

RIQUEZA, DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL ORDEN ASPARAGALES EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA ALTAS CUMBRES, TAMAULIPAS, MÉXICO

CLAUDIO CANTÚ-MUÑOZ¹, ARTURO MORA-OLIVO^{1,2*}, LUIS HERNÁNDEZ-SANDOVAL³,
 EDILIA DE LA ROSA-MANZANO^{1,2}, EDUARDO ALANÍS-RODRÍGUEZ⁴

¹ Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

² Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

³ Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Juriquilla, Querétaro, México.

⁴ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León, México.

*Autor para correspondencia: amorao@docentes.uat.edu.mx

Resumen

Antecedentes: Asparagales destaca por su importancia económica derivada del uso de sus especies, siendo el más diverso entre las monocotiledóneas. Sin embargo, aunque existen trabajos de familias del orden, son pocos estudios florísticos en México y no se tienen antecedentes para Tamaulipas, particularmente en el ANP Altas Cumbres.

Pregunta: ¿Cuál es la riqueza, diversidad y distribución del orden Asparagales en el área natural protegida Altas Cumbres?

Especies estudiadas: Asparagales.

Sitio y años de estudio: ANP Altas Cumbres, 2022 a 2023.

Métodos: Se recolectó e identificó material botánico en el área de estudio y se elaboró un inventario florístico, siendo complementado con registros de especímenes de herbario en línea. Se estimaron los índices de Margalef y Shannon. La distribución se examinó mediante análisis de similitud de acuerdo con los tipos de vegetación e intervalos altitudinales.

Resultados: Se registraron 35 géneros y 58 especies. Los grupos con mayor riqueza fueron la familia Orchidaceae y el género *Agave*. Los índices de Margalef y Shannon fueron de 8.73 y 3.48 respectivamente para toda el área, siendo el bosque de encino el más diverso. La mayoría de las especies se distribuyen entre 800 y 1,799 m de elevación. La mayor similitud florística entre tipos de vegetación fue de 20 %, observado entre el bosque de encino y el matorral rosetófilo.

Conclusiones: El ANP Altas Cumbres es reservorio importante para los Asparagales debido a su riqueza y diversidad, su mejor representación se encuentra en bosque de encino y de pino-encino.

Palabras clave: *Agave*, Asparagaceae, vegetación.

Abstract

Background: Asparagales stands out for its economic importance and for being the most diverse among monocots. However, although there are studies on some families of the order, there are few floristic studies on this group in Mexico and no records for the state of Tamaulipas, particularly in the Altas Cumbres protected natural area.

Question: What is the richness, diversity and distribution of the order Asparagales in the Altas Cumbres Natural Protected Area?

Species studied: Asparagales.

Study sites and dates: Protected natural area Altas Cumbres, from 2022 to 2023.

Methods: Botanical material was collected and identified, and a floristic inventory was compiled, complemented by online records of herbarium specimens. The Margalef and Shannon index were estimated. Species distribution was examined using similarity analysis.

Results: A total of 35 genera and 58 species were recorded. The groups with the greatest diversity were the Orchidaceae family and the *Agave* genus. The Margalef and Shannon index were 8.73 and 3.48, respectively, for the entire area, with the oak forest being the most diverse. Most species are distributed between elevations of 800 and 1,799 m. The greatest floristic similarity, 20 %, was observed between the oak forest and the rosette scrub.

Conclusions: The Altas Cumbres natural protected area serves as an important reservoir for the order Asparagales due to its richness and diversity, and its best representation is found in oak and pine-oak forests.

Key words: *Agave*, Asparagaceae, vegetation.

Las áreas naturales protegidas (ANP) son zonas del territorio nacional en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por las actividades humanas o bien áreas en las que los ecosistemas y sus funciones integrales requieren ser preservadas y/o restauradas (CONANP 2024). Actualmente en Tamaulipas existen 11 ANP's de carácter estatal y federal, algunas de las cuales, como la Reserva de la Biosfera El Cielo y la Laguna Madre, han recibido mayor atención ya que cuentan con estudios de diversa índole, tales como los de Mora-Olivo *et al.* (2009), Caballero-Rico (2019) y Garza-Torres *et al.* (2024). Sin embargo, existen otras como el Área Natural Protegida Altas Cumbres que, a pesar de su importancia ecológica, histórica y cultural, no ha tenido la atención suficiente y para la cual existen pocos estudios biológicos, en especial sobre las plantas vasculares que la habitan (García-Morales *et al.* 2014, Rubio-Pequeño *et al.* 2024).

Altas Cumbres es un área protegida de carácter estatal y fue declarada Zona Especial Sujeta a Conservación Ecológica; cuenta con una superficie de 30,227 hectáreas y está localizada en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, en los municipios de Victoria y Jaumave, en el estado de Tamaulipas (Figura 1). Tiene como principal objetivo proteger y conservar las cuencas hidrológicas más importantes, la cubierta vegetal, la fauna silvestre, las formaciones geológicas-paleontológicas, así como los sitios arqueológicos ubicados en el área y de esta manera, lograr el aprovechamiento racional y sostenido de los recursos naturales, sociales y culturales (GET-IEA-UAT 2014). El intervalo altitudinal en la zona oscila entre 450 y 2,100 m snm, existen 12 tipos de vegetación, desde el matorral submontano hasta el bosque de pino-encino (García-Morales *et al.* 2014).

El orden Asparagales es un grupo monofilético de plantas vasculares (Chase 2004, Stevens 2001-2017) que se destaca por ser el más rico en especies dentro de las monocotiledóneas y por concentrar algunas familias de gran importancia económica (Camacho Ruiz *et al.* 2023, Hernández-Mejía *et al.* 2025). Las flores de este grupo se caracterizan por la presencia de nectarios en los septos del ovario, la ausencia de uno de los integumentos en el óvulo y en algunas familias un crecimiento secundario sucesivo (Freire-Fierro 2004). Este orden se caracteriza por tener una distribución pantropical, con mayor representación en zonas subtropicales y áridas de familias como Asparagaceae y Amaryllidaceae. Sin embargo, algunos miembros del orden tienen una distribución cosmopolita, como las familias Iridaceae y Orchidaceae (Heywood *et al.* 2009).

Hasta ahora, no existe un estudio del orden Asparagales en conjunto a nivel nacional en México. Sin embargo, se tiene un conocimiento importante de algunas de las familias que conforman este orden como Agavaceae, Alliaceae y Orchidaceae, teniendo como ejemplo el trabajo de Espejo Serna & López Ferrari (1992). Adicionalmente hay trabajos florísticos en los que se incluye al orden para zonas aledañas a Tamaulipas y para otras regiones del estado o del país, como los de Estrada-Castillón *et al.* (2013), Rzedowski (2015), Hernández-Sandoval *et al.* (2016), Salinas-Rodríguez *et al.* (2017, 2021) De-Nova *et al.* (2019, 2023) y Villaseñor & Ortiz 2022). Y aunque existen algunas investigaciones botánicas para el área de Altas Cumbres, como las de García-Morales *et al.* (2014), Fernández-Puga *et al.* (2019) y Rubio-Pequeño *et al.* (2024); el orden Asparagales no ha sido estudiado específicamente. Esta situación ha llevado a la fragmentación de la información, lo cual ha contribuido al desconocimiento actual taxonómico, biogeográfico, etnobotánico y de conservación de las especies de Asparagales en la región. Por lo tanto, es importante iniciar trabajos específicos que fortalezcan el conocimiento florístico y ecológico del grupo en el área natural protegida Altas Cumbres. Con el propósito de subsanar este desconocimiento para el área de estudio se planteó la siguiente pregunta ¿Cuál es la riqueza, diversidad y distribución de las especies del orden Asparagales en el área natural protegida Altas Cumbres?

Materiales y métodos

Área de estudio. El ANP Altas Cumbres se localiza en el centro del territorio tamaulipeco en los municipios de Victoria y Jaumave. Forma parte de la cuenca alta del Río San Marcos y del arroyo de San Felipe, en Sierras del Filo y La Melera. Cuenta con una superficie de 30,327.85 hectáreas (GET-IEA-UAT 2014) (Figura 1). Forma parte de las regiones hidrológicas RH-25 San Fernando-Soto la Marina y RH-26 Bajo Río Pánuco. Con relación a su geología el área está conformada por las rocas más antiguas de la entidad, metamórficas cuyas edades van del Paleozoico al Cenozoico. Predominan los tipos de suelo litosol, regosol, rendzinas, luvisol, feozem y fluvisol. Con respecto al clima, en el área se

presentan tres tipos principales: Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, Semiseco semicálido y Templado subhúmedo (GET-IEA-UAT 2014). Los tipos de vegetación que se presentan de acuerdo con Rzedowski (1978) y García-Morales *et al.* (2014) son bosque de pino, bosque de encino, bosque de pino-encino, bosque tropical subcaducifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de galería, matorral submontano, matorral rosetófilo y vegetación acuática.

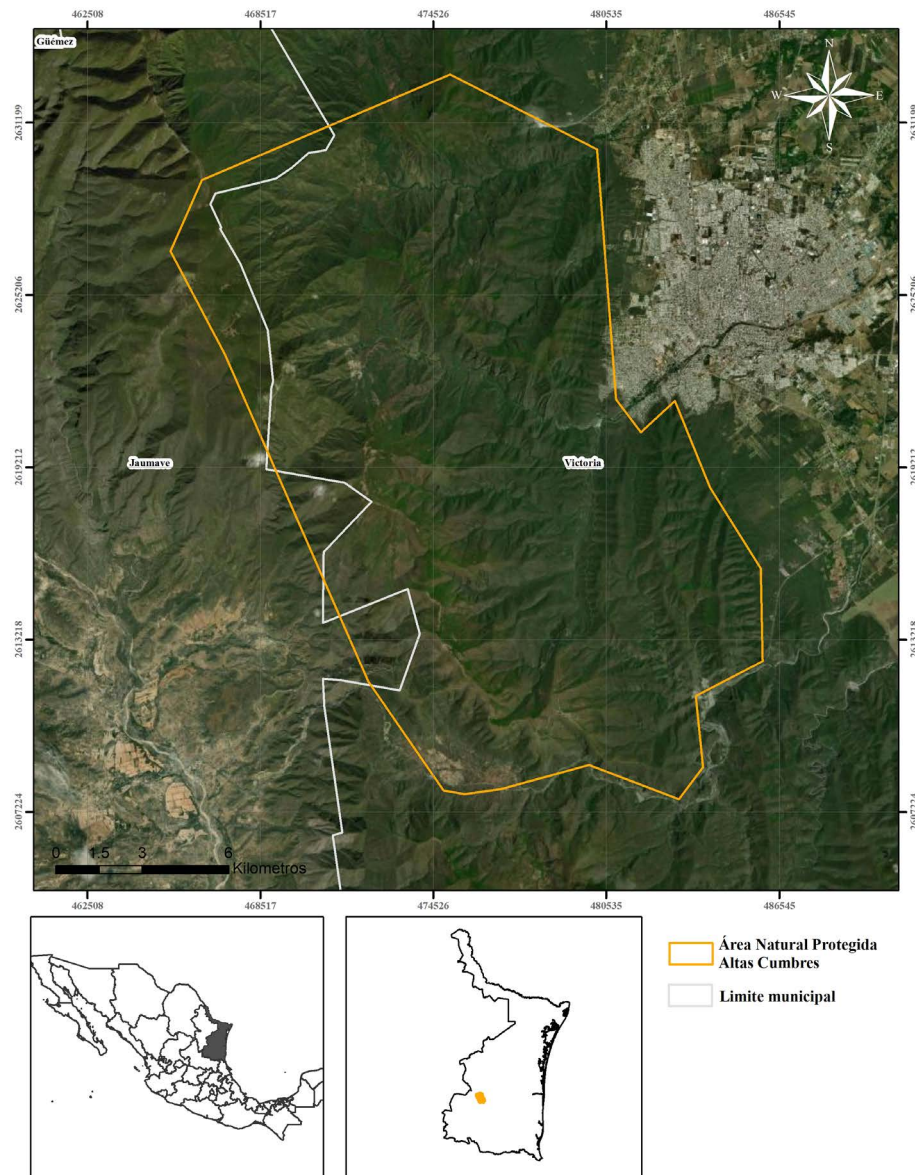


Figura 1. Ubicación geográfica del Área Natural Protegida Altas Cumbres en Tamaulipas, México.

Trabajo de campo y herbario. Se efectuaron 12 recorridos para la colecta botánica durante el periodo de un año (noviembre del 2022 a octubre del 2023), incluyendo la visita a todos los tipos de vegetación, en un gradiente altitudinal de 300 a 1,800 m snm. Durante los recorridos se realizó la recolección de ejemplares, los cuales fueron herborizados de acuerdo con los métodos sugeridos por Lot & Chiang (1986) y Ricker (2019). Para cada uno de los ejemplares se anotó información ecológica de importancia como el tipo de vegetación y las especies asociadas y se añadieron datos referentes a su hábito y con ayuda de un GPS se obtuvieron los datos de coordenadas geográficas

y altitud de cada uno de los sitios de colecta. El material se determinó taxonómicamente con la ayuda de literatura especializada, claves dicotómicas y el apoyo de algunos especialistas (Rzedowski & Rzedowski 2010, Gentry 2004, Espejo-Serna & López-Ferrari, 2001, Espejo-Serna *et al.* 2010). Adicionalmente al trabajo de recolección, se revisaron ejemplares depositados en los herbarios UAT e ITCV de manera presencial y TEX-LL, MO, UTEP y UM de forma virtual (Thiers 2025) y se consultaron bases de datos en línea, como son REMIB (CONABIO 2024), Tropicos (2025) y GBIF (2024). Los ejemplares producto de esta investigación fueron depositados en el herbario UAT "Francisco González Medrano", de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y los duplicados se enviarán a los herbarios MEXU y ENCB. El inventario florístico se ordenó siguiendo la clasificación del APG (2016).

Riqueza y diversidad. Se establecieron transectos aleatorios de 50×20 metros ($1,000 \text{ m}^2$), uno por cada tipo de vegetación que se muestreó. Para determinar la riqueza se utilizó el índice de Margalef (DMg). Con los valores de H' , se estimó el número efectivo de especies (1D), basado en la exponencial del índice de Shannon ($\exp(H')$) (Jost 2006, Moreno *et al.* 2011, Cultid-Medina & Escobar 2019).

Distribución. Para conocer si la distribución de las especies de Asparagales en el ANP Altas Cumbres obedecía a algún patrón, se determinó por medio de un análisis de similitud. Se utilizó la matriz presencia-ausencia y se elaboraron dos tablas de contingencia, una para la altitud y otra para el tipo de vegetación. Se utilizó el coeficiente de similitud de Jaccard (Mostacedo & Fredericksen 2000), a su vez, el método de análisis de grupos pareados sin ponderar utilizando la media aritmética (UPGMA) por medio del programa NTSYSpc versión 2.1 (Rohlf 2000). Se elaboraron dos dendrogramas de similitud para observar si se presentaba algún patrón de distribución en particular.

Resultados

Riqueza y diversidad. Se obtuvo un inventario florístico de 33 géneros y 58 especies del orden Asparagales, representado por cinco familias: Amaryllidaceae, Asparagaceae, Iridaceae, Hypoxidaceae y Orchidaceae (Tabla 1, Figura 2, Apéndice 1). Orchidaceae fue la familia con mayor riqueza, con 26 especies, seguida de Asparagaceae con 21 especies, Amaryllidaceae con cinco especies, Iridaceae con cuatro especies e Hypoxidaceae con dos especies (Tabla 1). Los géneros más diversos fueron *Agave* con 10 especies, seguido de *Zephyranthes*, *Echeandia*, *Sisyrinchium* y *Malaxis* con tres cada uno (Tabla 1). En cuanto a la forma biológica, la mayoría de las especies son herbáceas (72.41 %), con excepción de algunas especies de la familia Asparagaceae, las cuales son arbustivas o arborescentes.

Se registraron diferencias en los valores de riqueza y diversidad del orden Asparagales entre los distintos tipos de vegetación evaluados. El ANP Altas Cumbres en general presentó los mayores valores en todos los casos, con un índice de Margalef de 8.73, un índice de Shannon de 3.48 y un número efectivo de especies de 32.54 (Tabla 2).

El bosque de encino mostró también valores elevados en riqueza y diversidad (Margalef = 7.51; Shannon = 2.57; $^1D = 13.11$), seguido por el bosque de pino (Margalef = 1.92; Shannon = 2.10; $^1D = 8.21$), que, si bien presentó menor riqueza, mantuvo una equidad moderada en la distribución de especies. Por otro lado, tipos de vegetación como el bosque de galería, el matorral submontano, el bosque mesófilo de montaña y el matorral rosetófilo, registraron valores bajos tanto en riqueza como en equidad (1D entre 2.5 y 3.3). La vegetación acuática, el bosque tropical subcaducifolio y el bosque de pino-encino mostraron los valores más bajos, con índices de Shannon por debajo de 0.75 y números efectivos de especies menores a 2.1, lo cual sugiere una alta abundancia de pocas especies o una baja presencia del orden Asparagales en estas regiones (Tabla 2).

Distribución. De acuerdo con la distribución altitudinal, la mayoría de las especies se concentraron en las zonas de mayor elevación entre los 800-1,799 m, siendo los intervalos de 800-899 m y 1,500-1,599 m los que presentaron mayor riqueza con 10 especies cada uno. Orchidaceae fue la familia que presentó el mayor rango de distribución en el área (Tabla 1). Las especies con amplia distribución fueron *Hypoxis mexicana* Schult. & Schult.f. y *Sisyrinchium angustifolium* Mill., siendo registradas desde 300 a 1,699 m y desde 300 a 1,599 m, respectivamente.

Tabla 1. Familias y especies del orden Asparagales presentes en el ANP Altas Cumbres, forma biológica, altitud y tipo de vegetación en que se encuentran. BE = bosque de encino; BP = bosque de pino; BPE = bosque de pino-encino; BTS = bosque tropical subcaducifolio; BMM = bosque mesófilo de montaña; BG = bosque de galería; MT = matorral rosetófilo; MS = matorral submontano; VA = vegetación acuática.

Familia/Especie	Forma biológica	Intervalo altitudinal (m snm)	Tipo de vegetación
AMARYLLIDACEAE			
<i>Allium glandulosum</i> Link & Otto	Herbácea	800-1,599	BP, BPE
<i>Nothoscordum bivalve</i> (L.) Britton	Herbácea	1,600-1,699	BP
<i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb.	Herbácea	900-1,299	BP, BE
<i>Zephyranthes morrisclintii</i> Traub & T.M.Howard	Herbácea	900-1,299	BP, BE
<i>Zephyranthes primulina</i> T.M.Howard & S.Ogden	Herbácea	500-599	BE
ASPARAGACEAE			
<i>Agave americana</i> L.	Arbustiva	700-1,499	BP, BE, MR
<i>Agave angustifolia</i> Haw.	Arbustiva	500-599	BTS
<i>Agave cryptica</i> G.D.Starr & T.J.Davis	Arbustiva	400-499	BTS
<i>Agave funkiana</i> K.Koch & C.D.Bouché	Arbustiva	1,200-1,299	BE, MR
<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	Arbustiva	700-1,499	MR
<i>Agave lexii</i> García-Mor., García-Jim. & Iamónico	Arbustiva	800-899	BPE
<i>Agave lophantha</i> Schiede ex Kunth	Arbustiva	400-499	BTS
<i>Agave mitis</i> Mart.	Arbustiva	1,700-1,799	BPE
<i>Agave univittata</i> Haw.	Arbustiva	1,200-1,299	MR
<i>Agave xylonacantha</i> Salm-Dyck	Arbustiva	1,200-1,299	BE
<i>Beschorneria septentrionalis</i> García-Mend.	Herbácea	800-1,099	BE, BPE
<i>Dasyllirion berlandieri</i> S.Watson	Arbustiva	600-1,499	BPE, MS, MR
<i>Dasyllirion miquihuanense</i> Bogler	Arbustiva	1,100-1,199	MR
<i>Echeandia chandleri</i> (Greenm. & C.H.Thomps.) M.C.Johnst.	Herbácea	300-899	BP, BTS
<i>Echeandia reflexa</i> Rose	Herbácea	800-1,699	BP, BE, BPE
<i>Echeandia paniculata</i> Rose	Herbácea	1,400-1,499	BPE
<i>Hesperaloe malacophylla</i> Hotchstatter & Mart.-Aval.	Arbustiva	700-899	BP, BE
<i>Manfreda virginica</i> (L.) Rose	Herbácea	800-899	BE
<i>Nolina nelsonii</i> Rose	Arbustiva	1,300-1,399	MS
<i>Yucca filifera</i> Chabaud	Arborescente	1,300-1,399	MS
<i>Yucca treculeana</i> Carrière	Arborescente	400-1,299	BE, MR
HYPOXIDACEAE			
<i>Hypoxis decumbens</i> L.	Herbácea	400-1,599	BG, BMM, VA
<i>Hypoxis mexicana</i> Schult. & Schult.f.	Herbácea	300-1,599	BP, BG
IRIDACEAE			
<i>Sisyrinchium angustifolium</i> Mill.	Herbácea	300-1,599	BG, BMM, VA
<i>Sisyrinchium cernuum</i> (E.P.Bicknell) Kearney	Herbácea	500-1,399	BE, BPE

Asparagales en Altas Cumbres

Familia/Especie	Forma biológica	Intervalo altitudinal (m snm)	Tipo de vegetación
<i>Sisyrinchium schaffneri</i> S.Watson	Herbácea	900-999	BE
<i>Tigridia pavonia</i> (L.f.) DC.	Herbácea	1,500-1,599	BMM
ORCHIDACEAE			
<i>Bletia purpurea</i> (Lam.) DC.	Herbácea	800-1,399	BE, BPE, MS
<i>Catasetum integerrimum</i> Hook.	Herbácea	500-599	BG
<i>Cohniella biorbicularis</i> Balam & Cetzal	Herbácea	400-699	BPE, BG, BTS
<i>Corallorhiza odontorhiza</i> (Willd.) Poir.	Herbácea	1,600-1,699	BPE
<i>Corallorhiza wisteriana</i> Conrad	Herbácea	1,700-1,799	BPE
<i>Cyrtopodium macrobulbon</i> (La Llave & Lex.) G.A.Romero & Carnevali	Herbácea	400-1,599	BG, MR
<i>Epidendrum magnoliae</i> Muhl.	Herbácea	1,600-1,699	BPE
<i>Funkiella parasitica</i> (A.Rich. & Galeotti) Salazar & Soto Arenas	Herbácea	1,600-1,699	BPE
<i>Epipactis gigantea</i> Douglas	Herbácea	300-699	BG, VA
<i>Govenia liliacea</i> (La Llave & Lex.) Lindl.	Herbácea	1,500-1,599	BP
<i>Habenaria floribunda</i> Lindl.	Herbácea	800-1,699	BPE
<i>Malaxis brachyrrhyncha</i> Ames	Herbácea	1,400-1,599	BPE, BMM
<i>Malaxis histionantha</i> (Link, Klotzsch & Otto) Garay & Dunst.	Herbácea	1,500-1,599	BPE
<i>Malaxis macrostachya</i> Kuntze	Herbácea	1,400-1,499	BE
<i>Mesadenus lucayanus</i> Schltr.	Herbácea	400-499	BE
<i>Mesadenus polyanthus</i> Schltr.	Herbácea	300-399	BTS
<i>Laelia speciosa</i> (Kunth) Schltr.	Herbácea	1,600-1,699	BE
<i>Oestlundia cyanocolumna</i> (Ames, F.T.Hubb. & C.Schweinf.) W.E.Higgins	Herbácea	1,600-1,699	BE
<i>Pelexia gutturosa</i> (Rchb.f.) Garay	Herbácea	500-599	BTS
<i>Ponthieva racemosa</i> (Walter) C.Mohr	Herbácea	1,400-1,499	BPE
<i>Ponthieva schaffneri</i> (Rchb.f.) E.W.Greenw.	Herbácea	1,500-1,599	BP
<i>Prosthechea cochleata</i> (L.) W.E.Higgins	Herbácea	1,500-1,599	BP
<i>Sarcoglottis sceptrodes</i> Schltr.	Herbácea	1,300-1,399	MS
<i>Sarcoglottis schaffneri</i> Ames	Herbácea	1,700-1,799	BPE
<i>Triphora trianthophoros</i> (Sw.) Rydb.	Herbácea	1,500-1,599	BPE
<i>Tropidia polystachya</i> Ames	Herbácea	400-799	BTS

El análisis de conglomerados mostró dos grupos principales: en el grupo I, el mayor porcentaje de similitud con 27 %, se dio entre los 800 - 1,099 m, y con 23 % entre los 300 - 699 m. En cuanto al grupo II, el intervalo de 1,700 - 1,799 m fue un conjunto aislado en donde se encontraron tres especies *Corallorhiza wisteriana* Conrad, *Sarcoglottis schaffneri* Ames y *Agave mitis* Mart., los cuales presentan un 0 % de similitud ([Figura 3](#)).

Se identificaron dos grupos mediante el análisis de agrupamiento por tipo de vegetación. El grupo I congrega los tipos de vegetación presentes en altitudes superiores a 800 m snm. Por un lado, se tiene el bosque de pino (BP), el bosque de encino (BE) y el bosque de pino-encino (BPE), con temperaturas frescas-frías (17 °C en promedio) y

humedad (1,020.5 mm de promedio mensual) predominante en cañadas y por otro, el matorral submontano (MS) y el matorral rosetófilo (MR), los cuales se desarrollan en zonas con mayor exposición a la luz. La mayor similitud florística se observó entre el bosque de encino y el matorral rosetófilo, con un nivel de similitud del 20 %. En el grupo II se encuentran los tipos de vegetación asociados a los cuerpos de agua y la humedad. El bosque de galería y la vegetación acuática fueron los tipos de vegetación con mayor similitud florística, con un nivel de similitud de 47 % (Figura 4).

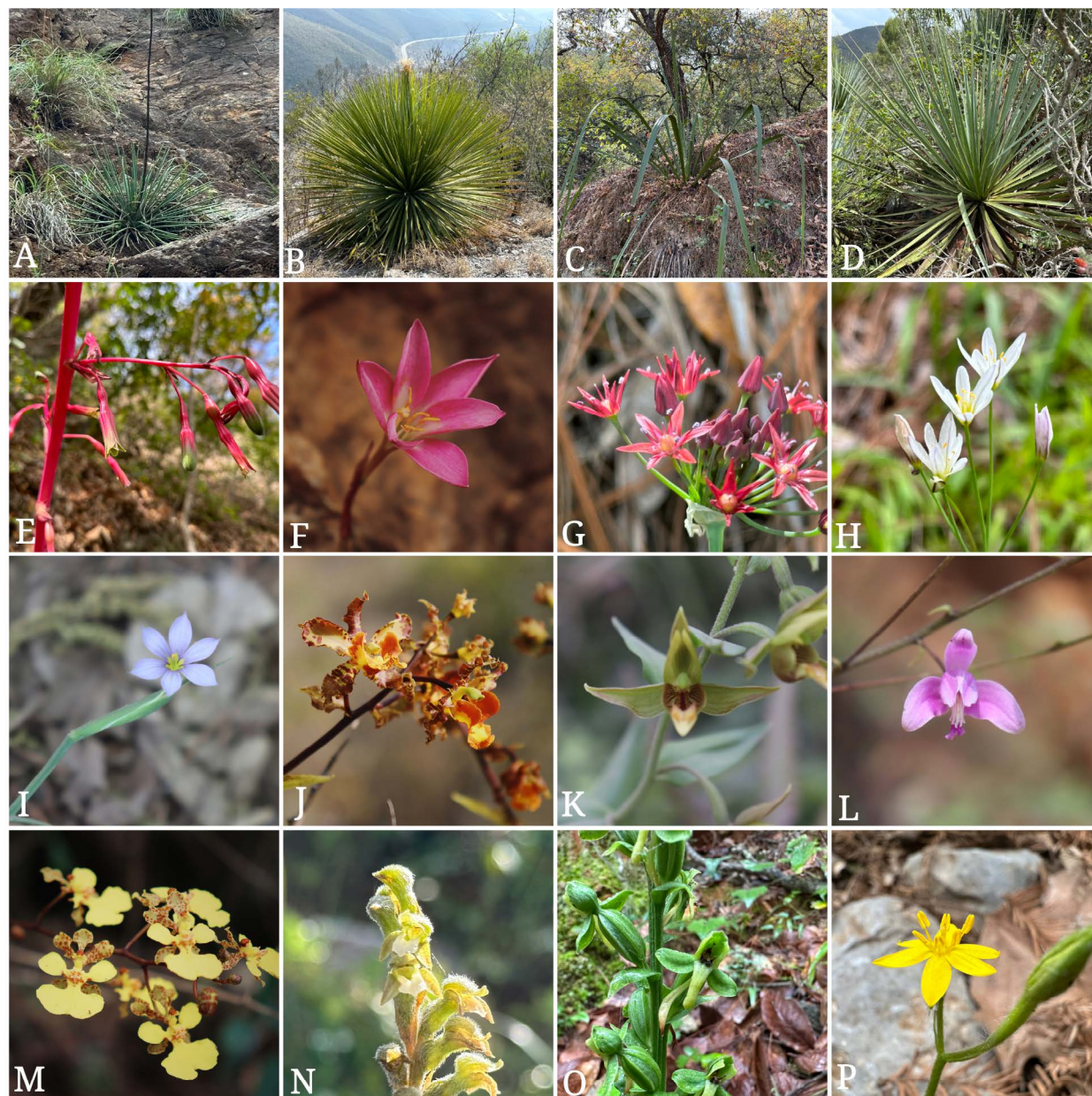


Figura 2. Especies representativas de Asparagales del ANP Altas Cumbres, Tamaulipas. A. *Agave lexii*, B. *Dasyllirion miquihuanense*, C. *Hesperaloe malacophylla*, D. *Nolina nelsonii*, E. *Beschorneria septentrionalis*, F. *Zephyranthes lindleyana*, G. *Allium glandulosum*, H. *Nothoscordum bivalve*, I. *Sisyrinchium angustifolium*, J. *Cyrtopodium macrobulbon*, K. *Epipactis gigantea*, L. *Bletia purpurea*, M. *Cohniella biorbicularis*, N. *Sarcoglottis schaffneri*, O. *Habenaria floribunda*, P. *Hypoxis decumbens*.

Asparagales en Altas Cumbres

Tabla 2. Valores de índices de diversidad de Margalef, de Shannon y el número efectivo de especies por tipo de vegetación en el ANP Altas Cumbres.

Tipo de vegetación/región	Índice de Margalef	Índice de Shannon	Número efectivo de especies
ANP Altas Cumbres	8.73	3.48	32.54
Bosque de encino	7.51	2.57	13.11
Bosque de pino	1.92	2.10	8.21
Bosque de galería	1.31	1.18	3.26
Matorral submontano	1.19	1.15	3.16
Bosque mesófilo de montaña	0.87	1.09	2.98
Matorral rosetófilo	1.52	0.94	2.55
Vegetación acuática	0.66	0.73	2.07
Bosque tropical subcaducifolio	2.00	0.70	2.01
Bosque de pino-encino	4.14	0.54	1.71

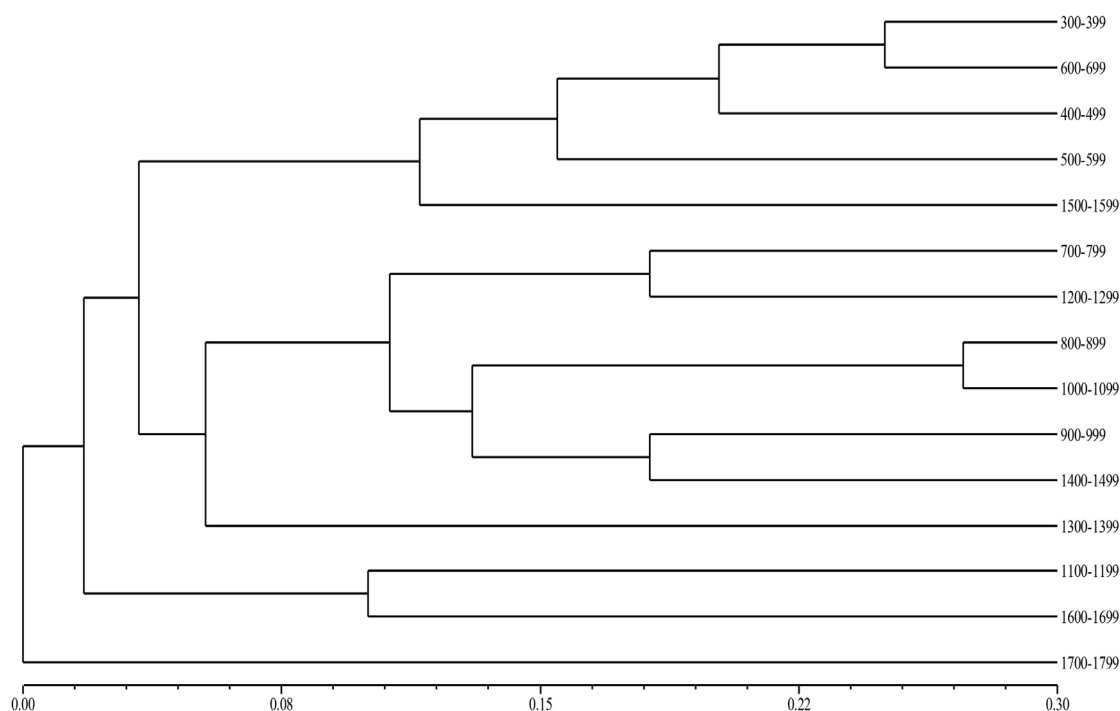


Figura 3. Dendrograma que muestra la similitud florística de las especies de Asparagales presentes en el ANP Altas Cumbres, en los 15 intervalos altitudinales (m snm).

Discusión

Riqueza y diversidad. La riqueza específica del orden Asparagales en el ANP Altas Cumbres representa 3.26 % del total de especies presentes en el territorio mexicano de acuerdo con Hernández-Sandoval *et al.* (2016), quienes registraron un total de 1,777 especies, registrándose en el área cinco de las seis familias del orden, presentes en México (APG 2016, Hernández-Sandoval *et al.* 2016).

Al comparar con García-Morales *et al.* (2014) se adicionan 24 especies nativas y una introducida al ANP Altas Cumbres, dos especies de Amaryllidaceae, cinco especies de Asparagaceae, dos especies de Iridaceae y 16 especies de Orchidaceae. En contraste con la Sierra Madre Oriental como provincia fisiográfica con un área de 22,015,151 hectáreas (Salinas-Rodríguez *et al.* (2021), en el ANP Altas Cumbres, la familia Orchidaceae presenta un 13.75 % y Asparagaceae un 17.94 % del total de especies. Esto es sumamente significativo, ya que las 30,327.85 hectáreas de superficie estudiada (GET-IEA-UAT 2014) representan menos del 0.14 % de la Sierra Madre Oriental.

En comparación con otras zonas cercanas, el ANP Altas Cumbres supera en diversidad de Asparagales a la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa con 37 especies, al Parque Nacional El Potosí con 20 especies y al Parque Nacional Cumbres del Monterrey con 41 especies, coincidiendo que la familia Orchidaceae cuenta con la mayor riqueza (Estrada-Castillón *et al.* 2013, De-Nova *et al.* 2019, 2023). El número de Asparagales en Altas Cumbres solamente es superado por la Reserva de la Biosfera El Cielo con 82 especies (especialmente orquídeas tropicales), aunque esta diferencia se debe a que esta última cuenta con una superficie mucho mayor (144,530 ha) y un rango altitudinal que va desde los 200 a los 2,353 m snm (Tabla 3).

En el área crecen 22 especies endémicas de México, lo cual corresponde solamente a 2.17 % de las 1,012 especies de Asparagales restringidas al territorio del país (Espejo-Serna 2012). De este grupo, tres de ellas (13.64 %) son endémicas de Tamaulipas (*Agave lexii* García-Mor., García-Jim. & Iamónico, *Beschorneria septentrionalis* García-Mend. y *Hesperaloe malacophylla* Hotchkötter & Mart.-Aval.). Una de las especies presentes en la zona tiene una categoría de riesgo, *Laelia speciosa* (Kunth) Schltr. se encuentra catalogada como Sujeta a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT 2025), cifra que representa solo el 0.55 % de las especies endémicas de México (Espejo-Serna 2012).

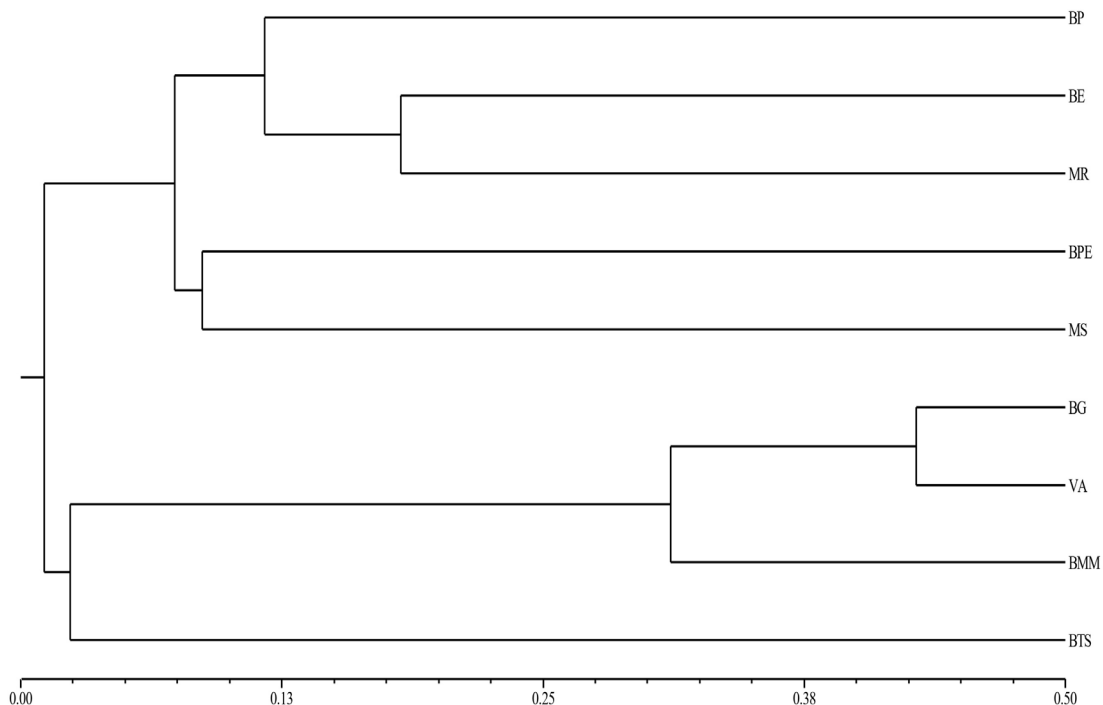


Figura 4. Dendrograma que muestra la similitud florística de los nueve tipos de vegetación presentes en el ANP Altas Cumbres: BE = bosque de encino; BP = bosque de pino; BPE = bosque de pino-encino; BTS = bosque tropical subcaducifolio; BMM = bosque mesófilo de montaña; BG = bosque de galería; MT = matorral rosetófilo; MS = matorral submontano; VA = vegetación acuática.

Tabla 3. Comparación de Altas Cumbres con otras áreas naturales protegidas de la Sierra Madre Oriental.

Área natural protegida	Superficie (has)	Intervalo altitudinal (m)	Número de especies
Altas Cumbres	30,327	450-2,100	58
Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa	21,464	100-820	37
Reserva de la Biosfera El Cielo	144,530	200-2,353	82
Parque Nacional Cumbres de Monterrey	177,367	600-3,400	41
Parque Nacional El Potosí	2,000	1,500-2,480	20

Los géneros y especies de Orchidaceae registradas para el ANP Altas Cumbres, representan 40 y 26.8 % respectivamente, de la riqueza de la familia reportada para el estado de Tamaulipas, de acuerdo con Hernández-López & Salazar-Chávez (2024). Se reportan en el presente trabajo 26 especies de orquídeas, cifra similar a la registrada por Baltazar-Leal *et al.* (2023), de 35 especies para una zona aledaña al ANP Altas Cumbres. Ambas áreas presentan similitudes ambientales, como los tipos de clima y la altitud, factores que determinan los tipos de vegetación y que permiten las condiciones de humedad que las especies requieren para su reproducción y supervivencia.

Al comparar la riqueza de orquídeas presentes en Altas Cumbres (30,327 ha) de 26 especies con la de otras ANP cercanas que forman parte de la Sierra Madre Oriental, se puede ver que ésta es muy semejante en el caso de la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa (21,464 ha) con 28 especies ya que cuentan con una superficie similar (Fortanelli-Martínez *et al.* 2018). Y por el contrario con relación a la Reserva de la Biosfera El Cielo, que presenta características similares en los tipos de vegetación, pero diferentes en referencia al área (144,530 ha), la riqueza de especies es superada por más del doble con 62 especies que reporta Lacaille-Múzquiz (2005), lo cual es entendible considerando que Altas Cumbres posee solamente el 20 % de su superficie y tiene un clima menos húmedo y tropical.

La familia Asparagaceae, con 21 especies se encuentra representada por un 6.75 % en comparación con las 311 a nivel nacional (Hernández-Sandoval *et al.* 2016). La subfamilia Agavoideae está integrada por cinco géneros y 15 especies en el área, que representan el 83.33 y 31.91 % respectivamente, de acuerdo con Treviño-Carreón *et al.* (2024) para el estado de Tamaulipas. *Agave* es el género con mayor número de especies en el estudio. Con 10 especies creciendo en el área, es una cifra importante de acuerdo con las 26 especies que menciona Treviño-Carreón *et al.* (2011) para el Estado.

La familia Iridaceae tiene una baja riqueza de especies y está representada por los géneros *Sisyrinchium* y *Tigridia*. Por un lado, *Sisyrinchium* posee tres especies y *Tigridia* solamente una, las cuales son pocas si se compara con regiones más amplias como El Bajío (Espejo-Serna *et al.* 2010) y el Valle de México (Rzedowski & Rzedowski 2010). Sin embargo, estas cuatro especies de Iridaceae representan el 28.6 % de la riqueza registrada (14 especies) recientemente para todo el estado de Tamaulipas (Mora-Olivo 2024). Amaryllidaceae con cinco especies fue una de las familias con baja riqueza, resultados que concuerdan con Rzedowski & Rzedowski (2010) y López-Ferrari & Espejo-Serna (2002), en donde las áreas que ellos abarcan son más grandes, pero el número de especies es significativamente bajo. Hypoxidaceae con dos especies representadas es la familia con menor riqueza de especies del presente estudio, *Hypoxis decumbens* L. e *H. mexicana* son especies de amplia distribución en México de acuerdo con Espejo-Serna & López-Ferrari (2001) y Rzedowski & Rzedowski (2010).

Algunos géneros de la familia Orchidaceae, como *Malaxis*, *Corallorhiza*, *Govenia*, *Habenaria*, *Ponthieva* y *Triphora* estuvieron presentes principalmente en el bosque de encino, el bosque de pino-encino y el bosque mesófilo de montaña, como sucede en otras porciones de la Sierra Madre Oriental (Baltazar-Leal *et al.* 2023). Así mismo, la familia también tiene algunos taxones representados en tipos de vegetación propios de elevaciones bajas, como el bosque de galería, el bosque tropical subcaducifolio y la vegetación acuática; tal es el caso de *Catasetum*, *Epipactis*, *Pelexia*, *Cohniella* y *Tropidia*. Particularmente, *Bletia purpurea* (Lam.) DC. y *Sarcoglottis sceptrodes* Schltr. crecen en el matorral submontano y *Cyrtopodium macrobulbon* (La llave & Lex.) G.A.Romero & Carnevali fue encontrada en el

matorral rosetófilo, todos ellos ambientes más secos, por lo que son consideradas plantas que se adaptan a diferentes nichos ecológicos, datos similares a los que menciona Hernández-López *et al.* (2012), exclusivamente para el estado de Tamaulipas.

Por otro lado, las especies de la familia Asparagaceae presentes en el área de estudio, particularmente de los géneros *Agave*, *Dasyllirion*, *Nolina* y *Yucca*, están presentes en ambientes más xéricos, como el matorral rosetófilo, el matorral submontano y el bosque tropical subcaducifolio, en tanto que otras como *Beschorneria septentrionalis*, *Agave mitis*, *Manfreda virginica* (L.) Rose, *Agave lexii*, *Hesperaloe malacophylla* y *Echeandia reflexa* Rose se distribuyen en el bosque de encino y el bosque de pino-encino, tipos de vegetación entre 600 y 1,500 m snm, en sitios usualmente más húmedos, lo que concuerda con los datos aportados por Treviño-Carreón & Valiente-Banuet (2005) sobre la vegetación en el estado de Tamaulipas.

Los resultados obtenidos evidencian una alta variabilidad en la diversidad de especies del orden Asparagales entre los diferentes tipos de vegetación. El ANP Altas Cumbres presentó los valores más altos en los índices de Margalef y de Shannon, lo que indica una alta riqueza y equidad en la distribución de especies y esto se puede atribuir a la heterogeneidad ambiental y al buen estado de conservación de la zona (Magurran 2004). Le siguió el bosque de encino, también con valores de alta diversidad ($^1D = 13.11$), posiblemente relacionada para Asparagales con un clima templado subhúmedo y suelos derivados de rocas metamórficas con buen drenaje (Rzedowski 1978).

En contraste, tipos de vegetación como el bosque tropical subcaducifolio y el bosque de pino-encino presentaron bajos valores de diversidad (Shannon < 0.71; $^1D < 2.1$), lo que indica dominancia de escasas especies o una representación naturalmente baja del orden Asparagales. Los valores de diversidad igualmente bajos para el matorral rosetófilo y la vegetación acuática pueden reflejar condiciones ambientales restrictivas o una especialización ecológica en particular (Givnish 1987). En el caso de *Agave* spp., *Dasyllirion* spp. y *Yucca* spp., plantas características de matorrales rosetófilos, se requiere de hábitats rocosos, escarpados y bien drenados (Granados-Sánchez *et al.* 2011). Por su parte especies como *Sisyrinchium angustifolium* y *Epipactis gigantea* Douglas requieren ambientes acuáticos o riparios (Rocchio *et al.* 2006).

Estos patrones anteriormente mencionados reflejan que los factores como altitud, precipitación, tipo de suelo y perturbación influyen en la presencia de Asparagales. En consecuencia, se recomienda priorizar la conservación de áreas como Altas Cumbres y sus bosques templados, donde este grupo muestra mayor diversidad.

Distribución. En el análisis de conglomerados la mayor similitud de las especies se presenta entre 800 y 1,099 m snm (Figura 3) y muestra una relación estrecha entre el bosque de galería y la vegetación acuática (Figura 4), lo cual difiere de los resultados obtenidos por Rubio-Pequeño *et al.* (2024) y Fernández-Puga *et al.* (2019), para otros grupos botánicos que se distribuyen ampliamente en la zona, a diferencia de la mayoría de las especies de Asparagales, que presentan una distribución más restringida y dispersa. En este estudio, las especies de las familias Amaryllidaceae y Orchidaceae están presentes usualmente en zonas altas y con menor exposición a la luz solar y, por lo tanto, más húmedas. Por otro parte, especies de la familia Asparagaceae normalmente crecen en zonas más bajas, comúnmente en matorrales con exposición mayor a la luz solar y más secos. Sin embargo, es evidente que los patrones de distribución altitudinal de las plantas en zonas montañosas se ven afectados por factores como la humedad, temperatura, precipitación, el tipo de suelo y la abundancia de las especies (Rascón-Ayala *et al.* 2018).

La similitud de las especies de Asparagales en el ANP Altas Cumbres difiere y contrasta entre el tipo de vegetación y la cota altitudinal. Esto es debido a que las agrupaciones responden quizá a factores distintos; por ejemplo, la relación entre el bosque de galería y la vegetación acuática es más cercana por estar asociada al agua, mientras que la similitud que se tiene entre los 800-1,099 m snm obedece a la afinidad de especies de climas templados como la de los bosques de encino y de pino-encino presentes. Sin embargo, estas variaciones podrían tomarse en cuenta en futuras medidas de conservación para especies de distribución restringida.

El área natural protegida Altas Cumbres en el estado de Tamaulipas constituye un importante reservorio del orden Asparagales, debido a la riqueza y diversidad de especies que están representadas en la misma. Sin embargo, es importante que se tomen medidas específicas en materia de conservación de las especies endémicas (Rzedowski 2015,

Salinas-Rodríguez *et al.* 2017), considerando amenazas como el crecimiento de la mancha urbana de Cd. Victoria, la deforestación, la minería a cielo abierto, los incendios forestales y el cambio climático. Ejemplo de esto podría ser la actualización del programa de manejo del área protegida, de tal manera que se eviten o detengan los impactos ambientales actuales. Así mismo, sería importante realizar estudios de las poblaciones de las especies endémica para proponer un estatus de protección adecuado para su conservación.

Agradecimientos

El primer autor agradece al M.C. L.G. Rubio-Pequeño y a la M.C. M.Y. Walle-Guzmán por su apoyo durante la investigación.

Literatura citada

- APG [The Angiosperm Phylogeny Group]. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plant: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* **181**: 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Baltazar-Leal S, Herrera M, Solano R. 2023. Diversidad de Orchidaceae en un área de la Sierra Madre Oriental, México. *Acta Botanica Mexicana* **130**: e2231. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm130.2023.2231>
- Caballero-Rico FC. 2019. *Estado de Conocimiento Generado sobre las Áreas Naturales Protegidas de Tamaulipas*. Ciudad de México: Colofón. Universidad Autónoma de Tamaulipas. ISBN: 978-607-635-073-7
- Camacho Ruiz RM, Gutiérrez Mora A, Gschaedler Mathis AC. 2023. *Los agaves y sus derivados: tendencias científicas, uso sostenible y patrimonio*. Guadalajara: Centro de Investigación y Asistencia de Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, AC. ISBN: 978-607-8734-56-6
- Chase WM. 2004. Monocot relationships: An overview. *American Journal of Botany* **91**: 1645-1655. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.91.10.1645>
- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. 2024. Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB). http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html (accessed May 21, 2024).
- CONANP [Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas]. 2024. *Áreas Naturales Protegidas*. <https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226> (accessed October 23, 2024).
- Cultid-Medina C, Escobar F. 2019. Pautas para la estimación y comparación estadística de la diversidad biológica (qD). In: Moreno CE. ed. *La Biodiversidad en un Mundo Cambiante: Fundamentos Teóricos y Metodológicos para su Estudio*. Ciudad de México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, pp. 175-02. ISBN: 978-607-482-598-5
- De-Nova J, González-Trujillo R, Castillo-Lara P, Fontanelli-Martínez J, Mora-Olivo A, Salinas-Rodríguez M. 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>
- De-Nova J, Salaices-Valdez E, Castillo-Lara P, Cilia-López V, Yáñez-Espinosa L, Gudiño-Cano A, Vázquez-Mendoza S. 2023. Inventario Florístico del Área Natural Protegida Parque Nacional El Potosí, San Luis Potosí, México. *Acta Botanica Mexicana* **130**: e2191. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm130.2023.2191>
- Espejo Serna A, López Ferrari AR. 1992. *Las monocotiledóneas mexicanas una sinopsis florística. 1. Lista de referencias. Parte 1 Agavaceae, Alismaceae, Alliaceae, Alstroemeriaceae y Amaryllidaceae*. DF, México: Consejo Nacional de la Flora de México, AC. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.
- Espejo-Serna A. 2012. El endemismo de las Liliopsida mexicanas. *Acta Botanica Mexicana* **100**: 195-257. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.36>
- Espejo-Serna A, López-Ferrari AR. 2001. *Hypoxidaceae. Flora de Veracruz* **120**: 1-14. DOI: <https://doi.org/10.21829/fv.359.2001.120>

- Espejo-Serna A, López-Ferrari AR, Ceja-Romero J. 2010. Familia Iridaceae. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* **61**: 1-81. DOI: <https://doi.org/10.21829/fb.80.2010.166>
- Estrada-Castillón E, Villarreal-Quintana J, Salinas-Rodríguez M, Rodríguez-González H, Jiménez-Pérez J, García-Aranda M. 2013. Flora and phytogeography of Cumbres de Monterrey National Park, Nuevo León, México. *Journal of the Botanical Institute of Texas* **7**: 771-801.
- Fernández-Puga E, Mora-Olivo A, McDonald A, de la Rosa-Manzano E. 2019. La familia Convolvulaceae en el municipio de Victoria, Tamaulipas, México. *Botanical Science* **97**: 539-548. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2234>
- Fortanelli-Martínez J, Castillo-Lara P, De Nova-Vázquez A. 2018. Las orquídeas. In: Reyes Hernández H, De Nova Vázquez J, Durán Fernández A. coords. *Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa Biodiversidad y Acciones para su Conservación*. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, pp. 79. ISBN: 978-607-535-054-7
- Freire-Fierro A. 2004. *Botánica Sistemática Ecuatoriana*. St. Luis Missouri: Missouri Botanical Garden. ISBN: 9978-43-481-X
- García-Morales L, Estrada-Castillón AE, García Jiménez J, Villarreal Quintanilla JA, Cantú Ayala C, Jurado Ibarra E, Vargas Vázquez VA. 2014. Florística y vegetación del área natural protegida Altas Cumbres, Tamaulipas, México. In: Barrientos Lozano L, Correa Sandoval A, Horta Vega JV, García Jiménez J, eds. *Biodiversidad de Tamaulipas Vol. 2*. Cd. Victoria: Dirección General de educación superior Tecnológico-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, México, pp. 15-73. ISBN: 978-607-00-7871-2
- Garza-Torres HA, Zamora-Tovar C, Requena-Lara GN. 2024. Áreas naturales protegidas. In: Cruz Angón A, López Higareda D, Melgarejo E, Rodríguez Ruiz ER. coords. *La biodiversidad en Tamaulipas, Estudio de Estado. Vol. III*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 29-35. ISBN: 978-607-8570-81-2
- GBIF [Global Biodiversity Information Facility]. 2024. <https://www.gbif.org> (accessed May 27, 2024).
- Gentry HS. 2004. *Agaves of Continental North America*. Tucson: The University of Arizona Press. ISBN 10: 0816523959.
- GET-IEA-UAT [Gobierno del Estado de Tamaulipas - Instituto de Ecología Aplicada-Universidad Autónoma de Tamaulipas]. 2014. *Programa de Manejo de la Zona Especial Sujeta a Conservación Ecológica Área Natural Protegida Altas Cumbres*. Ciudad Victoria: Gobierno de Tamaulipas.
- Givnish TJ. 1987. Comparative studies of leaf form: assessing the relative roles of selective pressures and phylogenetic constraints. *New Phytologist* **106**: 131-160. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1987.tb04687.x>
- Granados-Sánchez D, Sánchez-González A, Granados Victorino RL, Borja de la Rosa A. 2011. Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **17** supl: 111-130.
- Hernández-López TJ, Salazar-Chávez GA. 2024. Orquídeas (Orchidaceae). In: Cruz Angón A, López Higareda D, Melgarejo E, Rodríguez Ruiz ER. coords. *La Biodiversidad en Tamaulipas. Estudio de Estado. Vol. II*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 121-126. ISBN: 978-607-8570-80-5
- Hernández-López T, Treviño-Carreón J, Herrera Monsiváis M, García-Jiménez J. 2012. Contribución al conocimiento de las orquídeas de Tamaulipas, México. In: Ruiz Cancino E, Coronado Blanco JM, coords. *Recursos Naturales*. México: Universidad Autónoma de Tamaulipas, 12 pp. ISBN: 9786077654483
- Hernández-Mejía JA, De la Rosa-Manzano E, Delgado-Sánchez P, Vanoye-Eligio V. 2025. Analysis of traditional knowledge of epiphytic orchids on rural communities of a protected natural area from northeastern Mexico. *Lankesteriana* **25**: 43-56. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/lank.v25i1.64730>
- Hernández-Sandoval L, Martínez M, Gómez Sánchez M. 2016. Análisis florístico del orden Asparagales en Querétaro Capítulo 9. In: Jones R. ed. *Historia Natural de Querétaro*. Querétaro: Editorial Universitaria. Universidad Autónoma de Querétaro, pp. 197-221. ISBN: 978-607-513-244-0
- Heywood V, Brummitt RK, Culham A, Seberg O. 2009. *Flowering Plants of the World*. Kew: Royal Botanic Gardens. ISBN: 9781842461655

- Jost L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* **113**: 363-375. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Lacaille-Múzquiz JL. 2005. Las orquídeas. Historia Natural de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México. In: Sánchez-Ramos G, Reyes-Castillo P, Dirzo R. eds. *Historia Natural de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México*. Hong Kong: Universidad Autónoma de Tamaulipas, pp. 235-243. ISBN: 968-7662-67-0
- López-Ferrari AR, Espejo-Serna A. 2002. Amaryllidaceae. *Flora de Veracruz* **128**: 1-32. DOI: <https://doi.org/10.21829/fv.351.2002.128>
- Lot A, Chiang F. 1986. *Manual de Herbario. Administración y Manejo de Colecciones, Técnicas de Recolección y Preparación de Ejemplares Botánicos*. México, DF: Consejo Nacional de la Flora de México. ISBN: 9686144005
- Magurran AE. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Malden: Blackwell Publishing. ISBN: 0-632-05633-9
- Mora-Olivo A. 2024. Plantas vasculares. In: Cruz Angón A, López Higuera D, Melgarejo E, Rodríguez Ruiz ER. coords. *La Biodiversidad en Tamaulipas. Estudio de Estado. Vol. II*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 107-120. ISBN: 978-607-8570-80-5
- Mora-Olivo A, Martínez-Ávalos J, González-Rodríguez L, Garza-Torres H. 2009. El turismo en áreas naturales protegidas en Tamaulipas. *CienciaUAT* **40**: 30-35.
- Moreno C, Barragán F, Pineda E, Pavón N. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **82**: 1249-1261. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.745>
- Mostacedo B, Fredericksen TS. 2000. *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz, Bolivia: Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). <http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf> (accessed May 17, 2025).
- Rascón-Ayala JM, Alanís-Rodríguez E, Mora-Olivo A, Buendía-Rodríguez E, Sánchez-Castillo L, Silva-García JE. 2018. Differences in vegetation structure and diversity of a forest in an altitudinal gradient of the Sierra La Laguna Biosphere Reserve, Mexico. *Botanical Sciences* **96**: 598-608. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1993>
- Rohlf FJ. 2000. NTSYS-pc. *Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*. Version 2.1. New York: Exeter Publishing.
- Ricker M. 2019. *Manual para realizar las colectas botánicas del Inventario Nacional Forestal y de Suelos de México*. Ciudad de México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.conafor.gob.mx/apoyos/docs/externos/2022/DocumentosMetodologicos/2019/Manual_para_realizar_colectas_botanicas_del_inventario_forestal_de_Mexico_Oct_2019.pdf (accessed June 27, 2025).
- Rocchio J, March M, Anderson DG. 2006. *Epipactis gigantea Dougl. ex Hook. (stream orchid): A Technical Conservation Assessment*. Fort Collins: USDA Forest Service, Rocky Mountain Region. https://cnhp.colostate.edu/download/documents/Spp_assessments/epipactisgigantea.pdf (accessed September 5, 2025).
- Rubio-Pequeño LG, Mora-Olivo A, Estrada-Castillón E, Torres-Castillo J. 2024. Riqueza y distribución de leguminosas en un gradiente ambiental dentro del Área Natural Protegida Altas Cumbres, Tamaulipas, México. *Botanical Sciences* **102**: 1284-1299. <https://doi.org/10.17129/botsci.3493>
- Rzedowski J. 1978. *La vegetación de México*. Editorial Limusa, SA. 504 pp.
- Rzedowski J. 2015. Catálogo preliminar de plantas vasculares de distribución restringida a la Sierra Madre Oriental. *Flora del bajo y de regiones adyacentes*. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/fb.172.2015.XXXI>
- Rzedowski GC, Rzedowski J. 2010. Monocotyledonae. In: *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Edición digital, Pátzcuaro, Michoacán: Instituto de Ecología, AC. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 975-1297. ISBN: 970-9000-17-9
- Salinas-Rodríguez M, Estrada-Castillón E, Villarreal-Quintanilla JA. 2017. Endemic vascular plants of the Sierra Madre Oriental, Mexico. *Phytotaxa* **328**: 1. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.328.1.1>
- Salinas-Rodríguez M, Hernández-Sandoval L, Carrillo-Reyes P, Castillo-Gómez H, Castro-Castro A, Estrada-Castillón E, Figueroa-Martínez D, Gómez-Escamilla I, González-Elizondo M, Gutiérrez-Ortega J, Hernández-Rendón J, Munguía-Lino G, De-Nova J, Ortiz-Brunel J, Rubio-Méndez G, Ruiz-Sánchez E, Sánchez-Sánchez C, Sandoval-Mata T, Soltero-Quintana R, Steinmann V, Valencia S, Zamudio-Ruiz S. 2021. Diversidad de plantas

- vasculares de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, México. *Botanical Sciences* **100**: 469-492. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2864>
- SEMARNAT [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2025. PROY-NOM-059-SEMARNAT-2025. 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*. Ciudad de México: SSA. 14 de abril del 2025.
- Stevens PF. 2001-2017. *Asparagales*. St Louis: Angiosperm Phylogeny Website. Version 14. <https://www.mobot.org/mobot/research/apweb/> (accessed September 10, 2025).
- Thiers B. 2025. Index Herbariorum: A Global Directory of Public Herbaria and Associated Staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/> (accessed July 30, 2025).
- Treviño-Carreón J, Mora-Olivo A, Carreón-Pérez A, Valiente-Banuet A. 2011. Descubriendo el valor de los magueyes tamaulipecos. *CienciaUAT* **5**: 34-40.
- Treviño-Carreón J, Valiente-Banuet A. 2005. La vegetación de Tamaulipas y sus principales asociaciones vegetales. In: Barrientos Lozano L, Correa Sandoval A, Horta Vega J, García Jiménez J, eds. *Biodiversidad Tamaulipeca Vol. I*. Cd. Victoria: Dirección General de Educación Superior Tecnológica - Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, pp. 22-46. ISBN: 968-5823-19-7
- Treviño-Carreón J, Zúñiga-Estrada L, Terán-Treviño S, Sánchez-González A, Jacques-Hernández C. 2024. Agaváceas. In: Cruz Angón A, López Higareda D, Melgarejo E, Rodríguez Ruiz ER. coords. *La Biodiversidad en Tamaulipas. Estudio de Estado. Vol. II*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 139-148. ISBN: 978-607-8570-80-5
- Tropicos. 2025. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org> (accessed May 24, 2025).
- Villaseñor J, Ortiz E. 2022. A phytogeographic assessment of the Sierra Madre Oriental physiographic province, Mexico. *Botanical Sciences* **100**: 1102-1123. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.3086>

Editor de sección: Martha Juana Martínez Gordillo

Contribuciones de los autores: CCM, trabajo de campo, análisis de datos y escritura del artículo; AMO, trabajo de campo y escritura del artículo; LHS, escritura y revisión del artículo; EDRM, revisión y escritura del artículo; EAR, análisis de los datos y escritura del artículo.

Entidades financiadoras: La Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación por financiar el proyecto RENAJE-2024-9 que apoyó parcialmente este estudio y por la concesión de la beca de posgrado con el número de registro 1136162.

Conflictos de interés: Los autores declaramos que no existe ningún conflicto de intereses financieros, personales ni en cuanto a la presentación de la información y los resultados de este artículo.

Apéndice 1.

Material examinado

AMARYLLIDACEAE. *Allium glandulosum* Link & Otto, C. Cantú-Muñiz 142 (UAT), 074 (UAT), 076a (UAT). *Nothoscordum bivalve* (L.) Britton, C. Cantú Muñiz 072 (UAT), 131 (UAT). *Zephyranthes lindleyana* Herb., C. Cantú-Muñiz 109 (UAT), 106 (UAT). *Zephyranthes morrisclintii* Traub & T.M.Howard, J. Jiménez 136 (UAT). *Zephyranthes primulina* T.M.Howard & S.Ogden, G. Nesom 6241a, (TEX-LL). ASPARAGACEAE. *Agave americana* L., C. Cantú Muñiz 103 (UAT), 117 (UAT), 091 (UAT), 087 (UAT). *Agave angustifolia* Haw., C. Cantú-Muñiz 073 (UAT), L. Dewey 648 (MO), 649 (MO), 650 (MO). *Agave cryptica* G.D.Starr & T.J.Davis, C. Cantú-Muñiz 114 (UAT). *Agave funkiana* K.Koch & C.D.Bouché, C. Cantú-Muñiz 125 (UAT). *Agave lechuguilla* Torr., M. Martínez 752 (UAT), C. Cantú-Muñiz 092 (UAT), 116 (UAT), J. Dwyer 2020816 (MO). *Agave lexii* García-Mor., J. García-Jim. & Iamónico, C. Cantú-Muñiz 082a (UAT), L. García 5580 (ITCV). *Agave lophantha* Schiede, C. Cantú-Muñiz 085a (UAT). *Agave mitis* Mart., C. Cantú-Muñiz 133 (UAT). *Agave univittata* Haw., C. Cantú-Muñiz 124 (UAT). *Agave xylonacantha* Salm-Dyck, C. Cantú-Muñiz 088 (UAT). *Beschorneria septentrionalis* García-Mend., L. Hernández 1913 (UAT), 111047 (TEX-LL), C. Cantú-Muñiz 102 (UAT), 061(UAT). *Dasyllirion berlandieri* S.Watson, L. Hernández 2014 (UAT), D. Bloger 111088 (TEX-LL), 111117 (TEX-LL), Folsom 111109 (TEX-LL), C. Cantú-Muñiz 093 (UAT), 089(UAT), 081 (UAT), 060 (UAT). *Dasyllirion miquihuanense* Bogler, C. Cantú-Muñiz 119 (UAT). *Echeandia chandleri* (Greenm. & C.G.Thomps) M.C.Johnst., A. Mora-Olivo 7330 (UAT), C. Cantú-Muñiz 23 (UAT). *Echeandia paniculata* Rose, C. Cantú-Muñiz 141 (UAT). *Echeandia reflexa* Rose, R. Worthington 120 (UTEP), C. Cantú-Muñiz 138 (UAT), 026a (UAT), 134 (UAT), 077 (UAT), 064a (UAT). *Hesperaloe maculata* Hotchk. & Mart.-Aval., C. Cantú-Muñiz 101 (UAT), 080a (UAT). *Manfreda virginica* (L.) Rose, C. Cantú-Muñiz 062 (UAT). *Nolina nelsonii* Rose, C. Cantú-Muñiz 123 (UAT). *Yucca filifera* Chabaud, R. Merrill-King 1144364 (UM), C. Cantú-Muñiz 118 (UAT), 086 (UAT), 090 (UAT). *Yucca treculeana* Carrière, R. King 278521 (TEX-LL), C. Cantú-Muñiz 100 (UAT), 115 (UAT). IRIDACEAE. *Sisyrinchium angustifolium* Mill., A. Mora-Olivo 6788 (UAT); Cañón de la Libertad, 420 m, 23°46'18"N, 99°14'11"W, 25 de marzo del 2021, C. Cantú-Muñiz 051a (UAT), 052 (UAT), 104 (UAT), 098a (UAT), 112 (UAT), 107 (UAT). *Sisyrinchium cernuum* (E.P.Bicknell) Kearney, C. Cantú-Muñiz 113 (UAT), 099a (UAT). *Sisyrinchium schaffneri* S.Watson. C. Cantú-Muñiz 100 (UAT). *Tigridia pavonia* (L.f.) DC., C. Cantú-Muñiz 071 (UAT). ORCHIDACEAE. *Bletia purpurea* (Lam.) DC., C. Cantú-Muñiz 128 (UAT), 076 (UAT), 063 (UAT), 121 (UAT). *Catasetum integerrimum* Hook., C. Cantú-Muñiz 126 (UAT). *Cohniella biorbicularis* Balam & Cetzal, C. Cantú-Muñiz 53 (UAT), 110 (UAT), 111 (UAT). *Corallorhiza odontorhiza* (Willd.) Poir., M. Walle MW-1 (ITCV). *Corallorhiza wisteriana* Conrad, M. Walle MW-2 (ITCV). *Cyrtopodium macrobulbon* (La Llave & Lex.) G.A.Romero & Carnevali, C. Cantú-Muñiz 120 (UAT), 137 (UAT). *Epidendrum magnoliae* Muhl., M. Walle MW-20 (ITCV). *Funkiella parasitica* (A.Rich. & Galeotii) Salazar & Soto Arenas, M. Walle MW-4 (ITCV). *Epipactis gigantea* Douglas, C. Cantú-Muñiz 108 (UAT), 094a (UAT). *Govenia liliacea* (La Llave & Lex.) Lindl., C. Cantú-Muñiz 069 (UAT). *Habenaria floribunda* Lindl., C. Cantú-Muñiz 136 (UAT), 075 (UAT), 065 (UAT). *Malaxis brachyrrhyncha* Ames, M. Walle MW-8 (ITCV), C. Cantú-Muñiz 140 (UAT). *Malaxis histionantha* (Link, Klotzsch & Otto) Garay & Dunst., M. Walle MW-9 (ITCV). *Malaxis macrostachya* Kuntze, M. Walle MW-10 (ITCV). *Mesadenus lucayanus* Schltr., Runyon 924 (TEX-LL). *Mesadenus polyanthus* Schltr., C. Cantú-Muñiz 096a (UAT). *Laelia speciosa* (Kunth) Schltr., M. Walle MW-7 (ITCV). *Oestlundia cyanocolumna* (Ames, FT.Hubb. & C.Schweinf.) W.E.Higgins, C. Cantú-Muñiz 130 (UAT). *Pelexia gutturosa* (Rchb. f.) Garay, M. Walle MW-13 (ITCV). *Ponthieva racemosa* (Walter) C.Mohr, M. Walle MW-14 (ITCV). *Ponthieva schaffneri* (Rchb. f.) E.W.Greenw., C. Cantú-Muñiz 068a (UAT). *Prosthechea cochleata* (L.) W.E.Higgins, A. Mora-Olivo 6722 (UAT). *Sarcoglottis sceptrodes* Schltr., M. Yañez 109 (UAT), C. Cantú-Muñiz (UAT). *Sarcoglottis schaffneri* Ames, C. Cantú-Muñiz 132 (UAT). *Triphora trianthophoros* (Sw.) Rydb., M. Walle MW-17 (ITCV). *Tropidia polystachya* Ames, C. Cantú-Muñiz 021 (UAT), 095a (UAT), 127 (UAT). HYPOXIDACEAE. *Hypoxis decumbens* L., A. Mora-Olivo 6789 (UAT), C. Cantú-Muñiz 070 (UAT), 105 (UAT). *Hypoxis mexicana* Schult. & Schult. f., C. Cantú-Muñiz 18 (UAT), 22a (UAT), 135 (UAT), 097 (UAT), 036a (UAT).