



Distribución espacial del polen en un gradiente altitudinal en Michoacán, México

Spatial distribution of pollen along an altitudinal gradient in Michoacán, Mexico

Laura Chang-Martínez y Gabriela Domínguez-Vázquez✉

Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edificio R. Av. Francisco J. Mújica s/n. Felicitas del Río, 58000 Morelia, Michoacán, México.

✉ gdoguez@yahoo.com.mx

Resumen. La región del Balsas considerada zona prioritaria para su conservación, debido a su alta diversificación y por la cantidad de endemismos, fue nuestra zona de estudio en la cual se examinó la relación entre la vegetación con la composición de la lluvia de polen del área. La lluvia de polen está constituida por todos los granos de polen y esporas que son producidos por las plantas y almacenados en diferentes depósitos naturales de una región. Se muestrearon 16 sitios localizados en la subprovincia de Mil Cumbres de la cuenca media del Balsas distribuidos en Tzitzio, La Escalera e Ichaqueo, en donde se colectaron muestras de musgo de las cuales se extrajo, identificó y contaron los granos de polen producidos en cada sitio. La estructura de la vegetación se analizó en cuadrantes de 20×20 m. Se encontraron 45 taxa de polen, de los cuales los más abundantes fueron *Pinus*, *Quercus*, Compositae y Mimosoideae, la lluvia de polen identificó 2 tipos de vegetación: bosque templado y selva baja caducifolia, además de que pudo distinguirse una zona de transición entre el bosque templado y la selva tropical. Todos los sitios presentaron altos porcentajes de elementos de vegetación secundaria indicando algún grado de disturbio.

Palabras clave: Balsas, Mil Cumbres, lluvia de polen, musgo, tipos de vegetación.

Abstract. The Balsas region has been considered a hot spot for conservation, due to its high diversity and endemism, and was selected as our study area. We studied the relation between the vegetation and the pollen rain composition from this area. The pollen rain is composed by all the pollen grains and spores produced by the plants from a region, and it has been stored in different deposits. A total of 16 samples were analyzed from 3 different sites located in the Mil Cumbres Subprovince of the Balsas medium watershed: Tzitzio, La Escalera and Ichaqueo. Moss samples at every site, were collected, from which the pollen grains were extracted, identified and counted. Vegetation structure was analyzed using 20×20 m plots. We found 45 pollen taxa; the most common were *Pinus*, *Quercus*, Compositae and Mimosoideae. The pollen rain identified 2 vegetation types: a temperate forest and the tropical dry forest. In all sites taxa from secondary vegetation were present, indicating that the area was under different levels of disturbance.

Key words: Balsas, Mil Cumbres, pollen rain, moss, vegetation types.

Introducción

Existen pocos trabajos para el centro de México que analizan la composición de la lluvia de polen actual, la mayor parte de la información que existe a este respecto en el país, ha sido realizada en el sur de México (Islebe et al., 2001; Islebe y Sánchez, 2002; Domínguez-Vázquez et al., 2004; Domínguez-Vázquez e Islebe, 2008).

La lluvia de polen, constituida por todos los granos de polen y esporas que son producidos por la vegetación y depositados en el suelo de una región determinada (Jackson y Williams, 2004), es una herramienta muy útil para conocer

de manera rápida la distribución, estructura y composición dominante de los diferentes tipos de comunidades vegetales presentes en una región (Terradas, 2001).

El espectro polínico está determinado por las diferentes interacciones que los distintos taxa tienen con respecto a los factores ecológicos que intervienen en ellos, variando la relación polen-vegetación en espacio y tiempo (Barboni y Bonnefille, 2001; Burry, 2002; Conserva y Byrne, 2002; Jackson y Williams, 2004; Domínguez-Vázquez et al., 2004). Estas diferencias que se encuentran en la relación polen-vegetación se debe a las variaciones en productividad, mecanismos de polinización y la deposición del polen de las distintas especies, lo que ocasiona que la relación entre la lluvia de polen y la vegetación que la produce rara vez sea del 100% (Faegri e Iversen, 1989); a

pesar de esto, es posible establecer relaciones cuantitativas entre la lluvia de polen y la abundancia de las especies productoras de polen.

En los bosques de clima templado del 70 al 100% de los taxa son de polinización anemófila, mientras que en los bosques de clima tropical sólo del 2 al 3% son polinizados por anemofilia y el resto es dispersado por zoogamia (Burry et al., 2005). Estas diferencias en la productividad polínica pueden incrementar de manera significativa la representación de ciertos taxa en la lluvia de polen. *Pinus* y *Moraceae* son taxa que generalmente están sobrerrepresentados en la lluvia de polen de los neotrópicos (Bush et al., 2001; Domínguez-Vázquez et al., 2004).

La relación de la deposición de la lluvia de polen moderno con la vegetación permite determinar la distribución espacial, estructura y composición florística encontrada en distintos tipos de vegetación dentro de un gradiente altitudinal y de precipitación (Vincens et al., 2000; Barboni et al., 2003; Domínguez-Vázquez et al., 2004; Domínguez-Vázquez y Islebe, 2008). En el sur de México, utilizando la lluvia de polen moderno se logró identificar y diferenciar los 3 tipos principales de vegetación presentes en la selva Lacandona: bosques tropicales, templados y mesófilos, los cuales estuvieron constituidos principalmente de polen arbóreo y alóctono (Domínguez-Vázquez et al., 2004; Domínguez-Vázquez y Islebe, 2008). Islebe et al. (2001) lograron reconocer, mediante el uso de la lluvia de polen, los diferentes tipos de vegetación que se presentaban en el gradiente edáfico de las selvas de Quintana Roo. Con el fin de comprender

la señal polínica actual y utilizarla en las interpretaciones durante las reconstrucciones paleoecológicas que se están llevando en el área, este trabajo tiene como objetivo describir la relación que existe entre la lluvia de polen y la vegetación de la subprovincia de Mil Cumbres en la cuenca del Balsas medio.

Materiales y métodos

Área de estudio. El área de estudio está localizada en la subprovincia de Mil Cumbres de la cuenca del Balsas medio, dentro de los municipios de Charo, Tzitzio y Tumbisca ubicados en el estado de Michoacán (Fig. 1). El área presenta un clima templado subhúmedo (C(W2)(W), con pequeñas porciones del tipo semicálido subhúmedo (A)C(W2)(W) (Fernández-Nava et al., 1998), con precipitaciones menores a los 1 000 mm al año y la temperatura promedio anual 18-30°C, lo que ocasiona que se desarrollen bosques de pino-encino, bosques de encino-pino y bosques mesófilos en las zonas más húmedas y en las partes bajas: selvas medianas subperennifolias y selvas bajas caducifolias (Miranda y Hernández, 1963; Rzedowski, 1981; Fernández-Nava et al., 1998; Carranza, 2005).

Con el fin de abarcar la mayor extensión posible y representar a la mayor parte de la variación en la vegetación del área de estudio, se recolectaron muestras de musgos por única vez en bosque de encino-pino, bosque mesófilo y selva baja caducifolia de la provincia de Mil Cumbres de la cuenca del Balsas medio. Los sitios de Ichaqueo

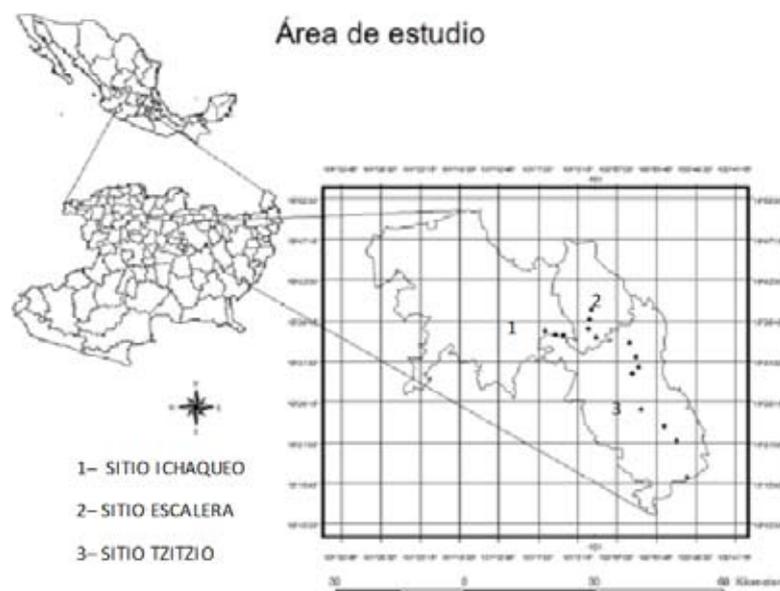


Figura 1. Área de estudio.

están caracterizados por un bosque de encino-pino con un estrato arbóreo dominado por *Quercus* y *Pinus*. La Escalera presenta un bosque mesófilo caracterizado por *Quercus*, *Ternstroemia lineada*, *Carpinus caroliniana*, *Alnus jorullensis* y *Arbutus xalapensis*. Mientras que la mayoría de los sitios de Tzizio pertenecían a una selva baja caducifolia con elementos arbóreos como *Acacia pennatula*, *A. farnesiana*, *Lysiloma* sp., *Ceiba aesculifolia*, *Bursera* sp., *Guazuma ulmifolia* y *Heliocarpus* sp.

Las recolectas se realizaron a cada 5 kilómetros de distancia, se etiquetaron y almacenaron en bolsas de plástico para evitar su contaminación. Los granos de polen fueron extraídos y acetolizados (Erdtman, 1952). Las muestras acetolizadas se montaron con glicerina sobre laminillas y se analizaron con un microscopio óptico y un aumento de 40X hasta obtener un mínimo de 300 granos de polen de taxa leñosos. Los granos de polen encontrados se identificaron con la ayuda de manuales palinológicos (Lozano-García y Martínez, 1990; Palacios-Chávez et al., 1991; Colinvaux et al., 1999) y utilizando la colección palinológica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Se realizaron cuadrantes en la vegetación de 20 × 20 m en los puntos de recolecta del musgo. Se contaron y recolectaron todas las especies mayores de 5 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho) y mayores de 1.5 m de altura, a las cuales se les registró con un número de identificación, anotando altura y DAP. Los cuadrantes de 20 × 20 m se dividieron en 2 subcuadros, 1 de 5 × 5 m y otro de 1 × 1 m, en los cuales se colectaron arbustos y hierbas, respectivamente. Los ejemplares recolectados fueron identificados y depositados en el herbario de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Se utilizó C2 (Juggins, 2003) para construir los diagramas de polen y Minitab1 512 (2008) para los análisis de ordenación y clasificación.

La relación entre la vegetación y la lluvia de polen se analizó a través del índice R expresado como $A = B_0 / (P_0 + P_1 + B_0)$; donde B_0 = número de taxa presentes en el polen más los taxa encontrados en la muestra de la vegetación; P_0 = número de taxa encontrados en cada muestra de polen, pero ausentes en la muestra de la vegetación y P_1 = número de taxa presentes en la vegetación, pero que no se encuentran en la muestra de polen. El índice R varía entre 0 y 1. $A = 1$ significa que todos los taxones encontrados en la vegetación están presentes en los taxa encontrados del polen y en el caso de que $A = 0$ significa que no existe relación entre la vegetación y los taxa encontrados en las muestras de polen (Davis y Goodlett, 1960).

Resultados

Durante el análisis polínico se distinguieron 45 taxa, los más abundantes fueron: *Pinus*, *Quercus*, Mimosoideae, Gramineae y Compositae. Entre los taxa tropicales se encontró: Mimosoideae con más de 40%, Bombacaceae con porcentajes de 2 hasta 20, Tiliaceae con un máximo de 30% y las Urticaceae alcanzaron 20% en algunos lugares. Los taxa de vegetación templada más comunes fueron *Quercus*, que alcanzó hasta 80% en un sitio de La Escalera y *Pinus* con proporciones hasta de 60%. La contribución de los elementos secundarios en el espectro polínico fue alta para: Gramineae (50%), Compositae (más de 40%), Cyperaceae (20%), Euphorbiaceae (15%), *Piper* (20%) y en menores proporciones *Acalypha*, Chenopodiaceae y maíz.

La señal polínica de Ichaqueo (sitios 1-4) indica la presencia de un bosque de pino-encino, lo que explica la alta proporción de polen de *Pinus* en algunos sitios (60%), siendo el porcentaje más alto encontrado para este taxa en toda el área de estudio. Otros taxa de bosque templado con proporciones significativas en Ichaqueo fueron *Quercus*, *Ilex* y Betulaceae. Elementos tropicales como Myrtaceae,

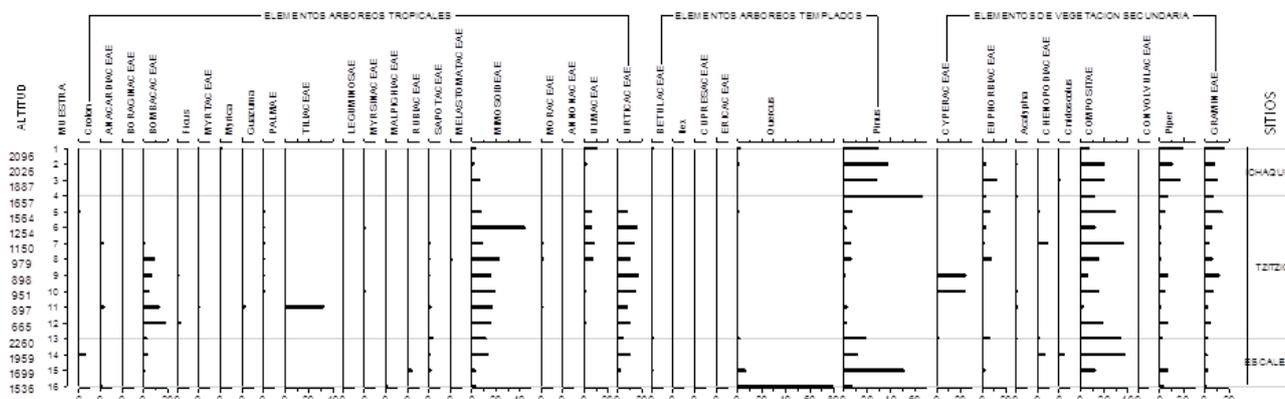


Figura 2. Diagrama de los principales taxa de la lluvia de polen en Michoacán, México.

Ulmaceae y Mimosoideae comienzan a aparecer conforme descendemos altitudinalmente, esta mezcla de elementos tropicales y templados indican una vegetación de bosque mesófilo (Figs. 2, 3).

Las muestras de Tzitzio fueron dominadas por elementos tropicales como: Sapotaceae, Palmae, Mimosoideae, Ulmaceae y Urticaceae. Boraginaceae y *Croton* se identificaron sólo en el sitio 5 y Malpighiaceae fue hallado en el sitio 7, el cual era un sitio caracterizado por una vegetación de tipo sabanoide. Anacardiaceae, Rubiaceae y Combretaceae/Melastomataceae fueron encontrados en las muestras provenientes de los sitios con menor altitud. Los sitios 11 y 12 se diferenciaron de los anteriores por la presencia de *Guazuma* y Tiliaceae, en donde formaban manchones casi monoespecíficos ocasionando una fuerte relación polen-vegetación.

Una vegetación de tipo mesófilo se encuentra en La Escalera conforme descendemos en altitud. Este bosque caracterizado por *Quercus*, *Pinus*, *Carpinus*, *Betula* y *Ternstroemia* está dominado en el espectro polínico por *Quercus* (10-80%) y *Pinus* (10-50%) principalmente; además de Betulaceae, indicando condiciones húmedas y más cálidas. En este tipo de vegetación fue posible identificar en bajas proporciones algunos elementos tropicales como: Sapotaceae, Mimosoideae, Urticaceae, *Croton*, Ulmaceae y Bombacaceae (Figs. 2, 3).

Todas las zonas presentaron algún grado de disturbio, lo cual estuvo relacionado con la presencia de elementos secundarios como Euphorbiaceae, Compositae y Gramineae. De manera general, puede decirse que los sitios con mayor perturbación fueron los ubicados en Tzitzio. Las muestras con mayor perturbación correspondieron a los sitios 4, 5 y 12 que se encontraban en Ichaqueo, Tzitzio y La Escalera, respectivamente (Figs. 2, 3).

El análisis de componentes principales mostró la influencia del gradiente altitudinal en la zona, por lo que ordenó a los taxa encontrados en 3 grupos. Un grupo de elementos tropicales, en donde se encuentran elementos arbóreos tropicales como Bombacaceae, Ericaceae, Anacardiaceae, *Ficus*, *Acacia*, *Tiliaceae* y Myrtaceae. Un grupo de elementos templados con *Pinus*, Betulaceae y *Quercus*, y un tercer grupo caracterizado por elementos secundarios como *Croton*, Gramineae, Euphorbiaceae y Compositae (Fig. 4). El APC (análisis de componentes principales) (Fig. 5) y el análisis de discriminantes (Fig. 6) aplicado a los sitios de colecta encuentra 2 grandes grupos: uno formado por los lugares ubicados en Tzitzio, en donde la selva baja caducifolia es la vegetación dominante y otro grupo, reúne los sitios que se ubican en Ichaqueo y La Escalera, caracterizados por un bosque templado.

El índice R muestra poca relación entre el polen encontrado en los sitios de muestreo y la vegetación

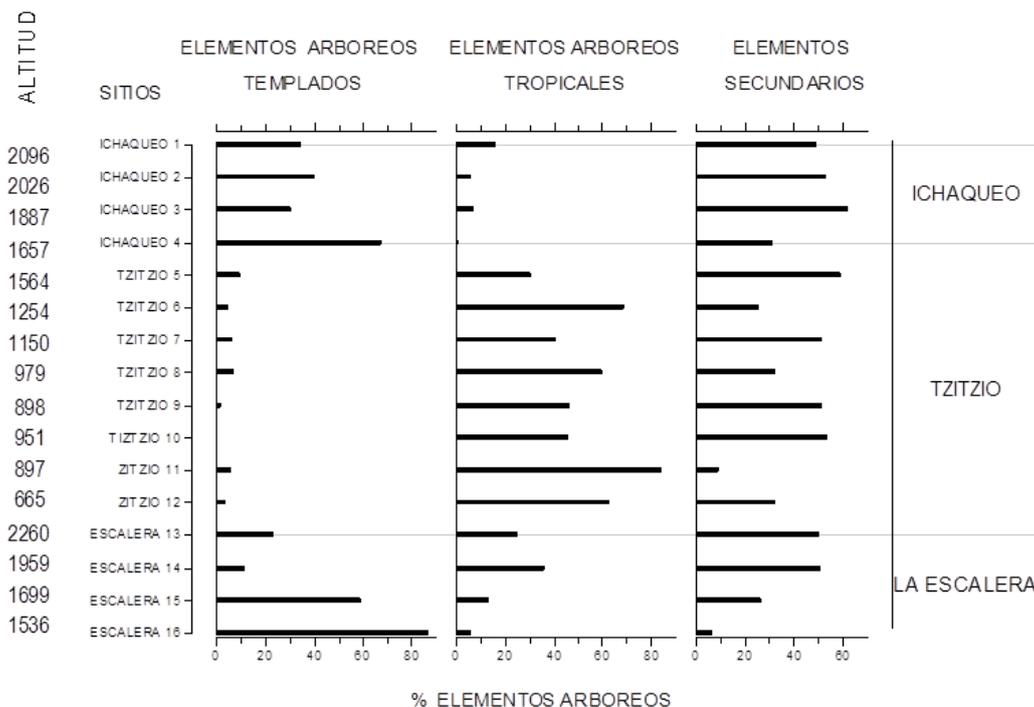


Figura 3. Resumen de la lluvia de polen por tipo de vegetación de los sitios de estudio en Michoacán.

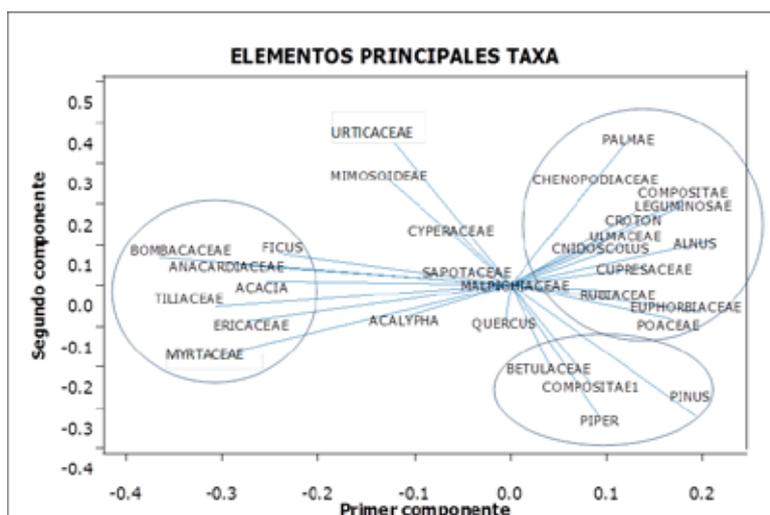


Figura 4. Análisis de elementos principales de los taxa polínicos encontrados en la lluvia de polen en Michoacán, México.

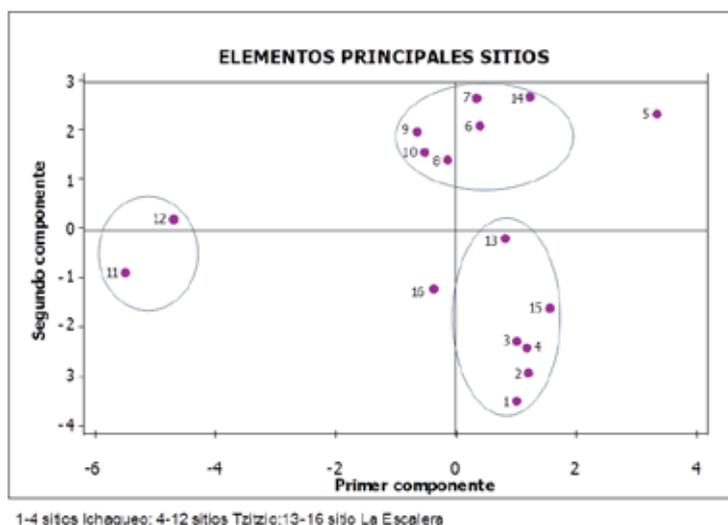


Figura 5. Análisis de elementos principales de los sitios de muestreo.

local, lo que significa que los taxa anemófilos influyen fuertemente en el espectro polínico, indicando una señal regional (Cuadro 1).

Discusión

Los datos sobre la lluvia de polen moderno en esta zona específica de la cuenca del Balsas medio, reflejan las diferencias existentes en la vegetación a lo largo del gradiente altitudinal. Los diferentes taxa agruparon en 3 distintas unidades al espectro polínico: 1) bosque templado, 2) bosque tropical y 3) elementos secundarios (Domínguez Vázquez et al., 2004).

La mayor parte de las especies arbóreas presentes en la selva baja como: Sterculiaceae, Clusiaceae, Mimosoideae, Anacardiaceae y Boraginaceae tienen mecanismos de polinización entomófilas, por lo que producen pequeñas cantidades de polen y tienen una limitada capacidad de dispersión (Graham, 1999; Bush et al., 2001; Bush y Rivera, 2001), lo que explicaría la baja relación entre la vegetación y el polen encontrado. Mientras que elementos anemófilos como *Quercus*, *Pinus*, Compositae y Urticaceae tienen gran influencia en la lluvia de polen, debido a que son taxa que producen enormes cantidades de polen, con gran capacidad de dispersión (Sáenz, 1978; Domínguez-Vázquez et al., 2004; Islebe et al., 2001). Esta

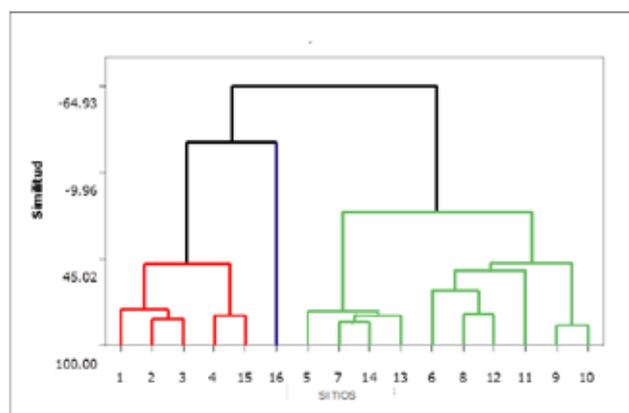


Figura 6. Dendrograma del análisis de discriminantes de los sitios muestreados utilizando la correlación de Ward.

sobreproducción de polen de pino y encino encontrado en la lluvia polínica está relacionada con los mecanismos de polinización de estas especies (Barboni y Bonefille, 2001; Stutz y Prieto, 2003; Burry et al., 2005; Sjögren et al., 2006).

La sobrerrepresentación de algunos taxa en lugares donde no existen en la vegetación actual, puede explicarse por dispersión de larga distancia, lo que nos estaría indicando una señal regional en vez de una señal local (Chengyu et al., 2004; Bush et al., 2001). Mientras que la presencia de taxa no anemófilos en la lluvia de polen sin que exista una fuente de producción *in situ* puede deberse a que estos granos habrían sido depositadas antes de la transformación de los bosques en potreros y cultivos en la zona de estudio, lo que indicaría que el musgo puede estar guardando un registro ecológico de la vegetación que se encontraba en la zona antes del disturbio (Dominguez-Vázquez et al., 2004; Plue et al., 2008; Sjögren et al., 2006).

Aunque el espectro polínico de Ichaqueo y La Escalera están relacionados, el espectro de La Escalera estuvo representado en su mayoría por *Quercus*, mientras que en Ichaqueo, *Pinus* fue más abundante. Estas diferencias en el espectro polínico de *Quercus* y *Pinus* muestra que el polen puede reflejar las variaciones en la vegetación ocasionadas por el efecto del gradiente de altitud y humedad que se reflejan en diferencias en la productividad polínica (Barboni y Bonefille, 2001; Chengyu et al., 2004; Bush et al., 2001).

Conserva y Byrne (2002) aseguran que los altos valores de polen de *Pinus* encontrados en muestras durante el Holoceno se debieron a una contribución regional, por lo que no es correcto interpretar la señal de *Pinus* como evidencia de la presencia local de un bosque. Sin embargo, en este trabajo hemos encontrado que a pesar de que *Pinus* nos puede dar una señal regional, también nos indica una

Cuadro 1. Índice de correlación R (Davis y Goodlet 1960)

Taxa / Sitios	Ichaqueo	Tzitzio	Escalera
<i>Alnus</i>	1	0	0
Anacardiaceae	0	1	0
Annonaceae	0	0	0
Betulaceae	1	1	1
Bombacaceae	0	1	1
Boraginaceae	0	1	0
Bignoniaceae	0	0	0
Burseraceae	0	1	0
Celastraceae	0	0	0
Chenopodiaceae	0	0	0
Clusiaceae	0	1	0
<i>Cnidoscopus</i>	1	0	0
Compositae	1	1	1
<i>Croton</i>	0	1	1
Cupressaceae	0	0	0
Cyperaceae	1	1	1
Ericaceae	1	0	0
Flacourtiaceae	0	1	0
Euphorbiaceae	1	1	1
<i>Ficus</i>	1	1	0
<i>Guazuma</i>	0	1	0
Labiatae	0	1	0
<i>Ilex</i>	1	1	0
Leguminosae	1	1	1
Malpighiaceae	0	1	0
Combretaceae/ Melastomataceae	0	0	0
Mimosoideae	1	1	1
Moraceae	0	1	0
<i>Myrica</i>	0	0	0
Myrsinaceae	1	0	0
Malvaceae	0	1	1
Myrtaceae	1	0	0
Palmae	0	0	0
<i>Pinus</i>	1	0	1
<i>Piper</i>	1	1	1
Gramineae	1	1	1
<i>Quercus</i>	1	1	1
Rubiaceae	1	1	1
Sapotaceae	0	0	0
Tiliaceae	0	1	1
Ulmaceae	1	1	0
Urticaceae	0	0	0
Verbenaceae	0	0	0
Simaroubaceae	0	0	0
Total	0.3	0.3	0.3

condición local, ya que las proporciones de polen de *Pinus* son menores cuando no se encuentra localmente.

La lluvia de polen de la subprovincia de Mil Cumbres muestra el gradiente altitudinal que se presenta en esta parte del Balsas Medio, lo que permite deducir una zona de transición presente entre el bosque templado y el bosque tropical localizados en los sitios de La Escalera y Tzitzio (Vincens et al., 2000, Barboni y Bonnefille, 2001, Barboni et al., 2003).

La lluvia de polen fue una herramienta muy importante para conocer la composición y estructura de la vegetación presente en la zona de Mil Cumbres localizada dentro de la cuenca del Balsas medio. Es posible observar el efecto que la temperatura y precipitación en el gradiente altitudinal tiene sobre la distribución de la vegetación presente en la zona de estudio. Además, nos indica una señal relacionada con un bosque templado dominado por *Pinus* y *Quercus*, y un bosque tropical influenciado por Mimosoideae, *Croton*, Euphorbiaceae y Anacardiaceae.

Agradecimientos

El segundo autor agradece a Promep por la beca de instalación Nuevo PTC-209. Asimismo, el primer autor agradece la beca otorgada, mediante el Proyecto CIC-2008.

Literatura citada

- Barboni, D. y R. Bonnefille. 2001. Precipitation signal in pollen rain from tropical forest, South India. *Review of Paleobotany and Palynology* 114:239-258.
- Barboni, D., R. Bonnefille, S. Prasad y B. R. Ramesh. 2003. Variation in modern pollen from tropical evergreen forests and the monsoon seasonality gradient in SW India. *Journal of Vegetation Science* 14:551-562.
- Burru, L. S. 2002. Dispersión del polen actual en el sur de Chubut. Tesis de doctorado, Universidad de La Plata, La Plata. 155 p.
- Burru, L. S., L. D'Antoni y J. L. Frangi. 2005. Polen y vegetación extraandina Argentina a 45° S. *Anales Del Jardín Botánico de Madrid* 62:143-152.
- Bush, M. B., E. Moreno, P. E. De Oliveira, E. Asanzas y P. A. Colinvaux. 2001. The influence of biogeographic and ecological heterogeneity on Amazonian pollen spectra. *Journal of Tropical Ecology* 17:729-743.
- Bush, M. y R. Rivera. 2001. Reproductive ecology and pollen representation among neotropical trees. *Global Ecology and Biogeography* 10:359-367.
- Carranza, E. G. 2005. Descripción física y biótica (Vegetación). *In* La biodiversidad de Michoacán. Estudio de estado. Conabio. UMSNH. Morelia. p. 21-45.
- Chengyu, W., M. B. Bush y M. R. Silman. 2004. Analysis of modern pollen rain on an elevational gradient. *Journal of Tropical Ecology* 20:113-124.
- Colinvaux, P., E. De Oliveira y E. Moreno. 1999. Amazon pollen manual and atlas. Harwood academic publishers. Amsterdam, The Netherlands. 332 p.
- Conserva, M. E. y R. Byrne. 2002. Late Holocene vegetation change in the Sierra Madre Oriental of Central Mexico. *Quaternary Research* 58:122-129.
- Davis, M. B. y J. C. Goodlett. 1960. Comparison of the present vegetation with pollen spectra in surface samples from Brownington Pond, Vermont. *Ecology* 41:346-357.
- Domínguez-Vázquez, G., G. A. Islebe y R. Villanueva. 2004. Modern pollen rain from the Lacandon Forest, Chiapas, Mexico. *Review of Paleobotany and Palynology* 131:105-116.
- Domínguez-Vázquez, G. y G. A. Islebe. 2008. The pollen rain as a tool for landscape assesment in a preserved montane forest in southern Mexico. IPC congress. Germany. 239 p.
- Erdtman, O. S. 1952. Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. (An introduction to Palynology), Alqmus, Wiksell Stockholm . 539 p.
- Faegri, K. y J. Iversen. 1989. Textbook of pollen analysis. The Blackburn Press, 4a. edición. Munksgaard, Copenhagen. 328 p.
- Fernández-Nava R., J. C. Rodríguez, M. Arreguín y M. Rodríguez. 1998. Listado florístico de la cuenca del río Balsas, México. *Polibotanica* 9:1-151.
- Graham, A. 1999. Studies in Neotropical paleobotany. XIII. An Oligo-Miocene palynoflora from Simojovel (Chiapas, Mexico). *American Journal of Botany* 86:17-31.
- Islebe, G. A., R. Villanueva-Gutiérrez y O. Sánchez. 2001. Relación lluvia de polen-vegetación en selvas de Quintana Roo. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana* 69:29-36.
- Islebe, G. A. y O. Sánchez. 2002. History of Late Holocene vegetation at Quintana Roo, Caribbean coast of Mexico. *Plant Ecology* 160:187-192.
- Jackson, S. T. y J. W. Williams. 2004. Modern analogues in quaternary paleoecology: here today, gone yesterday, gone tomorrow? *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 32:495-537.
- Juggins, S. 2003. C2: Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualization, version 1.6.8. University of Newcastle, Newcastle.
- Lozano-García, M. S. y E. Martínez-Hernández, 1990. Palinología de los Tuxtlas: especies arbóreas. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Publicaciones Especiales No. 3. México D. F. 61 p.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29-179.
- Palacios-Chávez, R., B. Ludlow-Wiechers y R. Villanueva. 1991. Flora Palinológica de la Reserva de la Biosfera de Sian KA' AA. Ciqro. Chetumal, Quintana Roo. 321 p.
- Plue, J., M. Hermy, K. Verheyen, P. Thuillier, R. Saguez y G. Decocq. 2008. Persistent changes in forest vegetation and seed bank 1600 years after human occupation. *Landscape Ecology* 23:673- 688.

- Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Limusa, México, D. F. 341 p.
- Sáenz, C. 1978. Polen y esporas: introducción a la palinología y vocabulario palinológico. H. Blume, Madrid. 89 p.
- Sjögren, P., F. Jacqueline, N. Leeuwen, W.O. Van der Knaap y K. Van de Borg. 2006. The effect of climate variability on pollen productivity, at 1975-2000, recorded in a Sphagnum peat hummock. *The Holocene* 16:277-286.
- Stutz, S. y A. R. Prieto. 2003. Modern pollen and vegetation relationships in mar Chiquita coastal lagoon area, southeastern Pampa grasslands, Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology* 126:183-195.
- Terradas, J. 2001. Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisaje. Primera edición. Omega, Barcelona. 703 p.
- Vincens, A., M. A. Dubois, B. Guillet, G. Achoundong, G. Buchet, V. Kamgang, C. de Namur y B. Riera. 2000. Pollen-rain-vegetation relationships along a forest-savanna transect in southeastern Cameroon. *Review of Paleobotany and Palynology* 110:191-208.