

Informe final* del Proyecto JF076 Flora alpina del centro de México

Responsable: Dr. Victor Werner Steinmann
Institución: Instituto de Ecología A.C.
Centro Regional Bajío
Dirección: Av. Lázaro Cárdenas #253, Pátzcuaro Centro, Pátzcuaro, Mich, 61600,
México
Correo electrónico: victor.steinmann@inecol.edu.mx
Teléfono/Fax: 434-342-2698
Fecha de inicio: Julio 31, 2012.
Fecha de término: Octubre 6, 2017.
Principales resultados: Base de datos, fotografías, informe final.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Steinmann, V. W., Ramírez-Amezcuca, Y., Arredondo-Amezcuca, L. y R. A., Hernández-Cárdenas. 2017. Flora Alpina del Centro de México. Instituto de Ecología, A. C. Centro Regional del Bajío. **Informe final-SNIB-CONABIO proyecto JF076.** Ciudad de México.

Resumen:

La vegetación alpina es sumamente escasa en México. Se encuentra a elevaciones mayores a los 3900 m.s.n.m. en forma de pequeñas islas en la Sierra Madre Oriental en los estados de Coahuila y Tamaulipas, en el eje neovolcánico en los estados de Colima, Jalisco, México, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Veracruz, y en la Sierra de Tacaná de Chiapas. Aunque su diversidad relativa es baja en comparación a la de otros tipos de vegetación, destaca por tener el más alto nivel de endemismos estrictos por unidad de área y muchas plantas se conocen de una sola montaña. Considerando que la distribución actual de esta vegetación es sumamente reducida y que su desarrollo depende de condiciones extremadamente frías, se considera como un ecosistema altamente vulnerable a los efectos calentamiento global. Este proyecto se enfoca en inventariar y documentar la flora alpina del centro de México, de manera que sirva como base para estudios futuros sobre la conservación de plantas alpinas, del origen y evolución de la vegetación alpina del centro de México, fitogeografía y filogeografía, así como del efecto del cambio climático sobre este ecosistema. La realización de este proyecto resultará en una base de datos de las plantas alpinas, la colecta y distribución de especímenes, un incremento en el banco de imágenes de CONABIO, un sitio web "Flora Alpina del Centro de México" y un listado florístico actualizado que será sometido para su publicación en una revista con factor de impacto ISI, entre otros logros. Se solicitan \$846,700 para salidas a campo, revisión de herbarios y contratación de dos Biólogos y ya se cuenta con toda la infraestructura necesaria para la ejecución del proyecto.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

Nombre del proyecto: **FLORA ALPINA DEL CENTRO DE MÉXICO**

Responsable técnico: Dr. Victor Werner Steinmann, Investigador Titular “A”; correo electrónico: victor.steinmann@inecol.edu.mx; teléfono: 434-342-2698; fax: 434-342-2699

Corresponsable del Proyecto: M. en C. Yocupitzia Ramírez Amezcua

Número de convenio: FB1624/JF076/12

Técnico del proyecto: M. en C. Libertad Arredondo Amezcua

Técnico del proyecto: Biól. Rodrigo Alejandro Hernández Cárdenas

RESUMEN

La vegetación alpina del centro de México es sumamente escasa y se restringe a las cimas de las montañas más altas, por lo general en altitudes mayores a los 3900 m, aunque a veces se encuentra desde los 3700 m (p. e. El Ajusco). Durante un inventario detallado basado en trabajo de campo y revisión de material herborizado se registraron 215 especies de plantas vasculares, con 93% de ellas angiospermas. Las familias más diversas son Asteraceae (39 spp.), Poaceae (37 spp.), Caryophyllaceae (20 spp.) y Rosaceae (10 spp.), mientras los géneros más diversos son *Cerastium* (8 spp.), *Arenaria* (7 spp.), *Senecio* (7 spp.), *Muhlenbergia* (6 spp.) y *Agrostis* (6 spp.). Hay seis especies endémicas de la zona de estudio: *Calamagrostis schiedeana*, *Castilleja toluensis*, *Cerastium ramigerum*, *Chaerophyllum toluacanum*, *Draba nivicola* y *Plantago toluensis*. Otras cuatro especies se restringen a zonas alpinas de México y vegetación alpina vecina de Centroamérica: *Arenaria bryoides*, *Festuca livida*, *Gamochaeta standleyi*, *Robinsonecio gerberifolius*. Con respecto a la diversidad de las diferentes áreas, Iztaccíhuatl/Popocatepetl es el más diverso, con 157 especies, seguido por el Nevado de Toluca (98 spp.), Cofre de Perote (89 spp.), Cerros Telapón y Tlálloc (84), Pico de Orizaba (76), La Malinche (60 spp.), El Ajusco (44 spp.) y finalmente el Nevado de Colima (31 spp.). Los resultados, incluyendo listados florísticos de cada sitio, descripciones de los volcanes y fichas de las especies están disponibles en el sitio "florademexico/alpina/index.php".

INTRODUCCIÓN

Aunque la información florística de muchas partes de la tierra no se conoce aún con precisión, en México se han reconocido alrededor de 30,000 especies de plantas. Rzedowski (1991) mencionó que el entendimiento de la flora en el país se ubica entre el 75% y 90% del total y que un número significativo de plantas no han sido descritas por la ciencia. Por otro lado, la velocidad a la que están siendo encontradas, reportadas y descritas, es muy lenta y no a la par de la tasa de destrucción de los ecosistemas donde prosperan (Villaseñor, 2003). De manera que no solo las especies están en peligro de extinción, sino comunidades y biotas enteras. Uno de los ecosistemas amenazados en México es la vegetación alpina.

La vegetación alpina se caracteriza por un estrato herbáceo dominante que se restringe a las cimas de las montañas más altas, arriba del límite de la vegetación arbórea. Este ecosistema es sumamente escaso en el país y por lo general se encuentra a elevaciones mayores a los 3900 m, donde las temperaturas medias anuales son de 3° a 5°C. La vegetación alpina se encuentra en condiciones extremas, por lo general está sujeta a fuertes vientos, insolaciones muy altas y temperaturas bajo cero, además es común que durante parte del año el suelo esté cubierto por nieve (Rzedowski, 2006). En México se distribuye en forma de pequeñas islas en la Sierra Madre Oriental en los estados de Coahuila y Tamaulipas (McDonald, 1990), en la FVTM (Faja Volcánica Transmexicana) en los estados de Colima, Jalisco, México, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Veracruz (Almeida-Leñero et al., 2007; Narave, 1985), y en la Sierra de Tacaná de Chiapas (Miranda, 1952). Aunque los pastizales alpinos no son particularmente diversos, las zonas alpinas destacan por poseer un alto nivel de endemismos estrictos por unidad de área y algunas plantas se conocen de un solo pico (McDonald, 1998).

Existen pruebas sobre la reducción de los glaciares del centro de México (Delgado-Granados, 1997; Lugo, 1984), sin embargo, se desconoce cómo estos cambios están impactando a la biodiversidad de las zonas alpinas vecinas. Considerando que la distribución actual de la vegetación de alta montaña es sumamente pequeña y que su desarrollo depende de factores muy particulares, existe la posibilidad de que durante el transcurso del siglo XXI este ecosistema sea reemplazado por bosques que prosperan en

condiciones menos frías; de ahí la urgencia de inventariar y estudiar las zonas alpinas del país.

OBJETIVO GENERAL

Inventariar y documentar la flora alpina del centro de México.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Preparar una base de datos con ejemplares recolectados en la vegetación alpina del centro de México, así como de las colectas depositadas en herbarios.
- Determinar los ejemplares a nivel de especie, así como preparar y actualizar listados florísticos para cada uno de los sitios.
- Determinar cuáles son las especies raras y/o endémicas de este tipo de vegetación, así como la distribución de las demás especies presentes.
- Fotografiar las plantas, para corroborar y facilitar su determinación, además del uso en el presente y futuros estudios.
- Fotografiar los sitios visitados con el fin de documentar el estado actual de la vegetación, permitiendo realizar estudios comparativos de estas zonas en el futuro.
- Crear el sitio web “Flora Alpina del Centro de México”.
- Elaborar un listado florístico de la vegetación alpina del centro de México que será sometido para su publicación.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprendió las altitudes entre 3900–4750 m de los volcanes enlistados enseguida, a excepción de El Ajusco, donde, por razón desconocida, la vegetación alpina se desarrolla más abajo que en otros volcanes y comienza desde los 3700 m. Los sitios fueron seleccionados de acuerdo con su importancia y representatividad de vegetación alpina del centro de México, misma que se desarrolla en la franja entre el límite arbóreo y el límite superior de vegetación.

- Pico de Orizaba (incluyendo Sierra Negra): Puebla y Veracruz; 18°58'–19°04'N, 97°14'–97°19'N, altitud máxima 5702 m.
- Popocatepetl/Iztaccíhuatl (incluyendo anexos de la sierra nevada: Tláloc y Telapón): Edo. de México, Morelos y Puebla; 19°00'–19°13'N, 98° 35'–98° 40'W, altitud máxima 5452 m.
- Nevado de Toluca: Edo. de México; 19°05'–19°07'N, 99°43'–99°47'W, altitud máxima 4564 m.
- Volcán La Malinche: Puebla y Tlaxcala; 19°13'–19°14'N, 98°00'–98°02'W, altitud máxima 4462 m.
- Nevado de Colima: Colima y Jalisco; 19°32'–19° 35'N, 103°35'–103°37'W, altitud máxima 4450 m.
- Cofre de Perote: Veracruz; 19°28'–19°30'N, 97°08'–97°10'W, altitud máxima 4250 m.
- El Ajusco: Distrito Federal; 19°12'12"–19°12'27"N, 99°15'29"–99°15'37"W, altitud máxima 3930 m.

MÉTODOS USADOS

Revisión de literatura: Se realizó una revisión exhaustiva de la bibliografía pertinente, por ejemplo: trabajos taxonómicos, listados florísticos, floras, etc. También se consultaron bases de datos, además de la información encontrada en páginas web especializadas (p. e. electronic Plant Information Centre (ePIC), Biodiversity Heritage Library, la Red Mundial de Información de la Biodiversidad (REMIB), Tropicos.org, entre otros). Con base en la información recabada se realizó un listado preliminar de la flora alpina del centro de México (Anexo 1) para después corroborarlo y ampliarlo con el trabajo de campo.

Colecta y procesamiento de material: La recolección y preservación de los ejemplares se realizó siguiendo un protocolo convencional para su herborización (Lot y Chiang, 1986). La colecta incluyó todas las plantas vasculares (Pteridofitas, Gimnospermas y Angiospermas) que presentaron estructuras reproductivas para su correcta identificación.

La sustracción de material se llevó a cabo considerando que algunas especies son raras y pueden estar en peligro de extinción, por lo que, en todos los casos se evaluó el estado de la población. Para cada ejemplar se registraron datos de localidad, elevación, así como información relevante para su identificación (p.e. color de la flor, altura de la planta, etc.), además de la fecha, colector(es) y número de colecta. Cuando las condiciones lo permitieron se colectaron dos o más ejemplares; el juego principal se depositó en el herbario del Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío (IEB) y otro juego de duplicados están destinado al Herbario Nacional de México (MEXU) y otros herbarios.

Determinación de los ejemplares: Para la determinación de los ejemplares recolectados en campo se utilizaron claves de la literatura especializada (p. e. Rzedowski y Rzedowski, 2005; McVaugh, 1984) disponible en la biblioteca del Instituto de Ecología - Centro Regional del Bajío y claves interactivas (p. e.: Neotropikey), así como el material depositado en diferentes herbarios. La consulta de material tipo en las colecciones y a través del sitio web Jstor Plant Science arrojó valiosa información; a pesar de que en muchos casos no examinamos directamente los ejemplares, las imágenes de alta resolución disponibles a través del sitio web, permitieron corroborar caracteres morfológicos y confirmar las determinaciones.

Revisión de colecciones: Se revisó y cotejó el material depositado en los siguientes herbarios: I) ENCB (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional); II) FMCE (Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México); III) IBUG (Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara); IV) IEB (Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío); V) MEXU (Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México); VI) MSC (Michigan State University); y VII) XAL (Instituto de Ecología, A.C.).

Base de datos: Los ejemplares recolectados en el trabajo de campo, junto con los revisados en los herbarios antes mencionados, fueron capturados en la base de datos diseñada por la CONABIO para este proyecto, utilizando el Sistema de Información Biótica versión 5.0.

La capturas de ejemplares de herbario contiene la información disponible en las etiquetas de colecta, respetando la terminología, estilo e idioma de las mismas. Se incluyeron ejemplares cuya etiqueta especificaba una distribución altitudinal superior a 3900 m o que señalara como tipo de vegetación al pastizal alpino (también llamado pradera alpina, zacatonal alpino, páramo de altura, vegetación alpina, etc.). En esta revisión no se tomó en cuenta el número de catálogo de algunos herbarios, debido a que no se considera un dato relevante para los fines de este estudio. Además, este dato suele ser de control interno y algunas instituciones no lo manejan (tal es el caso del herbario de la Michigan State University, uno de los incluidos en este proyecto).

En el caso de los ejemplares recolectados, se capturaron los datos comprometidos en el convenio: herbario, colectores, fecha, número de colecta y número de duplicados; región (incluyendo Estado y Municipio, Región Terrestre Prioritaria y Área Natural Protegida), sitio y localidad de colecta; altitud; determinador y fecha de determinación; restricciones de uso; tipo de preparación del material; abundancia, ambiente y hábitat; tipo de vegetación de acuerdo a Rzedowski (1978), color de la flor o fruto, tamaño del ejemplar, forma de crecimiento y tipo de suelo.

Fotografías: Se tomaron fotografías de alta calidad para ser incorporadas al acervo del Banco de Imágenes de la CONABIO siguiendo los requerimientos especificados en el mismo. Cuando fue posible se tomaron fotos del hábito y acercamientos de las flores, frutos y otros órganos diagnósticos. Además, se tomaron fotos de la vegetación y el panorama de los sitios visitados.

Preparación del sitio web: Generamos un sitio web “Flora Alpina del centro de México” para albergar y difundir la información recabada durante el proyecto (florademexico/alpina/index.php). Contiene el listado de las especies encontradas y algunas fotografías ilustrativas del paisaje y las especies alpinas. También se generaron fichas taxonómicas para cada especie, incluyendo fotos de ejemplares y sus hábitats. Las fichas se prepararon con una descripción breve de la planta, su distribución, una lista de los sinónimos que consideramos pertinentes, ejemplares representativos, datos sobre fenología,

referencias bibliográficas del protólogo, y para algunas especies datos del material tipo y los herbarios donde se encuentra depositado.

Preparación del listado florístico: Se elaboró un listado florístico de la vegetación alpina del centro de México, el cual está basado en las colectas realizadas y el material consultado en los herbarios. Éste listado será sometido a una revista científica para su publicación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Trabajo de campo: En el transcurso del proyecto se recolectaron 1,323 ejemplares, durante 55 salidas a campo, mismas que se enlistan enseguida. Por cada volcán se hicieron los siguientes números de colectas: Cofre de Perote (54), El Ajusco (55), Iztaccíhuatl (235), La Malinche (105), Nevado de Colima (81), Nevado de Toluca (170), Pico de Orizaba (291), Popocatepetl (87), Sierra Negra (106), Telapón (74) y Tláloc (65).

Cofre de Perote: 9 de octubre del 2012, 11 de noviembre del 2013.

Iztaccíhuatl: 15 y 16 de noviembre del 2012, 18 y 19 de junio del 2013, 11 de julio del 2013, 14 de septiembre del 2013, 24 de noviembre del 2013, 19 y 28 de junio del 2014.

La Malinche: 28 y 29 de junio del 2013, 13 de noviembre del 2013, 17 y 18 de junio del 2014, 17 de julio del 2014

Nevado de Colima: 8 y 9 de noviembre del 2012, 23 y 24 de julio del 2013, 27 de septiembre del 2013, 28 de noviembre del 2013.

Nevado de Toluca: 10 de septiembre del 2012, 17 de octubre del 2012, 28 de mayo del 2013, 20 y 21 de noviembre del 2013, 10 y 11 de junio del 2014.

Pico de Orizaba: 5 y 6 de diciembre del 2012, 25 y 27 de junio del 2013, 9 y 10 de noviembre del 2013, 5, 7 y 8 de junio del 2014, 09 y 31 de julio del 2014, 01 y 22 de agosto de 2014

Popocatepetl: 11 de septiembre del 2012, 14 de noviembre del 2012, 10 y 11 de septiembre del 2013, 23 de noviembre del 2013, 26 de junio del 2014.

Sierra Negra: 26 de junio del 2013, 12 de noviembre del 2013, 4, 6 27 y 28 de junio del 2014.

Telapón: 12 de julio del 2013, 12 de septiembre del 2013.

Tlálloc: 10 de julio del 2013, 22 de noviembre del 2013.

El Ajusco: 17 y 21 de julio del 2015; 15 de agosto de 2015

Determinación de ejemplares: A partir de la revisión de herbarios y la identificación de los ejemplares recolectados, se generó un listado general de la flora alpina con 42 familias, 121 géneros y 215 especies (Apéndice 1). En el Cuadro 1 se muestra el número total de Angiospermas, Gimnospermas y Pteridofitas, mientras la diversidad de familias, géneros y especies por cima montañosa en el área de estudio se muestra en el Cuadro 2. Encontramos que las familias representadas por mayor número de especies en el pastizal alpino son: Asteraceae (39), Poaceae (37), Caryophyllaceae (20), Rosaceae (10), Crassulaceae (8). Asteraceae y Poaceae resultaron las familias con más géneros (25 y 14, respectivamente), seguidas por Caryophyllaceae (7), Brassicaceae (6) y Apiaceae (5). Por otro lado, los géneros representados por más especies son: *Cerastium* (8), *Arenaria* y *Senecio* (7), *Muhlenbergia* y *Agrostis* (6), *Poa*, *Carex* y *Alchemilla* (5).

Cuadro1. Diversidad de familias, géneros y especies de la Flora Alpina del Centro de México.

	Familias	Géneros	Especies
Pteridofitas	5	10	10
Gimnospermas	2	3	3
Angiospermas			
Monocotiledóneas	6	21	50
Dicotiledóneas	29	89	152
Total	42	123	215

Cuadro 2. Diversidad de familias, géneros y especies especies por cima montañosa en el área de estudio.

Zona de Estudio	Familias	Géneros	Especies
-----------------	----------	---------	----------

Iztaccíhuatl/Popocatepetl	36	90	157
Nevado de Toluca	29	65	98
Cofre de Perote	27	61	89
Telapón y Tlálóc	30	62	84
Pico de Orizaba (incluyendo la Sierra Negra)	28	59	76
La Malinche	25	45	60
El Ajusco	24	38	44
Nevado de Colima	15	26	31

Revisión de colecciones: Se tomaron datos de 3736 ejemplares:

- I) ENCB: 735 ejemplares de 82 especies
- II) FMCE: 55 ejemplares de 15 especies
- III) IBUG: 154 ejemplares de 48 especies
- IV) IEB: 247 ejemplares de 70 especies
- V) MEXU: 1143 ejemplares de 122 especies
- VI) MSC: 1041 ejemplares de 139 especies
- VII) XAL: 361 ejemplares de 59 especies

Especies raras y endemismos: Existen muchas especies de la zona de estudio que se conocen de solamente una colecta y/o un solo volcán (p.e. *Lobelia nana*, *Claytonia perfoliata* y *Elatine brachysperma*). Sin embargo, estas especies son ampliamente distribuidas en elevaciones inferiores y sus distribuciones apenas alcanzan la vegetación alpina; la mayoría ellas no se pueden considerar amenazadas en la actualidad, aunque cabe mencionar que *Juniperus monticola* fo. *monticola* se encuentra en NOM-059-2010 bajo la categoría "Sujeta a Protección Especial (PR)". Además hay seis especies endémicas de la

zona de estudio: *Calamagrostis schiedeana*, *Castilleja toluensis*, *Cerastium ramigerum*, *Chaerophyllum toluacanum*, *Draba nivicola* y *Plantago toluensis*. Otras cuatro especies se restringen a zonas alpinas de México y vegetación alpina cercana en Centroamérica: *Arenaria bryoides*, *Festuca livida*, *Gamochaeta standleyi* y *Robinsonecio gerberifolius*. Todas las especies anteriormente mencionadas están presentes en más de un volcán y tienen poblaciones grandes en por lo menos uno de los sitios. Sin embargo, se puede considerar la posibilidad que éstas tengan problemas de supervivencia debido a que su área de distribución es muy reducida y puede ser aún más limitada en el futuro debido al efectos del calentamiento global.

Estudio sobre modelado de nicho ecológico: Aunque no fue planteado inicialmente en el proyecto, usamos parte de los datos recopilados durante el proyecto para elaborar un estudio de modelado de nicho ecológico para cinco especies endémicas de la vegetación alpina de México. El manuscrito fue sometido a la revista *Global Change Biology* el 24 de marzo de 2015 y se encuentra en revisión. Entre los resultados de este análisis, destaca que la flora endémica de las zonas alpinas se encuentra en alto riesgo de extinción debido a los cambios climáticos ya que todas las especies proyectadas a 2050 y 2070 muestran grandes reducciones en el hábitat propicio disponible para su supervivencia.

Fotografías: Se integraron 500 fotos a la base de datos de CONABIO, asignándolas a ejemplares o sitios correspondientes. Más de 200 fotos adicionales están disponibles en el sitio web del proyecto.

Sitio web: Se creó un sitio web “Flora Alpina del centro de México”, (florademexico/alpina/index.php). Éste contiene el listado de las especies encontradas y algunas fotografías ilustrativas del paisaje y especies alpinas. Además, fichas taxonómicas para las especies, incluyendo fotos de ejemplares y sus hábitats. Las fichas incluyen datos como distribución (tanto global como dentro del área de estudio), una descripción breve de la planta, sinónimos, ejemplares representativos, datos sobre fenología, referencias bibliográficas del protólogo, así como en algunos caso los datos del tipo (holotipo, isotipo y neotipo) incluyendo los herbarios donde se encuentran depositados.

Base de datos: La base de datos contiene 2155 registros, de los cuales 1021 son colectas realizadas durante el proyecto y 1134 son colectas depositadas en diferentes herbarios:

- ENCB: 307 ejemplares de 50 especies
- FMCE: 53 ejemplares de 14 especies
- IBUG: 95 ejemplares de 29 especies
- IEB: 230 ejemplares de 70 especies
- MEXU: 354 ejemplares de 67 especies
- MSC: 124 ejemplares de 86 especies
- XAL: 74 ejemplares de 15 especies
- US: 1 ejemplar de 1 especie

Presentaciones en congresos nacionales: Participamos en tres congresos nacionales con cuatro carteles relacionados al proyecto.

1. Septiembre de 2013: III Simposio de Investigación del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl; Cartel "La flora alpina del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl"
2. Septiembre de 2014: IV Simposio de Investigación del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl; Cartel "Sitio web del pastizal alpino del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl".
3. Octubre de 2013: XIX Congreso Mexicano de Botánica; Carteles "Flora alpina de la Faja Volcánica Transmexicana" y "Polinización y dispersión de la vegetación alpina del centro de México".

Colaboración con el Parque Nacional Itza-Popo: Elaboramos fichas descriptivas de las 12 especies más representativas del pastizal alpino para el sitio web del Parque Nacional Izta-Popo (un ejemplo:

http://iztapopo.conanp.gob.mx/documentos/fichas_de_especies/Eryngium_proteaeflorum.pdf); además les compartimos 100 fotografías de paisajes alpinos para su archivo

Propuestas para protección de especies alpinas: En enero de 2014 propusimos seis especies del pastizal alpino para agregar a alguna categoría de protección, atendiendo al aviso de la SEMARNAT, publicado el 19 de noviembre de 2013, en el cual se convocó a presentar propuestas de inclusión, exclusión o cambio de categoría de la lista de especies en riesgo del anexo III de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Así, se enviaron las fichas técnicas con la información existente para proponer la inclusión de las siguientes especies en la NOM:

1. *Arenaria bryoides* Willd. ex Schltldl.: Endémica del pastizal alpino: Sujeta a protección especial (Pr).
2. *Calamagrostis schiedeana* (Rupr. ex E. Fourn.) Hitchc.: Endémica del pastizal alpino de la porción oriental de la Faja Volcánica Transmexicana: Amenazada (A).
3. *Castilleja toluensis* H.B.K.: Endémica del pastizal alpino de la porción centro-oriental de la Faja Volcánica Transmexicana: Amenazada (A).
4. *Draba nivicola* Rose: Endémica del pastizal alpino de la porción centro-oriental de la Faja Volcánica Transmexicana: Amenazada (A).
5. *Plantago toluensis* Pilger: Endémica del pastizal alpino de la porción central de la Faja Volcánica Transmexicana: Amenazada (A).

6. *Eryngium proteiflorum* F. Delaroche: Endémica de los bosques de coníferas y pastizal alpino de la Faja Volcánica Transmexicana: Sujeta a protección especial (PR).

LITERATURA CITADA

Almeida-Leñero, L., M. Escamilla, J. Giménez de Azcárate, A. González-Trápaga y A.M. Cleef. 2007. Vegetación alpina de los volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Nevado de Colima; pp. 179–198. *En*: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Universidad Nacional de México, México, D.F.

Delgado-Granados, H. 1997. The glaciers of Popocatepetl volcano (Mexico). *Quat. Int.* 43/44: 53–60.

Jstor Plant Science en línea. <<<http://plants.jstor.org>>>. Consultado entre septiembre de 2012 – noviembre de 2014.

Lot, A. y F. Chiang. 1986. Manual del herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares de herbario. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. México, D.F. 142 pp.

Lugo J. 1984. Geomorfología del sur de la cuenca de México. Instituto de Geografía, UNAM. Serie Varia 8: 1–95.

McDonald, J.A. 1990. The alpine-subalpine flora of northeastern Mexico. *Sida* 14: 21–28.

McDonald, J.A. 1998. Fitogeografía e historia de la flora alpina-subaplina del noreste de México; pp. 665–686. *En*: Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Diversidad Biológica de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional de México, México, D.F.

McVaugh, R. 1984. Compositae. Flora Novo-Galiciana, vol. 12. The University of Michigan Press. Michigan.

Miranda, F. 1952. La Vegetación de Chiapas. Ediciones del Gobierno del Estado 1: 1–334.

Missouri Botanical Garden en línea. <<<http://www.tropicos.org>>>. Consultado entre septiembre de 2012 – noviembre de 2014.

Narave, H. 1985. La vegetación del Cofre de Perote, Veracruz. *Biótica* 1: 35–57.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D.F.

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Act. Bot. Mex.* 14: 3–21.

Rzedowski, G. C. de, Rzedowski, J. y colaboradores, 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. Ed., 1a. reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra Edición, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 pp.

Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y Distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28: 160–167.

APÉNDICE 1

Abreviaturas: AJ, El Ajusco; CP, Cofre de Perote; IZ, Iztaccíhuatl; LM, La Malinche; NC, Nevado de Colima; NT, Nevado de Toluca; PO, Pico de Orizaba, PP; Popocatepetl, SN; Sierra Negra, TL: Tlálloc y TE; Telapón.

Especies	Volcanes
PTERIDOPHYTA	
ASPLENIACEAE	
<i>Asplenium castaneum</i> Schldl. & Cham	AJ, NC, NT, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
DRYOPTERIDACEAE	
<i>Elaphoglossum hartwegii</i> (Fée) T. Moore	IZ, CP, SN
<i>Polystichum speciosissimum</i> (A. Braun ex Kunze) Copel.	AJ, NT, IZ, LM, CP, SN, PO
POLYPODIACEAE	
<i>Melpomene pilosissima</i> (M. Martens & Galeotti) A.R. Sm. & R.C. Moran	IZ, CP
<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roem. ex Kunze) T. Moore	PP
<i>Polypodium californicum</i> Kualf.	CP
<i>Terpsichore spathulata</i> A.R. Sm.	IZ

PTERIDACEAE

Cheilanthes lendigera (Cav.) Sw.

SN

Pellaea ternifolia (Cav.) Link

SN

WOODSIACEAE

Cystopteris fragilis (L.) Bernh.

NC, NT, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO

GYMNOSPERMAE

CUPRESSACEAE

Juniperus monticola fo. *compacta* Martínez

NC, NT, AJ, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO

PINACEAE

Abies religiosa (H.B.K.) Schltdl. & Cham.

SN

Pinus hartwegii Lindl.

AJ, NC, NT, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO

ANGIOSPERMAE (LILIOPSIDA)

COMMELINACEAE

Weldenia candida Schult. f.

TL

CYPERACEAE

<i>Carex curviculmis</i> Reznicek	TL
<i>C. echinata</i> Murray	IZ
<i>C. hermannii</i> Cochrane	IZ
<i>C. orizabae</i> Liebm.	IZ, CP, PO
<i>C. peucophila</i> Holm	NT, TE, TL, IZ
<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. & Schult.	NT

IRIDACEAE

<i>Sisyrinchium quadrangulatum</i> Klatt	NC, NT, TE, TL, IZ, LM, PO
<i>S. tenuifolium</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	IZ, PP

JUNCACEAE

<i>Juncus arcticus</i> Willd.	IZ
<i>Luzula caricina</i> E. Mey.	IZ
<i>L. racemosa</i> Desv.	NC, NT, AJ, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO

MELANTHIACEAE

<i>Stenanthium frigidum</i> (Schltdl. & Cham.) Kunth	AJ, TE
--	--------

POACEAE

<i>Agrostis bourgeaei</i> E. Fourn.	NT, AJ, IZ, LM
<i>A. calderoniae</i> Acosta Cast.	IZ
<i>A. perennans</i> (Walter) Tuck.	NT
<i>A. subpatens</i> Hitchc.	IZ, PP, LM
<i>A. toluensis</i> H.B.K.	NC, NT, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>A. sp.</i>	TE
<i>Aristida schiedeana</i> Trin. & Rupr.	NT
<i>Blepharoneuron tricholepis</i> (Torr.) Nash	NT, IZ
<i>Bromus carinatus</i> Hook. & Arn.	CP, PO
<i>B. exaltatus</i> Bernh.	NT, CP
<i>Calamagrostis orizabae</i> (Rupr. ex E. Fourn.) Beal	NC, NT, IZ, CP
<i>C. rigescens</i> (J. Presl) Scribn.	CP
<i>C. schiedeana</i> (Rupr. ex E. Fourn.) Hitchc.	CP, SN, PO
<i>C. toluensis</i> (H.B.K.) Trin.	NC, NT, AJ, TE, TL, IZ, PP, LM
<i>Cinna poiiformis</i> (H.B.K.) Scribn. & Meir.	PP, TL, IZ, LM
<i>Deschampsia liebmanniana</i> (E. Fourn.) Hitchc.	NT, IZ, CP, PO
<i>Festuca hephaestophila</i> Nees ex Steud	NT, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>F. jaliscana</i> E.B. Alexeev	NC
<i>F. livida</i> (H.B.K.) Willd. ex Spreng.	NT, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>F. toluensis</i> H.B.K.	NC, NT, AJ, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO

<i>Muhlenbergia nigra</i> Hitchc.	NT, IZ, PP, LM
<i>M. orophila</i> Swallen	IZ
<i>M. peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.	TL, IZ
<i>M. quadridentata</i> (H.B.K.) Trin.	NC, NT, IZ, PP
<i>M. ramulosa</i> (H.B.K.) Swallen	NC, NT
<i>Nassella mexicana</i> (Hitchc.) R.W. Pohl.	NT
<i>Phleum alpinum</i> L.	CP, IZ
<i>Poa annua</i> L.	NT, TE, IZ, PP, LM, CP, PO
<i>P. calycina</i> var. <i>mathewsii</i> (Ball) Reulio	NT, TL, IZ, LM
<i>P. conglomerata</i> Rupr. ex Peyr.	IZ, PP, CP, SN, PO
<i>P. orizabensis</i> Hitchc.	IZ, SN, PO
<i>P. villaroelii</i> Phil.	TE
<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) H.B.K.	NT, PP
<i>Trisetum altijugum</i> (E. Fourn.) Scribn.	IZ, PP, CP
<i>T. spicatum</i> (L.) K. Richt.	NC, NT, AJ, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>Vulpia myuros</i> (L.) C.C. Gmel.	PO

ANGIOSPERMAE (MAGNOLIOPSIDA)

APIACEAE

<i>Oreomyrrhis orizabae</i> I.M. Johnst.	IZ, PP, CP, PO
<i>C. tolucanum</i> (I.M. Johnst.) K.F. Chung	NT, IZ, LM.
<i>Eryngium carlinae</i> F. Delaroche	IZ
<i>E. proteiflorum</i> F. Delaroche	NT, TE, TL, AJ, IZ, PP, LM, CP, PO
<i>Lilaeopsis schaffneriana</i> (Schltdl.) J.M. Coult. & Rose	IZ
<i>Oreomyrrhis orizabae</i> I.M. Johnst.	IZ, PP, CP, PO
<i>O. tolucana</i> I.M. Johnst.	NT, IZ, LM.
<i>Ottoa oenanthoides</i> H.B.K.	CP
<i>Tauschia alpina</i> (J.M. Coult. & Rose) Mathias	NT, TE, TL, IZ

ASTERACEAE

<i>Achillea millefolium</i> L	AJ, CP
<i>Ageratina prunellifolia</i> (H.B.K.) R.M. King & H. Rob.	NT, IZ, CP, PO
<i>Baccharis conferta</i> H.B.K.	AJ, PO
<i>Barkleyanthus salicifolius</i> (H.B.K.) H. Rob. & Brettell	PO
<i>Bidens anthemoides</i> (DC.) Sherff	NT, IZ
<i>B. triplinervia</i> H.B.K.	AJ, NC, NT, IZ
<i>Chionolaena lavandulifolia</i> (H.B.K.) Benth. & Hook. f. ex B.D. Jacks.	NT, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>Cirsium ehrenbergii</i> Sch. Bip.	AJ, NT, IZ, PP, CP
<i>C. nivale</i> (H.B.K.) Sch. Bip.	AJ, NT, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, PO
<i>Conyza coronopifolia</i> H.B.K.	CP

<i>Cotula mexicana</i> (DC.) Cabrera	IZ
<i>Dahlia merckii</i> Lehm.	AJ
<i>Dugaldia integrifolium</i> (H.B.K.) Cass.	CP
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray) Greene	AJ, NT, TE, TL, IZ, PP
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd.	NT, TL, IZ
<i>G. purpurea</i> (L.) Cabrera	IZ
<i>G. standleyi</i> (Steyerm.) G.L. Nesom	TE, TL, IZ, CP
<i>Hieracium mexicanum</i> Less.	AJ, NT, TE, IZ, LM, PO
<i>Laennecia schiedeana</i> (Less.) G.L. Nesom	AJ, NT, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>Mexerion sarmentosum</i> (Klatt) G.L. Nesom	NT, TE, TL, IZ, PO
<i>Osbertia stolonifera</i> (DC.) Greene	TL, IZ
<i>Oxylobus arbutifolius</i> (H.B.K.) A. Gray	AJ, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>Packera bellidifolia</i> (H.B.K.) W.A. Weber & Á. Love	NT, TE, TL, IZ, PP, SN, PO
<i>Pseudognaphalium inornatum</i> (DC.) Anderb.	PO
<i>P. liebmannii</i> (Sch. Bip. ex Klatt) Anderb.	AJ, NC, NT, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>P. nubicola</i> (I.M. Johnst.) Anderb.	IZ, PP
<i>P. oxyphyllum</i> (DC.) Kirp.	NT, PP, CP
<i>Robinsonecio gerberifolius</i> (Sch. Bip. ex Hemsl.) T.M. Barkley & Janovec	TE, TL, IZ, LM, CP, PO
<i>Roldana angulifolia</i> (DC.) H. Rob. & Brettell	NC, IZ, PP
<i>R. lineolata</i> (DC.) H. Rob. & Brettell	NT, LM
<i>Selloa plantaginea</i> H.B.K.	NT, CP

<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.	NT, PP, CP
<i>S. cinerarioides</i> H.B.K.	NT, IZ, PP, CP
<i>S. mairetianus</i> DC.	NT, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>S. procumbens</i> H.B.K.	NT, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>S. roseus</i> Sch. Bip.	NT, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>S. toluccanus</i> DC.	AJ, NC, TE, IZ, CP, PO
<i>S. vulgaris</i> L.	CP
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	NT, TE, IZ, CP, PO

BERBERIDACEAE

<i>Berberis alpina</i> Zamudio	NT, TE TL, IZ, LM, CP, PO
--------------------------------	---------------------------

BORAGINACEAE

<i>Hackelia</i> af. <i>mexicana</i> (Schltdl. & Cham.) I.M. Johnst.	TE
<i>Lithospermum distichum</i> Ortega	IZ, PP
<i>Phacelia pinnata</i> (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.	PP, PO
<i>P. platycarpa</i> (Cav.) Spreng.	NT, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO

BRASSICACEAE

<i>Cardamine obliqua</i> Hochst. ex A. Rich.	IZ
<i>Descurainia impatiens</i> O.E. Schulz	NC, TL, IZ, PP, SN, PO

<i>Draba jorullensis</i> H.B.K.	NC, NT, AJ, TE, TL, IZ, PP, LM CP, SN, PO
<i>D. nivicola</i> Rose	NT, TE, TL, IZ, LM, CP, SN, PO
<i>Erysimum capitatum</i> (Douglas ex Hook.) Greene.	NT, CP
<i>Lepidium schaffneri</i> Thell.	IZ
<i>Romanschulzia arabiformis</i> (DC.) Rollins	CP
CALLITRICHACEAE	
<i>Callitriche heterophylla</i> Pursh	TL, IZ
CARYOPHYLLACEAE	
<i>Arenaria bourgaei</i> Hemsl.	IZ
<i>A. bryoides</i> Willd. ex Schltdl.	NC, NT, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>A. lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	TL, PP
<i>A. lycopodioides</i> Willd. ex D.F.K. Schltdl.	AJ
<i>A. oresbia</i> Greenm.	NC, AJ, TE, TL, IZ, PP, CP
<i>A. parvifolia</i> Benth.	NC, NT, TL, IZ, PP, LM, CP, PO
<i>A. reptans</i> Hemsl.	NT, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>Cerastium brachypodum</i> (Engelm. ex A. Gray) B.L. Rob.	IZ
<i>C. glomeratum</i> Thuill.	NT
<i>C. nutans</i> Raf.	NT, PP
<i>C. orithales</i> Schltdl.	NT, TE, IZ, PP, LM, CP, PO

<i>C. purpusii</i> Greenm	NT, IZ
<i>C. ramigerum</i> Bartl.	NT, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>C. toluicense</i> D.A. Good	AJ, NT, TE, TL, IZ
<i>C. vulcanicum</i> Schltldl.	NT, TE, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
<i>Colobanthus quitensis</i> (H.B.K.) Bartl.	IZ, CP
<i>Drymaria effusa</i> var. <i>depressa</i> (Greene) J.A. Duke.	NC, NT, TL, IZ, PP
<i>Sagina saginoides</i> (L.) H. Karst.	PO
<i>Scleranthus annuus</i> L.	CP
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	IZ

CRASSULACEAE

<i>Echeveria mucronata</i> Schltldl.	SN
<i>E. secunda</i> Booth ex Lindl.	AJ, NT, TE, TL, IZ, PP, CP
<i>E. subalpina</i> Rose & Purpus	SN, PO
<i>Sedum clavifolium</i> Rose	IZ
<i>S. minimum</i> Rose	NT, TE, TL, IZ, CP, PO
<i>S. obcordatum</i> R.T. Clausen	CP, SN, PO
<i>Tillaea saginoides</i> Maxim.	NT, TL, IZ
<i>Villadia batesii</i> (Hemsl.) Baehni & J.F. Macbr.	TL, IZ, PP, LM, SN

ELATINACEAE

Elatine brachysperma A. Gray

NT

ERICACEAE

Monotropa hypopitys L.

IZ

Pernettya prostrata (Cav.) DC.

NC, AJ, IZ, LM, CP, SN, PO

Vaccinium caespitosum Michx.

NC, NT, AJ, TE, LM, CP, SN, PO

FABACEAE

Astragalus hintonii Barneby

CP

Astragalus tolucanus B.L. Rob. & Seaton

NT

Lupinus aschenbornii S. Schauer

NT, AJ, TL, IZ, PP, LM

L. montanus H.B.K.

NC, NT, AJ, TE, TL, IZ, PP, CP, SN, PO

Trifolium amabile H.B.K.

IZ

GENTIANACEAE

Gentiana ovatiloba Kusn.

TL, IZ

G. perpusilla Brandegee

IZ

Halenia brevicornis (H.B.K.) G. Don

NT

H. plantaginea (H.B.K.) G. Don

AJ, NT, IZ, PO

H. pringlei B.L. Rob. & Seaton

NT, AJ, TE, IZ, PP, LM, CP

GERANIACEAE

Erodium cicutarium (L.) L'Hér. ex Aiton

CP

Geranium cruceroense R. Knuth

IZ

G. latum Small

IZ, PP

G. potentillifolium DC.

IZ

G. seemanii Peyr.

IZ

GROSSULARIACEAE

Ribes ciliatum Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.

AJ, TE, IZ, PP, LM, CP, SN, PO

LAMIACEAE

Stachys eriantha Benth.

AJ, TE, TL, IZ, PP, LM, PO

MONTIACEAE

Calandrinia megarhiza Hemsl.

NT, AJ, TE, TL, PP, IZ, LM, CP, PO

Montia chamissoi (Ledeb. ex Spreng.) Greene

IZ

M. fontana L.

IZ

ONAGRACEAE

Epilobium ciliatum Raf.

IZ, PP

OROBANCHACEAE

Castilleja moranensis H.B.K.

IZ, PP

C. pectinata M. Martens et Galeotti.

PP

C. scorzonerifolia H.B.K.

NC, NT, LM, CP, SN, PO

C. toluensis H.B.K.

NT, TL, IZ, PP, LM, CP, PO

Pedicularis orizabae Schltld. & Cham.

AJ

OXALIDACEAE

Oxalis alpina (Rose) Rose ex R. Knuth

NT, TL, IZ

PHRYMACEAE

Erythranthe glabrata (H.B.K.) G.L. Nesom

IZ

PIPERACEAE

Peperomia basiradicans G. Mathieu

AJ, NT

PLANTAGINACEAE

Penstemon gentianoides (H.B.K.) Poir.

AJ, NT, TL, TE, IZ, PP, LM, CP, SN, PO

P. roseus (Cerv. ex Sweet) G. Don

NC, PP

Plantago australis Lam.

IZ

P. nivea H.B.K.

IZ

P. toluensis Pilger NT, TE, TL, IZ, PP, LM
P. tubulosa Decne. IZ
Veronica serpyllifolia L. IZ, CP

POLYGONACEAE

Rumex acetosella L. CP, PO

RANUNCULACEAE

Ranunculus donianus Pritz. NT, AJ, TE, TL, IZ, PP, LM, PO
R. multicaulis D. Don ex G. Don NT, TE, TL, IZ, CP
R. peruvianus Pers. CP
R. praemorsus H.B.K. ex DC. TL

ROSACEAE

Acaena elongata L. TL, IZ
A. aphanoides Mutis ex L. f. IZ
Alchemilla pinnata Ruiz & Pav. NT, IZ
A. pringlei (Rydb.) Fedde TE, IZ, CP
A. procumbens Rose NC, NT, TE, TL, IZ, PP, LM, CP
A. vulcanica Schlttdl. & Cham. NC, NT, AJ, TE, TL, IZ, PP, LM, CP, SN, PO
Potentilla candicans Humb. & Bonpl. ex Nestl IZ

P. ranunculoides Humb. & Bonpl.

NT, AJ, TE, TL, IZ, LM, CP

P. richardii Lehm.

NC, NT, TL, IZ, PP, LM, CP, PO

Sibbaldia procumbens L.

NT, TE, IZ, LM

RUBIACEAE

Crusea longiflora (Willd. ex Roem. & Schult.) W.R. Anderson

IZ

SCROPHULARIACEAE

Limosella aquatica L.

NT, TL, IZ

SOLANACEAE

Solanum demissum Lindl.

AJ, IZ, PP

VIOLACEAE

Viola beamanii Calderón

NT, IZ

V. hemsleyana Calderón

IZ