se encontraron para la zona de estudio.

Quercus rugosa es una especie de amplia distribución en México y por tanto, se desarrolla bajo condiciones ambientales muy diversas que se reflejan en la variabilidad genética de sus poblaciones. De acuerdo con Martins *et al.* (2018) dicha diversidad puede significar que algunas están mejor adaptadas frente al cambio climático. Esto hace surgir la incógnita de si las poblaciones presentes en la Sierra de los Cardos son algunas de las cuales están mejor adaptadas, al ya encontrarse en una región de clima semi-árido, o por el

contrario, si las poblaciones actuales son remanentes de poblaciones más grandes en continuo decrecimiento. Lo anterior podría ser abordado en estudios futuros mediante análisis de distribución histórica de esta especie en la región.

Los pinares de la porción centro-sur en Sierra de los Cardos se encontraron dominados por *P. cembroides*. Estos bosques cuentan con una amplia distribución, abarcando gran parte del centro y norte del país (Romero-Manzanares *et al.* 1996). Barrera-Zubiaga *et al.* (2018) reporta este tipo de vegetación ocurriendo en la parte central (Fresnillo), nororiental (Concepción del Oro) y noroccidental (Sombrerete) de Zacatecas, sin embargo, no se contaba con ningún registro para la zona de estudio. Se ha señalado para la región que dichos bosques representan comunidades de transición entre la SMOc y las llanuras que yacen a su oriente (Rzedowski 2006; González-Elizondo *et al.*, 2012), lo cual se corroboró en este estudio, pues en cuestión de importancia ecológica de especies los pinares son tan cercanos a las nopaleras como a los chaparrales (Figura 4), y son importantes en términos de diversidad, pues en el área de estudio resguardan 107 especies de las cuales un 33% son endémicas de México (Hurtado-Reveles *et al.*, en proceso). Se ha reportado que las semillas de *P. cembroides*, históricamente han sido colectadas para consumo por pobladores del norte y centro del país (Fonseca-Juárez 2003). Localmente, la colecta de estas para su venta como alimento, podría representar una amenaza latente, ya que, a pesar de que no existen estudios que evalúen el impacto de esta actividad humana, durante los recorridos y visitas previas se observaron evidencias de colecta sin existir un plan de manejo que regule la misma. Por otro lado, estudios dendrocronológicos en esta especie, demuestran que su respuesta de crecimiento se ve afectada de forma negativa frente a estrés como el que representa el incremento de la temperatura a causa del cambio climático (Carlón Allende *et al.* 2018). Lo anterior incumbe al área de estudio, pues estos efectos son de magnitud global

y son pertinentes para toda el área de distribución de *P. cembroides*. Cabe mencionar que existen esfuerzos por evaluar su potencial de absorción de carbono para mitigación de los efectos del cambio climático, así que, aunque quizás estas comunidades no presenten potencial maderable, es posible que puedan ser utilizados como parte de un proyecto de secuestro de carbono (Pompa-García & Yereña-Yamalliel 2014).

Si bien, los pinares, son reportados como algunos bosques con amplia distribución en el país, también se ha enfatizado que existen particularidades según la región (Barrera-Zubiaga *et al.* 2018, Fuentes-Amaro *et al.* 2019). En consecuencia, la explotación y manejo forestal, debe hacerse de manera diferenciada de acuerdo con las características propias de cada área, pues podría poner en riesgo la diversidad genética de *P. cembroides* y la permanencia de las especies que resguarda este tipo de comunidades vegetales. Lo anterior, resalta la importancia de conocer las comunidades vegetales, no solo a nivel nacional o regional, sino a escala local, pues contar con este tipo de información permitirá tomar decisiones de manejo y conservación de la vegetación informadas.

Los chaparrales por otro lado, por las diferencias que presentaron entre sitios, tales como la variabilidad en el número de especies por sitio, altura y diversidad del estrato dominante, orientación y pendiente de la ladera, así como hojarasca y pedregosidad en el sustrato nos hace inferir que se presenta de forma tanto primaria como secundaria. Algunos de los sitios se localizaron en laderas expuestas y pedregosas, con individuos de baja estatura (< 2 m) (chaparrales primarios) y otros más que se encontraban rompiendo el continuo de pinares o encinares y además presentaban individuos de árboles jóvenes. Lo anterior que ha sido reportado para esta comunidad, tanto en su forma primaria, como secundaria, para la SMOc por González-Elizondo *et al.* (2012). Sin embargo, es necesario contar con información de la distribución histórica de la cobertura vegetal de la zona para corroborar lo aquí sugerido.

Los chaparrales presentes en la mitad occidental del área de estudio, registran un clima subhúmedo, que presenta una transición hacia uno de tipo semi-árido hacia la parte oriental. Lo anterior no resulta extraño, pues esta vegetación se ha reportado como característica de zonas de transición entre regiones templadas de la SMOc y la Sierra Madre Oriental (SMOr), y aquellas de clima semiárido de la Mesa Central (Rzedowski, 2006, González-Elizondo et al., 2012). La distribución y permanencia de los mismos, está estrechamente relacionada con el régimen de incendios, pues la especie dominante, *Arctostaphylos pungens*, presenta una serie de adaptaciones que le permiten germinar gracias a estos, así como desarrollarse en ambientes perturbados (Márquez-Linares et al., 2006). En un paisaje con frecuente perturbación como la antes mencionada, así como deforestación o pastoreo intensivo, puede presentarse una ampliación de la distribución de estas comunidades, lo cual es importante considerar para el área de estudio, pues los chaparrales son una de las comunidades de mayor superficie, sugiriendo la necesidad de la implementación de planes de manejo que debiliten estas perturbaciones.

En la Sierra de los Cardos, las nopaleras son la comunidad que representó de manera más concreta la influencia de la Mesa Central, tanto Miranda & Hernández-X (1973) como Rzedowski (2006), las reportaron como propias de esta provincia fisiográfica, desarrollándose sobre todo en suelos someros derivados de roca volcánica, consistente con lo encontrado en este trabajo. Aunque el área de estudio se encuentra en una zona de transición entre la Mesa Central y la SMOc, existe la posibilidad que algunas nopaleras, sobre todo aquellas en su límite altitudinal superior para esta región, sean de reciente expansión, esto debido a la presencia de *Dodonaea viscosa*, la cual se ha reconocido como indicadora de perturbación (Acosta-Hernández 2016, Rivas 2019, Márquez-Linares et al. 2020). Lo anterior, ha sido documentado también por Rzedowski (2006), quien menciona

que es posible de que en algunos sitios en el país las nopaleras sean una comunidad vegetal secundaria.

Aunque a simple vista los sitios donde se ubican los pastizales parecían homogéneos, las semejanzas se limitaron a que en todos dominaban las gramíneas o gramineoides cespitosas. Por un lado, se encontraron aquellos dominados por *Muhlenbergia phleoides* (Kunth) P.M.Peterson, que se reportan como propios de la Mesa Central (Rzedowski, 2006). En algunos otros, la predominancia de *C. seslerioides* sugiere la influencia de claros de bosques como aquellos de la SMOc (González-Elizondo et al., 2012). También se documentaron pastizales de *C. seslerioides* establecidos en terrenos inundables y se consideran una comunidad azonal (Siqueiros-Delgado et al. 2016). Esto sugiere la presencia de al menos tres tipos de pastizales cespitosos en la sierra, pues de acuerdo con lo reportado por este y otros estudios, se establecen bajo condiciones distintas y presentan diferencias florísticas y ecológicas (Rzedowski 2006, González-Elizondo et al. 2012, Siqueiros-Delgado et al. 2016). En la zona de estudio se registraron aquellos secundarios como los de claros de bosques dominados por *C. seslerioides*; los azonales, de terrenos inundables, dominados por la misma especie; así como aquellos con clara influencia de la Mesa Central, en los cuales la especie dominante es *M. phleoides*. Sobre los últimos, es posible que se trate de comunidades secundarias, pues Bazaldua-Piña (2009) reporta a *M. phleoides* como una especie favorecida por el disturbio. Esto tiene sentido para la sierra, pues fue común observar ganado bovino y ovino pastando en la zona de estudio.

Los zacatonales descritos para la sierra fueron florísticamente distintos a los reportados como flora alpina en el país (Giménez 1999; MacDonald et al. 2011, Steinmann et al. 2021). Esto no sorprende, pues en la Sierra de los Cardos los zacatonales se desarrollan a una altitud mucho menor como consecuencia de condiciones topográficas abruptas que no

permiten que se establezcan comunidades vegetales clímax. De acuerdo con esto, los zacatonales del área de estudio son del tipo azonal y, se pueden diferenciar de los pastizales, porque las gramíneas y gramineoides presentan una forma de crecimiento amacollada contraria a la típicamente cespitosa (Rzedowski 2006). Las comunidades azonales son comunes en la SMOc, por lo que no resulta extraño registrarlos en el área de estudio (González-Elizondo *et al.* 2012).

A partir de lo discutido para las seis comunidades vegetales, así como la superficie que ocupa cada una de ellas, se sugiere la posibilidad de que se ha presentado un cambio de uso de suelo de magnitudes considerables en décadas recientes, ya que las dos comunidades dominantes, chaparrales y nopaleras, pueden ser de naturaleza secundaria. Esto es preocupante, pues podría indicar que, en el mediano plazo, los pinares y encinares reduzcan su distribución. Por otro lado, aunque los pastizales presentaron una distribución muy restringida, esto apoya la idea de que algunas de estas son comunidades secundarias, ya que la mayoría de los pequeños manchones de pastizales se encontraban a relativamente poca distancia de los asentamientos humanos y, por lo tanto, más cerca de factores de disturbio tales como el pastoreo. Finalmente, vienen al caso los zacatonales, estos además de que representaron una de las comunidades vegetales de menor superficie también se restringieron a solo la parte noroeste del área de estudio, siendo por esto una de las comunidades vegetales más amenazadas de la zona.

Existen estudios que demuestran que la respuesta de comunidades vegetales podría ser demasiado lenta en contraste a la velocidad a la que el cambio climático está ocurriendo (Alexander *et al.* 2018). Esto reafirma la importancia de contar con estudios a escalas locales, que analicen la cobertura histórica a través de décadas anteriores para así reaccionar adecuadamente a esta dinámica, de corroborarse este comportamiento para el

área de estudio. Es por esto, que los mapas de vegetación son una herramienta vital para predecir y responder a los cambios de distribución de la cobertura vegetal. Las diferencias en la respuesta de distintas comunidades, podrían ocasionar que el desplazamiento de distribución de una de ellas se realice a expensas de otra.

Las comunidades presentes en la Sierra de los Cardos son muy contrastantes entre sí de acuerdo con su fisonomía, especies dominantes y hábitat. Los encinares son la comunidad más representativa de la influencia de la Sierra Madre Occidental, mientras que las nopaleras lo son de la Mesa Central. Por otro lado, se registraron comunidades típicas de zonas de transición entre éstas, las cuales fueron los pinares (aquellos dominados por *Pinus cembroides*), chaparrales y pastizales. Los zacatonales, por otra parte, se establecen en sitios de topografía abrupta y de condiciones edáficas, tales que no permiten que se desarrolle el tipo de vegetación clímax, siendo así los zacatonales una comunidad vegetal azonal.

La literatura pertinente en conjunción con los datos recopilados sugieren que, al menos en parte, las dos comunidades vegetales de mayor superficie de la parte centro-sur de Sierra de los Cardos, los chaparrales y las nopaleras, podrían ser del tipo secundario. Esto pues, para México, ya se han reportado como tal y además en este estudio se registraron en ellas especies que se ha documentado son favorecidas por el disturbio. Esto es importante de resaltar, ya que el aumento de su distribución significaría una amenaza para el resto de la vegetación. Resalta la necesidad de estudios de vegetación en zonas pequeñas, pues solo mediante el monitoreo de la extensión de la cobertura vegetal a estas escalas a través del tiempo, es posible entender cómo se comportan los cambios en distribución de la vegetación, y así poder tomar decisiones de manejo y conservación bien informadas.

Este estudio reafirma la necesidad de contar con estudios de vegetación a nivel local, pues se identificaron diferencias específicas entre comunidades del área de estudio, respecto a otras de la misma denominación a nivel nacional. Adicionalmente, se reiteró la importancia de estudiar áreas pequeñas, pero altamente heterogéneas, pues en relativamente pequeñas superficies, se presenta una alta diversidad, tanto florística como de tipos de vegetación. De manera similar, se observó que incluso dentro de una sola comunidad vegetal fisonómicamente homogénea, existen diferencias en su componente abiótico y ecológico, que solo es posible identificar mediante el detalle de estudios de esta índole.

2.7. LITERATURA CITADA

- Alexander JM, Diez JM, Levine JM. 2015. Novel competitors shape species' responses to climate change. *Nature* **525**: 515-518. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature14952>
- Alexander JM, Chalmandrier L, Lenoir J, Burgess TI, Essl F, Haider S, Kueffer C, McDougall K, Milbau A, Nuñez MA, Pauchard A. 2018. Lags in the response of mountain plant communities to climate change. *Global change biology* **24**:563-579. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.13976>
- Acosta-Hernández AC. 2016. *Papel sucesional de Dodonea viscosa en la cuenca alta del río San Pedro Mezquital*. MSc Thesis. Instituto Politécnico Nacional.
- Barrera-Zubiaga EJ, Granados-Sánchez D, Granados-Victorino RL, Luna-Cavazos M. 2018. Characterization of four pinyon pine forests in the state of Zacatecas, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales* **24**: 275-296. DOI: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.03.018>
- Bazaldua-Piña AM. 2009. *Estudio regional forestal. UMAFOR 3203, estado de Zacatecas*. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/3857Memoria%20del%20Estudio%20Regional%20forestal%203203.pdf> (accessed January 13, 2021).
- Burgos-Hernández M, Castillo-Campos G, Vergara Tenorio MDC. 2014. Potentially useful flora from the tropical rainforest in central Veracruz, Mexico: considerations for their conservation. *Acta Botanica Mexicana* **109**: 55-77. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm109.2014.195>

- Buttigieg PL, Ramette A. 2014. A guide to statistical analysis in microbial ecology: a community-focused, living review of multivariate data analyses. *FEMS Microbiology Ecology* **90**: 543-550. DOI: <https://doi.org/10.1111/1574-6941.12437>
- Bryson RWJr, Ávila-Villegas J. 2020. Las islas serranas. *In*: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Zacatecas, eds. *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Carlón Allende T, Mendoza ME, Villanueva Díaz J, Li Y. 2018. Climatic response of *Pinus cembroides* Zucc. radial growth in Sierra del Cubo, Guanajuato, Mexico. *Trees* **32**: 1387–1399. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-018-1720-1>
- Chytrý M, Chiarucci A, Pärtel M, Pillar VD, Bakker JP, Mucina L, Peet RK, White PS. 2019. Progress in vegetation science: Trends over the past three decades and new horizons. *Journal of Vegetation Science* **30**: 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvs.12697>
- Clarke KR, Warwick RM. 1994. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. *Marine Biology* **118**: 167-176. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00699231>
- Damschen EI. 2018. Decoding plant communities across scales. *Nature Ecology & Evolution* **2**: 1844-1845. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0739-4>
- Descroix L, González Barrios JL, Estrada Ávalos J. 2004. *La Sierra Madre Occidental, una fuente de agua amenazada*. Gómez Palacio: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Institut de Recherche pour le Développement. ISBN: 968-800-584-3
- ESA [European Space Agency]. 2021. *ESA Vegetation Classification Panel: USNVC*. <https://www.esa.org/vegpanel/usnvc/> (accessed January 13, 2021).
- Flores MG, Jiménez JL, Madrigal XS, Moncayo FR, Takaki FT. 1971. *Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana*. México, D. F.: Secretaría de Recursos Hidráulicos.
- Fonseca-Juárez RM. 2003. De piñas y piñones. *Ciencias* **69**: 64-65.
- Franklin SB, Hunter JT, De Cáceres M, Dengler J, Landucci F, Krestov P. 2016. Introducing the IAVS Vegetation Classification Working Group. *Phytocoenologia* **46**: 5-8. DOI: <https://doi.org/10.1127/phyto/2016/0116>
- Fuentes-Amaro SL, Legaria-Solano JP, Ramírez-Herrera C. 2019. Estructura genética de poblaciones de *Pinus cembroides* de la región central de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* **42**: 57-65.
- García E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 970-32-1010-4

- GFW [Global Forest Watch]. 2020. *México*.
<https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/MEX> (accessed December 4, 2020).
- Giménez de Azcárate J, Escamilla M. 1999. Las comunidades cdafoxerófilas (enebrales y zacatonales) en las montañas del centro de México. *Phytocoenologia* **29**: 449-468.
- González-Elizondo MS, González-Elizondo M, Márquez-Linares MA. 2007. *Vegetación y ecorregiones de Durango*. Durango: Instituto Politécnico Nacional. ISBN: 978-970-95117-0-3
- González-Elizondo MS, González-Elizondo M, Tena-Flores JA, Ruacho-González L, López-Enríquez IL. 2012. Vegetación de la sierra madre occidental, México: Una síntesis. *Acta Botanica Mexicana* **100**: 351-403. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.40>
- González-Elizondo MS, González-Elizondo M, Ruacho González L, Lopez Enriquez LL, Retana Rentería FI, Tena Flores JA. 2013. Ecosystems and Diversity of the Sierra Madre Occidental. In: Gottfried GJ, Ffolliott PF, Gebow BS, Eskew LG, Collins LC, eds. *Merging science and management in a rapidly changing world: Biodiversity and management of the Madrean Archipelago III*. Fort Collins: U.S. Department of Agriculture, Forest Service Rocky Mountain Research Centre. ISSN: 2448-7589
- Goodall WD. 1978. Numerical classification. In: Whittaker RH, ed. *Classification of plant communities*. The Hague: Dr. W. Junk Publishers. ISBN: 978-94-009-9183-5
- Grabherr G, Gottfried M, Pauli H. 1994. Climate effects on mountain plants. *Nature* **369**: 448-448. DOI: <https://doi.org/10.1038/369448a0>
- Hammer Ø, Harper DA, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica* **4**: 1-9.
- Holland SM. 2008. *Non-metric multidimensional scaling (MDS)*. Athens: University of Georgia.
- Hurtado-Reveles L, Burgos-Hernández M, Vázquez-Sánchez M, López-Acosta JC. en proceso. *Contribución al conocimiento florístico de la Sierra de los Cardos, Zacatecas*. Manuscript submitted for publication
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2001. *Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Sistema topofomas*. México, DF: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2010a. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Zacatecas, Jerez, 32020. México, DF: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2010b. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Zacatecas, Monte Escobedo, 32031. México, DF: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2010c. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Zacatecas, Susticacán, 32043. México, DF: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2010d. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Zacatecas, Tepetongo, 32046. México, DF: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2010e. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Zacatecas, Valparaíso, 32049. México, DF: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2013. *Condensado Estatal Zacatecas*. México, DF: Institutoo Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Jensen F, Bergmeier E, Dengler J, Janišová M, Krestov P, Willner W. 2016. Vegetation classification: a task for our time. *Phytocoenologia* **46**: 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1127/phyto/2016/0134>
- Kruskal JB. 1964. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika* **29**: 1-27. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02289565>
- Márquez-Linares MA, Jurado Ybarra E, González-Elizondo MS. 2006. Algunos aspectos de la biología de la manzanita (*Arctostaphylos pungens* HBK) y su papel en el desplazamiento de bosques templados por chaparrales. *Ciencia UANL* **9**: 57-64.
- Márquez-Linares MA, Escobar-Flores JG, Sandoval S, Pérez-Verdín G. 2020. Multitemporal distribution analysis of *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. by remote sensing in Durango, Mexico. *AGROProductividad* **13**: 61-67. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1685>
- Martins K, Gugger PF, Llanderal-Mendoza J, González-Rodríguez A, Fitz-Gibbon ST, Zhao JL, Rodríguez-Correa H, Oyama K, Sork VL. 2018. Landscape genomics provides evidence of climate-associated genetic variation in Mexican populations of *Quercus rugosa*. *Evolutionary Applications* **11**: 1842-1858. DOI: <https://doi.org/10.1111/eva.12684>
- McDonald JA, Martinez J, Nesom GL. 2011. Alpine flora of Cerro Mohinora, Chihuahua, Mexico. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* **5**: 701-705.
- Miranda F, Hernández-X E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Botanical Sciences* **28**: 29-179. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>
- Pärtel M, Chiarucci A, Chytrý M, Pillar VD. 2017. Mapping plant community ecology. *Journal of Vegetation Science* **28**: 1-3. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvs.12490>
- Pompa-García M, Yerena-Yamalliel JI. 2014. Concentración de carbono en *Pinus cembroides* Zucc: fuente potencial de mitigación del calentamiento global. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **20**: 169-175. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.04.014>

- QGIS. 2021. *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association. <http://www.qgis.org> (accessed January 13, 2021)
- Ramírez-Díaz CJ. 2016. El que “no puede ser nombrado”: Zacatecas, un estado de cuya flora se conoce poco. *Desde el Herbario CICY* **8**: 170-173. ISSN: 2395-8790
- Rivas GR. 2019. *Disturbios y variables ambientales asociados a la presencia de Dodonaea viscosa en los municipios de Durango y Mezquital, Durango*. MSc Thesis. Instituto Politécnico Nacional. Durango.
- Romero-Manzanares A, García Moya E, Passini MF. 1996. *Pinus cembroides* sl y *Pinus johannis* del Altiplano Mexicano: una síntesis. *Acta Botanica Gallica* **143**: 681-693. DOI: <https://doi.org/10.1080/12538078.1996.10515368>
- Rzedowski J. 2006. *Vegetación de México*: 1ra. Edición digital. México, D. F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf (accessed August 4, 2020).
- Santibañez-Andrade G, Castillo-Argüero S, Martínez-Orea Y. 2015. Evaluación del estado de conservación de la vegetación de los bosques de una cuenca heterogénea del Valle de México. *Bosque (Valdivia)* **36**: 299-313. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000200015>
- Siqueiros-Delgado ME, Rodríguez-Avalos JA, Martínez-Ramírez J, Sierra-Muñoz JC. 2016. Situación actual de la vegetación del estado de Aguascalientes, México. *Botanical Sciences* **94**: 455-470. DOI: <http://10.17129/botsci.466>
- Sosa V, Loera I. 2017. Influence of current climate, historical climate stability and topography on species richness and endemism in Mesoamerican geophyte plants. *PeerJ* **5**: 1-20. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.3932>
- Steinmann VW, Arredondo-Amezcuca L, Hernández-Cárdenas RA, Ramírez-Amezcuca Y. 2021. Diversity and Origin of the Central Mexican Alpine Flora. *Diversity* **13**: 1-25. DOI: <https://doi.org/10.3390/d13010031>
- Van Devender TR, Burgess TL. 1985. Late Pleistocene woodlands in the Bolson de Mapimi: a refugium for the Chihuahuan Desert biota?. *Quaternary Research* **24**: 346-353. DOI: [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(85\)90056-0](https://doi.org/10.1016/0033-5894(85)90056-0)
- Warshall P. 1995. The Madrean sky-island archipelago. In: DeBano LH, Ffolliott PH, Ortega-Rubio A, Gottfried GJ, Hamre RH, Edminster CB, eds. *Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago: the Sky-islands of Southwestern United States and Northwestern Mexico*. Fort Collins: USDA Forest Service Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, pp. 6-18. ISBN: 978-078-8183-86-7
- Whittaker RH. 1970. *Communities and ecosystems*. New York: Macmillan. ISBN: 978-002-4273-90-1

Yang J, Jin Z, Yang JY, Zhang D, Frangi AF. 2004. Essence of kernel Fisher discriminant: KPCA plus LDA. *Pattern Recognition* **37**: 2097-2100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2003.10.015>

CONCLUSIONES GENERALES

La Sierra de los Cardos es una región importante para la diversidad de la flora vascular, no solo del estado de Zacatecas, sino del país, pues resguarda una importante riqueza florística (342 especies, 213 géneros, 74 familias) y de endemismos a nivel nacional (117 especies). El número de nuevas adiciones a la flora del estado (18 especies), sugiere que aún falta mucho por explorar tanto en el área de estudio como en toda la entidad. Esto cobra importancia, si se considera que lo anterior se desarrolla en un área relativamente pequeña en virtud de su alta heterogeneidad.

La diversidad de este paisaje serrano, también se hace notar en las distintas comunidades vegetales que se distribuyen en él: encinares, pinares, chaparrales, nopaleras, pastizales y zacatonales. En el desarrollo de la presente investigación, se demostró que la influencia de distintas provincias fisiográficas se ve reflejada en la composición florística y la fisonomía de los tipos de vegetación anteriores. Destaca la presencia de zacatonales azonales, comunidad que surge a causa de factores edáficos, pues las condiciones de suelo de los sitios donde se establecen, no permiten se desarrollen comunidades climax.

La información generada sobre la flora y vegetación de la sierra cobra relevancia, ya que de acuerdo con los resultados, solo el 10 % de las especies inventariadas cuentan con alguna evaluación de su estatus de riesgo. Aunque no se evaluó, existe la posibilidad, con base a lo observado y a la comunicación directa de pobladores locales, que las dos comunidades de mayor superficie, chaparrales y nopaleras, sean en parte de naturaleza secundaria y que su amplia distribución en el área obedezca al aumento de las actividades agrícolas y pecuarias, así como al incremento de la temperatura por efecto del cambio climático. Sin embargo, es

importante que futuros trabajos pongan a prueba esta información para poder tomar acciones precisas antes de que los encinares, pinares y zacatonales sean afectados.

Este proyecto de investigación demostró la importancia de realizar estudios botánicos a nivel local, pues se encontró en una región relativamente pequeña, una gran riqueza taxonómica de la flora vascular y comunidades vegetales con claras diferencias a lo reportado a escalas nacionales. También fue posible notar y resaltar las particularidades de cada una de ellas, ya que debido a la generalización que se suele hacer a partir de estudios a gran escala, pasan desapercibidas, dejando con poca o nula información a los tomadores de decisiones y a la población local, para hacer un uso adecuado de sus recursos naturales, en consecuencia se pone en riesgo la diversidad que contienen. Bajo este marco de ideas, existe una gran necesidad de que la sierra sea contemplada en estrategias de conservación y manejo, así como acciones de monitoreo constante.

La presente contribución se conjunta con otros trabajos botánicos de regiones circundantes, así como con estudios culturales y antropológicos, pues existe una carrera contra el tiempo por designar a la ruta de peregrinación del pueblo Huichol como patrimonio de la humanidad. A pesar de que la importancia cultural de estos paisajes esta bien documentada, en términos biológicos aún no es bien reconocido, de ahí la relevancia de generar este tipo de información base en regiones como la Sierra de los Cardos, que constituye parte de esta ruta sagrada.

Si bien reconocemos que la información generada en la presente tesis es importante para el conocimiento florístico de Zacatecas, también surgen incógnitas que requerirán de trabajos futuros para ser resueltas, pues esta investigación es sólo un punto de partida para un estudio holístico de la sierra y de sus ecosistemas. Es por esto que la mayor contribución de este trabajo es que se reafirmó la necesidad de llevarse a cabo estudios florísticos y de vegetación en áreas pequeñas y/o no exploradas, ya que aun falta mucho por descubrir, en especial en

estados del país con una conocimiento de su flora incipiente. Aunado a esto, los estudios florísticos, aunque poco valorados, son de gran relevancia, particularmente en una actualidad caracterizada por un acelerado crecimiento poblacional que demanda cada vez más alimentos, bienes y servicios. Esto trae consigo no solo una constante reducción de la cobertura vegetal, sino la erosión de la biodiversidad, que se traduce en pérdidas incuantificables que pone en jaque el balance de la naturaleza, y con ello la persistencia de los servicios ambientales de los cuales depende la humanidad.

APÉNDICE 1

Lista florística de la Sierra de los Cardos, Susticacán, Zacatecas. Los símbolos antes de los nombres representan lo siguiente: + = nuevo registro, * = endémica de México, ^x = introducida, ! = recolectas libres adicionales. Tipo de hábito: H= Hierba, Ar= Arbusto, A= Árbol. Categorías de riesgo de la IUCN (2020): EN = en peligro, VU = vulnerable, NT = casi amenazada, LC = preocupación menor, DD = datos insuficientes CD = especie dependiente de conservación. Categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010): Pr = sujeta a protección especial. N/A = especies raras o con categoría de riesgo registradas fotográficamente.

Taxon	Hábito	Cat. riesgo	No. de colecta
PTERIDOFITAS			
LYCOPODIOPSIDA			
Selaginellaceae			
<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring	H		<i>LHR 130</i>
<i>Selaginella sartorii</i> Hieron.	H		<i>LHR 659, 171, 443B</i>
POLYPODIOPSIDA			
Aspleniaceae			
<i>Asplenium monanthes</i> L.	H		<i>LHR 56</i>
Cystopteridaceae			
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	H		<i>LHR 60, 55B</i>
Dryopteridaceae			
<i>Dryopteris cinnamomea</i> (Cav.) C. Chr.	H		<i>LHR 117, 519</i>
Ophioglossaceae			
+ <i>Ophioglossum californicum</i> Prantl	H		<i>LHR 342</i>

<i>!Ophioglossum crotalophoroides</i> Walter	H		LHR 537
Polypodiaceae			
<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roem. ex Kuntze) T. Moore	H		LHR 53
<i>Polypodium guttatum</i> Maxon	H		LHR 447, 591
Pteridaceae			
<i>!Aleuritopteris farinosa</i> (Forssk.) Fée	H		LHR 449
<i>Astrolepis sinuata</i> (Lag. ex Sw.) D.M. Benham & Win	H		LHR 628
<i>Gaga angustifolia</i> (Kunth) Fay W. Li & Windham	H		LHR 398, 184
<i>Gaga arizonica</i> (Maxon) Fay W. Li & Windham	H		LHR 422, 522, 462, 308, 269, 536, 211, 55A, 67
<i>Gaga kaulfussii</i> (Kunze) F.W. Li & Windham	H		LHR 168, 210
<i>Myriopteris aurea</i> (Poir.) Grusz & Windham	H		LHR 278, 278
<i>!Myriopteris cucullans</i> (Fée) Grusz & Windham	H		LHR 448
<i>Myriopteris lendigera</i> (Cav.) J. Sm.	H		LHR 559, 423
<i>Myriopteris myriophylla</i> (Desv.) Sm.	H		LHR 443B
<i>Pellaea cordifolia</i> (Sessé & Moc.) A.R. Sm.	H		LHR 414
<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link.	H		LHR 174
GIMNOSPERMAS			
Cupressaceae			
<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	A	LC	LHR 515
<i>Juniperus flaccida</i> Schlttdl.	A	LC	LHR 702
Pinaceae			
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	A	LC	LHR 703
<i>Pinus durangensis</i> Martínez	A	NT	LHR 701
<i>!Pinus leiophylla</i> var. <i>chihuahuana</i> (Engelm.) Shaw	A	LC	LHR 382
ANGIOSPERMAS			
MAGNÓLIDAS			
LHR			
Piperaceae			
<i>Peperomia bracteata</i> A.W. Hill	H		LHR 176, 72

MONOCOTILEDÓNEAS

Amaryllidaceae

<i>Allium glandulosum</i> Link & Otto	H		LHR 285B, 365, 316, 517
* <i>Sprekelia formosissima</i> (L.) Herb.	H		LHR 512D

Asparagaceae

* <i>Agave schidigera</i> Lem.	H	LC	LHR 206
* <i>Dasyilirion acrotrichum</i> (Schiede) Zucc.	Ar		LHR 705
<i>Echeandia flavescens</i> (Schult. & Schult.f.) Cruden	H	LC	LHR 343, 297, 218, 145, 71, 57, 545
<i>Milla biflora</i> Cav.	H		LHR 383, 164, 85
+* <i>Polianthes nelsonii</i> Rose	H		LHR 298
* <i>Prochnyanthes mexicana</i> (Zucc.) Rose	H		LHR 399
* <i>Yucca decipiens</i> Trel.	A		N/A

Bromeliaceae

<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	H		LHR 704
-------------------------------------	---	--	---------

Commelinaceae

<i>Commelina dianthifolia</i> Delile	H		LHR 233, 100
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	H	LC	LHR 144
<i>Commelina scabra</i> Benth.	H		LHR 312, 311, 147
<i>Commelina tuberosa</i> L.	H		LHR 547, 345, 547
<i>Gibasis linearis</i> (Benth.) Rohweder	H		LHR 227
<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schtdl.	H		LHR 119
<i>Tradescantia cirrifera</i> Mart.	H		LHR 391
<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	H		LHR 336A, 368, 322, 272, 165, 101, 79
<i>Tripogandra purpurascens</i> (S. Schauer) Handlos	H		LHR 539, 346, 288

Cyperaceae

<i>Bulbostylis juncooides</i> (Vahl) Kük. ex Osten	H		LHR 360, 221, 217
<i>Carex polystachya</i> Sw. ex Wahlenb.	H		LHR 294
<i>Cyperus pallidicolor</i> (Kük.) G.C. Tucker	H		LHR 150
<i>Cyperus seslerioides</i> Kunth	H		LHR 204

Hypoxidaceae

<i>Hypoxis mexicana</i> Schult. & Schult. f.	H		LHR 220
--	---	--	---------

Iridaceae

<i>Nemastylis tenuis</i> (Herb.) S. Watson	H		LHR 706
<i>Sisyrinchium pringlei</i> B.L. Rob. & Greenm.	H		LHR 363, 307, 516
! <i>Tigridia multiflora</i> (Herb.) Ravenna	H		LHR 90

Liliaceae

<i>Calochortus barbatus</i> (Kunth) J.H. Painter	H		LHR 367, 290
! <i>Calochortus purpureus</i> (Kunth) Baker	H	LC	LHR 247

Melanthiaceae

+* <i>Schoenocaulon mortonii</i> Brinker	H		LHR 361
--	---	--	---------

Orchidaceae

<i>Dichromanthus aurantiacus</i> (Lex.) Salazar & Soto Arenas	H		LHR 166
! <i>Habenaria strictissima</i> Rchb. f.	H		LHR 580
* <i>Hexalectris parviflora</i> L.O. Williams	H		LHR 2
! <i>Malaxis abieticola</i> Salazar & Soto Arenas	H		LHR 548A
*! <i>Malaxis myurus</i> (Lindl.) Kuntze	H		LHR 643
<i>Malaxis soulei</i> L.O. Williams	H		LHR 226
<i>Ponthieva schaffneri</i> (Rchb. f.) E.W. Greenw.	H		LHR 500, 215F
! <i>Tamayorkis ehrenbergii</i> (Rchb. f.) R. González & Szlach.	H		LHR 548B

Poaceae

! <i>Aegopogon cenchroides</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	H	LC	LHR 570, 512
---	---	----	--------------

<i>Aristida divaricata</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	H		LHR 390, 91
<i>Aristida laxa</i> Cav.	H		LHR 270C
<i>Aristida schiedeana</i> Trin. & Rupr.	H		LHR 224, 275, 357, 310, 369B, 663
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	H		LHR 236
<i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag. ex Griffiths	H	LC	LHR 439
* <i>Bouteloua hirsuta</i> Lag.	H		LHR 562
<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia	H		LHR 563
<i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn. & Merr.	H		LHR 317, 255, 237, 153, 41
* <i>Bouteloua scorpioides</i> Lag.	H		LHR 372, 533, 492
<i>Bromus carinatus</i> Hook. & Arn.	H		LHR 74B
! <i>Chloris submutica</i> Kunth	H		LHR 238A
^x <i>Chloris virgata</i> Sw.	H		LHR 621
^x <i>Digitaria ternata</i> (A.Rich.) Stapf	H		LHR 568B, 589, 370, 662
<i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc.	H		LHR 203, 253, 568A
^x <i>Festuca myuros</i> (L.) C.C.Gmel.	H		LHR 338
^x <i>Lolium perenne</i> L.	H		LHR 597, 74A
^x <i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	H		LHR 239
<i>Microchloa kunthii</i> Desv.	H		LHR 222, 394
<i>Muhlenbergia emersleyi</i> Vasey	H		LHR 397
<i>Muhlenbergia fragilis</i> Swallen	H		LHR 359, 366, 494
<i>Muhlenbergia minutissima</i> (Steud.) Swallen	H		LHR 318
<i>Muhlenbergia phleoides</i> (Kunth) P.M. Peterson	H		LHR 252, 205, 276, 532, 491, 198, 270A, 314, 358
<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.	H		LHR 535, 661

<i>*Muhlenbergia pubescens</i> (Kunth) Hitchc.	H	LHR 181
<i>Muhlenbergia quadridentata</i> (Kunth) Trin.	H	LHR 393
<i>Muhlenbergia rigida</i> (Kunth) Kunth	H	LHR 356, 592, 369A, 463, 493, 339
<i>Muhlenbergia robusta</i> (E. Fourn.) Hitchc.	H	LHR 637, 375
<i>*Muhlenbergia speciosa</i> Vasey	H	LHR 283
<i>Muhlenbergia virescens</i> (Kunth) Trin.	H	LHR 461, 506
<i>Paspalum convexum</i> Humb. & Bonpl. ex Flügge	H	LHR 507, 177
<i>Piptochaetium fimbriatum</i> (Kunth) Hitchc.	H	LHR 558, 520, 126, 202, 44, 207B, 596, 433, 319
<i>Piptochaetium virescens</i> (Kunth) Parodi	H	LHR 70
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguelen	H	LHR 315B, 340, 251, 152, 208
<i>^xSporobolus indicus</i> (L.) R.Br.	H	LHR 593
<i>Trachypogon spicatus</i> (L. f.) Kuntze	H	LHR 392
<i>*Urochloa meziana</i> (Hitchc.) Morrone & Zuloaga	H	LHR 556, 264
EUDICOTILEDÓNEAS		
Acanthaceae		
<i>Dyschoriste schiedeana</i> (Nees) Kuntze	H	LHR 578
Amaranthaceae		
<i>Gomphrena serrata</i> L.	H	LHR 248
Anacardiaceae		
<i>*Rhus allophyloides</i> Standl.	Ar	LHR 404, 114
<i>Toxicodendron radicans</i> (L.) Kuntze	Ar	LHR 6
Apiaceae		
<i>*Donnellsmithia ovata</i> (J.M. Coult. & Rose) Mathias & Constance	H	LHR 299, 82, 76, 642
<i>Eryngium heterophyllum</i> Engelm.	H	LHR 142
<i>*Prionosciadium watsoni</i> J.M. Coult. & Rose	H	LHR 58, 594

Apocynaceae

**Asclepias otarioides* E. Fourn. H LHR 138

Gonolobus uniflorus Kunth Ar LHR 230

Asteraceae

*!*Acourtia fruticosa* (Lex.) B.L. Turner Ar LHR 560B

!*Acourtia mexicana* (Lag. ex D. Don) H. Rob. Ar LHR 196

**Acourtia turbinata* (Lex.) DC. H LHR 446B, 649,
616, 421E

Ageratina adenophora (Spreng.) R.M. King & H. Rob. H LHR 590, 636

+**Ageratina deltoidea* (Jacq.) R.M. King & H. Rob. Ar LHR 644, 105,
408A

**Ageratina palmeri* (A. Gray) Gage ex B.L. Turner Ar LHR 465

**Ageratina rubricaulis* (Kunth) R.M. King & H. Rob. H LHR 528

Ageratum corymbosum Zuccagni Ar LHR 183

**Aldama linearis* (Cav.) E.E. Schill. & Panero H LHR 586, 440

Alloispermum scabrum (Lag.) H. Rob. H LHR 584, 546

Archibaccharis serratifolia (Kunth) S.F. Blake H LHR 639, 476,
411, 336C, 352C,
193

Artemisia ludoviciana Nutt. H LHR 405

**Asanthus thyrsoiflorus* (A. Gray) R.M. King & H. Rob. H LHR 633, 598

**Bidens angustissima* Kunth H LHR 335, 309,
429, 550, 464

Bidens odorata Cav. H LHR 620, 552

Bidens triplinervia Kunth H LHR 431, 455

**Brickellia jaliscensis* McVaugh Ar LHR 170, 457

**Brickellia secundiflora* var. *nepetifolia* (Kunth) B. L. Rob. Ar LHR 610, 190

Cosmos parviflorus (Jacq.) Pers. H LHR 292

Dahlia coccinea Cav. H LHR 279

* <i>Dahlia sherffii</i> P.D. Sorensen	H	LHR 646, 293
<i>Dyssodia papposa</i> (Vent.) Hitchc.	H	LHR 466
* <i>Dyssodia pinnata</i> (Cav.) B.L. Rob.	H	LHR 380
* <i>Erigeron janivultus</i> G.L. Nesom	H	LHR 623, 438
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	H	LHR 585, 578
* <i>Gutierrezia conoidea</i> (Hemsl.) M.A. Lane	H	LHR 143, 540, 88
* <i>Heliopsis novogaliciana</i> B.L. Turner	H	LHR 334
<i>Heterosperma pinnatum</i> Cav.	H	LHR 442
<i>Hieracium pringlei</i> A. Gray	H	LHR 350
<i>Laennecia confusa</i> (Cronquist) G.L. Nesom	H	LHR 531, 215I, 215C, 599
<i>Laennecia filaginoides</i> DC.	H	LHR 482, 149, 42, 263, 469
<i>Laennecia sophiifolia</i> (Kunth) G.L. Nesom	H	LHR 437, 148
<i>Leibnitzia lyrata</i> (D. Don) G.L. Nesom	H	LHR 611
<i>Montanoa leucantha</i> (Lag.) S.F. Blake	Ar	LHR 407, 261, 606
* <i>Perymenium buphtalmoides</i> DC.	Ar	LHR 154
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	Ar	LHR 576, 417, 645, 478
* <i>Porophyllum linaria</i> (Cav.) DC.	H	LHR 671
* <i>Psacalium amplum</i> (Rydb.) H. Rob. & Brettell	H	LHR 123
* <i>Psacalium peltatum</i> (Kunth) Cass.	H	LHR 121, 49, 430
* <i>Psacalium sinuatum</i> (Cerv.) H. Rob. & Brettell	H	LHR 489, 215H
<i>Pseudognaphalium canescens</i> (DC.) Anderb.	H	LHR 456
* <i>Pseudognaphalium inornatum</i> (DC.) Anderb.	H	LHR 295
<i>Roldana hartwegii</i> (Benth.) H. Rob. & Brettell	H	LHR 62, 424
* <i>Roldana heracleifolia</i> (Hemsl.) H. Rob. & Brettell	Ar	LHR 525
* <i>Roldana sessilifolia</i> (Hook. & Arn.) H. Rob. & Brettell	H	LHR 420, 92, 216, 513
<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	H	LHR 267, 267

<i>Schkuhria pinnata</i> (Lam.) Kuntze ex Thell.	H	LHR 657, 484, 362, 286, 159, 341
* <i>Senecio stoechadiformis</i> DC.	Ar	LHR 526, 634
! <i>Sigesbeckia jorullensis</i> Kunth	H	LHR 553
* <i>Sinclairia palmeri</i> (A.Gray) B.L.Turner	H	LHR 160
<i>Stevia jorullensis</i> Kunth	Ar	LHR 631
<i>Stevia lucida</i> Lag. var. <i>lucida</i>	Ar	LHR 188, 45, 344
<i>Stevia micrantha</i> Lag.	H	LHR 499
* <i>Stevia organoides</i> Kunth	H	LHR 651
* <i>Stevia porphyrea</i> McVaugh	H	LHR 87, 641, 544
<i>Stevia salicifolia</i> Cav.	H	LHR 389, 185, 180, 560
<i>Stevia serrata</i> Cav.	H	LHR 141, 627
<i>Stevia viscida</i> Kunth	H	LHR 640, 647
<i>Tagetes lucida</i> Cav.	H	LHR 354, 354
* <i>Tagetes lunulata</i> Ortega	H	LHR 622, 561, 508, 243, 445A
<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	H	LHR 503, 167
* <i>Tridax coronopifolia</i> (Kunth) Hemsl.	H	LHR 483, 246, 566, 500
* <i>Tridax palmeri</i> A. Gray	Ar	LHR 428, 529
* <i>Trixis angustifolia</i> DC.	Ar	LHR 23
* <i>Verbesina angustifolia</i> (Benth.) S.F. Blake	H	LHR 632, 412, 191, 327, 156, 111
<i>Verbesina longipes</i> Hemsl.	Ar	LHR 262, 378, 212, 387B
* <i>Verbesina mollis</i> Kunth	H	LHR 473
* <i>Verbesina pantoptera</i> S.F.Blake	H	LHR 282, 313, 134
*! <i>Verbesina sphaerocephala</i> A. Gray	H	LHR 187
<i>Viguiera dentanta</i> (Cav.) Spreng.	Ar	LHR 605

<i>Xanthisma gymnocephalum</i> (DC.) D.R. Morgan & R.L. Hartm.	H		<i>LHR 199</i>
<i>Xanthisma spinulosum</i> (Pursh) D.R. Morgan & R.L. Hartm.	H		<i>LHR 200, 573</i>
* <i>Zinnia angustifolia</i> Kunth	H		<i>LHR 508, 384, 169, 182</i>
* <i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	H		<i>LHR 564</i>
Begoniaceae			
<i>Begonia gracilis</i> Kunth	H		<i>LHR 490, 118</i>
* <i>Begonia tapatia</i> Burt-Utley & McVaugh	H		<i>LHR 510, 396, 173</i>
Burseraceae			
<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	Ar	LC	<i>LHR 163, 34, 259, 630</i>
Cactaceae			
* <i>Echinocereus acifer</i> (Otto ex Salm-Dyck) J.N.Haage	Ar	LC	<i>N/A</i>
* <i>Mammillaria densispina</i> (J.M. Coult.) Vaupel	Ar	LC	<i>N/A</i>
<i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf.	Ar	LC	<i>N/A</i>
* <i>Mammillaria jaliscana</i> (Britton & Rose) Boed.	Ar	V	<i>LHR 709</i>
* <i>Mammillaria moelleriana</i> Boed.	A	LC + Pr	<i>N/A</i>
* <i>Mammillaria wagneriana</i> Boed.	Ar	DD	<i>N/A</i>
* <i>Opuntia leucotricha</i> DC.	Ar	LC	<i>LHR 708</i>
* <i>Stenocactus ochoterenianus</i> Tiegel	A		<i>LHR 707</i>
Campanulaceae			
+! <i>Diastatea micrantha</i> (Kunth) McVaugh	H		<i>LHR 452</i>
<i>Diastatea tenera</i> (A. Gray) McVaugh	H		<i>LHR 660</i>
<i>Lobelia fenestralis</i> Cav.	H		<i>LHR 229</i>
<i>Lobelia irasuensis</i> Planch. & Oerst.	H		<i>LHR 63, 534</i>
Caprifoliaceae			
<i>Lonicera pilosa</i> (Kunth) Willd. ex Kunth	Ar		<i>LHR 136, 472, 137B</i>

Caryophyllaceae

<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	H	LHR 287
<i>Arenaria lycopodioides</i> Willd. ex Schldtl.	H	LHR 98
<i>Drymaria leptophylla</i> (Cham. & Schldtl.) Fenzl ex Rohrb.	H	LHR 463
<i>Silene laciniata</i> Cav.	Ar	LHR 446A

Cistaceae

<i>Crocانthemum glomeratum</i> (Lag.) Janch.	H	LHR 213, 460, 595, 528, 364
! <i>Crocانthemum pringlei</i> (S. Watson) Janch.	H	LHR 495

Convolvulaceae

<i>Dichondra argentea</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	H	LHR 43
<i>Dichondra sericea</i> Sw.	H	LHR 81, 523
<i>Evolvulus alsinioides</i> (L.) L.	H	LHR 26
* <i>Evolvulus prostratus</i> B.L. Rob.	H	LHR 373, 307, 214, 146
<i>Ipomoea capillaceae</i> (Kunth) G. Don	H	LHR 219, 175
+ <i>Ipomoea cristulata</i> Hallier f.	H	LHR 434
! <i>Ipomoea longifolia</i> Benth.	H	LHR 32
* <i>Ipomoea madrensis</i> S. Watson	H	LHR 215G
<i>Ipomoea plummerae</i> A. Gray	H	LHR 122
<i>Ipomoea pubescens</i> Lam.	H	LHR 234
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	H	LHR 444B, 615, 235
* <i>Ipomoea stans</i> Cav.	Ar	LHR 36, 20

Crassulaceae

* <i>Echeveria mucronata</i> Schldtl.	H	LHR 652
<i>Sedum ebracteatum</i> Moc.&Sessé ex DC.	H	LHR 626
+* <i>Sedum fuscum</i> Hemsl.	H	LHR 162, 487
<i>Sedum moranense</i> Kunth	H	LHR 524
+* <i>Sedum napiferum</i> Peyr.	H	LHR 377

* <i>Villadia misera</i> (Lindl.) R.T. Clausen	H		LHR 625, 265
Cucurbitaceae			
! <i>Echinopepon racemosus</i> (Steud.) C.Jeffrey	H		LHR 511
Ericaceae			
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	A	LR/CD	LHR 453
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	Ar	LC	LHR 400, 161
* <i>Comarostaphylis polifolia</i> (Kunth) Zucc. ex Klotzsch	Ar		LHR 330, 285
Euphorbiaceae			
! <i>Euphorbia anychioides</i> Boiss.	H		LHR 325
<i>Euphorbia macropus</i> (Klotzsch & Garcke) Boiss.	H		LHR 273, 253D, 242
<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton	H		LHR 710
<i>Jatropha dioica</i> Sessé ex Cerv.	Ar	LC	LHR 140
Fabaceae			
<i>Acaciella angustissima</i> (Mill.) Britton & Rose	Ar	LC	LHR 711
* <i>Amicia zygomeris</i> DC.	H		LHR 113
<i>Cologania broussonetii</i> (Balb.) DC.	H		LHR 291
<i>Cologania obovata</i> Schldtl.	H		LHR 712
<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	H		LHR 250, 240, 225
<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Ar	LC	LHR 258, 197
<i>Dalea leporina</i> (Aiton) Bullock	H		LHR 600
* <i>Dalea pectinata</i> Kunth	Ar		LHR 172
<i>Desmodium grahamii</i> A. Gray	H	LC	LHR 415
! <i>Desmodium hartwegianum</i> Hemsl.	H		LHR 713
* <i>Erythrina montana</i> Rose & Standl.	Ar		LHR 714
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Ar	LC	LHR 19
<i>Lupinus elegans</i> Kunth	H		LHR 715
<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega	Ar	LC	LHR 352B, 575, 124, 38

<i>Mimosa monancistra</i> Benth.	Ar		LHR 574, 16
<i>Nissolia wislizeni</i> A.Gray	H		LHR 257, 256
<i>!Phaseolus anisotrichos</i> Schltld.	H		LHR 328
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	H	LC	LHR 109, 86, 86
<i>Phaseolus pauciflorus</i> Sessé & Moc. ex G. Don	H	LC	LHR 305
<i>*Phaseolus polymorphus</i> S. Watson	H		LHR 588, 408, 323, 194, 51, 408B
<i>!Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Joh	A	LR/LC	LHR 37
<i>Trifolium amabile</i> Kunth	H	LC	LHR 302
<i>Vachellia schaffneri</i> (S. Watson) Seigler & Ebinger	Ar		LHR 17
+ <i>Vicia humilis</i> Kunth	H		LHR 551C, 609
<i>Vicia pulchella</i> Kunth	H		LHR 96, 551A
<i>Zornia thymifolia</i> Kunth	H		LHR 277
Fagaceae			
<i>*!Quercus coccolobifolia</i> Trel.	A		LHR 601, 475
<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	A	LC	LHR 459, 458
<i>Quercus depressipes</i> Trel.	Ar	LC	LHR 441
<i>*Quercus eduardi</i> Trel.	A	LC	LHR 614, 195, 128
+ <i>*!Quercus glaucescens</i> Bonpl.	A		LHR 545D
<i>Quercus grisea</i> Liebm.	A	LC	LHR 527, 151
<i>*Quercus laeta</i> Liebm.	A	LC	LHR 653, 379
<i>*Quercus obtusata</i> Bonpl.	A	LC	LHR 131
<i>*Quercus potosina</i> Trel.	A	LC	LHR 654, 541, 514, 401, 332, 192
<i>Quercus rugosa</i> Née	A	LC	LHR 613, 612, 604, 426, 413, 102, 80, 47, 46
<i>*!Quercus striatula</i> Trel.	A	LC	LHR 480

Garryaceae			
<i>Garrya ovata</i> Benth.	Ar	LC	LHR 454, 504, 320
Gentianaceae			
! <i>Gentianella amarella</i> (L.) Börner	H		LHR 551B
* <i>Gentianopsis lanceolata</i> (Benth.) H.H.Iltis	H		LHR 716
<i>Halenia brevicornis</i> (Kunth) G.Don	H		LHR 451
Geraniaceae			
+* <i>Geranium cruceroense</i> Knuth	H		LHR 54
<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	H		LHR 351, 300, 97
Hypericaceae			
! <i>Hypericum pauciflorum</i> Kunth	H		LHR 486E, 223
Lamiaceae			
* <i>Salvia axillaris</i> Moc. & Sessé ex Benth.	H		LHR 655
* <i>Salvia hirsuta</i> Jacq.	H		LHR 244
* <i>Salvia mexicana</i> L.	Ar		LHR 603
<i>Salvia microphylla</i> Kunth	Ar		LHR 406, 321, 329
* <i>Salvia prunelloides</i> Kunth	H		LHR 274, 228, 215D, 432
<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl	H		LHR 555
<i>Stachys coccinea</i> Ortega	H		LHR 50
Lentibulariaceae			
* <i>Pinguicula oblongiloba</i> DC.	H		N/A
Linaceae			
+! <i>Linum schiedeanum</i> Schltldl. & Cham.	H		LHR 135
Lythraceae			
* <i>Cuphea lanceolata</i> W.T. Aiton	H		LHR 557, 470, 112
Malpighiaceae			

<i>Aspicarpa hirtella</i> Rich.	H	LHR 374, 577B, 137A, 39, 260, 215B
* <i>Gaudichaudia cynanchoides</i> Kunth	H	LHR 387, 27, 565
Malvaceae		
<i>Sida abutifolia</i> Mill.	H	LHR 40
* <i>Sida linearis</i> Cav.	H	LHR 266, 486D
Montiaceae		
<i>Phemeranthus humilis</i> (Greene) Kiger	H	N/A
Nyctaginaceae		
<i>Mirabilis linearis</i> (Pursh) Heimerl	H	LHR 376, 155
Oleaceae		
* <i>Forestiera tomentosa</i> S.Watson	Ar	LHR 25
Orobanchaceae		
<i>Agalinis peduncularis</i> (Benth.) Pennell	H	LHR 509
<i>Buchnera pusilla</i> Kunth	H	LHR 178
*! <i>Castilleja linifolia</i> N.H. Holmgren	H	LHR 468
* <i>Castilleja lithospermoides</i> Kunth	H	LHR 306
<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.	H	LHR 179, 467
! <i>Lamourouxia multifida</i> Kunth	H	LHR 421D
*! <i>Lamourouxia rhinantifolia</i> Kunth	H	LHR 333
* <i>Seymeria virgata</i> (Kunth) Benth. ex DC.	H	LHR 450
Oxalidaceae		
<i>Oxalis alpina</i> (Rose) Kunth	H	LHR 75
<i>Oxalis corniculata</i> L.	H	LHR 497
<i>Oxalis decaphylla</i> Kunth	H	LHR 271
* <i>Oxalis hernandezii</i> DC.	H	LHR 718
Passifloraceae		
* <i>Passiflora exsudans</i> Zucc.	H	LHR 717
Phytolaccaceae		

<i>Phytolacca icosandra</i> L.	H		LHR 624
Plantaginaceae			
<i>Mecardonia procumbens</i> (Mill.) Small	H		LHR 719
<i>Penstemon campanulatus</i> (Cav.) Willd.	H		LHR 416, 583
*! <i>Penstemon imberbis</i> (Kunth) Trautv.	H		LHR 353
* <i>Penstemon roseus</i> (Sweet) G. Don	H		LHR 52
<i>Plantago nivea</i> Kunth	H		LHR 385, 371, 209, 477
Polemoniaceae			
<i>Loeselia coerulea</i> (Cav.) G. Don	H		LHR 498
Polygalaceae			
<i>Monnina wrightii</i> A. Gray	H		LHR 304
! <i>Polygala alba</i> Nutt.	H		LHR 296
Portulacaceae			
<i>Portulaca pilosa</i> L.	H		LHR 488B, 496
Ranunculaceae			
* <i>Aquilegia skinneri</i> Hook. F.	H		LHR 446C
<i>Clematis dioica</i> L.	H		LHR 402, 617, 140
* <i>Delphinium pedatisectum</i> Hemsl.	H		LHR 419, 59
<i>Ranunculus petiolaris</i> Kunth ex DC.	H		LHR 94
+* <i>Thalictrum pinnatum</i> S. Watson	H		LHR 488A
+* <i>Thalictrum strigillosum</i> Hemsl.	H		LHR 120, 337, 64, 303B
Rhamnaceae			
! <i>Adolphia infesta</i> (Kunth) Meisn.	Ar		LHR 569
<i>Ceanothus caeruleus</i> Lag.	Ar	LC	LHR 348
Rosaceae			
* <i>Lachemilla velutina</i> (S. Watson) Rydb.	H		LHR 538
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	A	LC	LHR 10
+* <i>Xerospiraea hartwegiana</i> (Rydb.) Henr.	Ar		LHR 388

Rubiaceae

<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltldl.	Ar		LHR 24, 215E, 409
<i>Diodella teres</i> (Walter) Small	H		LHR 481, 571, 254, 352A
<i>Galium uncinulatum</i> DC.	H		LHR 108

Rutaceae

<i>Ptelea trifoliata</i> L.	A	LC	LHR 386
-----------------------------	---	----	---------

Sapindaceae

<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	Ar	LC	LHR 18
------------------------------------	----	----	--------

Saxifragaceae

*! <i>Heuchera mexicana</i> W. Schaffn. ex Small & Rydb.	H		LHR 425
--	---	--	---------

Scrophulariaceae

<i>Buddleja cordata</i> Kunth	Ar	LC	LHR 607, 421A
-------------------------------	----	----	---------------

Solanaceae

<i>Bouchetia erecta</i> DC. ex Dunal	H		LHR 313
<i>Solanum nigrescens</i> M. Martens & Galeotti	H		LHR 619, 435

Valerianaceae

+* <i>Valeriana laciniosa</i> M. Martens & Galeotti	H		LHR 395
<i>Valeriana sorbifolia</i> Kunth	H		LHR 303, 245, 444A

Verbenaceae

<i>Priva mexicana</i> (L.) Pers.	H		LHR 347, 283
<i>Verbena carolina</i> L.	Ar		LHR 349

Violaceae

* <i>Viola barroetana</i> Hemsl.	H		LHR 207
----------------------------------	---	--	---------

Ximeniaceae

*! <i>Ximения parviflora</i> Benth.	Ar		LHR 157
-------------------------------------	----	--	---------
