

El Cofre de Perote

Situación, perspectivas e importancia

Héctor Narave
Leticia Garibay
M. Ángeles Chamorro
L. Raúl Álvarez
Yadeneyro de la Cruz
COORDINADORES



Universidad Veracruzana

Primera Edición como Publicación Electrónica
México / 2016

ISBN: 978-607-8445-14-1



9 786078 445141

El Cofre de Perote
Situación, perspectivas e importancia

Héctor Narave
Leticia Garibay
M. Ángeles Chamorro
L. Raúl Álvarez
Yadneyro de la Cruz
COORDINADORES

Primera edición como publicación electrónica
México / 2016
© Derechos reservados

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

ISBN: 978-607-8445-14-1

Hecho en México

Editora Periodística y Análisis de Contenidos S.A de C.V.
CÓDICE / Taller Editorial
Xalapa, Veracruz.

Las opiniones y criterios contenidos en los trabajos que integran esta
publicación colectiva son responsabilidad de cada autor.

Índice

- **Introducción** 7

ORGANIZACIÓN SOCIAL Y DESARROLLO COMUNITARIO

- **Aspectos socioambientales del Parque Nacional Cofre de Perote desde la perspectiva de sus habitantes** 16
Héctor Narave, Jerónimo Vázquez-Ramírez, Leticia Garibay y M. Ángeles Chamorro
Facultad de Biología, UV / Pronatura Veracruz A.C.
- **Opciones de participación de género para la protección de bosques en el Parque Nacional Cofre de Perote, México: PFMN y podas** 26
M. Rosario Pineda López, Lázaro R. Sánchez-Velásquez, Suria G. Vázquez, Rogelio Lara-González y Rafael Ortega-Solis
Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada UV / COSUSTENTA UV
- **Experiencias en la Construcción de un mecanismo de compensación por servicios ambientales en la subcuenca del río Pixquiatic y el inicio de una nueva experiencia en los ríos Huehueyapan y Texolo** 34
Luisa Paré, Tajin Fuentes, Alejandro Negrete y Udavi Cruz
SENDAS A.C.
- **Gestión compartida de la subcuenca del río Pixquiatic: conexiones desde la montaña** 42
Georgina Vidriales y María L. León
SENDAS AC
- **Avances en el establecimiento de un corredor de turismo sustentable en la ladera oriental del Cofre de Perote: sinergias intersectoriales para la conservación desde el enfoque de cuenca** 49
J. Alejandro Negrete y M. Ángeles Piñar
SENDAS A.C. / Colegio de Veracruz
- **Biodigestores de polietileno tubular: una biotecnología apropiada a las comunidades del PNCP** 56
Arturo Arenas y J. Armando Lozada
Maestría en Gestión Ambiental para la Sustentabilidad, UV
- **El agua en el Cofre de Perote, ¿un recurso que se agota?** 63
Margarito Páez
Facultad de Biología Xalapa, UV

INVESTIGACIÓN

- **Distribución y Grado de Infección de Muérdago en los Bosques Manejados de la Comunidad de Tonalaco, Veracruz** 71
Miguel A. Vega y Patricia Negreros-Castillo
Instituto de Investigaciones Forestales, UV
- **El Parque Nacional Cofre de Perote. Experiencias recepcionales** 81
Leticia Garibay, Héctor Narave y Yadeneyro de la Cruz
Facultad de Biología-Xalapa, UV
- **Actividades de impacto multidimensional en la zona de influencia del Cofre de Perote del ITSPe** 90
David Medina y Martín Rivadeneyra
Instituto Tecnológico de Perote
- **Capacitación ambiental para la población rural del Cofre de Perote** 94
Héctor Narave y M. Ángeles Chamorro
Facultad de Biología-Xalapa, UV

INVESTIGACIONES BOTÁNICAS

- **Exploraciones botánicas en el volcán Cofre de Perote** 107
Miguel J. Cházaro-Bazáñez, Héctor Narave y Jerónimo Vázquez-Ramírez
Facultad de Biología- Xalapa, UV y PRONATURA Veracruz A.C.
- **Fenología reproductiva de las especies alpinas del Cofre de Perote: una aproximación al uso de ejemplares de herbario como indicadores de cambio climático** 112
Jerónimo Vázquez-Ramírez, Claudia Álvarez-Aquino, Armando Martínez-Chacón, Virginia Rebollo-Camacho y Armando Aparicio-Rentería
Pronatura Veracruz A.C. / Instituto de Investigaciones Forestales, UV / Instituto de Neuroetología, UV
- **El género *Castilleja* (Orobanchaceae) en el Cofre de Perote** 118
J. Antonio Francisco
Facultad de Biología-Xalapa, UV
- **Diversidad, distribución y adaptaciones ecológicas de helechos a lo largo de gradientes de altitud e influencia antrópica en las faldas del Cofre de Perote, Veracruz** 125
César I. Carvajal-Hernández, Thorsten Krömer y Juan C. López-Acosta
Centro de Investigaciones Tropicales, UV
- **Estado de conservación de *Chusquea bilimekii*, bambú de la región del Cofre de Perote, Ver.** 132
M. Teresa Mejía-Saulés y M. Monserrat Ramiro
INECOL, A.C.

EL SECTOR OFICIAL EN EL COFRE DE PEROTE

- **Actividades de la Comisión Nacional Forestal en el Cofre de Perote** 140
Martín G. Castillo
CONAFOR

RESTAURACIÓN Y CONSERVACION AMBIENTAL

- **Ecología, restauración y regeneración de bosques en la región del Cofre de Perote** 147
Lázaro R. Sánchez-Velásquez, M. Rosario Pineda-López, Luz Avendaño, Rogelio Lara-González, José A. Pensado-Fernández, Rafael Ortega-Solis, Diego Dominguez-Hernández y Elizabeth Ramirez-Bamonde
Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, UV
- **Programa de educación ambiental y restauración forestal en el área natural protegida del Cofre de Perote** 153
Sergio Madrid y Enrique Trujillo
Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible
- **La restauración de las comunidades vegetales del Parque Nacional Cofre de Perote: la experiencia de Pronatura Veracruz** 159
Jerónimo Vázquez-Ramírez, Elisa Peresbarbosa-Rojas, Eduardo Cota-Corona, Paloma Mejía, Edgar E. Magdaleno, Manuel Martínez-Peña, Adriana Zepeda-Fitta, Belisario Quinto-Chontal, J. Isidro Marín
Pronatura Veracruz, A.C.
- **Regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl en áreas restauradas del Parque Nacional Cofre de Perote** 165
Alejandro Quirino, C. Cecilia Acosta, Pascual Linares, Ana I. Suárez y Zoylo Morales
Facultad de Biología-Xalapa, UV
- **Condición del bosque de coníferas de la Reserva de San Juan del Monte, Veracruz, post-aprovechamiento forestal** 173
Daniel Rodríguez, C. Cecilia Acosta, Pascual Linares, Ana I. Suarez y Joaquín Jiménez
Facultad de Biología-Xalapa, UV
- ***Pinus hartwegii*: una alternativa para la reforestación del Parque Nacional Cofre de Perote** 179
Ricardo A. Aquino, C. Cecilia Acosta, Pascual Linares, Ana I. Suárez y Zoylo Morales
Facultad de Biología-Xalapa, UV

USO Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES

- **La actividad forestal en la cuenca alta del río La Antigua** 185
Rosa A. Pedraza, L. Raúl Álvarez y Abelardo Hoyos
Instituto de Investigaciones Forestales UV, CONANP, CEDRO, S.A. de C. V.
- **Determinación de turnos para las principales especies de coníferas en la región del Cofre de Perote, Veracruz** 192
L. Raúl Álvarez
CONANP
- **Los suelos del Cofre de Perote: calidad y servicios ecosistémicos** 198
Daniel Geissert y Enrique Meza
INECOL, A.C.

- **Dinámica del paisaje y la variabilidad espacial de la fertilidad del suelo. Caso: ejido El Conejo, Cofre de Perote, Veracruz, México** 206
Manuel Castañeda
 Facultad de Ciencias Agrícolas, UV
- **Cambio de uso del suelo y factores promotores: caso de estudio en la ladera oriental del Cofre de Perote** 212
Patricia Gerez
 Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, UV
- **Plan de manejo del área de captación de agua para el municipio de Xalapa, Veracruz** . . . 220
J. Abelardo Hoyos y Eduardo Isunza
 CEDRO, S.A. de C.V.

EDUCACIÓN AMBIENTAL

- **Educación y comunicación ambiental en localidades rurales** 232
M. Ángeles Chamorro, Héctor Narave, Nancy Domínguez, J. Armando Lozada y Yadeneyro de la Cruz
 Facultad de Biología- Xalapa, UV
- **Educación ambiental en El Conejo y Agua de Los Pescados, Parque Nacional Cofre de Perote** 237
M. Eliré Pérez
 Maestría en Gestión Ambiental para la Sustentabilidad, Universidad Veracruzana
- **Ecotécnicas como estrategia de Educación Ambiental en una localidad cercana al Parque Nacional Cofre de Perote** 246
Citlali Aguilera y Yadeneyro de la Cruz
 Facultad de Biología-Xalapa, UV

Diversidad, distribución y adaptaciones ecológicas de helechos a lo largo de gradientes de altitud e influencia antrópica en las faldas del Cofre de Perote, Veracruz

César I. Carvajal-Hernández, Thorsten Krömer y Juan C. López-Acosta

Centro de Investigaciones Tropicales, UV

INTRODUCCIÓN

Los patrones de variación geográfica de la riqueza y distribución de plantas han sido objeto de estudio durante siglos. Uno de los referentes más claros al respecto son los clásicos trabajos de von Humboldt en 1793. Así mismo los realizados por de Candolle en 1874 y Copeland en 1939 y así en lo sucesivo hasta nuestros días (Salazar *et al.*, 2015). El interés actual se ha centrado en la distribución de especies a lo largo de gradientes altitudinales y latitudinales, así como en los procesos que influyen en esta distribución. De esta forma se pueden estudiar características contrastantes delimitadas por la altitud, la cercanía al Ecuador o a las zonas cercanas a los polos que influyen directamente en las características adaptativas de las especies.

Este tipo de trabajos ha fomentado la comprensión de los patrones espaciales en la riqueza de especies y los mecanismos que subyacen estos patrones (Blackburn y Gaston, 1996). Se ha encontrado que varios factores influyen de manera directa en la distribución de las especies, tal es el caso de las variaciones climáticas principalmente relacionadas con la temperatura y la humedad (Bhatarai *et al.*, 2004; Kluge *et al.*, 2006); la disponibilidad energética y productividad del ecosistema (Currie *et al.*, 2004); así como los procesos históricos y evolutivos (Wiens y Donoghue, 2004). Estas son algunas de las razones por las que se puede explicar que las zonas tropicales contienen una gran biodiversidad, misma que decrece fuertemente con la cercanía a los polos.

Para el caso concreto de la distribución de plantas en gradientes de altitud, en términos generales la diversidad disminuye con el aumento en la elevación en ecosistemas terrestres, sin embargo, esto varía de acuerdo al organismo en cuestión (Rohde, 1992; Gaston, 2000). Del estudio en particular de helechos y licófitos que se han realizado en regiones neotropicales, se muestran patrones comunes entre transectos altitudinales, por ejemplo que la mayor riqueza de especies se encuentra en elevaciones medias (1,500-2,000 m; Kessler, 2001; Kluge *et al.*, 2006; Watkins *et al.*, 2006; Salazar *et al.*, 2015). Sin embargo, dejan abiertos dos temas importantes: primero, se sabe muy poco de como varía la riqueza de helechos en la zona transicional entre las regiones tropical y subtropical, como es el caso de México y especialmente el estado de Veracruz. Segundo, muy pocos trabajos han analizado la influencia antrópica a lo largo del gradiente.

Este último tema es de gran importancia ya que en la actualidad los paisajes antropizados dominan la superficie en México (Sánchez-Colón *et al.*, 2009), únicamente en el estado de Veracruz, la vegetación prístina ha mermado su superficie original en más del 85% (Castillo-Campos *et al.*, 2011). Por tal razón, es importante conocer cuáles son los patrones de distribución de las especies a lo largo del gradiente de elevación en las zonas subtropicales y si éstas se encuentran influenciadas por los cambios antropogénicos que ocurren en los paisajes actuales.

En el presente proyecto se estudian los patrones de diversidad y distribución de los helechos y licófitos, a lo largo de un gradiente altitudinal que comienza en el Cofre de Perote a 3,500 m (N 19° 30', W 97° 08') y termina en la zona costera de la Mancha que se encuentra a nivel del mar (19° 35', W 96° 22'). La región está ubicada en la cercanía con el límite norte del trópico de cáncer, donde se encuentra una mezcla de elementos templados y tropicales que permite la presencia de ecosistemas cuyas características ambientales son en algunos casos contrastantes, desde los fríos húmedos hasta los calurosos secos, pasando por los templados muy húmedos (Carvajal-Hernández *et al.*, 2014a).

Los helechos se han utilizado como un grupo de estudio importante para entender los patrones de riqueza de especies a nivel mundial, por encontrarse ampliamente distribuidos en el planeta con entre 10,000-13,000 especies (Moran, 2008; Kreft *et al.*, 2010). Además, debido a su reproducción por esporas, la dispersión de especies depende de las condiciones ambientales como la temperatura, la humedad y el sustrato, minimizando la dependencia de factores bióticos. Por otro lado los helechos contienen especies adaptadas a ambientes con un alto grado de perturbación y otras sensibles a los cambios ambientales, razón por la cual se han utilizado para tratar de entender los procesos que ocurren en los ecosistemas cuando existe una perturbación (Paciencia y Prado, 2005; Rodríguez-Romero *et al.*, 2008; Carvajal-Hernández *et al.*, 2014b; Krömer *et al.*, 2014).

Por lo anterior, en este trabajo se estudian los helechos con la finalidad de entender los patrones de diversidad y distribución de helechos a lo largo del gradiente de altitud (20 a 3,500 m) en el centro de Veracruz y conocer el efecto de la influencia antrópica sobre los patrones de riqueza y composición de especies.

LOCALIZACIÓN

El gradiente altitudinal, así como los ocho sitios de estudio, se encuentran en un intervalo entre 3,500 m y el nivel del mar (Fig. 1). La longitud del transecto en línea recta desde la cima del volcán Cofre de Perote hasta el nivel del mar es de cerca de 81 km. La zona alta (superior a 1,500 m) forma parte de la Sierra Madre Oriental que cruza el país de norte a sur paralela al Golfo de México, las montañas presentes en este sector son de origen volcánico; en el resto del transecto, los pequeños lomeríos dominan el paisaje (Geissert y Enríquez, 2011), así mismo se presentan lagunas costeras que forman parte de la zona decretada como sitio Ramsar La Mancha-El Llano.

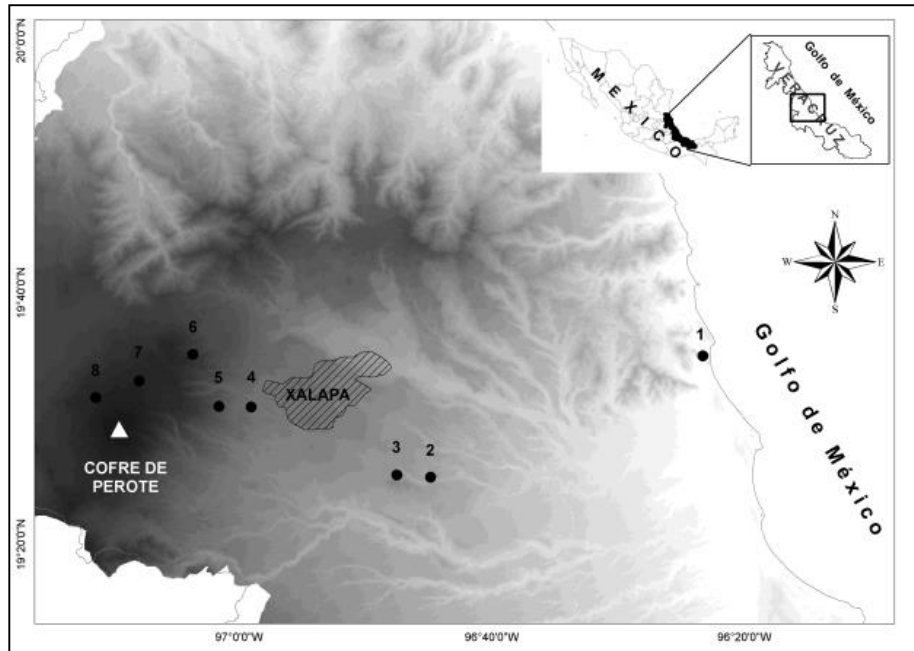


Figura 1. Ubicación de los ocho sitios de estudio a lo largo del gradiente de altitud en la vertiente del Golfo de México, centro del estado de Veracruz, México. 1. La Mancha (20 m); 2. Palmarejo (500 m); 3. Chavarrillo (1,000 m); 4. Los Capulines (1,500 m); 5. El Zapotal (2,000 m); 6. El Encinal (2,500 m); 7. Los Pescados (3,000 m); El Conejo (3,500 m).

MÉTODO

El muestreo de los helechos y licófitos se realizó entre los meses de febrero del 2012 y enero del 2014. A lo largo del transecto se establecieron de 15 a 25 parcelas no permanentes de 20 x 20 m en cada uno de los ocho sitios de estudio ubicados en diferentes pisos altitudinales, separados por 500 m de altitud (20-500 m, 500-1,000 m, 1,000-1,500 m, 1,500-2,000 m, 2,000-2,500 m, 2,500-3,000 m, 3,000-3,500 m, 3,500-3,600 m; Fig. 1). Para simplificar, en el texto, se menciona solo el límite altitudinal inferior de cada piso. En cada una de las elevaciones y en los diferentes tipos de vegetación presentes en los pisos altitudinales, las parcelas fueron distribuidas por igual en diferentes ambientes naturales y derivados de la acción humana, es decir, se establecieron cinco en bosque maduro (BM), cinco en bosque perturbado (BP) y cinco en zonas con vegetación secundaria o acahual (AC). Además en los pisos de 500 m, 1,500 m y 2,000 m existen cañadas y vegetación ribereña donde también se estableció la misma cantidad de parcelas por ambiente, en el resto de los pisos altitudinales estudiados no se encuentra esta vegetación azonal (Carvajal-Hernández y Krömer, en prensa).

En cada una de las parcelas se registró la presencia/ausencia de las especies terrestres y además las epífitas del sotobosque, es decir las plantas que crecen sobre los troncos de los árboles grandes y en árboles jóvenes o arbustos hasta una altura aproximada de 8 m (Krömer *et al.*, 2007), las cuales fueron colectadas mediante una garrocha. La colecta de muestras botánicas se realizó en cada piso altitudinal y de acuerdo a Lot y Chiang (1986). Los ejemplares fueron identificados con base en Mickel y Smith (2004), comparaciones con ejemplares de herbario, y la consulta a los especialistas: Alan Smith (University of California-Berkeley) y Robbin Moran (New York Botanical Garden). La clasificación taxonómica se realizó de acuerdo a Mickel y Smith (2004). Los duplicados fueron depositados en el Herbario Nacional (MEXU) del Instituto de Biología de la UNAM, así como parcialmente en los herbarios de la Universidad Veracruzana-

na (CIB), de la Universidad de California (UC), Berkeley, E.E. UU y/o del Instituto de Ecología, A.C. (XAL).

Se elaboraron curvas de acumulación de especies para valorar el esfuerzo del muestreo, utilizando el estimador Chao 2 calculados por el programa EstimateS 9.1. Se aplicó el índice de Sørensen cualitativo para conocer la similitud florística en cada piso elevacional con relación al gradiente de perturbación antrópica, para observar lo anterior de manera gráfica se realizó un dendrograma de similitud entre sitios. Para conocer si diferentes rectas explican mejor que una línea general, se realizó una comparación de pendientes a través de un modelo lineal generalizado (separate-slopes model). Comparando los valores de diversidad beta de Whittaker con respecto al hábitat y las diferentes altitudes. Además se realizó una Anova anidada para saber si existen diferencias entre la riqueza presente a lo largo del transecto altitudinal.

RESULTADOS

Riqueza de especies

En 135 parcelas de muestreo se registraron 155 especies de hechos y licofitos agrupadas en 62 géneros y 24 familias (Carvajal-Hernández y Krömer, en prensa). Las curvas de acumulación de especies comprueban que el muestreo implementado en los pisos realizados, en general ha sido satisfactorio con respecto a las especies estimadas por Chao 2. La riqueza de especies es contrastante en diferentes altitudes del gradiente. Las elevaciones de 1,500 y 2,000 m presentan una mayor riqueza, mientras que los extremos superior e inferior del gradiente son los que menos especies presentan.

Los valores de riqueza de cada parcela en los tres hábitats estudiados a lo largo del gradiente altitudinal, muestran que en 2,000 m se encuentran las parcelas con mayor riqueza de especies. El bosque maduro es el hábitat que tiene la mayor riqueza, sin embargo, en el piso de 1,000 m es el que menos especies mantiene. Existe una mayor pérdida de especies en ambientes con perturbación en elevaciones medias (1,500 y 2,000 m).

Diversidad Beta entre elevaciones

De acuerdo al índice de Sørensen, los diferentes pisos elevacionales tienen valores de similitud bajos. La mayor similitud se presenta entre los pisos de 3,000 y 3,500 m, lo mismo sucede al comparar las elevaciones de 1,500 y 2,000 m. El índice de Whittaker indica que la diversidad beta expresada como el recambio de especies a lo largo del gradiente de altitud es alta. Algunas elevaciones no tienen una sola especie compartida, especialmente si se comparan los tres pisos bajos contra los tres pisos del extremo superior del gradiente. Las altitudes medias (1,500, 2,000 m) presentan mayor afinidad con elevaciones superiores que con las que se encuentran en las zonas bajas (Carvajal-Hernández y Krömer, en prensa).

Perturbación antropogénica

En las elevaciones de 1,500 y 2,000 m, se registran pérdidas en la riqueza de especies de entre 30% y 53% respectivamente cuando existe una perturbación antropogénica. Para el resto de las elevaciones se observa que cuando más se acerca a los extremos del gradiente, el número de especies se mantiene más o menos constante, aun cuando existe perturbación humana. Se destaca la importancia de la influencia del agua en beneficio de la presencia de helechos, ya que en las zonas donde se pudieron establecer parcelas en vegetación de galería, la riqueza fue similar a la del ambiente conservado, incluso en la elevación de 500 m, la vegetación ribereña

tiene poco más del doble de especies que la zona conservada (Carvajal-Hernández y Krömer, en prensa).

De acuerdo a los valores de diversidad beta de Whittaker, se observan correlaciones negativas entre el recambio de especies y el aumento en la altitud. Las parcelas de bosque maduro tienen valores de diversidad beta mayores en elevaciones bajas y medias, misma que decrece conforme aumenta la altitud. Una situación similar se observa al comparar el bosque maduro con la vegetación secundaria, solo que con base en valores de recambio más altos. Para el caso de la comparación de bosque maduro con el bosque perturbado, la disminución en los valores de recambio es más marcada, decreciendo en las elevaciones superiores a los 2,500 m. Los valores más bajos de diversidad beta se encuentran en los hábitats BM-BM, seguidos por BM-BP y valores más altos de diversidad beta en BM-AC.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La riqueza de especies es contrastante en diferentes pisos altitudinales del gradiente, y en las elevaciones medias con bosque mesófilo de montaña entre 1,500 y 2,500 m se presentan los valores máximos de riqueza (Carvajal-Hernández y Krömer, en prensa).

En los extremos superior e inferior del gradiente, caracterizado por bosque de coníferas y selva mediana subcaducifolia respectivamente, el número de especies disminuye. La zona baja y media del gradiente son las más vulnerables cuando ocurre un disturbio antrópico, lo cual se ve reflejado en el recambio de especies de ambientes conservados a vegetación secundaria. Se destaca la riqueza del bosque mesófilo y la pérdida de especies del mismo cuando existe una perturbación de origen antrópico.

Además, la vegetación azonal representa un reservorio importante de la pteridoflora, lo que resalta su valor para la conservación. Los bosques de coníferas contienen una menor riqueza de helechos y las especies que ahí se encuentran son las llamadas generalistas, adaptadas a condiciones extremas de sequía y radiación solar.

Por otro lado, la mayoría de las especies presentes en el bosque mesófilo de montaña se caracterizan por estar adaptadas a condiciones de clima húmedo-templado y la mayoría de las especies están relacionadas con condiciones de alta humedad y sombra (Kessler, 2001; Kluge *et al.*, 2006; Watkins *et al.*, 2006). Por tal razón, considerando la naturaleza de las especies que habitan el bosque mesófilo de montaña, se considera este un ecosistema muy vulnerable ante el disturbio de origen antrópico.

BIBLIOGRAFÍA

- Bhattarai K.R., Vetaas O. R. y Grytnes J.A. 2004. Fern species richness along a central Himalayan elevational gradient, Nepal. *Journal of Biogeography* 31:389-400.
- Blackburn T. y Gaston K.J. 1996. A sideways look at patterns in species richness, or why there are so few species outside the tropics. *Biodiversity Letters* 3:44-53.
- Carvajal-Hernández C., T. Krömer y López-Acosta J.C. 2014a. Del Cofre de Perote hasta el nivel del mar. *La Ciencia y el Hombre* 27:7-12.
- Carvajal-Hernández C.I., Krömer T. y Vázquez-Torres M. 2014b. Riqueza y composición florística de pteridobiontes en bosque mesófilo de montaña y ambientes asociados en el centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85:491-501.
- Carvajal-Hernández C. I. y Krömer T. En prensa. Riqueza y distribución de helechos y Licófitos en el Gradiente Altitudinal del Cofre de Perote, Centro de Veracruz, México. *Botanical Sciences*.
- Castillo-Campos G., Avendaño-Reyes S. y Medina-Abreo M. 2011. Flora y Vegetación En: Conabio (ed.): *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. México. Pp. 163-179.
- Currie D.J., Mittelbach G.G., Cornell H.V., Field R., Guégan J.F., Hawkins B.A., Kaufman D.M., Kerr J.T., Oberdorff T., O'Brien E. y Turner J.R.G. 2004. Predictions and tests of climate-based hypotheses of broad-scale variation in taxonomic richness. *Ecology Letters* 7:1121-1134.
- Gaston K. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* 405:220-227.
- Geissert K.D. y Enríquez E. 2011. Geomorfología. En: Conabio (ed.): *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. México. Pp. 53-68.
- Kessler M. 2001. Patterns of diversity and range size of selected plant groups along an elevational transect in the Bolivian Andes. *Biodiversity and Conservation* 10:1897-1921.
- Kluge J., Kessler M. y Dunn R. 2006. What drives elevational patterns of diversity? A test of geometric constraints, climate and species pool effects for pteridophytes on an elevational gradient in Costa Rica. *Global Ecology and Biogeography* 15:358-371.
- Kreft H. Jetz W., Mutke J. y Barthlott W. 2010. Contrasting environmental and regional effects on global pteridophyte and seed plant diversity. *Ecography* 33:408-419.
- Krömer T., Kessler M. y Gradstein S.R. 2007. Vertical stratification of vascular epiphytes in submontane and montane forest of the Bolivian Andes: the importance of the understory. *Plant Ecology* 189:261-278.
- Krömer T., J. G. García-Franco y T. Toledo-Aceves. 2014. Epífitas vasculares como bioindicadores de la calidad forestal: impacto antrópico sobre su diversidad y composición. En: C.A. González-Zuarth, A. Vallarino, J.C. Pérez-Jimenez & A.M. Low-Pfeng (eds.). *Bioindicadores*

res: guardianes de nuestro futuro ambiental. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) – El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), México, D. F. y Campeche. Pp. 606-623.

- Lot A. y Chiang F. 1986. Manual de Herbario. Administración y Manejo de Colecciones, Técnicas de Recolección y Preparación de Ejemplares Botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., México, D.F.
- Mickel J. y Smith A.R. 2004. The pteridophytes of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 88:1-1054.
- Moran R. 2008. Diversity, biogeography, and floristics. En: Ranker T. y Haufler C. (eds). *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes*. Cambridge Press. U.K. Pp. 367-394.
- Paciencia M.L.B. y Prado J. 2005. Effects of forest fragmentation on pteridophyte diversity in a tropical rain forest in Brazil. *Plant Ecology* 180:87-104.
- Rodríguez-Romero M.L., Pacheco L. y Zavala H. J. 2008. Pteridofitas indicadoras de alteración ambiental en el bosque templado de San Jerónimo Amanalco, Texcoco, México. *Revista de Biología Tropical* 56:641-656.
- Rohde K. 1992. Latitudinal gradients in species diversity: the search for the primary cause. *Oikos* 65:514-527.
- Salazar L., Homeier J., Kessler M., Abrahamczyk S., Lehnert M., Krömer T. y Kluge J. 2015. Diversity patterns of ferns along elevation in Andean tropical forests. *Plant Ecology and Diversity* 8: 13-24.
- Sánchez Colón S., Flores Martínez A., Cruz-Leyva I. A. y Velázquez A. 2009. Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. En *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México. Pp. 75-129.
- Watkins J.E. Jr., Cardelús C.L., Colwell R.K. y Moran R.C. 2006. Species richness and distribution of ferns along an elevational gradient in Costa Rica. *American Journal of Botany* 93:73-83.
- Wiens J. y Donoghue M.J. 2004. Historical biogeography, ecology and species richness. *Trends in Ecology & Evolution* 19:639-644.