

BIODIVERSIDAD TAXONÓMICA Y ECOSISTÉMICA DE LOS PASTIZALES Y SABANAS TEMPLADAS DE QUERÉTARO, MÉXICO

¹ CARLOS MARTORELL¹, ² DIEGO GARCÍA-MEZA^{1*}, ³ RUBÍ BUSTAMANTE-GARCÍA¹, ⁴ JOSÉ LUIS VILLASEÑOR²,
⁵ JORGE GABRIEL SÁNCHEZ KEN³, ⁶ MAHINDA MARTÍNEZ⁴, ⁷ LUIS HERNÁNDEZ-SANDOVAL⁴, ⁸ LETICIA TORRES-COLÍN²,
⁹ ALFONSO DELGADO-SALINAS², ¹⁰ ERNESTO VELÁZQUEZ-MONTES⁵, ¹¹ ADOLFO ESPEJO-SERNA⁶, ¹² ANA ROSA LÓPEZ-FERRARI⁶,
¹³ LEONARDO OSVALDO ALVARADO-CÁRDENAS⁵, ¹⁴ CARLA SOFÍA ISLAS-HERNÁNDEZ⁵, ¹⁵ JESÚS GUADALUPE GONZÁLEZ-GALLEGOS⁷,
¹⁶ VÍCTOR STEINMANN³, ¹⁷ EMMANUEL PÉREZ-CALIX³, ¹⁸ M. SOCORRO GONZÁLEZ-ELIZONDO⁷, ¹⁹ MARÍA HILDA FLORES²,
²⁰ ROSA MARÍA FONSECA⁵, ²¹ FRANCISCO LOREA⁸, ²² CARLOS GÓMEZ-HINOSTROSA², ²³ HÉCTOR M. HERNÁNDEZ²,
²⁴ SUSANA VALENCIA⁵, ²⁵ PATRICIA HERNÁNDEZ-LEDESMA³, ²⁶ MARIE-STÉPHANIE SAMAIN³ Y ²⁷ ADELA MADARIAGA²

¹ Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

² Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

³ Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano, Centro Regional del Bajío, Instituto de Ecología A. C., Pátzcuaro, Michoacán, México.

⁴ Laboratorio Nacional de Identificación y Caracterización Vegetal, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Juriquilla, Querétaro, México.

⁵ Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

⁶ Herbario Metropolitano, Departamento de Biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Ciudad de México, México.

⁷ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional, Durango, Durango, México.

⁸ Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz, México.

⁹ Investigadora independiente, Ciudad de México, México.

*Autor de correspondencia: dgm@ciencias.unam.mx

Resumen

Antecedentes: Los pastizales templados mexicanos al sur del trópico de Cáncer son poco conocidos y protegidos, aunque pueden albergar una gran diversidad.

Pregunta: ¿Cómo son fisonómicamente los pastizales templados queretanos y cuál es su diversidad de plantas vasculares?

Especies estudiadas: La flora vascular.

Sitio de estudio y fechas: Los pastizales volcánicos (PV), calcícolas (PC) y sabanas de pino-enebro (SPE) queretanos en 2022-2023.

Métodos: Caracterizamos áreas de cada tipo de pastizal, recolectamos y determinamos ejemplares, y consultamos bases de datos.

Resultados: Los PV, que incluyen sabanas de pino-encino, son los más diversos quizá por su heterogeneidad hidrológica. Han perdido mucha superficie ante la agricultura con excepción de aquéllos que se han preservado para el pastoreo, aunque éste puede ser localmente excesivo. Se distribuyen en el centro-sur del estado entre 2,000-2,750 m snm. Los PC están dominados por pastos amacollados en laderas empinadas que impiden la agricultura, pero no la minería. En las partes más altas dan lugar a las SPE. Registramos 1,087 especies de plantas, pero podría haber entre 1,289 y 1,578 lo que representa entre 30 y 45 % de las especies del estado. Las familias de plantas vasculares más diversas de plantas vasculares fueron Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Cyperaceae y Cactaceae. 34 % de las especies son endémicas de México. Encontramos tres especies potencialmente nuevas y 15 especies amenazadas.

Conclusiones: Los pastizales queretanos albergan una proporción considerable de la diversidad estatal. Es importante conservar su diversidad ecosistémica, y reconocer que las sabanas no son bosques para manejarlas adecuadamente.

Palabras clave: Amenazas, diversidad de paisajes, diversidad taxonómica, inventario florístico, pastizal, sabana templada.

Abstract

Background: Temperate grasslands south of the Tropic of Cancer in Mexico are understudied and underprotected despite the great diversity that they may harbor.

Question: What is the physiognomy of the temperate grasslands in Querétaro, and which is their plant-species diversity?

Studied species: All vascular plants.

Study site and dates: The volcanic (VG) and calcicole grasslands (CG) and the pine-juniper savannas (PJS) of Querétaro in 2022-2023.

Methods: We delimited and characterized areas in the three grassland types, collected vouchers, and searched databases.

Results: VG, which include pine-oak savannas, were the most diverse perhaps because of their hydrological heterogeneity. They have lost vast portions of their territory to agriculture with the exception of areas that have been preserved for pastoralism, although it can be locally excessive. They are distributed throughout the central and southern portion of the state between 2,000-2,700 m asl. CG are dominated by tussocky grasses in steep slopes, which have protected them from agriculture but not from mining. They transit to PJS with elevation. We found 1,087 plant species, although there could total between 1,289 and 1,578 representing 30-45 % of the species of Querétaro. The most diverse families were Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Cyperaceae and Cactaceae. 34 % of the species are endemic to Mexico. We found three potentially new and 15 threatened species.

Conclusions: The grasslands of Querétaro harbor much of the state's diversity. It is essential to preserve their ecosystem diversity and recognize that savannas are not forests to manage them properly.

Keywords: Landscape diversity, floristic inventory, grassland, temperate savanna, taxonomic diversity, threats.

Los pastizales son un tipo de vegetación dominado por hierbas con escasas plantas leñosas (Rzedowski 1975) que cubren aproximadamente la cuarta parte de la superficie emergida de la Tierra (MacDougall *et al.* 2026). Algunos pastizales, llamados sabanas, tienen algunos árboles dispersos. Dado que las especies y dinámica ecológica propias de pastizales predominan mientras la cobertura arbórea sea inferior a 40 - 45 %, dichos sistemas no deben clasificarse florística o ecológicamente como bosques (Charles-Dominique *et al.* 2018, Briske *et al.* 2025) aunque algunos sistemas de clasificación (*e.g.*, FAO 2025) lo hayan hecho históricamente. La distinción es importante, pues las sabanas tienen plantas fisiológica y evolutivamente adaptadas a un régimen de disturbio similar al de los pastizales, caracterizado por la actividad de grandes herbívoros y fuegos frecuentes de baja intensidad, condiciones que las especies forestales no toleran (Ratnam *et al.* 2011). Manejar las sabanas como si fueran bosques, suprimiendo el ganado y el fuego o sembrando árboles, conduce a su degradación (Veldman 2016).

Con excepción de los grandes pastizales que se extienden desde nuestra frontera norte hasta Zacatecas, México ha prestado una atención deficiente a este bioma. Aunque es probable que los pastizales también hayan ocupado una extensión considerable al sur del trópico de Cáncer (INEGI 2003), sus remanentes no se perciben como vegetación natural y suelen considerarse sitios degradados y sin valor. Nada más alejado de la realidad: el límite sureño de los pastizales templados de Norteamérica, en Oaxaca, ostenta el único récord mundial de diversidad vegetal de México (hasta 25 especies por dm²; Martorell *et al.* 2017) y alberga más de 850 especies de plantas (Martorell *et al.* 2025). A pesar de ello, está sumamente amenazado por la aforestación indiscriminada y por el exceso o la supresión del pastoreo (Martorell *et al.* 2022). Este es un problema global: los pastizales templados son el bioma terrestre con mayor superficie destruida, menor área protegida, y más amenazado por políticas ambientales descabelladas como la siembra de un billón de árboles (Hoekstra *et al.* 2005, Mace *et al.* 2005, Bond 2016, 2019). Esto contrasta con su enorme diversidad, su importancia en la captura de carbono y la provisión de agua y alimento para cientos de millones de personas (Watson *et al.* 2000, Jackson *et al.* 2005, Wilson *et al.* 2012, MacDougall *et al.* 2026).

A diferencia de otros pastizales templados del centro-sur de México, la condición natural de los pastizales de Querétaro ha sido reconocida por diferentes autores (Zamudio *et al.* 1992, INEGI 2003, Gómez-Sánchez *et al.* 2011, Gómez *et al.* 2016, Martínez *et al.* 2017, Zamudio & Carranza 2025). Su presencia está documentada desde muy temprano en el periodo colonial, lo que descarta que estos pastizales hayan sido originados por las actividades de pastoreo. En 1542, había unos “muy grandes y espaciosos prados” en el sureste del estado, señalándose también que “desde el pueblo de Sant Joan [San Juan del Río] al de [Santiago de] Querétaro es tierra fértil y de muchos pastos” (Ramos de Cárdenas 1582). Es necesario considerar que el término “pasto” puede referirse a cualquier vegetación baja adecuada para apacentar el ganado (RAE 2001) y no necesariamente a un pastizal. Sin embargo, por aquel entonces la presen-

cia en Querétaro de “berrendos [*Antilocapra americana* Ord], que dejan de correr y vuelan” (Torquemada 1615), un animal que habita primordialmente pastizales nativos (O’Gara 1978), indica que se trataba de ese tipo de vegetación.

Sin embargo, otros ecosistemas queretanos muy afines a los pastizales, como las sabanas, no han gozado del mismo reconocimiento que los pastizales abiertos. Zamudio & Carranza (2025) mencionan la existencia de áreas con una cobertura escasa de encinos, enebros o pinos pequeños, las cuales clasifican como bosques quizá porque, siguiendo el criterio la FAO (2025), pueden tener una cobertura arbórea mayor al 10 %. Sin embargo, tienen una afinidad considerable con los pastizales, como lo señalan los propios autores al destacar que su estrato herbáceo es similar al de la vegetación xérica circundante. Por ello, consideramos a las sabanas queretanas como una variante de sus pastizales.

Con la finalidad de contribuir a subsanar el desconocimiento que rodea a los pastizales del centro-sur de México y con el fin de subrayar la importancia de su conservación, analizamos dos componentes de la biodiversidad de los pastizales del estado de Querétaro. Primero, describimos la diversidad de ecosistemas que se manifiesta como la variedad de pastizales y sabanas florística y ecológicamente diferentes que hay en el estado. En este rubro describimos las diferentes comunidades y las condiciones ambientales en las que se encuentran, así como su estado de conservación y las amenazas que enfrentan. Segundo, determinamos la diversidad taxonómica, que corresponde al número de especies vegetales presentes en algunos pastizales selectos de la entidad. Como indicadores del valor para la conservación de estas especies, evaluamos cuáles presentan algún grado de amenaza o son endémicas de México.

Materiales y métodos

Obtención de datos. A partir de cartografía publicada (Zamudio *et al.* 1992, INEGI 2003) ([Figura 1A](#)), imágenes de Google Earth (versión 7.3.6.10441, 2025) y recorridos previos, determinamos algunas áreas donde podía haber pastizales. Los pastizales templados difieren fuertemente en sus características florísticas y estructurales dependiendo de la geología y la cubierta arbórea (Martorell *et al.* 2025). Por lo tanto, clasificamos los sitios como pastizales sobre roca volcánica, sobre roca caliza y sabanas de pino-enebro sobre caliza. Para incluir un sitio como sabana en el estudio consideramos que las copas de los árboles no debían tocarse por regla general y el suelo debía estar cubierto por hierbas, principalmente gramíneas, de forma densa y continua incluso bajo los árboles. No fue posible separar claramente las sabanas sobre sustrato volcánico de los pastizales abiertos debido a que ambos sistemas forman mosaicos intrincados en algunas áreas. En consecuencia, nuestra categoría de pastizal volcánico abarca un gradiente desde pastizales abiertos hasta sabanas relativamente densas. Encontramos otro tipo de pastizal en las inmediaciones de la Peña de Bernal, el cual se desarrolla sobre granodiorita.

Utilizando imágenes de Google Earth, delimitamos algunos polígonos donde pudimos verificar la existencia de estos cuatro tipos de pastizales ([Figura 1B](#)). Estas áreas no abarcan de ninguna manera la totalidad de los pastizales del estado, sino que son una muestra que abarca al menos cuatro áreas en cada tipo de pastizal. Para la selección además procuramos cubrir la extensión geográfica de los pastizales templados de Querétaro. En el pastizal de granodiorita no se realizaron recolectas ante la imposibilidad de muestrear suficientemente un cuarto tipo de pastizal dados los recursos y tiempo disponibles. En estos polígonos buscamos los registros de herbario de plantas recolectadas utilizando herramientas en línea (UNIBIO, REMIB, GBIF; 59 especies), así como dos bases de registros de herbario no publicadas: una a cargo de José Luis Villaseñor y su equipo de trabajo, y otra de Luis Hernández Sandoval para la zona de La Barreta-La Joya. Con estos mismos polígonos creamos el proyecto “Pastizales Queretanos” en iNaturalist (<https://mexico.inaturalist.org/projects/pastizales-queretanos>) de donde se tomaron los registros cuya identidad pudieran corroborar con seguridad los autores del presente estudio a partir de las imágenes acompañantes. Finalmente, en la base de datos del herbario de la Universidad Autónoma de Querétaro (QMEX) se hizo una búsqueda de ejemplares reportados como procedentes de pastizales y que estuvieran en los polígonos establecidos o a menos de 2 km de ellos. Esto se hizo porque, si la colecta está en un pastizal próximo a los que nosotros estudiamos, consideramos muy probable que se encuentre también allí. Incluimos a los pastizales de granodiorita en estas búsquedas con la finalidad de evaluar su grado de diferenciación con respecto a los demás pastizales, pero no se les consideró en el inventario florístico que acompaña al presente estudio ya que está poco muestreado.

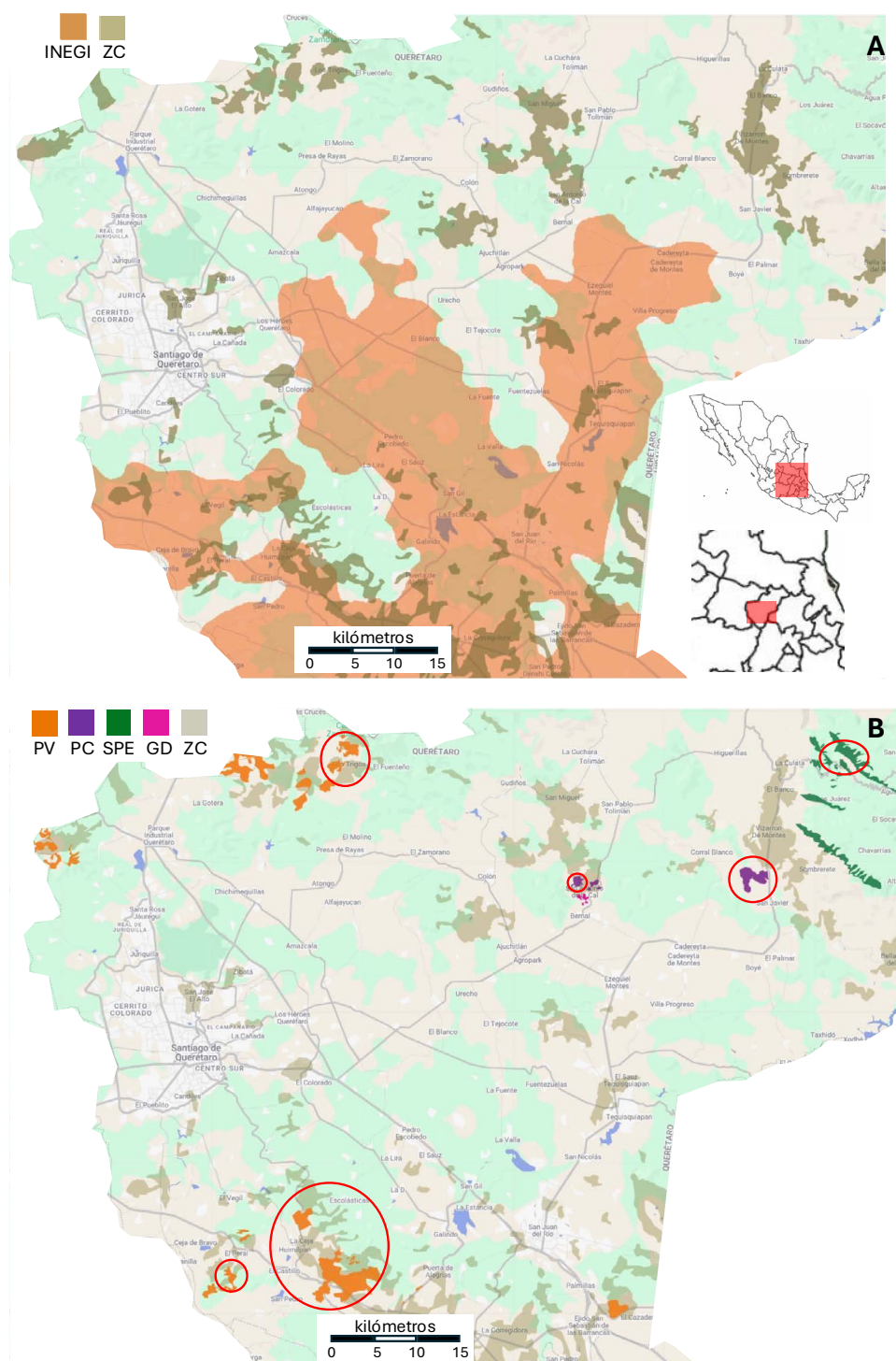


Figura 1. Pastizales en el estado de Querétaro y ubicación de las zonas de estudio. A) Pastizales previamente reconocidos. INEGI: Extensión potencial de los pastizales según INEGI (2003) y ZC: pastizales remanentes según Zamudio & Carranza (2025). B) Zonas de estudio en el presente trabajo. PV: Pastizal volcánico, PC: pastizal calcícola, SPE: sabana de pino-enebro, GD: pastizal de granodiorita. Los círculos rojos indican los sitios donde se realizaron muestreos. El mapa de Zamudio & Carranza (2025) se muestra en ambos paneles para facilitar su comparación. Mapa base ©Google My Maps.

Entre octubre de 2022 y junio de 2023 realizamos ocho visitas para recolectar que abarcaron todas las estaciones del año entre septiembre y junio en todas las localidades seleccionadas. En total cubrimos 60 días de trabajo de campo. De cada planta se tomaron fotografías, que subimos al proyecto de iNaturalist para uso de los pobladores y de la sociedad en general. Anotamos si las plantas estaban creciendo bajo la sombra de árboles, en zonas muy perturbadas o en zonas inundables.

Determinamos las plantas mediante claves taxonómicas impresas y electrónicas. A nivel de familia se usó la clave de Hutchinson (1967) y la clave politómica FAMEX de la plataforma ABATAX (Murguía-Romero *et al.* 2021), mientras que para determinar géneros y especies usamos diversos tratamientos florísticos de la Flora del Bajío y de regiones adyacentes (<https://libros.inecol.mx/index.php/FB/index>), así como monografías para algunos grupos específicos. El material determinado se cotejó con ejemplares de herbario y con los tipos disponibles en Global Plants (plants.jstor.org) y en Tropicos (www.tropicos.org). También revisamos los nombres aceptados y depuramos las sinonimias usando plataformas como POWO (powo.science.kew.org), Tropicos (www.tropicos.org) e IPNI (2025), así como la literatura especializada.

Los siguientes autores de este trabajo identificaron el material colectado, José Luis Villaseñor identificó las plantas correspondientes a la familia Asteraceae, Jorge Gabriel Sánchez Ken identificó las familias Poaceae e Hypoxidaceae, Mahinda Martínez identificó las plantas de las familias Solanaceae, Brassicaceae y Ranunculaceae, Luis Hernández-Sandoval identificó el género *Agave* y las plantas de la familia Juncaceae, Leticia Torres-Colín y Alfonso Delgado-Salinas identificaron la familia Fabaceae, Ernesto Velázquez-Montes identificó las plantas pertenecientes a Polypodiopsida y Lycopodiopsida, Adolfo Espejo-Serna y Ana Rosa López-Ferrari identificaron las Amaryllidaceae, Apiaceae, Asparagaceae, Iridaceae, Liliaceae, Bromeliaceae y Commelinaceae, Leonardo Osvaldo Alvarado-Cárdenas y Carla Sofía Islas-Hernández identificaron las plantas de las familias Caprifoliaceae, Apocynaceae, Viscaceae, Lythraceae, Gentianaceae, Orobanchaceae, Santalaceae, Jesús Guadalupe González-Gallegos identificó las Lamiaceae, Acanthaceae y Scrophulariaceae, Victor Steinmann identificó el material de la familia Euphorbiaceae con excepción del género *Acalypha* el cual identificó Martha Juana Martínez, Emmanuel Pérez-Calix identificó Crassulaceae, Oxalidaceae, Plantaginaceae y Malvaceae, M. Socorro González-Elizondo identificó las familias Cyperaceae y Ericaceae, María Hilda Flores identificó las familias Amaranthaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Rosa María Fonseca identificó las plantas de la familia Polygalaceae, Francisco Lorea identificó las familias Rubiaceae y Lauraceae, Carlos Gómez-Hinostroza y Héctor M. Hernández identificaron la familia Cactaceae, Susana Valencia identificó la familia Fagaceae, Patricia Hernández-Ledesma identificó Montiaceae, Nyctaginaceae, Phytolaccaceae, Marie-Stéphanie Samain identificó Piperaceae, Eleazar Carranza identificó las plantas correspondientes a la familia Convolvulaceae, Rafael Lira identificó Cucurbitaceae, Gerardo Salazar identificó la familia Orchidaceae y Rubí Bustamante-García identificó las demás familias y algunos ejemplares de las familias anteriores.

Los ejemplares se depositaron en los herbarios IEB (Crassulaceae, Euphorbiaceae [excepto *Acalypha*], Hypoxidaceae, Malvaceae, Montiaceae, Nyctaginaceae, Oxalidaceae, Piperaceae, Phytolaccaceae, Plantaginaceae, Portulacaceae y Poaceae), UAMIZ (Amaryllidaceae, Apiaceae, Asparagaceae, Bromeliaceae, Commelinaceae, Iridaceae, Liliaceae), CIDIIR (Acanthaceae, Cyperaceae, Ericaceae, Lamiaceae y Scrophulariaceae), QMEX (Brassicaceae, Juncaceae, Solanaceae, Ranunculaceae y Typhaceae, y algunas monocotiledóneas), XAL (Rubiaceae) y MEXU (el resto de las familias).

Análisis de los datos. Ordenamos por familias la lista florística (Tabla S1, datos disponibles en Martorell 2026) obtenida de acuerdo con la clasificación de Pteridophyte Phylogeny Group (PPG I 2016) para helechos y licofitas, la de Christenhusz *et al.* (2011) para gimnospermas y la de Angiospermas APG (2016) para angiospermas. Los autores de los taxones identificados se abreviaron según IPNI (2025). Eliminamos de la lista aquellas especies que no recolectamos nosotros y que consideramos sinónimos o identificaciones probablemente erróneas.

Determinamos para cada una de las especies registradas el nivel de endemismo, consultando tratamientos taxonómicos y artículos enfocados en la distribución (Villaseñor 2016), así como datos proporcionados en los fascículos de la Flora del Bajío y Regiones Adyacentes. Obtuvimos el grado de amenaza de la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT 2010) y de la Lista Roja de la UICN (2025).

Para estimar la riqueza total de especies dentro de nuestros polígonos, ajustamos la función de Clench (Soberón *et al.* 2000) mediante regresión no lineal con la función SSmicmen en R (R Core Team 2024). También calculamos el índice Chao1 (Chao 1984). Para esto utilizamos todos los datos provenientes de nuestras colectas y las bases de datos de pastizales en QMEX, José Luis Villaseñor y Luis Hernández Sandoval, ya que los otros datos tienden a sobreestimar el número de especies con registros únicos, lo que llevaría a una sobreestimación de la riqueza de los pastizales. Para representar gráficamente la riqueza y la similitud entre los diferentes tipos de pastizal, hicimos diagramas de Venn-Euler con el paquete eulerr (Larson 2024) para R utilizando la lista completa de especies.

Resultados

Los pastizales sobre roca volcánica se encontraron en dos regiones principales: los alrededores de Huimilpan y las laderas y mesetas al sur del Cerro Zamorano, en torno a Los Trigos. A esto se añadieron un pequeño fragmento cerca de El Cazadero y otro en la caldera volcánica de La Barreta-La Joya (Figura 1B). En total, los polígonos comprendieron 57.5 km². Los pastizales calcícolas se ubicaron en las inmediaciones de San Antonio la Cal y de Charco Frío (Figura 1B). El área considerada en este estudio fue la más pequeña de las tres, con solo 7.2 km². Las sabanas de pino-enebro tuvieron una cobertura arbórea promedio de 10.4 % (intervalo: 3.8 - 18.5 %) y abarcaron 24.3 km². Las áreas donde realizamos los muestreos no abarcaron toda la superficie mencionada, sino varios sitios separados por barrancas profundas dentro de una pequeña porción de ella (Figura 1B). Los sitios estudiados tienen, en promedio, una precipitación media anual de 605 mm (intervalo: 478 - 712 mm) y una temperatura media anual de 15.4 °C (intervalo: 14.3 a 17.1 °C; Karger *et al.* 2017). El intervalo altitudinal va desde los 2,000 hasta los 2,750 m snm.

En total, recolectamos 1,818 números correspondientes a 830 especies. Esto representa 2.2 recolectas por especie. Sumando los ejemplares de herbario (238 especies) y las 33 observaciones de iNaturalist que pudieron determinarse con seguridad, documentamos en total la presencia de 1,087 especies en los polígonos que definimos. Dichas especies pertenecen a 470 géneros y 119 familias botánicas. En PV hubo 718 especies, en PC hubo 346 y en SPE 370. La literatura sugiere que a esta lista deben sumarse al menos 35 especies (Tabla S1), aunque no se puede asegurar que se encuentren en los polígonos en los que se centra este estudio. En los diferentes tipos de pastizal, se observa un muy fuerte predominio de Angiospermae, seguida de Polypodiopsida, Lycopsida y finalmente Pinopsida. Sin embargo, las Polypodiopsida son particularmente poco diversas en los PC mientras que en las SPE se encuentra la mayor diversidad de Pinopsida (Figura 2). Las familias Asteraceae (181 especies) y Poaceae (134) representan 29 % de las especies en el listado, seguidas por Fabaceae (74), Cyperaceae (45) y Cactaceae (39; Figura 3A). Las nueve familias más ricas fueron las mismas en los tres tipos de pastizal muestreados, aunque las Cyperaceae y Poaceae fueron particularmente ricas en los pastizales volcánicos y pobres en las sabanas, las cuales presentaron una mayor proporción de Asteraceae, Asparagaceae, Solanaceae y Pteridophyta que las otras dos agrupaciones. Los pastizales calcícolas albergaron las mayores proporciones de Fabaceae y Cactaceae (Figura 4). Los géneros con más especies fueron *Muhlenbergia* y *Salvia* (23 especies cada uno), *Cyperus* (19), *Euphorbia* (18) y *Stevia* (14; Figura 2B). Encontramos 18 especies como nuevos registros para el estado. Sin embargo, muchas especies sí parecen ser nuevos registros para los pastizales queretanos pues casi duplicamos el número de especies que encontramos en ellos tanto en bases de datos como en la literatura. Además, se reconocieron tres especies que probablemente sean nuevas y que pertenecen a los géneros *Isoetes* (Isoetaceae), *Dalea* (Fabaceae) y *Oenothera* (Onagraceae). De las especies encontradas, 2.2 % se encontraron estrictamente asociadas a cuerpos acuáticos y 7 % debajo de la sombra de los árboles. Un 2.0 % adicional de las especies estaba confinada a sitios perturbados.

Los pastizales más ricos fueron los volcánicos ya que allí encontramos más de dos terceras partes de las especies. La mayoría de ellas fueron exclusivas de los pastizales volcánicos. Las sabanas y los pastizales calcícolas contuvieron cada uno de ellos una tercera parte de las especies. Hubo una clara diferenciación entre los tres sistemas, con sólo 25 % de las especies en más de uno de ellos y apenas un 6 % compartido entre los tres (Figura 5). Para el pastizal sobre granodiorita se registró material de 66 especies en los herbarios revisados, de las cuales una cuarta parte fueron exclusivas (un porcentaje ligeramente menor que el de los pastizales calcícolas y las sabanas) y mostraron una afinidad semejante hacia los pastizales volcánicos y calcícolas.

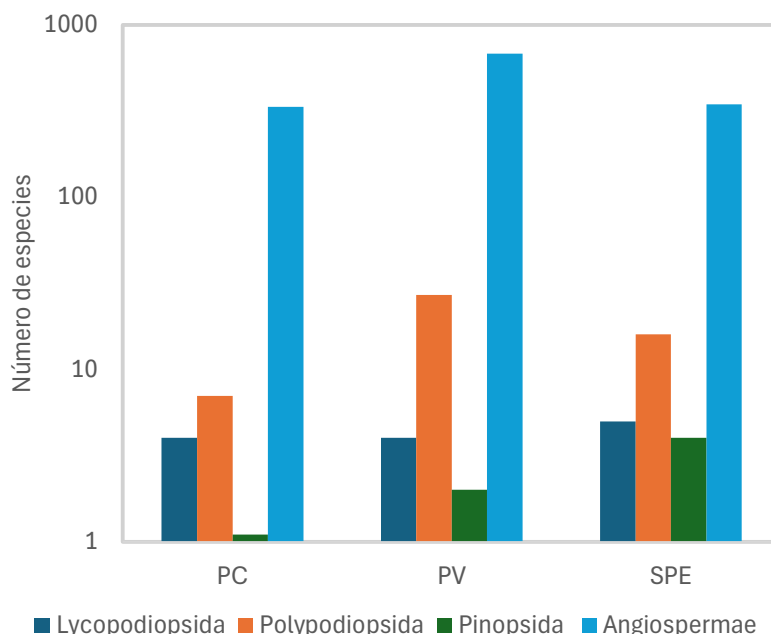


Figura 2. Grupos de plantas más importantes por tipo de vegetación en los pastizales.

La curva de acumulación de especies con todos los datos mostró la superposición de dos tendencias a lo largo del tiempo. Las bases de datos comprenden casi exclusivamente observaciones previas a nuestro trabajo, y tiende a acercarse a una asíntota de 770 especies. A partir del momento en que nuestras colectas se ven reflejadas en la curva, la acumulación de especies se aceleró. Como resultado, la función de Clench no se ajustó a los datos observados y el número de especies predicho por la misma (más de 2,200) no es confiable. En consecuencia, repetimos el ajuste utilizando únicamente nuestras colectas, ya que estas reflejan un método de colecta consistente para todos los datos. La función de Clench se ajusta bastante bien a estos datos. Debido a que el índice de Chao no es paramétrico, las irregularidades en la curva de acumulación no son importantes, se optó por usar la base completa.

La curva de acumulación de especies, la función de Clench y el índice de Chao indican que sólo se logró representar una fracción relativamente pequeña (entre 53 y 68 %) de las especies de los pastizales de Querétaro aún tras haber recolectado más de 1,800 ejemplares (Figura 6). La riqueza estimada de los pastizales queretanos por el método de Clench sería de 1,574 especies (IC95 %: 1,570 - 1,578). El índice Chao1 estimó 1,379 especies (IC95 %: 1,289 - 1,495).

El 34 % de las especies (364 especies) son endémicas de México (Tabla S2) y ninguna de ellas se restringe a Querétaro. Solamente 15 especies están enlistadas con algún grado de amenaza en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) o en el Libro Rojo de la UICN (UICN 2025) (Tabla 1); cinco de ellas se consideran en peligro de extinción en alguno de estos listados. Las cactáceas son las que tuvieron el mayor número de especies con algún nivel de amenaza.

Discusión

Diversidad de ecosistemas. Pastizal volcánico.- Este tipo de vegetación se desarrolla sobre pendientes suaves en riolitas, basaltos y tobas (CETENAL 1974). Abarca desde pastizales abiertos hasta sabanas comparativamente densas, formando mosaicos intrincados en escalas pequeñas (Figura 6). En estas sabanas volcánica hay representantes de *Quercus* arbóreos y arbustivos, tales como *Q. castanea* Née y *Q. spicata* Sm. en el sur del estado, o *Pinus cembroides* Zucc. y *Q. potosina* Trel. hacia el occidente (Figura 7). Las especies con mayor cobertura en estos pastizales fueron *Muhlenbergia rigida* (Kunth) Kunth, *M. phalaroides* (Kunth) P.M.Peterson, *Hilaria cenchroides* Kunth, *Bouteloua*

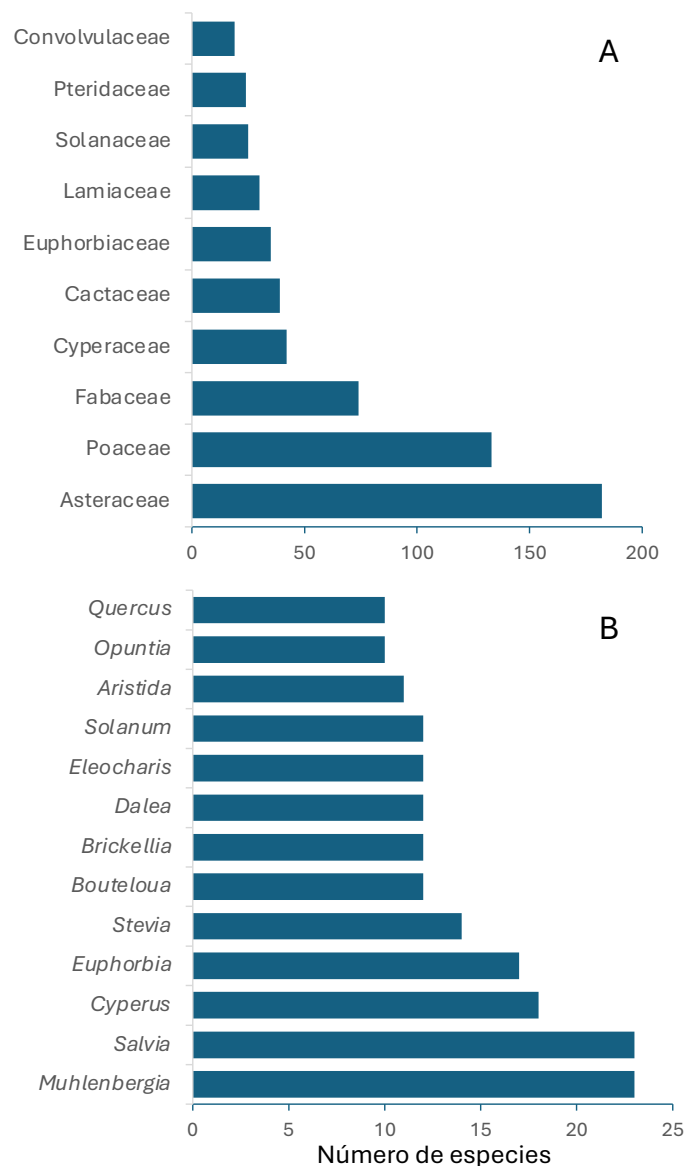


Figura 3. Familias (A) y géneros (B) con mayor riqueza de especies en los pastizales del estado de Querétaro.

spp., *Sporobolus atrovirens* (Kunth) Kunth y *Elionurus barbiculmis* Hack. La cobertura vegetal es densa y deja muy poco suelo desnudo. La vegetación puede ser relativamente alta (hasta 50 cm) y dominada por macollos, o bien un césped de pastoreo corto (15 cm) con pastos cespitosos o solitarios. Pese a su nombre castellano, los céspedes de pastoreo no solo son producto de la actividad del ganado doméstico, sino también de una gran cantidad de herbívoros silvestres (Trager *et al.* 2004, Hempson *et al.* 2015, McCauley *et al.* 2018). Aunque actualmente dependan del ganado, la gran riqueza biológica de los céspedes de pastoreo queretanos sugiere que no son estrictamente el producto de la actividad humana, sino que, como en otros sitios (Pärtel *et al.* 2005, Martorell *et al.* 2025), descienden de sistemas naturales semejantes, muy antiguos, mantenidos por la fauna silvestre.

Como en otros pastizales templados de México (Martínez-Blancas *et al.* 2022, Martorell *et al.* 2015) y como ya lo habían reportado Gómez-Sánchez *et al.* (2011), un factor que probablemente contribuye a la gran diversidad florística del pastizal volcánico es su heterogeneidad hidrológica. La poca pendiente existente en estos ecosistemas permite que

Biodiversidad de los pastizales de Querétaro

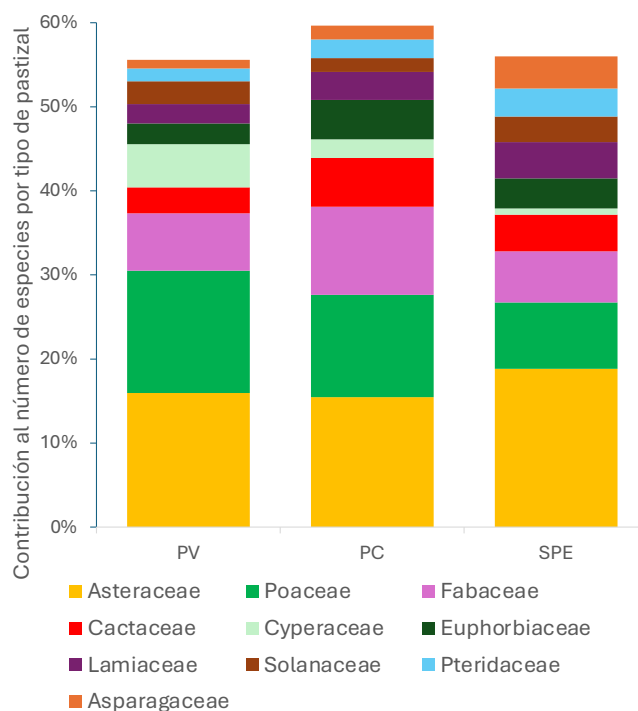


Figura 4. Contribución de las diez familias más ricas en especies a la diversidad de los pastizales volcánicos (PV), pastizales calcícolas (PC) y las sabanas de pino-enebro (SPE).

incluso pequeñas irregularidades del terreno puedan retener agua o retardar su flujo durante periodos que van desde unos pocos días hasta varios meses al año (Martínez & Mendoza 2001). También hay afloramientos rocosos con una mínima capacidad para retener la humedad y suelos de diferentes profundidades que seguramente difieren en la cantidad y duración del agua que almacenan (Villarreal-Barajas & Martorell 2009, Martorell *et al.* 2015). La composición de la cubierta vegetal en todos estos microambientes difiere notablemente, lo que refleja la importancia del llamado “nicho hidrológico” en la coexistencia de especies (Araya *et al.* 2011). Cabe señalar que nuestro listado incluye la mayor parte de las especies reportadas por Martínez & Mendoza (2001) para los pastizales inundables dominados por *Luziola fluitans* (Michx.) Terrell & H. Rob., los cuales se encuentran inmersos dentro de nuestros pastizales volcánicos.

Otros dos factores pueden contribuir a la gran diversidad de especies de los pastizales volcánicos y la gran proporción de especies que están restringidos a ellos. El primero es la gran extensión que ocuparon en el pasado (Figura 1) y aún ocupan en comparación con los otros dos pastizales estudiados, pues, según la teoría de biogeografía de islas, la diversidad en el equilibrio es mayor mientras más extenso es un territorio (MacArthur 1972). La otra es su singularidad ambiental: además de contar con una variedad de zonas encharcadas, las cuales están ausentes de los otros tipos de pastizal, los suelos volcánicos son muy diferentes de los calizos. En los pastizales templados de Oaxaca, 84 % de las especies tienen una fuerte preferencia por alguno de estos dos tipos de suelo, marcando una clara diferenciación florística entre los pastizales volcánicos y los calcícolas (Romero-Rodríguez *et al.* 2024).

Pastizal calcícola.- Esta comunidad crece sobre roca caliza en varios cerros dispersos en el sur del municipio de Tolimán, principalmente cerca de San Antonio la Cal, en los alrededores de Vizarrón y en las partes bajas de la Sierra de El Doctor (Figura 8). Están bien delimitados por la cota altitudinal de 2,000 m snm, por debajo de la cual se desarrolla un matorral relativamente denso. El pastizal calcícola se encuentra en una mayor variedad de geoformas que la del volcánico, incluyendo cimas de cerros, laderas empinadas, abanicos aluviales y lomeríos. También es muy variable la cobertura de rocas y guijarros. Tal vez por ello, la composición florística cambió notablemente entre las diferentes localidades de pastizal calcícola estudiadas.

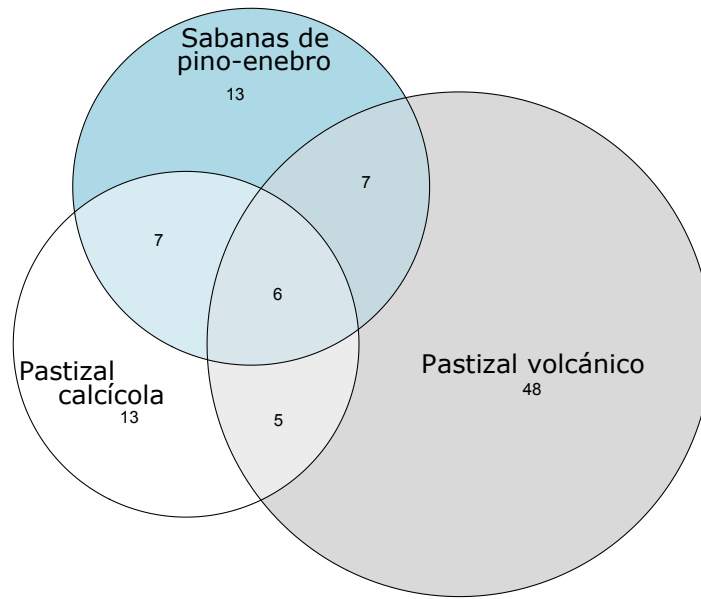


Figura 5. Riqueza y similitud entre los tres tipos de pastizal. Los círculos e intersecciones son proporcionales al número de especies de cada uno. Los números indican el porcentaje de especies respecto al total recolectado en este trabajo.

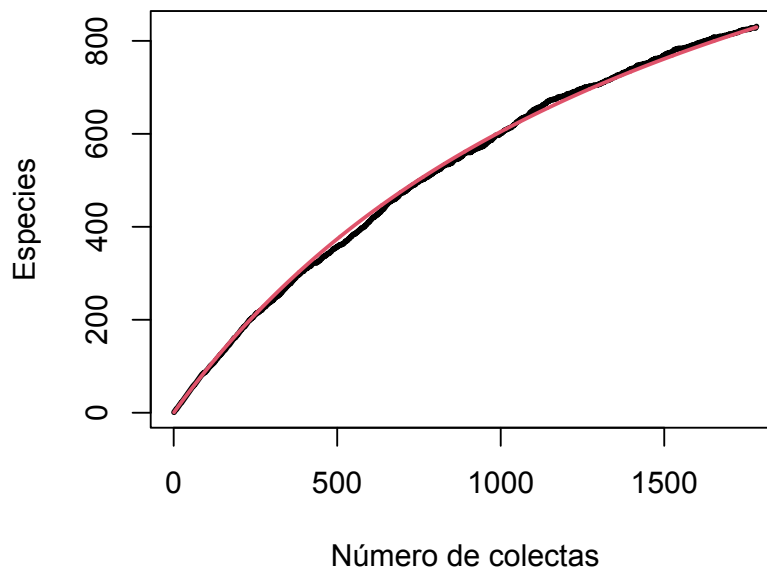


Figura 6. Curva de acumulación de especies. Negro: curva observada, rojo: función de Clench ajustada a los datos.

A diferencia del pastizal volcánico, la cobertura vegetal es discontinua y dominada por macollos altos (50-75 cm) principalmente de *Muhlenbergia articulata* Scribn. También son comunes *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. y *Aristida* spp. Entre y debajo de estos macollos se desarrolla una variedad considerable de plantas, incluyendo hierbas gramínoideas y no gramínoideas y una gran diversidad de cactáceas. Algunas de ellas tienen una distribución restringida o están amenazadas, como *Turbinicarpus pseudomacrochele* (Backeb.) Buxb. & Backeb., *Mammillaria perbella* Hildm. ex K.Schum., *Thelocactus leucacanthus* (Zucc. ex Pfeiff.) Britton & Rose y *T. hastifer* (Werderm. & Boed.) F.M.Knuth. En algunas partes hay cierta cobertura de arbustos micrófilos, especialmente de leguminosas, aunque las hierbas siempre predominan. También hay algunos arbolitos dispersos, principalmente de *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn.

Tabla 1. Especies con algún grado de amenaza en las listas rojas. Las categorías de la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT 2010) son: A: Amenazada, P: en Peligro de Extinción, Pr: Protección Especial. Las de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2025) son: EN: En peligro de extinción, NT: Casi amenazada, VU: Vulnerable. También se indica el tipo de vegetación en que se encuentra cada especie: Pastizal de Caliza (PC), Pastizal Volcánico (PV) y Sabana de Pino y Enebro (SPE).

Especie	NOM	IUCN	Vegetación
<i>Agave albomarginata</i>		EN	SPE
<i>Agave garciae-mendozae</i>	A	VU	PC, SPE
<i>Cascabela thevetioides</i>	A	NT	PV
<i>Dasyllirion acrotrichum</i>	A		PV
<i>Echeveria elegans</i>	P		SPE
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	P	NT	PC
<i>Ferocactus histrix</i>	Pr	NT	PV
<i>Ferocactus macrodiscus</i>		VU	PV
<i>Mammillaria perbella</i>	A	VU	PC
<i>Mammillaria zephyranthoides</i>	A		PC
<i>Pinus pinceana</i>	P		SPE
<i>Solanum hintonii</i>		NT	SPE
<i>Thelocactus hastifer</i>	A	EN	PC
<i>Thelocactus leucacanthus</i>	Pr		PC
<i>Turbinicarpus pseudomacrochele</i>	P	EN	PC

Sabanas de pino-enebro.- Conforme se asciende a la Sierra de El Doctor, los pastizales calcícolas van enriqueciéndose con árboles; primero con *Juniperus flaccida* Schltdl. y, en menor medida, *Pinus pinceana* Gordon & Glend. a partir de los 2,200 m snm, a los que se suman más arriba *Juniperus deppeana* Steud. y *Pinus cembroides* (Figura 9). Estas sabanas alcanzan hasta los 2,600 m snm en las laderas orientadas al sur, mientras que la cara norte de la sierra suele estar cubierta por bosques cerrados desde altitudes muy inferiores. La cubierta herbácea continua probablemente promueve una dinámica natural de incendios frecuentes, a la cual *P. cembroides* y *J. deppeana* están claramente adaptados (Romme *et al.* 2009, Rodríguez-Trejo *et al.* 2019, Díaz-Toribio & Martorell 2022). De hecho, es usual observar evidencias de incendios en los troncos de árboles y en las rosetófilas caulescentes.

Las especies dominantes del estrato herbáceo varían notablemente con la altitud y la localidad. En las áreas más bajas o en las laderas más secas, los macollos de *Muhlenbergia articulata* presentan una cobertura de hasta 40 %. También *B. curtipendula* y, en algunas zonas, *Fouquieria splendens* Engelm., tienen una cobertura elevada. En las zonas más altas, frías y húmedas, la mayor actividad pastoril mantiene céspedes de pastoreo muy ricos en especies sin que puedan señalarse algunas consistentemente dominantes. Ya que el sustrato de las sabanas de pino-enebro es calizo, no es de extrañar que se asemejen en su composición a los pastizales calcícolas. Sin embargo, de manera algo inesperada, comparten una cantidad semejante de especies con los pastizales volcánicos.

Los pastizales que estudiamos no son los únicos del estado. En la Figura 1 se muestran otras zonas de pastizales volcánicos y calcícolas reconocidos por Zamudio & Carranza (2025). Debido a que estos autores incorporan a las sabanas dentro de los bosques, estas no aparecen en su cartografía; sin embargo, también hay sabanas de pino-enebro en las laderas de la Sierra Gorda que vierten hacia el Río Eztórax. Por otro lado, hay otros tipos de pastizal con una distribución más restringida. Ya se mencionaron los pastizales sobre granodiorita en las laderas de la Peña de Bernal (Figura 10). Es interesante que la proporción de especies que encontramos restringidas a estos pastizales haya sido

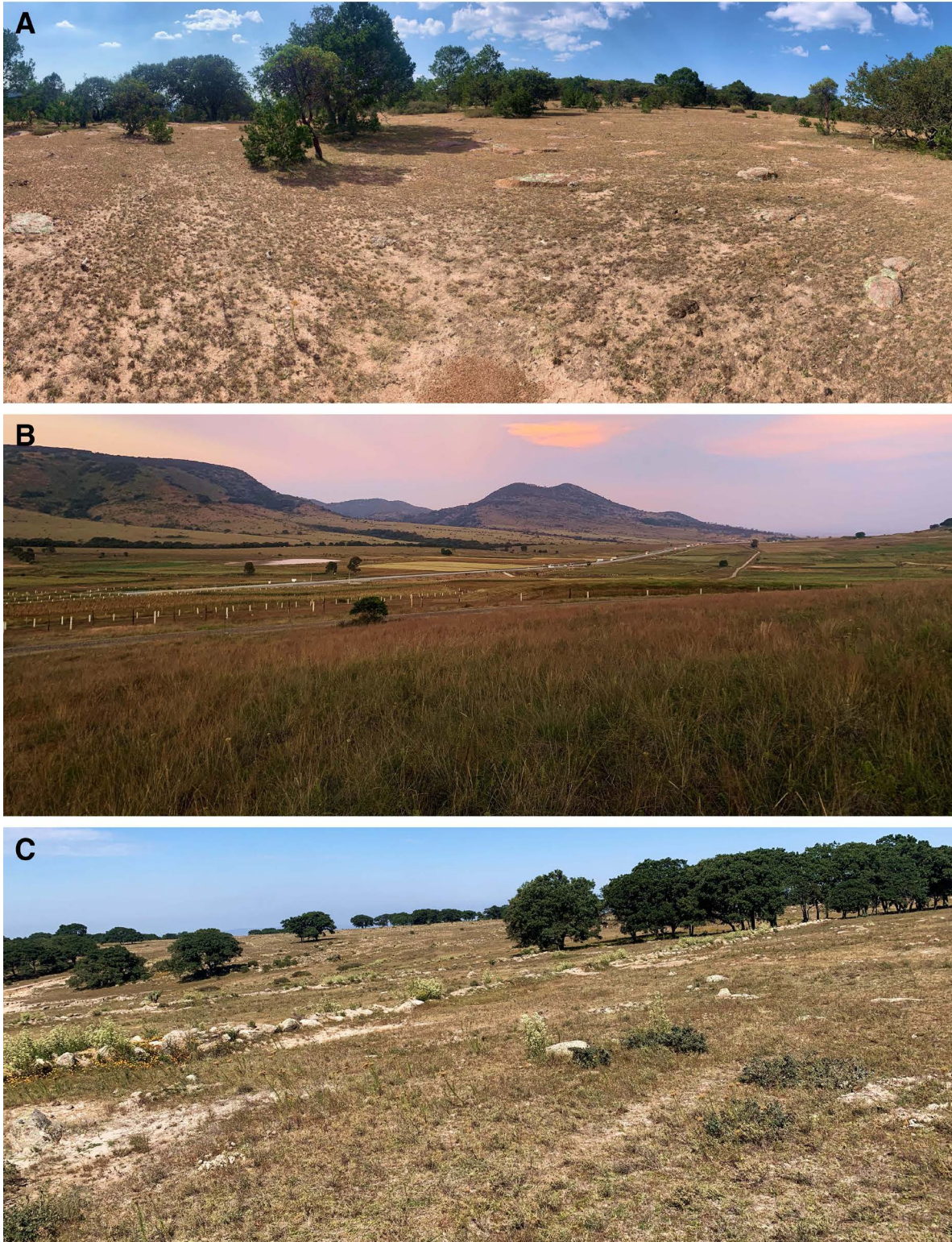


Figura 7. Pastizales sobre sustrato volcánico. Sabana con *Pinus cembroides* y *Quercus potosina*, Los Trigos, Colón (A). Pastizales remanentes en las laderas que rodean los campos de cultivo, La Joya, Huimilpan (B). Sabanas con *Quercus castanea* y *Q. spicata*, Los Martínez, Huimilpan (C). (Fotografías: Carlos Martorell)

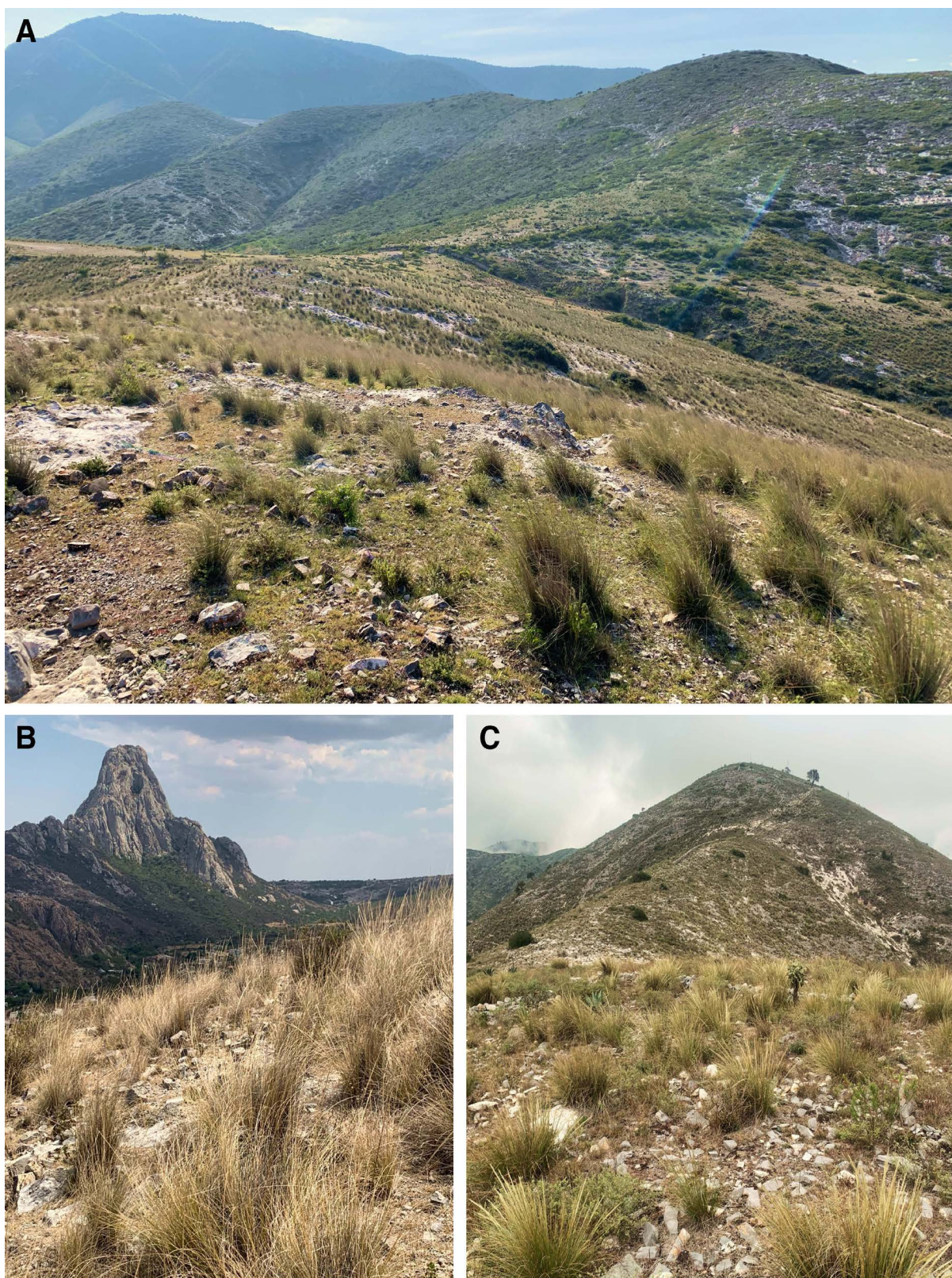


Figura 8. Pastizales calcícolas. Inmediaciones de San Antonio la Cal, Tolimán (A y B) y Charco Frío, Cadereyta (B) (Fotografías: Carlos Martorell).

semejante a la de los pastizales calcícolas y de las sabanas de pino-enebro a pesar de su distribución muy reducida. Esto subraya el papel fundamental que desempeña la geología en la florística de los pastizales del centro de México. Hacia el norte de Vizarrón se encuentran pastizales que también albergan especies distintivas ([Figura 10](#)). Si bien esto también podría asociarse con la geología, pues se desarrollan sobre un sustrato mixto de calizas y lutitas, su flora particular podría ser resultado del severo sobrepastoreo al que están sometidos. En los sitios a los que el ganado no tiene acceso se observa un desarrollo muy distinto de la vegetación. En consecuencia, resulta difícil hacer alguna inferencia sobre la condición originaria de estos sistemas. También sobre roca caliza en la Sierra de El Doctor hay algunas sabanas con *Populus tremuloides* Michx. ([Figura 10](#)). Se encuentran en sitios muy localizados entre el bosque de pino donde hay encharcamientos, lo que probablemente contribuye a que tengan con una composición aparentemente distinta a los demás pastizales que hemos descrito.

Diversidad taxonómica. Nuestros resultados ponen en relieve la gran diversidad vegetal de los pastizales templados del trópico mexicano. La zona estudiada de los pastizales queretanos es muy diversa, con 1,087 especies documentadas y una diversidad total estimada de entre 1,289 y 1,578 especies en tan solo 89 km². Esto representa entre 38 y 45 % de la flora vascular de Querétaro según las estimaciones de Martínez *et al.* (2025) para la riqueza del estado, o entre 29 y 36 %, según las estimaciones de Villaseñor (2016). Nosotros nos inclinamos por los porcentajes más altos, ya que nuestro estudio abarcó solo una pequeña fracción de los pastizales del estado, y que durante el periodo en que realizamos las recolectas, todo el estado sufrió sequía, siendo ésta severa en 15 de sus 18 municipios (Rico *et al.* 2023). Seguramente esto resultó en que muchas especies que hubieran podido registrarse en otro momento no germinaran o florecieran, y por ende faltan en nuestra lista.

Como sucede en muchas comunidades (Gaston 1994), la gran mayoría de las especies de los pastizales queretanos son sumamente raras en comparación con unas cuantas especies muy frecuentes. El hecho de que la curva de acumulación de especies no se aproxime a una asíntota, a pesar de haber recolectado más de 1,800 números, indica que se requiere aún un gran esfuerzo de muestreo para documentar los taxones más raros. A esto habría que sumar la acumulación de especies a lo largo del tiempo (Garcillán *et al.* 2008), pues nuestro estudio abarcó un periodo sumamente breve en el marco de los inventarios florísticos. Además, aún es posible encontrar en ellos especies nuevas para la ciencia.

Por otro lado, llama la atención la gran diferencia observada en el número total de especies estimado para los pastizales a partir de los registros de herbario (770 especies) y a partir de nuestras colectas (más de 1,500). Esto indica que, si se continuara con las mismas estrategias de colecta que se han seguido históricamente, se llegaría apenas a registrar la mitad de la diversidad que hay en los pastizales. Es probable que esta diferencia se deba a que tienden a no colectarse especies de tallas pequeñas, inconspicuas, poco carismáticas o difíciles de identificar y coleccionar. Conminamos a los botánicos a continuar con el estudio de estos pastizales, pues la evidencia indica que aún reservan mucha información.

La notable diversidad vegetal observada en estos pastizales destaca no solo en comparación con la flora de Querétaro, sino de Norteamérica. En una revisión de los listados florísticos de más de 100 pastizales norteamericanos, la mayor diversidad se registró en el Centro de Investigación Ecológica Jones (Ichauway), Georgia, EE. UU. con 1,013 especies. Ese sitio, al igual que nuestro estudio, alberga pastizales abiertos, sabanas de pino y encino y extensos humedales (Drew *et al.* 1998). Los pastizales de Querétaro también superan a los del norte de Oaxaca, con 857 especies (Martorell *et al.* 2025). Debe reconocerse que, si bien los dos estudios anteriores corresponden a pastizales más o menos contiguos, el presente trabajo comprende un mosaico de regiones más distantes entre sí, por lo que los resultados no son estrictamente comparables. La diversidad extraordinaria de los pastizales queretanos también se manifiesta en escalas menores, pues encontramos hasta 45 especies de plantas por metro cuadrado en las sabanas de pino-encino sobre sustrato volcánico de Los Trigos.

Las familias más ricas en especies de México (Villaseñor 2016) también lo son, en términos generales, en los pastizales queretanos. No es de sorprender que las Poaceae y Cyperaceae ocupen puestos más altos en estos pastizales que a nivel nacional, o que las Orchidaceae, mayormente epífitas y de zonas húmedas, no formen parte sustancial de los pastizales a pesar de ser la tercera familia más rica en el país. Si bien las familias más diversas son las mismas

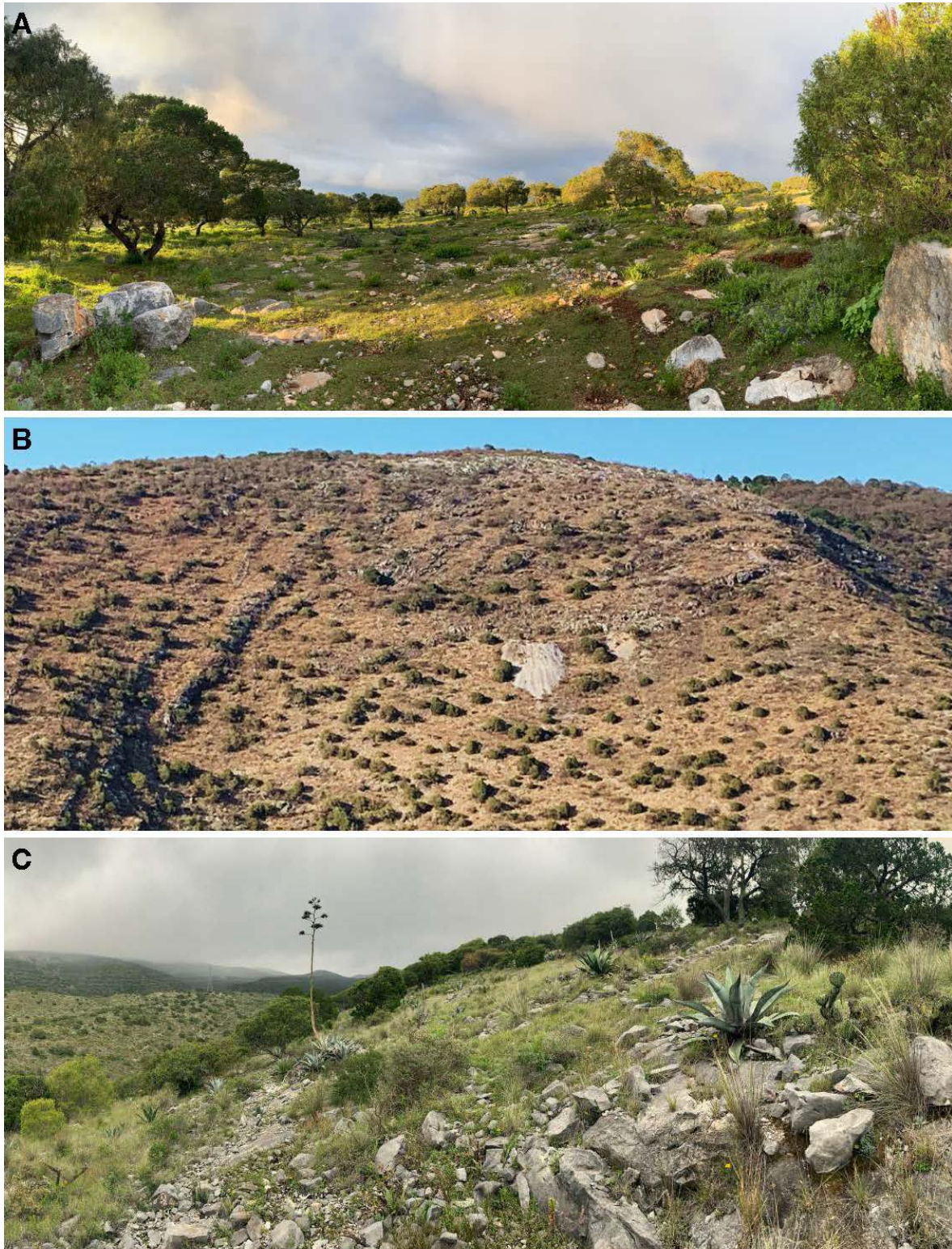


Figura 9. Sabanas templadas. Sabana con *Pinus cembroides*, *Juniperus flaccida* y *J. deppeana*, Parador Tepozán, Cadereyta (A); sabana con *J. flaccida*, Mesa del Niño, San Joaquín (B); sabana con *J. flaccida* y *P. pinceana*, Palo Santo, Cadereyta (C) (Fotografías: Carlos Martorell).

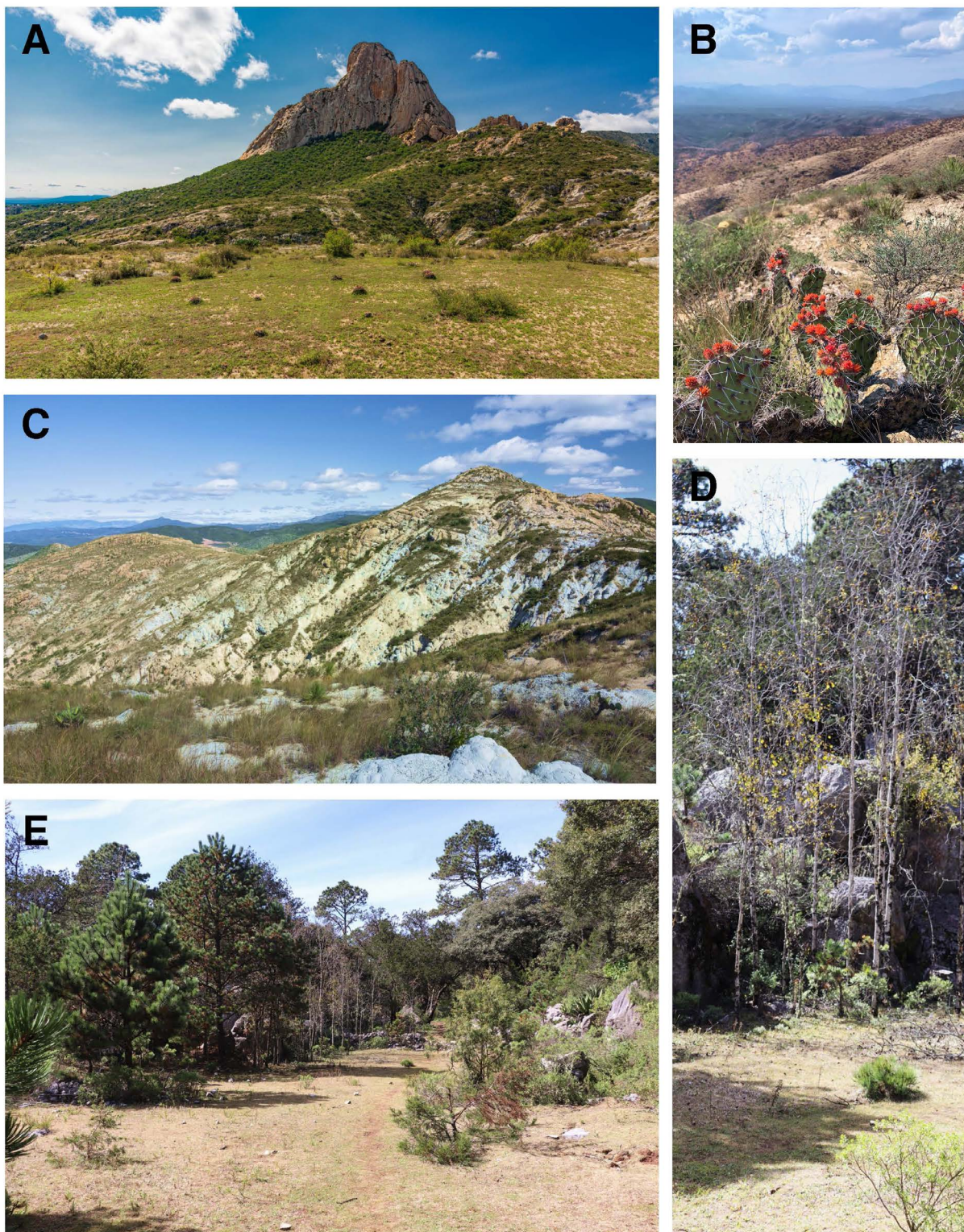


Figura 10. Otros pastizales del estado de Querétaro. Pastizal sobre granodiorita en los alrededores de la Peña de Bernal, Ezequiel Montes (A y C); sabanas inundables con *Populus tremuloides*, Cadereyta (D y E); y transición entre el pastizal sobre calizas-lutitas y el matorral xerófilo, Cadereyta (B). Fotografías: Carlos Martorell (A y C), Mahinda Martínez (D y E) y Luis Hernández Sandoval (B).

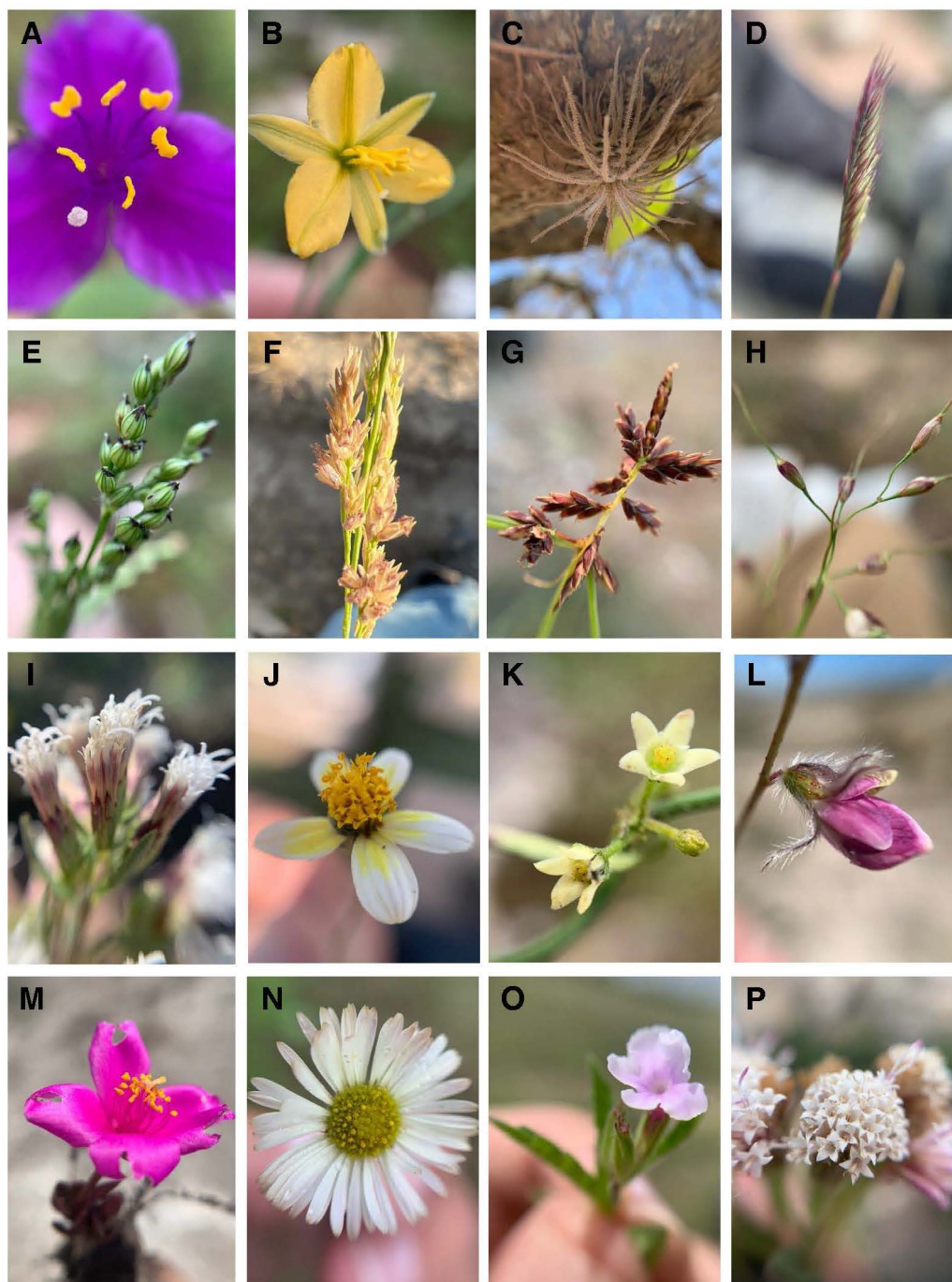


Figura 11. Algunas especies de las praderas de Querétaro endémicas de México. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: A) *Tradescantia murilloae* Zamudio, C., Espejo, López-Ferr. & Ceja, B) *Echeandia flavescens* (Schult. & Schult. f.) Cruden, C) *Viridanthia atroviridipetala* (Matuda) Espejo, D) *Bouteloua scorpioides* Lag. (inmadura), E) *Urochloa meziana* (Hitchc.) Morrone & Zuloaga, F) *Steinchisma cupreum* (Hitchc. & Chase) W.V.Br., G) *Scirpoides mexicana* (C.B.Clarke ex Britton) Goetgh. ex C.S.Reid & J.R.Carter, H) *Piptochaetium brevicalyx* (E.Fourn.) Ricker, I) *Asanthus thyrsiflorus* (A.Gray) R.M.King & H.Rob., J) *Bidens angustissima* Kunth, K) *Orthosia angustifolia* (Turcz.) Liede & Meve, L) *Dalea filiciformis* B.L.Rob. & Greenm., M) *Anacampseros coahuilensis* (S.Watson) Eggli & Nyffeler, N) *Astranthium purpurascens* (B.L.Rob.) Larsen, O) *Priva grandiflora* (Ortega) Moldenke, P) *Ageratina scorodonioides* (A.Gray) R.M.King & H.Rob. Fotografías: Carlos Martorell (A-E y G-P) y Diego García Meza (F).

en los distintos tipos de pastizal, la notable contribución de las ciperáceas en los pastizales volcánicos puede reflejar la importancia de los gradientes hidrológicos para esta familia (Gignac *et al.* 2004, Waterway *et al.* 2009), pues no es raro observar manchones con diferentes especies de Cyperaceae según la disponibilidad de agua. Aunque son menos tolerantes a la inundación que las Cyperaceae, ocurre algo similar con las Poaceae. Aunque nuestro listado incluye un número sustancial de especies con fuerte afinidad por los sistemas inundables, sólo 2.2 % de las especies que recolectamos se observaron estrictamente en el agua, principalmente en los pastizales volcánicos. Otras especies, como *Marsilea mollis* B.L. Rob. & Fernald e *Isoetes mexicana* Underw., que podrían considerarse acuáticas, se observaron en sitios que sólo estarían cubiertos por agua unos meses al año, compartiendo espacio con muchas especies de ambientes no inundables.

Los pastizales calcícolas tienen suelos pedregosos y delgados y se restringen a zonas más bajas y calientes. Esto puede reducir la disponibilidad de agua y favorecer a las familias o grupos de afinidad más xérica, que son comparativamente más ricas en este pastizal. Tal es el caso de las Cactaceae, algunas Fabaceae arbustivas o representantes del género *Euphorbia* dentro del grupo *Chamaesyce*, que tienen metabolismo C4 (Steinmann & Porter 2002). Esta misma aridez puede explicar porque las Pteridophyta están poco representadas en los pastizales calcícolas.

Las Pinopsida, que comprenden fundamentalmente plantas de carácter arbóreo son más diversas y abundantes en las sabanas de pino-enebro. Por el contrario, las Poaceae y Cyperaceae son comparativamente menos ricas en las sabanas, quizá como resultado de una mayor cobertura de árboles y otras plantas de gran talla. En las partes más altas, la abundante cantidad de ganado puede favorecer a familias con especies más ruderales, como las Asteraceae y las Solanaceae. En esta altitud también se encuentran numerosas Asparagaceae rosetófilas asociadas a una mayor disponibilidad de niebla (Martorell & Ezcurra 2007).

Además de las diferencias en el sustrato y la disponibilidad de agua, los árboles contribuyen a la diversidad de plantas presentes en los pastizales queretanos. Al modificar el microclima bajo su sombra, los árboles aislados promueven el crecimiento de algunas especies y por ende incrementan la diversidad de los pastizales. En total, 7.0 % de las especies recolectadas sólo se observaron creciendo exclusivamente debajo de ellos. Muy pocas de ellas se encontraron en pastizales calcícolas debido a la ausencia de árboles., mientras que la mayoría de ellas se encuentran en las sabanas de pino-enebro y en los pastizales volcánicos, que también incluyen sabanas.

Conservación y amenazas. Entre las especies registradas ninguna es endémica del estado de Querétaro. Sin embargo, se aprecia que varias de ellas se restringen a Querétaro, Michoacán y Guanajuato. Encontramos 364 especies conocidas solo de México (Figura 10), lo que representa aproximadamente un tercio de todas las especies encontradas en nuestro estudio. Esta cifra podría aumentar mucho si se ampliaran los límites a Megaméxico I (Rzedowski 1991), ya que muchas especies forman parte de los pastizales estadounidenses cercanos a la frontera con México. De hecho, muchos de los géneros presentes en Querétaro son característicos de los pastizales del norte de México y de los grandes pastizales norteamericanos (Rzedowski 1975).

En los diferentes tipos de pastizales estudiados, encontramos 15 especies (Figura 12) en alguna categoría de riesgo dentro de la Lista Roja de especies amenazadas (UICN 2025) o en la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT 2010). Es importante mencionar que, a pesar de que no son muchas especies, la mayoría de ellas se encuentran en las categorías de mayor amenaza. Aunque no estudiamos la fauna, también encontramos en los pastizales a la culebra nómada de agua *Thamnophis eques* Reuss (Vulnerable), el camaleón de montaña *Phrynosoma orbiculare* L. (Vulnerable) y el águila real *Aquila chrysaetos* L. (Amenazada), lo cual subraya la importancia de conservar los pastizales intertropicales templados.

Es muy probable que los pastizales volcánicos que observamos hoy sean apenas un relictos de su extensión original, como sugiere la Figura 1A. Las rocas volcánicas sobre las que se desarrollan forman una meseta que abarca una amplia extensión en el sur del estado, desde las inmediaciones de San Juan del Río hasta los límites con Michoacán y Guanajuato. La mayor parte de esta meseta ha sido destinada a la agricultura, pero los escasos parches de vegetación remanente sugieren que toda la zona estuvo cubierta por los pastizales a los que se refieren los documentos coloniales. Dos de los remanentes más extensos, uno entre Huimilpan y Amealco y otro en Los Trigos, han sobrevivido a



Figura 12. Especies de las praderas queretanas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059 o en la Lista Roja de especies en peligro de extinción de la IUCN. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: A) *Pinus pinceana*, B) *Cascabela thevetioides* (Kunth) Lippold, C) *Agave albomarginata* Gentry, D) *Solanum hintonii* Correll, E) *Thelocactus hastifer*, F) *Turbinicarpus pseudomacroechele*, G) *Echeveria elegans* Rose, H) *Thelocactus leucacanthus*, I) *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, J) *Agave garciae-mendozae* Galván & L.Hern., K) *Ferocactus histrix* (DC.) G.E.Linds., L) *Mammillaria perbella*, M) *Dasylirion acrotrichum* (Schiede) Zucc. Fotografías: Carlos Martorell (A, C, G, J y M), Diego García Meza (H y K), María Miranda (D), Pierre González (E), Andrea Martínez (F), Alejandra Martínez (I y L) y Laura Elvia Uribe (B).

la conversión agrícola, ya que han sido reservados para el ganado. A pesar del probable efecto positivo del ganado sobre los pastizales templados (Cingolani *et al.* 2005, Vázquez-Ribera & Martorell 2022), en algunos pastizales volcánicos, en particular en Los Trigos, es evidente el sobrepastoreo lo que da lugar a una erosión severa. También hacia el Cerro Zamorano hay plantaciones de *Eucalyptus* relativamente extensas, cuyo efecto sobre el pastizal no es evidente a simple vista.

A diferencia de los pastizales volcánicos, el INEGI (2003) no proporciona una estimación de la extensión original de los calcícolas (Figura 1A). Sin embargo, por su pedregosidad, las laderas calizas donde se desarrolla este último tipo de pastizal no son aptas para la agricultura, por lo que esta no parece haberlas afectado ni constituye una amenaza inmediata. Por el contrario, la minería de cal ha desmontado cerros enteros y crece aceleradamente, y la aforestación con pinos afecta a grandes extensiones de las zonas bajas al sur del macizo de El Doctor.

La sabana de pino-enebro se encuentra, en general, bien conservada gracias a la inaccesibilidad de las laderas donde se desarrolla y que suelen tener pendientes de medias a muy fuertes. Es posible que incluso haya aumentado marginalmente su área de distribución hacia las zonas más altas gracias a la tala, al pastoreo o a los incendios, pues, en los límites superiores de las sabanas, los árboles siempre muestran evidencia de fuego. A diferencia de otros pastizales en Querétaro, el combate a los incendios en la región de las sabanas tiene prioridad de alta a muy alta (Flores Garnica *et al.* 2018). Esto podría representar un riesgo para su conservación (Shlisky *et al.* 2007), pero aún no se cuenta con información al respecto. En algunas zonas se observa erosión importante, posiblemente como resultado de sobrepastoreo y otras zonas probablemente están subpastoreadas. También es evidente la rápida expansión de la minería de cal hacia las sabanas de pino enebro. Las sabanas de *P. tremuloides* han reducido su extensión como resultado del sobrepastoreo y la consecuente invasión por arbustos y árboles.

Aunque los pastizales queretanos han sido reconocidos por varios autores, su composición florística no ha sido estudiada en detalle. Nuestros resultados sugieren que aún estamos lejos de contar con un listado completo, por lo que es muy importante que el esfuerzo de recolección continúe. En particular, los pastizales calcícolas han recibido poca atención, quizá porque los mejor conservados se encuentran en zonas de acceso difícil, mientras que los accesibles están muy perturbados. La gran diversidad geológica y ecosistémica de los pastizales queretanos contribuye a su elevada diversidad taxonómica, la cual representa una fracción muy importante de la flora del estado. El reconocimiento de las sabanas como un sistema distinto de los bosques y afín a los pastizales resulta un requisito indispensable para su manejo adecuado. La actividad ganadera ha contribuido a la conservación de estos pastizales, pues varios de los remanentes más extensos de pastizal se han salvado del cambio de uso de suelo pues se les ha preservado para el pastoreo. Sin embargo, también hay varias zonas que se han sometido al sobrepastoreo, dejando suelos erosionados y vegetación raquílica. Los pastizales son, además, escenario de prácticas que contribuyen al patrimonio cultural queretano, como la elaboración de la barbacoa de hoyo y de quesos.

Grandes extensiones de los pastizales queretanos han sido destruidas y sólo quedan algunos fragmentos muy pequeños. Es urgente la creación en ellos de zonas de conservación que, en vez de eliminar las actividades productivas, contemple la ganadería como un elemento integral de manejo sin el cual la dinámica y la diversidad del sistema se deterioran. Para ello debe considerarse la capacidad de carga del sistema y el tipo de ganado para evitar tanto el sobrepastoreo como el subpastoreo.

Agradecimientos

Al Sr. Lamberto Muñoz, las autoridades municipales de Huimilpan y los comisariados de Charco Frío, Mesa del Castillo, Mesa del Niño, San Antonio la Cal y Los Trigos por permitirnos trabajar en sus tierras. Adela Madariaga, Fernanda Rojas, Mirna Paredes, Alejandra Martínez, Andrea Martínez, María Miranda, Fernanda Herce, Lizeth Harzbecher y Rosalinda Medina nos auxiliaron tanto en el campo como en el procesamiento del material. Eleazar Carranza, Martha Martínez, Rafael Lira y Gerardo Salazar determinaron algunos ejemplares. Elena Cantú nos ayudó con la búsqueda en bases de datos y la literatura. Agradecemos al personal de los herbarios MEXU, CIIDIR, IEB, QMEX, UAMIZ y XAL.

Material suplementario

El material suplementario de este trabajo puede consultarse aquí: <https://doi.org/10.17129/botsci.3851>

Literatura citada

- APG [Angiosperm Phylogeny Group]. 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>
- Araya YN, Silvertown J, Gowing DJ, McConway KJ, Peter Linder H, Midgley G. 2011. A fundamental, eco-hydrological basis for niche segregation in plant communities. *New Phytologist* **189**: 253-258. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03475.x>
- Bond WJ. 2016. Ancient grasslands at risk. *Science* **351**: 120-122. DOI: <http://10.1126/science.aad5132>
- Bond WJ. 2019. *Open ecosystems: ecology and evolution beyond the forest edge*. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press. ISBN 978-019-8869-30-6.
- Briske DD, Huntsinger L, Sayre NF, Scogings PF, Stafford-Smith M, Ulambayar T. 2025. It's time to assign nonforested, nonagricultural lands a global designation. *Cambridge Prisms: Drylands* **2**: e5. DOI: <https://doi.org/10.1017/dry.2025.2>
- CETENAL[Comisión de Estudios del Territorio Nacional]. 1974. *Cartas geológicas 1:50 000 F14C56, F14C57, F14C58, F14C67, F14C76, F14C77, F14C85 y F14C86*. Secretaría de Programación y Presupuesto.
- Chao A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics* **11**: 265-270.
- Charles-Dominique T, Midgley GF, Tomlinson KW, Bond WJ. 2018. Steal the light: shade vs fire adapted vegetation in forest-savanna mosaics. *New Phytologist* **218**: 1419-1429. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15117>
- Christenhusz MJ, Reveal JL, Farjon A, Gardner MF, Mill RR, Chase MW. 2011. A new classification and linear sequence of extant gymnosperms. *Phytotaxa* **19**: 55-70. DOI: <https://doi.org/10.11646/PHYTOTAXA.19.1.3>
- Cingolani AM, Noy-Meir I, Díaz S. 2005. Grazing effects on rangeland diversity: a synthesis of contemporary models. *Ecological applications* **15**: 757-773. DOI: <https://doi.org/10.1890/03-5272>
- Díaz-Toribio MH, Martorell C. 2022. Fire in Mexican grassy-pine ecosystems. *Applied Vegetation Science* **25**: e12689. DOI: <https://doi.org/10.1111/avsc>
- Drew MB, Kirkman LK, Gholson Jr AK. 1998. The vascular flora of Ichauway, Baker County, Georgia: a remnant longleaf pine/wiregrass ecosystem. *Castanea* **63**: 1-24. DOI: <https://www.jstor.org/stable/4034053>
- FAO [Food and Agriculture Organization] 2025. Portal terminológico de la FAO. <https://www.fao.org/faoterm/viewentry/es/?entryId=9701> (accessed November 5, 2025)
- Flores Garnica JG, Casillas Díaz UD, García Bernal JM, Flores Rodríguez AG, Lomelí Zavala ME. 2018. Cartografía estatal de áreas prioritarias contra incendios forestales en la República Mexicana. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Garcillán PP, Ezcurra E, Vega E. 2008. Guadalupe Island: lost paradise recovered? Overgrazing impact on extinction in a remote oceanic island as estimated through accumulation functions. *Biodiversity and Conservation* **17**: 1613-1625. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9370-z>
- Gaston KJ. 1994. *Rarity*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Gignac L, Gauthier R, Rochefort L, Bubier J. 2004. Distribution and habitat niches of 37 peatland Cyperaceae species across a broad geographic range in Canada. *Canadian Journal of Botany* **82**: 1292-1313. DOI: <https://doi.org/10.1139/b04-081>
- Gómez M, Salinas P, Martínez M, Hernández L, Guevara A, Malda G, Suzán H. 2016. Riqueza, datos ecológicos y distribución de la familia Poaceae en el municipio de Querétaro y área conurbada. In: Jones R, Serrano V. eds. *Historia Natural de Querétaro*. Universidad Autónoma de Querétaro. p. 155-178. ISBN 978-607-5132-44-0

- Gómez-Sánchez M, Suárez-Martínez AL, Martínez-Montes EI. 2011. Análisis florístico de un pastizal del estado de Querétaro, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* **5**: 707-717.
- Hempson GP, Archibald S, Bond WJ, Ellis RP, Grant CC, Kruger FJ, Kruger LM, Moxley C, Owen-Smith N, Peel MJS. 2015. Ecology of grazing lawns in Africa. *Biological Reviews* **90**: 979-994. DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12145>
- Hoekstra JM, Boucher TM, Ricketts TH, Roberts C. 2005. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology letters* **8**: 23-29. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00686.x>
- Hutchinson J. 1967. *Key to the families of flowering plants of the world*. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press. ISBN 978-019-8543-66-4.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2003. Carta de Vegetación Primaria Potencial [Mapa]. Escala 1:1,000,000. Aguascalientes, México: INEGI-IPNI
- [International Plant Names Index]. 2025. International Plant Names Index. <http://www.ipni.org> (accessed November 5, 2025)
- Jackson RB, Jobbágy EG, Avissar R, Roy SB, Barrett DJ, Cook CW, Farley KA, Le Maitre DC, McCarl BA, Murray BC. 2005. Atmospheric science: Trading water for carbon with biological carbon sequestration. *Science* **310**: 1944-1947. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1119282>
- Karger DN, Conrad O, Böhner J, Kawohl T, Kreft H, Soria-Auza RW, Zimmermann NE, Linder HP, Kessler M. 2017. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific data* **4**: 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>
- Larsson J, Gustafsson P. 2018. A Case Study in Fitting Area-Proportional Euler Diagrams with Ellipses Using eulerr. *Proceedings of International Workshop on Set Visualization and Reasoning* **2116**: 84-91. <https://ceur-ws.org/Vol-2116/paper7.pdf>
- MacArthur RH. 1972. *Geographical Ecology*. New Jersey, EUA : Harper and Row. ISBN 978-060-4415-26-4.
- Mace GM, Masundire H, Baillie J. 2005. Biodiversity. In: Hassan R, Scholes R. eds. *Ecosystems and Human Well Being: Current State and Trends*. Washington, D.C., EUA: Island Press. p. 755-775. ISBN 978-155-9632-28-7.
- MacDougall A S, Vanzant B, Sulik J, Bagchi S, Naidu D, Muraina T O, Seabloom E W, Borer E T, Wilfahrt P, Slette I, Hierro J L, Pearson D E, Abedi M, Akasaka M, Alberti J, Aleksanyan A, Amisu A A, Anderson T M, Arnillas C A, Ayer M, Bakker J D, Basant S, Basto S, Biederman L, Bloodworth K J, Boscutti F, Boughton E H, Bruschetti C M, Buckley H L, Buckley Y M, Bugalho M N, Caldeira M C, Campetella G, Cannone N, Carbognani M, Carbutt C, Carniello M A, Cervellini M, Chaudhary T, Chen Q, Clark A T, Cousins S, Dalle Fratte M, Day N J, Deák B, Dietrich J, Dixon A, Eisenhauer N, Elgersma K J, Eren O, Eskelinen A, Estrada C, Fay P A, Fayvush G, Flynn K C, García Meza D, Gargano D, Gherardi L, Girkin N T, González L, Graff P, Hagenberg L W C, Halbritter A H, Havrilchak N A, Herdoiza N, Hersch-Green E, Hopping K, Jentsch A, Jimoh S O, Kerby J, Kirkman K, Knops J M H, Koerner S E, Koltz A, Komatsu K J, Koura B I, Kruse S, Laanisto L, Lannes L S, Li W, Liang M, Lkhagva A, López-Olmedo L, Lorenzo P, Lortie C J, Loydi A, Luo W, Macek P, Malfasi F, Mariotte P, Martina J P, Martínez-Blancas A, Martinson H, Martorell C, Meave J A, Medina-Villar S, Mganga K Z, Monsimet J, Nerlekar A N, Niu S, Ohlert T, Oliveras Menor I, Oñatibia G R, Ortega Y K, Osborne B, Palpurina S, Pascual J, Pennings SC, Pérez-García E, Peri PL, Petit Bon M, Petraglia A, Pijcke F, Prober S, Quiroga R, Ramirez JI, Reed S, Rosado BH, Roscher C, Rowley D, Sereda I, Small D, Smith N, Song Y, Stevens C, Suarez Jimenez LE, Te Beest M, Tedder M, Terry RS, Thornton KS, Tian D, Titcomb G, Valkó O, Veen GF, Virtanen R, Welte EAR, Wheeler GR, Wolf AA, Wolff P, Young AL, Young HS, Zeglin LH, Zhu K, Zong S, Siewert MB. 2026. The global extent of the grassland biome and implications for the terrestrial carbon sink. *Nature Ecology & Evolution*, **10**: 246-257, <https://doi.org/10.1038/s41559-025-02955-6>
- Martínez-Blancas A, Belaustegui I X, Martorell C. 2022. Species alliances and hidden niche dimensions drive species clustering along a hydric gradient in a semiarid grassland. *Ecology Letters* **25**: 2651-2662. DOI: <https://doi.org/10.1111/ele.14122>
- Martínez M, Mendoza AG. 2001. Flora y vegetación acuáticas de localidades selectas del estado de Querétaro. *Acta Botanica Mexicana* **54**: 1-23. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm54.2001.864>

- Martínez M, Hernández L, Pantoja Y, Gómez M, Bárcenas R, Cabrera A. 2017. *Guía ilustrada de la flora del valle de Querétaro*. México: Universidad Autónoma de Querétaro- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN 978-607-513-296-9.
- Martínez M, Hernández-Sandoval L, Gómez M, Pantoja Y, Suárez P. 2025. *Plantas Vasculares. La Biodiversidad en Querétaro. Estudio de Estado*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. p. 121-133. ISBN 978-607-8570-84-3.
- Martorell C. 2026. Ejemplares de herbario de plantas de los pastizales queretanos. figshare. Dataset. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.31321018.v1>
- Martorell C, Almanza-Celis CAI, Pérez-García EA, Sánchez-Ken JG. 2015. Co-existence in a species-rich grassland: Competition, facilitation and niche structure over a soil depth gradient. *Journal of Vegetation Science* **26**: 674-685. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvs.12283>
- Martorell C, Ezcurra E. 2007. The narrow-leaf syndrome: A functional and evolutionary approach to the form of fog-harvesting rosette plants. *Oecologia* **151**: 561-573. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0614-x>
- Martorell C, García-Meza D, Bustamante-García R, Villaseñor JL, Sánchez Ken JG, Torres-Colín L, Delgado-Salinas A, Steinmann VW, Velázquez-Montes E, Espejo-Serna A, López-Ferrari AR, González-Elizondo MS, González-Gallegos JG, Alvarado-Cárdenas LO, Islas-Hernández CS, Fonseca-Juárez RM, Carranza E, Lorea-Hernández F, Gómez-Hinostrosa C, Hernández HM, Flores-Olvera H, Pérez-Cáliz E, Hernández-Sandoval L, Samain M-S, Hernández-Ledezma P. 2025. Biodiversidad de las praderas templadas del norte de Oaxaca, México. *Botanical Sciences* **103**: 272-294. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.3594>
- Martorell C, García-Meza D, Martínez-Blancas A, Zepeda VN, Vázquez-Ribera C. 2022. Pastizales de la región Chocholteca: un despreciado récord mundial de diversidad vegetal. In: CONABIO. ed. *La Biodiversidad en Oaxaca*. Estudio de Estado. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. p. 290-301. ISBN 978-607-8570-63-8.
- Martorell C, Zepeda V, Martínez-Blancas A, García-Meza D, Pedraza F. 2017. A diversity world record in a grassland at Oaxaca, Mexico. *Botanical Sciences* **95**: 1-7. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.689>
- McCauley DJ, Graham SI, Dawson TE, Power ME, Ogada M, Nyingi WD, Githaiga JM, Nyunja J, Hughey LF, Brashares JS. 2018. Diverse effects of the common hippopotamus on plant communities and soil chemistry. *Oecologia* **188**: 821-835. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4243-y>
- Murguía-Romero M, Serrano-Estrada B, Ortiz E, Villaseñor JL. 2021. Taxonomic identification keys on the web: tools for better knowledge of biodiversity. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **92**: e923592 DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3592>
- O’Gara B. 1978. *Antilocapra americana*. *Mammalian Species* **90**: 1-7. DOI: <https://doi.org/10.2307/3504049>
- Pärtel M, Bruun HH, Sammuli M. 2005. *Biodiversity in temperate European grasslands: origin and conservation*. Tartu, Estonia: Proceedings of the 13th International Occasional Symposium of the European Grassland Federation. p. 1-14. ISBN 9985-9611-3-7.
- PPG I [Pteridophyte Phylogeny Group classification]. 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of systematics and evolution* **54**: 563-603. DOI: <https://doi.org/10.1111/jse.12229>
- R Core Team. 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ramos de Cárdenas F. 1582. *La Relación Geográfica de Querétaro de 1582*. Jiménez Gómez JR, Wright DC. eds. Querétaro, México: Instituto de Estudios Constitucionales. ISBN 978-607-7822-18-9.
- Ratnam J, Bond WJ, Fensham RJ, Hoffmann WA, Archibald S, Lehmann CE, Anderson MT, Higgins SI, Sankaran M. 2011. When is a ‘forest’ a savanna, and why does it matter? *Global Ecology and Biogeography* **20**: 653-660. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00634.x>
- RAE [Real Academia Española]. 2001. Diccionario de la Lengua Española, Real Academia Española. ISBN 978-846-7041-89-7
- Rico E, Velázquez M, Mesa EM, Ramírez F, de Alba A, González MA, Medrano A, Campero E, Munguía A, Arriaga

- GY, Escobar AA. 2023. Escasez Provocada en la Zona Metropolitana de Querétaro Bajo Tierra Museo del Agua. (2023, 15 de agosto). Escasez provocada [Informe especial]. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).
- Rodríguez-Trejo DA, Pausas JG, Miranda-Moreno AG. 2019. Plant responses to fire in a Mexican arid shrubland. *Fire Ecology* **15**: 11. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-019-0029-9>
- Romero-Rodríguez E, Martorell C, García-Meza D. 2024. Effects of biological and environmental filtering on the community assembly of two grasslands in southern Mexico. *Journal of Vegetation Science* **35**: e13315. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvs.13315>
- Romme WH, Allen CD, Bailey JD, Baker WL, Bestelmeyer BT, Brown PM, Eisenhart KS, Floyd ML, Huffman DW, Jacobs BF. 2009. Historical and modern disturbance regimes, stand structures, and landscape dynamics in pinon-juniper vegetation of the western United States. *Rangeland Ecology & Management* **62**: 203-222. DOI: <https://doi.org/10.2111/08-188R1.1>
- Rzedowski J. 1975. An ecological and phytogeographical analysis of the grasslands of Mexico. *Taxon* **24**: 67-80. DOI: <https://doi.org/10.2307/1219002>
- Rzedowski J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana* **14**: 3-21. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm14.1991.611>
- 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.
- Shlisky A, Waugh J, Gonzalez P, Gonzalez M, Manta M, Santoso H, Alvarado E, Nuruddin AA, Rodríguez-Trejo D, Swaty R, Schmidt D, Kaufmann M, Myers R, Alencar A, Kearns F, Johnson D, Smith J, Zolner D, Fulks W. 2007. Fire, ecosystems and people: threats and strategies for global biodiversity conservation. GFI Technical Report 2007-2 The Nature Conservancy. (accessed November 5, 2025) chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/5804975/fire__ecosystems__and_people-libre.pdf?1390843015=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DFire_ecosystems_and_people_Threats_and_s.pdf&Expires=1774306845&Signature=OtumSHvPQWZHey6Qe0DZHUkVF2mFOjeMDbbiDnJgjWctnfyc90j6BGXyOZzoEDOSD~9cOTcOfKu6x4mJGmhQAD5sQveg6YvbxDI70vKnblGm9wwqu0mWZ~znfmpjpsZ4WcaBsGHnQshr~w4zWOVSw7M1hDMc16D0xwdUJyTyAbGfATDraA9U1qKf~xAgvf7j3elj5VtgaAmp9iyfTw2gcVFS-j5QLmLBXlkGzVlx~Qo9AdGU1YKiyIHVoq6zYqfpm5FtiMLz93Rbs4T8~yhANNNGPOj6VJt3o9Rz3N2OzbJ1yGGFnQdOM~2dDg7uKsFvYrfxyaD6WQlnYRUxBPFbQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Soberón JM, Llorente JB, Oñate L. 2000. The use of specimen-label databases for conservation purposes: an example using Mexican Papilionid and Pierid butterflies. *Biodiversity & Conservation* **9**: 1441-1466. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008987010383>
- Steinmann VW, Porter JM. 2002. Phylogenetic relationships in Euphorbieae (Euphorbiaceae) based on ITS and ndhF sequence data. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **89**: 453-490. DOI: <https://doi.org/10.2307/3298591>
- Torquemada J. 1615. *Monarquía Indiana*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-849-9533-48-3.
- Trager MD, Wilson GWT, Hartnett DC. 2004. Concurrent effects of fire regime, grazing and bison wallowing on tallgrass prairie vegetation. *The American Midland Naturalist* **152**: 237-247.
- UICN [International Union for Conservation of Nature and Natural Resources]. 2025. The IUCN Red List of threatened species V20125.2. UICN. (accessed November 5, 2025) <https://www.iucnredlist.org/>
- Vázquez-Ribera C, Martorell C. 2022. The effects of livestock grazing on vegetation in a semiarid grassland: a test of three hypotheses. *Applied Vegetation Science* **25**: e12656. DOI: <https://doi.org/10.1111/avsc.12656>
- Veldman JW. 2016. Clarifying the confusion: old-growth savannahs and tropical ecosystem degradation. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences* **371**: 20150306. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0306>

- Villarreal-Barajas T, Martorell C. 2009. Species-specific disturbance tolerance, competition and positive interactions along an anthropogenic disturbance gradient. *Journal of Vegetation Science* **20**: 1027-040. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.01101.x>
- 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>
- Waterway MJ, Hoshino T, Masaki T. 2009. Phylogeny, species richness, and ecological specialization in Cyperaceae tribe Cariceae. *The Botanical Review* **75**: 138-159. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12229-008-9024-6>
- Watson RT, Noble IR, Bolin B, Ravindranath N, Verardo DJ, Dokken DJ. 2000. Land use, land use change, and forestry. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press. ISBN 978-163-4834-26-1.
- Wilson JB, Peet RK, Dengler J, Pärtel M. 2012. Plant species richness: the world records. *Journal of Vegetation Science* **23**: 796-802. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01400.x>
- Zamudio S, Carranza E. 2025. Ecosistemas. In: Cruz Angón A, López-Higareda D, Melgarejo ED, Guerrero Martínez K, Hernández Sandoval LG. eds. *La Biodiversidad en Querétaro: Estudio de Estado*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. p. 25-47 ISBN 978-607-8570-82-9
- Zamudio S, Rzedowski J, Carranza E, Calderón de Rzedowski G. 1992. *La vegetación en el estado de Querétaro: Panorama preliminar*. México: CONCYTEQ-Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío.

Editor de sección: Germán Carnevali Fernández-Concha

Contribuciones de los autores: CM y DGM concepción del estudio, trabajo de campo y primera versión del texto. RBG: compilación del listado, identificación de ejemplares y primera versión del texto. JLV, JGSK, MM, LHS, LTC, ADS, EVM, AES, ARLF, LOAC, CSIH, JGGG, VS, EPC, MSGE, MHF, RMF, FL, CGH, HMH, SV, PHL, MSS: determinación de ejemplares y revisión del listado y del texto final; AM: recolecta, procesamiento de ejemplares y manejo de bases de datos.

Entidades Financiadoras: La Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México financió la investigación con el proyecto PAPIIT IN215422.

Conflictos de interés: Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés, en el financiamiento o personal, en la información, en la presentación de los datos o resultados de este artículo.