



# SIMPOSIOS

# **SESIÓN S4. Ecología de la vegetación alpina en México: avances y retos**

Lunes 05 de Septiembre de 2016, Revolución II, Hotel Krystal Grand Reforma

---

**Organizan: Susana Maza Villalobos Mendez (ND)**

---

- 10:00 - 10:20 **Revisión de estudios realizados en los ecosistemas alpinos de México.** (ID\_423)  
Susana Maza-Villalobos Méndez
- 10:20 - 10:40 **Evidencia genética del aislamiento y persistencia de largo plazo de los ecosistemas alpinos de la Faja Volcánica Transmexicana** (ID\_1233)  
A. Mastretta-Yanes, A. Xue, A. Moreno-Letelier, T. H. Jorgensen, N. Arrigo, N. Alvarez, D. Piñero y B. C. Emerson
- 10:40 - 11:00 **Islas de Vegetación Alpina en el Centro de México** (ID\_599)  
Rodrigo Alejandro Hernández-Cárdenas, Victor W. Steinmann, Libertad Arredondo-Amezcuca y Yocupitzia Ramírez-Amezcuca
- 11:20 - 11:40 **El efecto de la temperatura, la morfofisiología y las interacciones entre plantas sobre la estructura del páramo del Iztaccíhuatl** (ID\_1530)  
Carlos Martorell, Hugo A. Tovar-Romero, Flor L. Vega-Ramos y Andrea Campuzano
- 11:40 - 12:00 **Aspectos reproductivos de especies selectas del pastizal alpino mexicano.** (ID\_699)  
Libertad Arredondo-Amezcuca, Silvana Martén-Rodríguez y Martha Elena Lopezaraiza-Mikel
- 12:00 - 12:20 **Las plantas alpinas mexicanas ante el cambio climático** (ID\_681)  
Yocupitzia Ramírez-Amezcuca, Victor W. Steinmann, Eduardo Ruiz-Sánchez y Octavio R. Rojas-Soto
- 12:20 - 12:40 **Vegetación alpina en México devenir de un ecosistema estratégico y altamente vulnerable** (ID\_1627)  
Lucia Almeida y JurgénHoth
- 12:40 - 13:00 **Discusión y conclusiones** (ID\_423)  
Susana Maza-Villalobos Méndez



## Revisión de estudios realizados en los ecosistemas alpinos de México.

Susana Maza-Villalobos Méndez

El objetivo fue hacer una recopilación de tesis de grado y posgrado, así como artículos científicos publicados sobre temas de ecología vegetal del ecosistema alpino de México, para conocer el nivel de conocimiento de estas áreas así como los vacíos existentes. Se revisaron repositorios digitales de acceso libre como el de la biblioteca central de la UNAM (<http://tesis.unam.mx/F>), de la UAM Iztapalapa, así como en la Web of Science (<https://apps.webofknowledge.com>). Para todos los sitios las palabras claves de búsqueda, fueron: alpin\*, Alta Montaña, Cofre de Perote, Iztaccíhuatl, La Malinche, Nevado de Toluca, Páram\*, Pico de Orizaba y Popo\*, Eje Volcánico Transversal, Eje Neovolcánico Transversal, Mexican Volcanic Belt, Mexican Neovolcanic Belt, pastizal. Para los sitios de la UNAM y de la UAM-I, se realizó la búsqueda en todos los campos de búsqueda y por palabras. De las tesis arrojadas se seleccionaron aquellas sobre temas de ecología vegetal. En la Web of Science la búsqueda se hizo por tema y consideraron todos los años de registro, sólo en el uso de alpin\* se usó además la palabra Mexic\*. Se encontraron alrededor de 50 trabajos sobre ecología vegetal alpina de México. Más del 50% corresponde a estudios a nivel comunidad, principalmente fitosociológicos, seguidos de estudios a nivel paisaje. A pesar del estudio limitado de este ecosistema, existen trabajos sobre ecofisiología y distribución de especies y comunidades bajo un ambiente de cambio climático global. Tomando en cuenta el conocimiento limitado sobre este ecosistema y su limitada área en México, así como su fragilidad ante el calentamiento global, es necesario realizar estudios básicos a nivel de poblaciones y comunidades, así como investigaciones que permitan conocer la posible respuesta de este ecosistema ante las inminentes variaciones climáticas actuales.

(ID\_423)

---

## Evidencia genética del aislamiento y persistencia de largo plazo de los ecosistemas alpinos de la Faja Volcánica Transmexicana

A. Mastretta-Yanes, A. Xue, A. Moreno-Letelier, T. H. Jorgensen, N. Arrigo, N. Alvarez, D. Piñero y B. C. Emerson

Se considera que las montañas tropicales son áreas de una gran diversidad de especies y endemismo debido a variables históricas, específicamente que (1) permiten la persistencia de largo plazo de la biodiversidad a pesar de fluctuaciones climáticas globales, y (2) que promueven la diversificación creando hábitats fragmentados y aislados que son proclives a especiación alopátrica. Estos procesos se han examinado con datos sobre la distribución de las especies y sus tiempos de divergencia, pero no se han puesto a prueba desde su origen evolutivo más básico: diferenciación genética entre poblaciones. En este trabajo, utilizamos a la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) como un archipiélago tropical de islas en el cielo ideal para examinar estas hipótesis a nivel infraespecífico. En concreto, ponemos a prueba si existe persistencia de largo plazo y diferenciación poblacional debida al aislamiento topográfico en dos arbustos de alta montaña (*Juniperus monticola* y *Berberis alpina*) de la FVTM. Para lograr lo anterior generamos datos genómicos con secuenciación ddRAD de ambas especies (~3,000 y 5,000 SNPs respectivamente) y realizamos análisis de modelación climática (glacial e interglacial), genómica del paisaje (aislamiento por distancia y resistencia bajo diferentes escenarios de conectividad glacial e interglacial) y de genómica poblacional comparada (agregado de la distribución de frecuencias de los sitios, aSFS por sus siglas en inglés). Este trabajo demuestra que las poblaciones alpinas de la FVTM persistieron in situ a lo largo de los ciclos glaciales/interglaciales del Pleistoceno, y que el aislamiento poblacional permaneció incluso durante la fase de expansión-glacial de las especies. Esto demuestra desde el nivel microevolutivo el rol de las montañas tropicales como “cunas para la biodiversidad”, lo que está estrechamente relacionado con el origen del endemismo de la vegetación alpina de estas montañas; y resalta el valor de la FVTM como una de las zonas de persistencia de largo plazo de la biodiversidad del mundo.

(ID\_1233)

---

## Islas de Vegetación Alpina en el Centro de México

Rodrigo Alejandro Hernández-Cárdenas, Victor W. Steinmann, Libertad Arredondo-Amezcuca y Yocupitzia Ramírez-Amezcuca

La vegetación alpina se caracteriza por ser un pastizal, matorral o estrato herbáceo que se restringe a zonas sumamente frías arriba del límite de la vegetación arbórea. En México, se desarrolla en pequeñas islas a altitudes por lo general mayores a 3900 m y llega aproximadamente a 4600 m s.n.m., lo que representa el límite superior del crecimiento de plantas vasculares. Su distribución más amplia se encuentra en la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), una cadena de más de 8000 volcanes que atraviesa el centro del país desde Veracruz hasta Nayarit. Sin embargo, en esta región la vegetación alpina se conoce de solamente 10 picos. Se describe la diversidad florística de la vegetación alpina del FVTM obtenido a través de una revisión exhaustiva de literatura e intenso trabajo de campo y de herbario. Se registran 219 especies distribuidas en 45 familias de angiospermas, dos de gimnospermas y cinco de pteridofitas. Las familias más diversas son Asteraceae (40 spp.), Poaceae (39 spp.) y Caryophyllaceae (20 spp.), que juntas contienen casi la mitad de la diversidad específica. El nivel de endemismos resultó bajo y sólo ocho especies (4%) son endémicas estrictas, sin embargo, otras nueve están restringidas a zonas alpinas fuera de la FVTM. Tomando en cuenta que la distribución actual de esta vegetación es muy reducida y que su desarrollo depende de condiciones extremadamente frías, se considera como un ecosistema altamente vulnerable a los efectos calentamiento global y en el caso de los endemismos se puede considerar que su supervivencia está en riesgo. Sin embargo, la mayoría de las especies presentes en el pastizal alpino también crecen en el sotobosque de otros tipos de vegetación, en particular bosque de pino y bosque de *Abies*, por lo que su supervivencia puede correr menos riesgo.

(ID\_599)

---

## El efecto de la temperatura, la morfofisiología y las interacciones entre plantas sobre la estructura del páramo del Iztaccíhuatl

Carlos Martorell, Hugo A. Tovar-Romero, Flor L. Vega-Ramos y Andrea Campuzano

Estudiamos cómo la temperatura determina la fisiología, el desempeño y las interacciones de las plantas, y, por lo tanto, la estructura comunitaria en el volcán Iztaccíhuatl. Determinamos la evasión (midiendo la temperatura de las plantas en campo) y la tolerancia (determinando las temperaturas capaces de matar el 50% del tejido fotosintético) al estrés por temperaturas extremas en diferentes especies. Describimos las asociaciones espaciales entre especies, y si estas asociaciones dependen de las interacciones usando experimentos de remoción de vecinos. Cultivamos *Gnaphalium sarmmentosum*, una especie asociada a macollos, bajo éstos y fuera de ellos. En las plantas fuera de los macollos manipulamos las temperaturas extremas, radiación UV, aridez del suelo, y déficit de nutrientes, asemejándolos a los existentes bajo los macollos para determinar el mecanismo responsable de la facilitación. Finalmente, determinamos cómo se estructuran la comunidad a diferentes altitudes usando modelos nulos. Las plantas enfrentaron las temperaturas extremas según su forma: e.g., las rosetas y los macollos protegieron sus meristemas contra el frío, las tapizantes se enfriaron mucho durante la noche, pero alcanzaron temperaturas muy altas en el día, y los arbustos evadieron las temperaturas extremas alejándose del suelo. Las especies que por su forma no pudieron evadir el frío lo toleraron fisiológicamente o bien se asociaron con otras especies. Las asociaciones positivas fueron comunes y se debieron a la facilitación. Los pastos amacollados facilitaron a la mayor cantidad de especies. La supervivencia de *G. sarmmentosum* fue igual a la observada bajo macollos cuando se controlaron las temperaturas extremas, sugiriendo que ése es el factor ambiental que es atenuado por los macollos e induce la facilitación. Las asociaciones positivas y negativas cambiaron con la altitud afectando el ensamblaje comunitario. Los resultados ilustran cómo un factor abiótico genera efectos en cascada desde el individuo hasta la comunidad.

(ID\_1530)

---



## Aspectos reproductivos de especies selectas del pastizal alpino mexicano.

Libertad Arredondo-Amezcuca, Silvana Martén-Rodríguez y Martha Elena Lopezaraiza-Mikel

El clima extremo de la zona alpina está asociado con una reducción en la diversidad tanto florística como en la composición, abundancia y actividad de polinizadores. Un aspecto importante para asegurar la supervivencia en un ambiente hostil, son las adaptaciones de los sistemas reproductivos de las plantas. Se investigaron los sistemas reproductivos de 3 especies endémicas del pastizal alpino: *Arenaria bryoides* (Caryophyllaceae), *Castilleja toluensis* (Orobanchaceae) y *Draba nivicola* (Brassicaceae), que se desarrollan en la última franja de vegetación vascular, entre los 4200 y 4500 m, en zonas descubiertas y sometidas a fuertes vientos e insolación. Para cada especie se estudió la morfología floral y se realizaron tratamientos reproductivos para analizar la capacidad de autopolinización y dependencia de polinizadores. Se registró la diversidad y frecuencia de visitantes florales. Las especies presentan mecanismos que favorecen la autogamia, pero la producción de frutos resultó mayor por polinización abierta; además se encontraron al menos dos especies de colibríes visitando a *C. toluensis*, en tanto que *A. bryoides* y *D. nivicola* son frecuentadas por varias especies de moscas. Las plantas alpinas han desarrollado diversas estrategias para subsistir a las restricciones ambientales que experimentan, por un lado, se han reportado altos niveles de autogamia, pero el amplio despliegue floral que exponen diversas especies, y la presencia de sistemas reproductivos con baja autocompatibilidad, son evidencia de la complejidad reproductiva de la flora alpina. En este caso se encontraron estrategias reproductivas combinadas, ya que la autogamia es un mecanismo de aseguramiento reproductivo, en tanto que la polinización cruzada puede ser fundamental para la subsistencia en un ambiente altamente cambiante, ya que suma diversidad genética a las poblaciones.

(ID\_699)

---

## Las plantas alpinas mexicanas ante el cambio climático

Yocupitzia Ramírez-Amezcuca, Víctor W. Steinmann, Eduardo Ruiz-Sánchez y Octavio R. Rojas-Soto

Los ecosistemas alpinos se desarrollan bajo condiciones climáticas de frío extremo y son escasos en latitudes tropicales. Dado que su biota es altamente especializada y vulnerable al calentamiento global, investigamos los posibles efectos del cambio climático mediante modelos de nicho para seis especies alpinas endémicas de la Faja Volcánica Trans-Mexicana. Los datos de presencia se obtuvieron mediante trabajo de campo y revisiones de herbario. 21 variables climáticas y topográficas fueron incluidas para construir modelos predictivos utilizando Maxent y GARP. Los resultados se validaron con ROC Parcial o Jackknife, dependiendo del número de ocurrencias, y se proyectaron bajo diferentes escenarios de concentración de gases de efecto invernadero y modelos de circulación global para dos ventanas de tiempo (2050 y 2070). Todos los modelos generados presentaron un claro patrón de contracción al ser proyectados al futuro, donde más del 58% del nicho climático contemporáneo desaparece ante los escenarios climáticos evaluados. Lo anterior sugiere que las especies enfrentan un alto riesgo de extinción por pérdida de hábitat. Dado que otros endemismos alpinos coinciden en distribución, estudiamos la correspondencia de los modelos generados y concluimos que las tendencias observadas son válidas para el componente endémico del pastizal alpino del centro de México, por tanto, consideramos que el pastizal alpino es un ecosistema de alto riesgo a la extinción debido al cambio climático, lo que puede ser válido para otras áreas tropicales con vegetación alpina. El volcán Pico de Orizaba parece ser la mejor opción para establecer estrategias de conservación.

(ID\_681)

---

## **Vegetación alpina en México devenir de un ecosistema estratégico y altamente vulnerable**

**Lucia Almeida y Jurgen Hoth**

Los pastizales desarrollados por encima del límite altitudinal de la vegetación arbórea se conocen como zacatonal alpino o de alta montaña, forma el último piso de vegetación vascular, por arriba de él sólo las nieves perpetuas. Con el fin de reconocer el zacatonal alpino de la región central de México, volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Nevado de Toluca, se describe y analiza la importancia de este tipo de vegetación mediante 247 levantamientos fitosociológicos, que incluyen datos de composición florística, zonación altitudinal y distribución. Esta vegetación reúne diferentes comunidades vegetales con características propias, entre el límite superior de los bosques de *Pinus hartwegii* y el inferior de las áreas periglaciares sin vegetación (3950-4500 m). Presentan gramíneas amacolladas y una distribución fragmentada, restringida a las porciones superiores de los 11 edificios volcánicos más altos del país, mayormente a lo largo del Faja Volcánica Transmexicana. En la zona estudiada se presentan 32 familias, 72 géneros y 140 especies de plantas vasculares. Las familias más representativas son Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae y Poaceae, y entre las especies *Arenaria bryoides*, *Calamagrostis tolucensis*, *Draba jorullensis* y *Senecio procumbens*. El mayor número de especies se presenta en el Iztaccíhuatl. Estos zacatonales están sujetos a los efectos negativos asociados a políticas de PSA-H mal fundamentadas—realizadas por instancias gubernamentales, ONGs y sector privado por iguala—incluyendo aforestación y programas masivos de escarbado de zanjas trinchera provocando destrucción de pastizales y con ellos del hábitat de diversas especies endémicas, azolves. Otros factores negativos que prevalecen son la alta frecuencia de fuego, así como la tala y pastoreo desordenado. Conocer sus efectos sobre la vegetación alpina y el límite del bosque permitirá definir la capacidad de recuperación natural, valorar los servicios ecosistémicos brindados y determinar estrategias para su conservación.

(ID\_1627)

---

## **Discusión y conclusiones**

**Susana Maza-Villalobos Méndez**

Ecología de la vegetación alpina en México: avances y retos

(ID\_423)

---