



Análisis preliminar de la diversidad y estructura arbórea-arbustiva del bosque mesófilo en el Sistema Volcánico Transversal de Michoacán, México

Preliminary analysis of the biodiversity and structure for tree and scrubs in the mountain cloud forest on the Transversal Volcanic System from Michoacán, Mexico

Gerardo Santana^{1✉}, Manuel Mendoza², Vicente Salinas¹, Diego Pérez-Salicrup³, Yolotzin Martínez¹ e Isela Aburto¹

¹Instituto Tecnológico del Valle de Morelia. Km 6.5 Carretera Morelia-Salamanca, Col. Ángeles, 58100 Morelia, Michoacán, México.

²Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. Antigua Carretera a Pátzcuaro Núm. 8701, Col. ExHacienda de San José de la Huerta, 58190 Morelia, Michoacán, México.

³Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Antigua Carretera a Pátzcuaro Núm. 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de la Huerta, 58190 Morelia, Michoacán, México.

✉ ehuicochea@yahoo.com.mx

Resumen. El objetivo del presente análisis es determinar la biodiversidad y estructura del bosque mesófilo de montaña (BMM) ubicado en el Sistema Volcánico Transversal de Michoacán (SVTM), actualmente amenazado por los intensos cambios de uso de suelo. A través de muestreos en transectos de 50 x 2 m en un número variable de acuerdo con la superficie de los 11 fragmentos muestreados. Se encontraron 2 083 individuos que representaron a 57 especies arbóreas y arbustivas. Los resultados obtenidos con el índice de Shannon, los de similitud (Jaccard con 45% y Sorensen con 31% máximos), el diámetro normalizado, la estructura vertical y de copa demuestran una importante heterogeneidad en los fragmentos, pero con elementos florísticos de BMM. El 50% de las especies reportadas presentan un diámetro normalizado promedio entre 2.5-9.49 cm y el 13% tienen < 38 cm. El área basal estimada va de 7.59 (fragmento 3) a 114.4 m² ha⁻¹ (fragmento 6). Considerando el valor de importancia relativa sobresalen *Styrax argenteus*, *Pinus pseudostrobus* y *Ternstroemia lineata* como las especies dominantes en todo el BMM. En cada fragmento se observó que el BMM en el SVTM se encuentra confinado a barrancas y que la superficie de los fragmentos reportados por el Inegi están sobrestimados en su área. La comparación de las especies que se presentaron en los BMM analizados contra sitios cercanos y regionales del mismo ecosistema, resultó en una baja similitud, encontrándose que a mayor distancia mayor es la disimilitud de especies.

Palabras clave: fragmentos, índice de Shannon, similitud, valor de importancia relativa, diámetro normalizado, estructura vertical.

Abstract. The objective of this study was to analyze the biodiversity and structure of Cloud Mountain Forest (CMF) located in the Trans Volcanic System in Michoacán (TVSM), Mexico, which is threatened by current land use changes. We sampled a variable number of 50 x 2 m transects depending on the total area in each of 11 CMF fragments. We found a total of 2 083 individuals representing 57 tree and shrub species. Results obtained with species abundance, Shannon Index, Similitude (Jaccard with 45% and Sorensen with 31%, as maxim values for both), normalized diameter, vertical structure and cover showed an important heterogeneity in the fragments but with floristic elements from CMF. Fifty percent of reported species had normalized diameters between 2.5-9.49 cm, and 13% had normalized diameters < 38 cm. Estimated Basal area ranged from 7.59 (fragment 3) to 114.4 m² ha⁻¹ (fragment 6). *Styrax argenteus*, *Pinus pseudostrobus* and *Ternstroemia lineata* were dominant in terms of the relative importance value in all CMF fragments sampled. We observed that CMF in the TVSM is confined to ravines, and that area of fragments reported by Inegi was overestimated. Comparisons between the occurrence of species in the CMF analyzed and in nearby and regional sites with the same ecosystem, showed a low similitude, with a higher dissimilitude the distance to the CMF we studied was larger.

Key words: fragments, Shannon index, similitude, relative importance value, normalized diameter, vertical structure.

Introducción

Los bosques mesófilos de montaña (BMM) a nivel mundial ocupan 380 000 km², de los cuales el 25.3% se encuentran en el continente americano, distribuyéndose en altitudes que van desde los 500 a 3 500 m snm, dependiendo de su ubicación con respecto a la costa, y recibiendo precipitaciones entre los 500 y 6 000 mm anuales (Bubb et al., 2004). Al igual que en el resto del mundo, en México son comunidades vegetales que se han desarrollado con base en historias evolutivas diversas (Rzedowski, 1996; Challenger, 1998; Williams-Linera, 2007), lo que aunado a su marcada insularidad les hacen albergar una diversidad biológica singularmente importante (Challenger, 1998; Rzedowski, 2006).

Esta diversidad representa apenas el 10% del total en México, pero es alta si se considera de manera proporcional a la superficie total del bosque mesófilo. Los BMM en el territorio mexicano presentan divergencias florísticas; sobre todo, arbóreas y arbustivas; y ambientales, ya que, aunque por lo regular poseen humedades y nubosidades elevadas, el intervalo de variación es amplio entre regiones, aunque es conspicua la presencia de epífitas y lianas (Williams-Linera, 2002; López-Mata et al., 2011). Así, se han analizado las relaciones fitogeográficas entre diversas comunidades vegetales en México y no se encontraron relaciones unitarias en las floras mesofílicas existentes en las grandes formaciones montañosas del país (Luna et al., 1999; Ruiz-Jiménez et al., 2012), demostrando una diversidad de orígenes evolutivos de los diferentes BMM mexicanos.

El BMM del Sistema Volcánico Transversal de Michoacán (SVTM) presenta una disminución en su superficie original a causa de su conversión a huertas aguacateras (Mendoza et al., 2010), por lo que están seriamente amenazados. La superficie total del BMM en la entidad es de 85 km² (Palacio-Prieto et al., 2000), pero existe incertidumbre sobre la naturaleza mesofílica de esta comunidad vegetal y su estado de conservación ante la escasa disponibilidad de información (Conabio, 2010). Los estudios o listados florísticos existentes están reportados para sitios muy puntuales, en donde se ha estudiado al mesófilo en conjunto con otras asociaciones vegetales (Medina y Rodríguez, 1993; Pérez-Calix, 1996; García, 2001), pero no encontramos publicaciones previas sobre la diversidad y estructura a nivel del SVTM.

En este contexto, este estudio tiene como objetivo analizar la diversidad arbórea y arbustiva, así como la estructura en el bosque mesófilo ubicado en el SVTM, contribuyendo con información que conduzca a establecer estrategias de conservación apropiadas a futuro.

Materiales y métodos

Área de estudio. De acuerdo con los levantamientos de cobertura vegetal y uso del suelo del inventario forestal nacional (IFN) reportados por Palacio-Prieto et al. (2000) y la Comisión Forestal de Michoacán (2003), se determinaron 13 fragmentos de bosque mesófilo en el SVTM distribuidos en 8 municipios (Fig. 1), cubriendo una superficie que varía de 12 a 1 523 ha. Se eligió trabajar con este inventario (serie II) por tener una continuidad metodológica y, prácticamente, el mismo equipo de expertos que participaron en la elaboración de la serie I.

El intervalo altitudinal del BMM michoacano va de 1 865 a 2 650 m snm y de acuerdo con las normales climatológicas históricas (SMN, <http://smn.cna.gob.mx/>), la temperatura anual promedio es muy variable en función de las condiciones topográficas existentes, pero se estima en 18° C, con máximos y mínimos de 30° y 2° C, respectivamente. La precipitación registrada en el área varía de 1 200 a 1 500 mm, concentrándose la mayor cantidad en los meses de junio a septiembre. De acuerdo con la clasificación de García (2004), el clima predominante es Cw2, caracterizado por ser templado con lluvias en verano y con bajo porcentaje de lluvia invernal (menor al 5% de la anual). Los grupos de suelos predominantes son luvisoles, andosoles y regosoles (Cuadro 1). León-Paniagua et al. (2010) incluyen al área de estudio en la región VI: cuenca alta del Balsas, y mencionan que el BMM está inmerso en una matriz de pino-encino y de encino. Recientemente, Álvarez (2013) reportó que los usos de suelo y cobertura adyacentes al BMM estudiado,

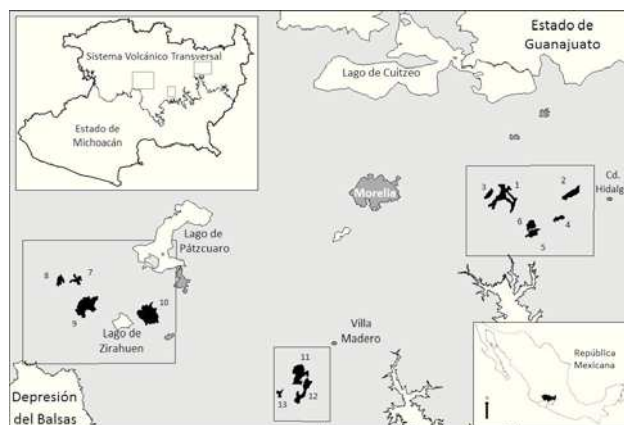


Figura 1. Ubicación geográfica de los 13 fragmentos de bosque mesófilo de montaña registrados por la serie II de Inegi para el año 2000. Cuadro o ventana izquierda es denominado Zirahuén, centro Tacámbaro-Villa Madero y derecha Mil Cumbres.

Cuadro 1. Características ambientales de los 11 fragmentos registrados por la serie II de Inegi en el 2000

<i>Fragmento</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Clima</i>	<i>Altitud (m snm)</i>	<i>T °C/P (mm)</i>	<i>Suelo</i>	<i>Municipios</i>
F1	1 241	Templado, subhúmedo	2 540	13/1 200	Lc, Th	Queréndaro Indaparapeo Charo
F2	487	Templado, subhúmedo	2 650	13/1 200	Th	Hidalgo
F3	208	Templado, subhúmedo	2 550	15/1 200	Lc	Indaparapeo Charo
F4	182	Templado, subhúmedo	2 540	15/1 200	Lc, Th	Queréndaro Hidalgo
F6	273	Templado, subhúmedo. Semicálido subhúmedo	1 865	18/1 200	Rd	Tzitzio Queréndaro
F7	265	Templado, subhúmedo	2 305	16/1 350	Th	Tingambato
F8	253	Templado, subhúmedo	2 150	16/1 350	Th, To	Tingambato
F9	1 336	Templado, subhúmedo	2 450	16/1 500	Th, To	Tingambato Salvador Escalante
F10	1 523	Templado, subhúmedo	2 530	16/1 200	To, L, Lc	Salvador Escalante Pátzcuaro
F11	926	Templado, subhúmedo	2 430	16/1 200	Lc	Tacámbaro Madero
F12	679	Templado, subhúmedo	2 185	18/1 200	Lc	Tacámbaro Madero

T= temperatura promedio anual, P= precipitación anual, L= Luvisol, Lc= Luvisol crómico, Th= Andosol húmico, Rd= Regosoldístico.

son cultivos de aguacate, otros cultivos agrícolas, pastizal, bosque de pino y pino-encino.

De los 13 fragmentos reportados por el IFN, 2 no fueron muestreados por su grado de perturbación. El resto de ellos en adelante serán referidos indistintamente como fragmentos o F, seguido del número respectivo. Por razones de ubicación geográfica, el BMM del SVTM se dividió en 3 subáreas, denominadas ventanas, cada una con diferentes características ambientales (Fig. 1). La ventana con mayor humedad relativa (datos no mostrados) es la de Zirahuén (Z), la cual contiene los lagos de Pátzcuaro y Zirahuén, mientras que la de Tacámbaro-Villa Madero (TV) y Mil Cumbres (MC) están influidas por la cercanía de la zona cálida y por tanto, tienen menor humedad relativa.

El muestreo se hizo siguiendo la metodología propuesta por Gentry, la cual permite conocer de forma rápida y concisa la diversidad biológica presente en un sitio (Phillips y Miller, 2002), y que consiste en muestrear 10 transectos de 50 x 2 m cada uno, dando así un punto independiente de muestreo de 0.1 ha. Los puntos geográficos, a partir de

los cuales se establecieron los transectos fueron elegidos al azar sobre los mapas que contienen a los fragmentos y fueron ubicados en campo con ayuda de un GPS. Se evitó tomar muestras en los bordes de los fragmentos, donde generalmente dominan especies secundarias y ruderales, tomando como referencia una distancia mínima de 50 m, a partir del borde (Phillips y Miller, 2002; Muñiz-Castro et al., 2006). Se identificó y midió el diámetro normalizado (DN; medido a 1.30 m de altura) de cada árbol y arbusto, cuya raíz estuvo incluida en el subtransecto, considerando que tuviesen como mínimo un DN de ≥ 2.5 cm. Para estas 2 formas de vida se midió, además, la dimensión de la copa a fin de estimar la cobertura en m², esto se realizó en sentido norte-sur y este-oeste, tomando como límite máximo la proyección vertical de las últimas hojas del individuo medido. Cuando fue posible, se identificaron las especies en campo, con la ayuda de bibliografía especializada y orientada a especies presentes en el bosque mesófilo en el país. En caso contrario, se colectaron muestras para posteriormente ser identificadas en gabinete

o en herbarios, como el del Instituto de Ecología, A. C. en Pátzcuaro y el de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (HUMO).

Con la finalidad de conocer el estado de conservación ecológica y la pertinencia al bosque mesófilo en el estado de las especies encontradas, se consultó el trabajo de González-Espinoza et al. (2011). El listado florístico (Apéndice 1) fue construido siguiendo The International Plant Names Index (www.ipni.or/ipni).

Para contar con superficies de muestreo representativas, se dividieron los 11 fragmentos con BMM en 3 clases: a) en 4 fragmentos con áreas ≥ 900 ha, en los que se realizaron 3 sitios; cada sitio de muestreo está compuesto de 10 transectos tipo Gentry; b) en 4 fragmentos con área entre 400-900 ha se establecieron 2 sitios, y c) en 5 fragmentos < 400 ha se muestreo un solo sitio. Cada uno de estos fragmentos fue ambientalmente caracterizado, a partir de datos obtenidos *in situ* durante los muestreos. Se anotó la orientación de cada transecto pendiente — con un clinómetro Brunton— y tipo de suelo. Además, se consultaron las bases históricas de datos anuales de temperaturas y precipitación del estado.

Una vez obtenida la información, se construyó una matriz de abundancia por especies, con los siguientes objetivos: a) conocer la distribución de la abundancia de las especies a través de todos los fragmentos, con énfasis en las especies indicadoras de BMM de acuerdo con Rzedowski (1996) y el análisis de Alcántara et al. (2002), y si ésta se distribuye de forma homogénea entre los fragmentos. El gráfico se construyó homogeneizando el esfuerzo de muestreo en cada fragmento a una hectárea; b) estimar el índice de Shannon considerado como de diversidad alfa en cada uno de los fragmentos del BMM; c) analizar la similitud entre muestras de la riqueza pertenecientes a cada fragmento, a través de los índices de Jaccard y Sorensen (Magurran, 2004; Moreno, 2002). Para tener un escenario visual entre las potenciales relaciones de estos últimos índices estimados entre pares de fragmentos, que se ubican en las 3 ventanas antes señaladas, fueron graficados en un dendrograma con el método clúster de vinculación completa en el programa PRIMER v5 (Clarke y Gorley, 2006) y conocer si las condiciones ambientales de cada ventana permiten una agrupación específica. En este caso, los datos se transformaron con la función raíz cuadrada y tomando como medida la distancia euclidiana. Se realizaron gráficos de la distribución de altura (m) y copa (m²) de los especímenes muestreados por especie y fragmento, con la finalidad de que estas variables dieran una idea del estado estructural del BMM en el SVTM.

Se estimó el valor de importancia relativa (VIR), tanto en general como por fragmento, de acuerdo con la siguiente ecuación (Matteucci y Colma, 1988; Franco et al., 1998):

$$VIR = DR + FR + ABR/3$$

donde DR es la densidad relativa, FR la frecuencia relativa y ABR el área basal relativa. Este es un índice que denota el grado de importancia o dominancia de una especie en una comunidad. Cada término tiene un valor que se acota entre 0 y 100, por lo que al dividirse entre 3, el resultado puede expresarse como el promedio de estos 3 atributos. Los valores VIR se graficaron en el programa BioDiversity Pro usando el método de jerarquizaron por abundancia y observando el comportamiento de las curvas resultantes, estas gráficas se realizaron por ventanas y los fragmentos que agruparon.

Para analizar la estructura del mesófilo se determinaron las clases diamétricas (cm) y de altura (m) de cada individuo en los transectos de cada fragmento, esta última se midió con reglas de madera graduadas y en árboles muy altos, se usó un clinómetro de manera complementaria. Posteriormente, estos datos se ordenaron en una base de datos por clases de acuerdo con la regla de Sturge (Fowler y Cohen, 1999). Finalmente, se realizó una comparación de la diversidad florística encontrada en este estudio y la de otros realizados en zonas aledañas.

Resultados

Se llevó a cabo un muestreo de 2 083 individuos que representan un total de 57 especies arbóreas y arbustivas distribuidas en 41 géneros y 31 familias. Los fragmentos 1, 10 y 11 tuvieron el mayor número de familias (Cuadro 2). Las familias con mayor número de especies fueron Fagaceae (10 especies), Pinaceae (7), Ericaceae y Asteraceae con 3 especies cada una. El fragmento 10 también tuvo el mayor número de géneros y de especies

Cuadro 2. Resumen taxonómico y de diversidad (Shannon) de los muestreos realizados en 11 fragmentos de bosque mesófilo de montaña en el Sistema Neovolcánico Transversal de Michoacán. N= abundancia por fragmento; H' = índice de Shannon

Fragmento	Familias	Géneros	Especies	N	H'
1	14	14	20	117	1.30
2	11	11	13	117	1.83
3	9	10	14	62	2.27
4	11	13	16	112	2.16
6	8	8	10	93	1.29
7	8	9	13	166	1.71
8	11	15	21	103	2.73
9	16	19	22	223	2.40
10	18	20	25	508	2.56
11	13	16	23	265	2.16
12	11	14	20	317	2.30

(20 y 25, respectivamente, en tanto que el fragmento 6 fue el de menor número de géneros y especies (8 y 10). Finalmente, los géneros con mayor riqueza de especies fueron *Quercus* y *Pinus* con 10 y 6 cada una.

La composición de especies mostró un predominio de 2 taxa, en cuanto a su abundancia a lo largo de todos los transectos, *Styrax argenteus* y *Ternstroemia lineata* (Fig. 2); estas especies fueron las más abundantes en todo el BMM analizado. Destacaron también *Clethra mexicana*, *Pinus pseudostrobus*, *Alnus acuminata* y algunas especies del género *Quercus*, aunque su ocurrencia en los fragmentos es menor a las antes mencionadas, pero que en conjunto representan casi el 60% de la abundancia en toda el área de estudio. Fueron raras las especies: *Podocarpus reichei*, *Fraxinus udhei*, *Carpinus carolineana*, *Parathesis villosa*, *Garrya longifolia* y *Saurauia serrata*.

Diversidad de especies. De acuerdo con el índice de Shannon (Cuadro 2), la diversidad fue mayor para los fragmentos 8 y 10 situados en las inmediaciones del lago de Zirahuén, hacia el sur del SVTM. La abundancia tuvo una media general de 191 ± 130.94 individuos, con un máximo de 508 individuos en el fragmento 10 y mínimo de 62 individuos en el fragmento 3. Haciendo el ajuste del esfuerzo de muestreo por el tamaño del fragmento, la media fue de 858 ind ha^{-1} , pero el máximo valor por fragmento se estimó para el 7 ($1\,660 \text{ ind ha}^{-1}$) y el mínimo valor en el fragmento 3 (530 ind ha^{-1}).

Similitud de fragmentos. Los índices de similitud calculados presentan, por lo general, valores no mayores

a 45% para Sorensen y de 31% para Jaccard, denotando la heterogeneidad ambiental presente en el BMM analizado (Fig. 3). En este escenario, los valores del índice de similitud de Sorensen permiten definir 2 grupos, el primero comprende a los fragmentos 8, 9 (ventana Z) 1 (MC), 12 (TV); el segundo, a los fragmentos 11 (TV), 3 (MC), 10 (Z). El resto de los fragmentos tiene valores muy bajos de similitud, por lo que no se agruparon (Fig. 3). En análisis clúster, basado en los valores de índice de Jaccard, también definió 2 grupos que incluyen todos los fragmentos, aunque con menor similitud promedio, grupo 1: 4, 2, 6 (MC), 7 (Z) y grupo 2: 11, 12 (TV), 1, 3 (MC), 8, 9, 10 (Z). Es evidente que el doble peso dado por Sorensen a las especies compartidas, se refleja en una mayor separación entre fragmentos.

Estructura arbórea y arbustiva. Con respecto al DN, 30 especies (50%) se ubican en un promedio de 2.5 a 9.49 cm, que sumadas a las 7 de la siguiente clase (hasta 16.49 cm) conforman el 61.7%, contra un 13.3% (8 especies) que tienen diámetros mayores a 38.5 cm (Cuadro 3; Fig. 4). Si se considera el DN de las especies arbóreas y arbustivas con mayor abundancia en el BMM, la tendencia es el predominio de aquellas con origen holártico, como *Pinus pseudostrobus* que alcanzó los 34.1 ± 29.14 cm de DN en promedio a lo largo de todos los fragmentos, donde fue muestreada, *Quercus rugosa* con 20.2 ± 9.87 cm y *Q. glaucooides* de 20.1 ± 17.6 cm. Las especies neotropicales como *Styrax argenteus* (7.3 ± 4.63 cm), *Ternstroemia lineata* (12.1 ± 9.63 cm) y una de origen asiático como

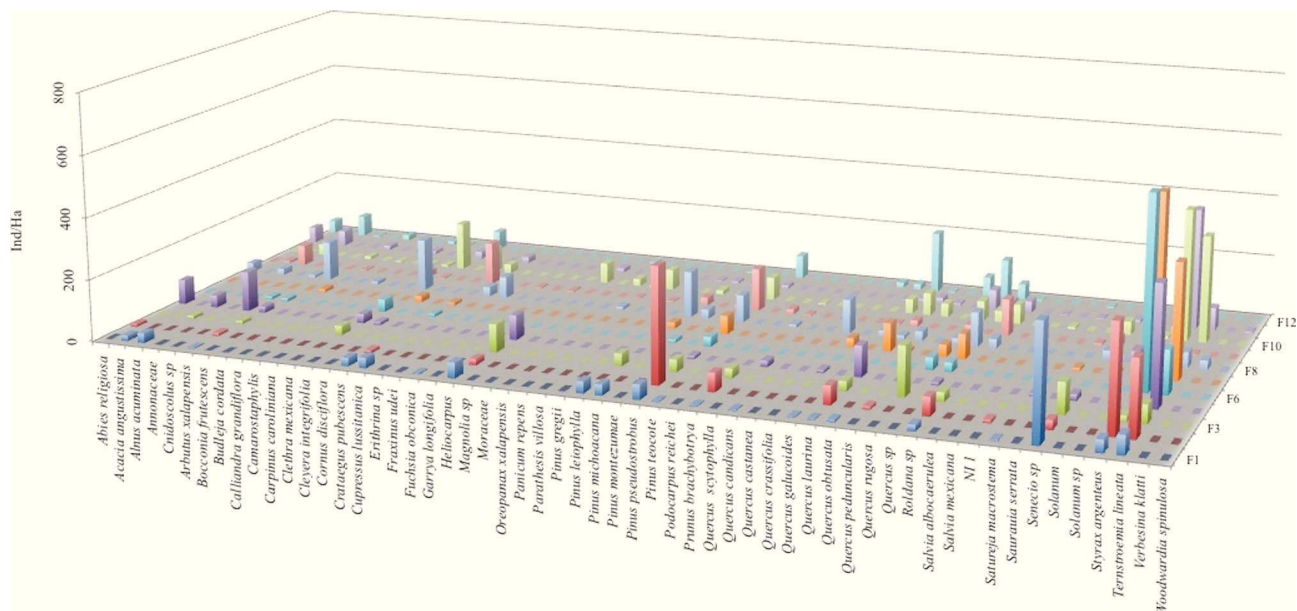


Figura 2. Distribución de la densidad por especies en los fragmentos del BMM . NI 1= especie no identificada.

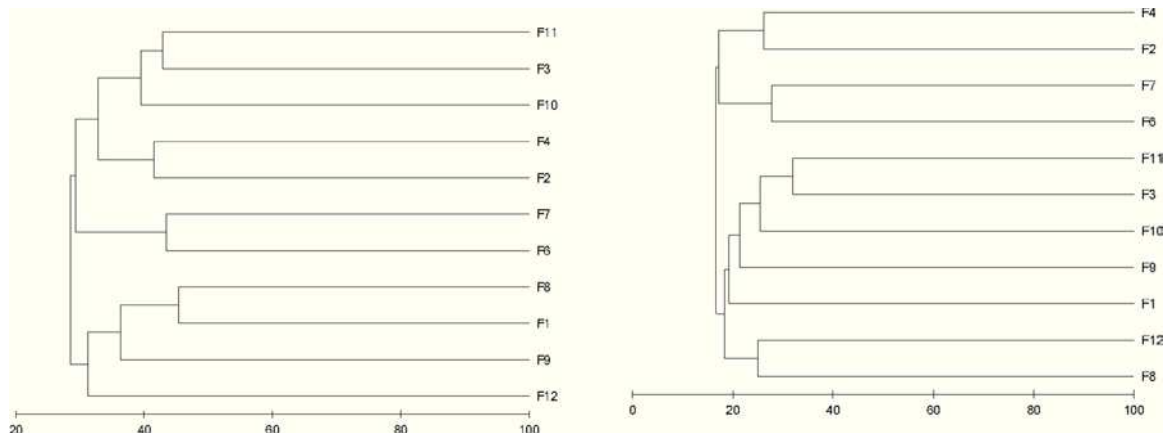


Figura 3. Dendrogramas para los índices de similitud de Sorensen (izquierda) y Jaccard (derecha) que muestran las relaciones de los fragmentos del bosque mesófilo michoacano (n= 11) basadas en el recambio de especies por fragmento.

Clethra mexicana (21.6±33.4 cm) son de menor DN, aunque con frecuencias altas en todo el BMM (Fig. 4).

El área Basal estimada en cada fragmento muestran valores que van desde los 7.59 m² ha⁻¹ en el fragmento 3 hasta 114.4 m² ha⁻¹ en el fragmento 6, con una media de 40.95±31.02 m² ha⁻¹ (Cuadro 3). El alto valor para el F6 estuvo aportado básicamente por los individuos de los géneros *Pinus*, *Arbutus*, *Clethra* y *Quercus*. De acuerdo con estos resultados de DN y AB, así como a las observaciones realizadas en campo, la heterogeneidad observada en el BMM es atribuible al incremento en la tala de especies maderables para poste y/o leña, aunque debe ser un factor que debe ser estudiado de manera sistemática.

Asimismo, igual lectura se le da a los datos de estratificación con una mayor frecuencia de especies con las alturas más bajas (hasta 6.99 m), representando el 72% del total de las especies considerando su promedio en todos los fragmentos. No se encontraron individuos de ninguna especie con altura mayor a 35 m.

La comparación en la altura y copa de todos los fragmentos muestra que el fragmento 6 alberga los valores

promedio más altos para ambos factores (Figs. 5 y 6). Para la altura no se encontró diferencia significativa entre los fragmentos (K-W= 13.21, *p*= 0.212), pero es notable la variación existente del parámetro altura dentro de cada fragmento (Fig. 5). Entre las especies de mayor abundancia a lo largo de los fragmentos muestreados, se encontraron *Pinus pseudostrobus* (17.66±7.66 m), *Quercus laurina* (16.91±3.74 m), *Clethra mexicana* (12.95±8.87 m) y *Alnus acuminata* (12.69±7.61 m) como dominantes del dosel. En el subdosel, *Crataegus pubescens* (7.01±2.85 m), *Styrax argenteus* (6.9±1.68 m) y *Ternstroemia lineata* (8.03±3.88 m), y en el estrato arbustivo a *Oreopanax xalapensis*, *Verbesina klatii*, *Cnidoscolus* sp., *Fuchsia obconica*, *Bocconia frutecens* y *Acacia* spp., entre otros, pero es importante observar la desviación estándar para cada media de las especies.

Los valores de copa sí mostraron diferencia significativa entre los fragmentos (K-W= 52.4, *p*< 0.001), pero sólo para el fragmento 6 con el resto. Aunque, los valores promedio son muy diferentes entre ellos, observándose valores desde 1 a 46 m² con un promedio general de 12.48

Cuadro 3. Distribución del número de especies considerando diferentes clases del diámetro normalizado (1.30 m desde la base de la planta) y área basal promedio por fragmento. Fr= frecuencia y su porcentaje (%)

Clase diamétrica (cm)	F1	F2	F3	F4	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	Fr	%
2.5-9.49	6	8	7	7	1	5	14	11	10	12	11	30	50.0
9.5-16.49	2	1	4	2	2	0	3	1	4	4	5	7	11.7
16.5-23.49	3	1	0	2	0	3	0	4	5	2	3	7	11.7
23.5-31.49	1	0	2	1	0	2	4	0	3	1	0	6	10.0
31.5-38.49	2	0	1	1	1	0	0	4	2	1	0	2	3.3
> 38.5	6	1	0	3	6	3	0	2	1	3	1	8	13.3
AB/ha (m ²)	56.3	15.1	7.5	74.3	114	86	10	26.4	26.2	22.2	10.2		

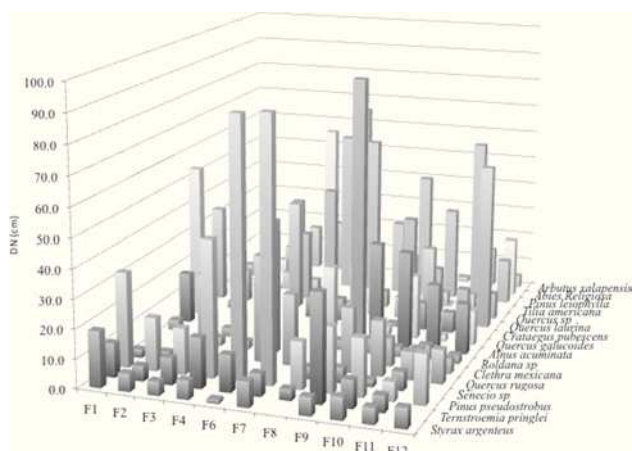


Figura 4. Diámetro normalizado (DN) para las 10 especies de mayor abundancia a través de los fragmentos muestrados.

m². Los fragmentos con menor promedio de copa fueron el 2 y el 12, con 5.49 y 5.53 m², respectivamente; en tanto el de mayor promedio fue el fragmento 6 con casi 40 m², el siguiente en valor fue el fragmento 7 con 15.8 m². Sobresalen especies de *Pinus gregii* y *P. teocote* con más de 40 m² y *Cornus disciflora* con 32 m², pero esta especie sólo se encontró en 2 fragmentos. Ahora bien, al analizar esta variable por especies de mayor abundancia en cada uno

de los fragmentos (Fig. 6) se encontró una heterogeneidad alta, en general no hubo un taxón que tuviera valores similares durante su distribución en los fragmentos, con excepción de *P. pseudostrobus* (23.83 ± 15.54 m) y, por tanto, la variabilidad intraespecífica fue alta. *S. argenteus* tuvo 6.29 ± 3.84 m y *T. lineata* 10.53 ± 10.33 m.

La jerarquización del valor de importancia relativa (VIR) para las especies arbóreas y arbustivas del BMM michoacano ($n=61$), tanto en general como por fragmento, indica que *S. argenteus*, *P. pseudostrobus*, *T. lineata*, *Clethra mexicana*, *P. pseudostrobus*, además de varias especies de *Quercus* representaron los valores más altos y frecuentes (Fig. 7). Ahora bien, las pendientes de las curvas que resultan de los valores VIR por fragmento en todo el BMM están determinadas por la dominancia de los primeros 4 o 5 taxones; mientras que a nivel de ventanas sobresalen los fragmentos 1 y 2 para Mil Cumbres, 7 y 9 para Zirahuén y los 2 de la ventana Tacámbaro-Villa Madero con las especies de mayor dominancia en términos de los parámetros que definen el VIR. Las especies con mayor VIR general en el BMM fueron *Styrax argenteus* (10.44), *Pinus pseudostrobus* (8.76) y *Ternstroemia lineata* (6.62). Este escenario tiene implicaciones para determinar el estado ecológico del BMM y saber qué especies propias de esta comunidad vegetal no estuvieron presentes entre las especies de mayor VIR.

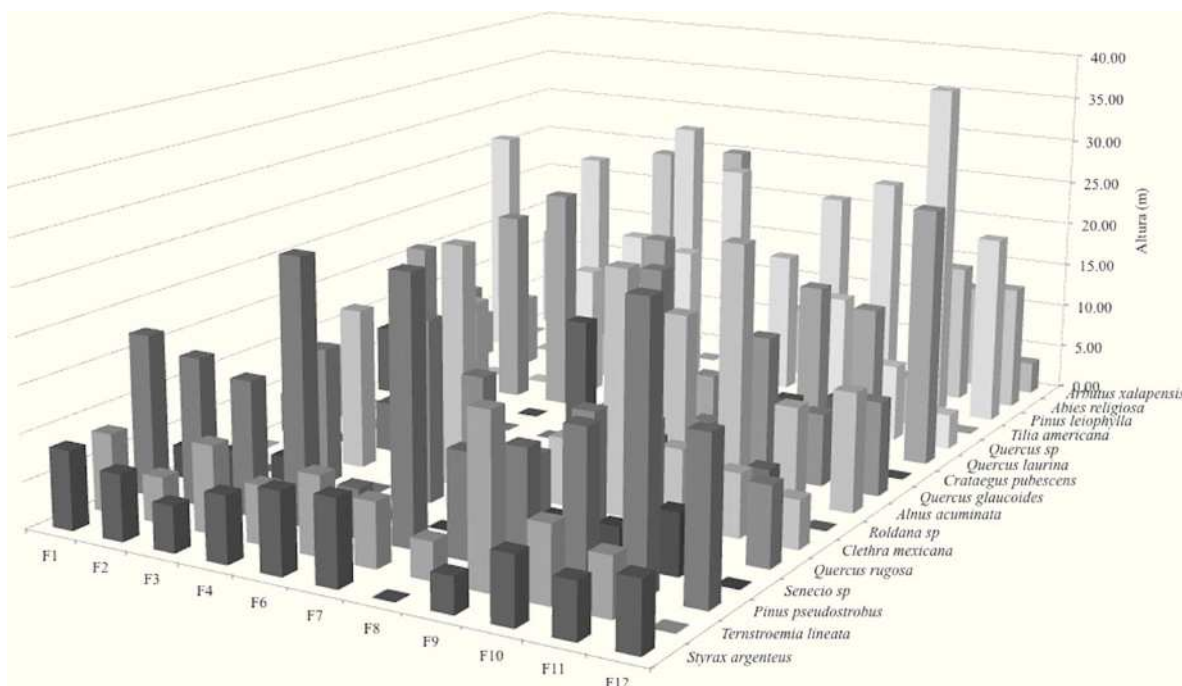


Figura 5. Comparación de las alturas promedio de las especies con mayor abundancia por fragmento en el Sistema Volcánico Transversal de Michoacán.

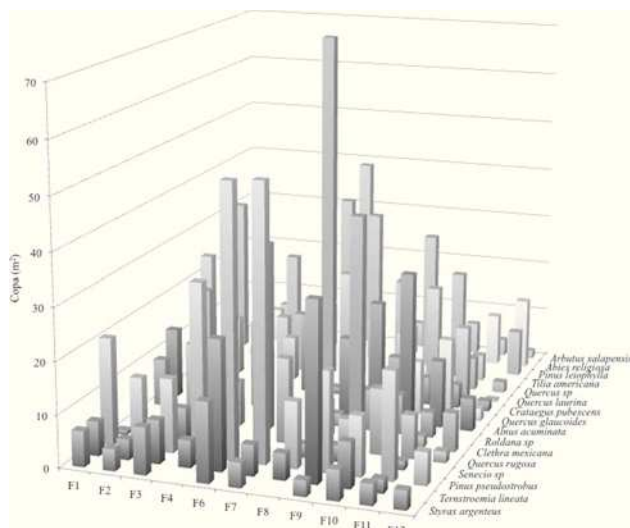


Figura 6. Copa promedio por especie en cada fragmento muestreado en el Sistema Volcánico Transversal de Michoacán.

Discusión

El BMM que se enclava en el SVT de Michoacán tiene una ubicación geográfica que le confiere características diferentes a muchos BMM mexicanos, es decir, tiene un clima más cálido y seco, posee una estacionalidad de lluvias muy marcada, por lo que no se crean condiciones de niebla apropiadas como ocurre en BMM ubicados más al sureste y sobre las vertientes cercanas al golfo de México. Así, su distribución se observó en barrancas o cañadas donde se conserva una mayor humedad, debido a que las pendientes pronunciadas limitan la radiación solar (Challenger, 1998; Rzedowski, 2006). Por otro lado, la ubicación con respecto a la costa y la manifestación del efecto Massenerhebung (Bruijnzeel et al., 2010; López-Mata et al., 2011), restringen la humedad costera que llega al SVTM y que puede considerarse como residual, una vez que ha atravesado la sierra Madre del Sur y la Depresión del Balsas (Jardel-Peláez et al., 2014). La única fuente de humedad regional es la proveniente de los lagos Zirahuén y Pátzcuaro. Por tanto, la diversidad vegetal observada y su estructura fisonómica son distintivas.

La limitante de datos ambientales precisos disponibles para la zona estudiada está asociada con la inexistencia de registros de estaciones meteorológicas que proporcionen los días de niebla presentes en los fragmentos analizados, lo que permitiría ahondar en la explicación de la heterogeneidad biótica del BMM estudiado. En este escenario, este es el primer reporte sobre la estructura y análisis de la comunidad del BMM en Michoacán, aportando así información estructural para un área con

falta de datos precisos sobre su estado de conservación (Conabio, 2010).

La escasa superficie de BMM registrada (85 km²) por Palacio-Prieto et al. (2000), el patrón de fragmentación y el acceso a ellos, intensifica el efecto de varios factores que amenazan a los BMM en Michoacán. Los factores principales son usos no maderables y tala para cambios de uso de suelo reportados para el área de estudio (Mendoza et al., 2011), básicamente se trata de actividades agrícolas y frutícolas, como el cultivo de aguacate, que demandan suelos y áreas de asentamiento donde se encuentra el BMM, aún en pendientes superiores a los 25°. En términos

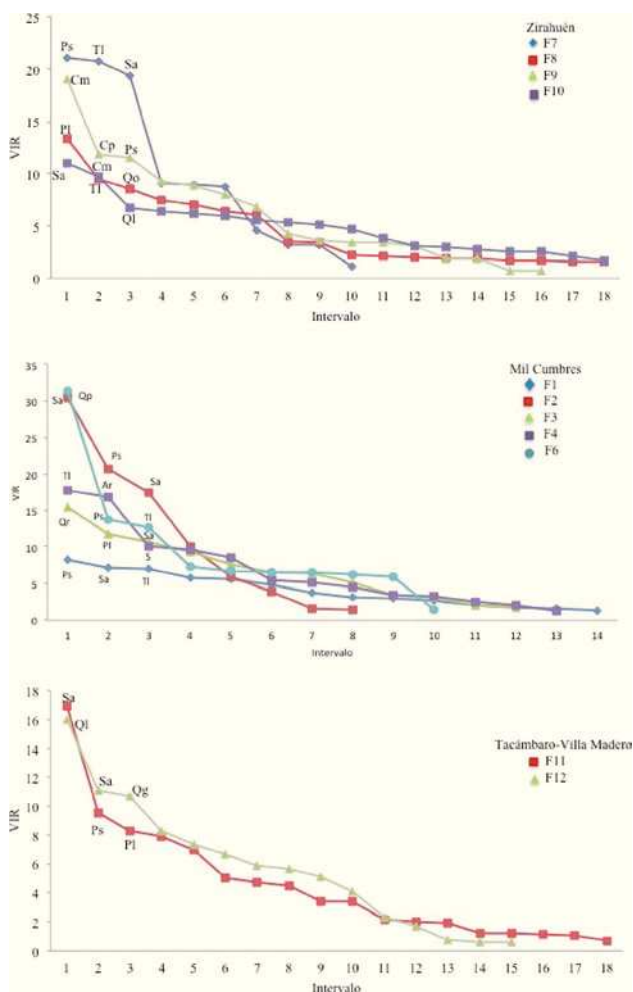


Figura 7. Curvas con el VIR de las especies (n= 61) por fragmento en orden jerárquico agrupadas por ventana. Sa= *Syzygium argenteum*, Qp= *Quercus peduncularis*, Ps= *Pinus pseudostrobus*, Tl= *Ternstroemia lineata*, Ar= *Abies religiosa*, Qr= *Quercus rugosa*, Pl= *Pinus leiophylla*, S= *Senecio* sp., Cm= *Clethra mexicana*, Cp= *Crataegus pubescens*, Qo= *Quercus obtusata*, Ql= *Quercus laurina*, Qg= *Quercus glaucooides*.

generales, esta problemática es común en todos los BMM mexicanos (Toledo-Aceves et al., 2011; González-Espinosa et al., 2012).

De las 57 especies reportadas en este estudio, 15 son señaladas por González-Espinosa et al. (2011) como amenazadas y 20 como de menor preocupación. En el primer grupo sobresalen *Podocarpus reichei*, *Cleyera integrifolia* y *Ternstroemia lineata* consideradas endémicas para México. De las 30 familias encontradas, representantes de Actinidaceae, Clethraceae, Cornaceae, Garryaceae, Magnoliaceae, Myrsinaceae, Styriaceae y Theaceae son de distribución preferente en el BMM, mientras que Podocarpaceae es de distribución exclusiva (Rzedowski, 1996). Además, los géneros arbóreos *Carpinus*, *Chiranthodendron*, *Cornus*, *Oreopanax*, *Quercus*, *Styrax* y *Ternstroemia* son considerados tanto por Rzedowski (1996) como por Alcántara y Luna (1997) típicos del BMM y que están presentes en el área analizada.

Así, no está claro si la baja similitud de especies entre los fragmentos del BMM que se ha analizado, es originada por la diferencia de los factores ambientales que caracterizan a cada una las 3 subáreas o ventanas, a la condición fragmentada y/o por actividades antropogénicas, que han llevado a las comunidades hacia un ensamblaje de especies diferenciado, aunque se ha demostrado que el tipo y grado de fragmentación ejercen una influencia importante (Williams-Linera, 2002).

De acuerdo con la composición y distribución de especies encontradas en el área del BMM michoacano, *Alnus acuminata*, *Styrax argenteus* y *Clethra mexicana* están asociadas a elementos de climas templado-frío como *Abies religiosa*, *Pinus pseudostrobus*, *Magnolia* sp., *Quercus* spp. y *Arbutus xalapensis*. De igual manera, se observa una mezcla de elementos subtropicales mezclados con aquellos de origen templado-frío, pero que denotan la presencia de especímenes propios de áreas perturbadas como son *Ternstroemia lineata*, *Roldana* sp., *Senecio* sp. y *Solanum* sp., pero que también agrupa especies con mayor afinidad en el BMM como son *Cornus disciflora*, *Buddleja cordata*, *Tilia americana*, *Oreopanax xalapensis*, *Carpinus carolineana* y *Podocarpus reichei* (Rzedowski, 1996; Alcántara y Luna, 1997). El origen evolutivo de los componentes para un tercer grupo es similar al anterior con *Erythrina* sp., *Garrya longifolia*, *Podocarpus reichei*, *Saurauia serrata* por el lado subtropical y tropical, así como especies de Fagaceae y Pinaceae de origen templado.

La mayor frecuencia en el BMM del SVTM de *S. argenteus* y *T. lineata* concuerda con los resultados de Alcántara et al. (2002), en el sentido de que si bien son especies que se distribuyen en otros tipos de bosques (González-Espinosa et al., 2011), es común que su mayor abundancia se encuentre en el bosque mesófilo.

En el registro que hacen González-Espinosa et al. (2011) se menciona a *Chiranthodendron pentadactylum* para otros estados, pero no para Michoacán; sin embargo, es necesario corroborar 2 especímenes encontrados en el área de Zirahuén (fragmento 10), ubicados en una barranca, pues en el momento de muestrear no tenían flor ni fruto. Esta también es una especie que tipifica al BMM y es de importancia medicinal para otras áreas del país (Rzedowski, 2006).

En el ámbito regional, se comparten 26 especies arbóreas y arbustivas de un total de 88 con Avándaro, Valle de Bravo (López-Pérez et al., 2011), 17 de 79 con las sierras de Igualatlaco y Tlampa en Guerrero (Catalán et al., 2003) y 8 de 101 especies con Manantlán, tal diferencia se puede explicar por la influencia costera de esta área (Sánchez-Rodríguez et al., 2003). Esta misma tendencia de poca similitud se presenta en estudios realizados para Querétaro e Hidalgo enclavados en el mismo SVT y en la sierra Madre Oriental (Alcántara y Luna, 1997; Cartujano et al., 2002). Sin embargo, estas bajas similitudes de especies son comunes de observar en las biocenosis de los diferentes BMM en México, aun entre regiones adyacentes (Alcántara y Luna, 1997; Ruiz-Jiménez et al., 2012).

Los estudios descriptivos realizados en áreas aún más cercanas como la cuenca del río Chiquito (Medina y Rodríguez, 1993) documentan 35 de las especies encontradas en este estudio; sin embargo, la definición de las comunidades vegetales es ambigua, pues muchas de las especies del BMM son registradas en la categoría de bosque de galería. Mientras que en la cuenca del lago de Zirahuén (Pérez-Calix, 1996) en un área de 136 ha de BMM, encontraron 42 especies arbóreas y arbustivas, 17 de las cuales se documentan en este estudio. Finalmente, el BMM que estudió García (2001) en el Parque Nacional Pico de Tancitaro comparte 29 especies. Resalta que estos estudios presentan divergencia de criterios para determinar la forma biológica de algunas especies, o bien su ubicuidad en las formaciones vegetales que describen un factor que puede estar concatenado al grado de perturbación y posterior sucesión ecológica, que está bien documentado y que no siempre siguen los mismos patrones de la comunidad original, por tanto, difiere potencialmente en cuanto a la composición y estructura de las especies (Muñiz et al., 2006; Lawrence et al., 2007).

El análisis de estructura demostró que el área basal promedio estimada para los fragmentos del BMM michoacano en el SVT, es similar a los valores registrados en otras áreas del país (Catalán et al., 2003; Sánchez et al., 2003). Las especies con mayor valor fueron diferentes a las obtenidas en estos estudios: *Pinus pseudostrobus* (103 m² ha⁻¹), *Q. globulosa* (81.6 m² ha⁻¹) y *Q. scytophylla* (72.5 m² ha⁻¹), pero que no presentan una gran abundancia, sólo son

algunos individuos aislados y que se encuentran de manera más abundante en las masas forestales de bosque de pino o pino-encino que rodean al BMM (Álvarez, 2013).

A partir del análisis con imágenes satelitales del 2009, se observó en la imagen de satélite (SPOT 5), que el fragmento 3 tenía aún una textura y color que denotaba una cobertura vegetal tipo BMM, pero para el 2011, durante el tiempo de muestreo en campo, el fragmento estaba fuertemente deforestado y con presencia de caminos de extracción de madera recién abiertos. Las evidencias de campo indican que la apertura de caminos en los fragmentos se ha realizado expresamente para la tala y la extracción de madera, lo que ha perturbado con diferentes intensidades la estructura en términos de DN, AB, altura y copa del BMM analizado. El nivel de afectación podría ser una función de la accesibilidad, pendientes y distancia a la comunidad, criterios utilizados en la modelación del peligro de deforestación en Michoacán y otras áreas en México (Mas et al., 2004; Mertens et al., 2004). Lo anterior sugiere que futuros estudios deben analizar la percepción de los usuarios y propietarios de estas áreas sobre el BMM.

En general, la estructura vertical en los fragmentos del BMM michoacano es poco compleja en comparación con los resultados obtenidos para otras partes de México (Challenger, 1998; Vázquez y Givnish, 1998). Pero hay áreas conservadas, como la parte este de SVT (Mil Cumbres) y Zirahuén, donde se distinguen entre 3-4 estratos alternándose una dominancia entre *Quercus* spp. y *Pinus* spp., caso especial es la parte sur del F9 (ventana Z) con una codominancia de *Carpinus carolineana*, *Roldana* sp. y *Podocarpus reichei* en una cañada bien conservada. La distribución de altura y copa por especies más abundantes a lo largo de los fragmentos implica otra interpretación, ya que la variabilidad biométrica observada llega a ser amplia, lo que significa diferentes estadios de sucesión ecológica, como ha sido documentado por Martínez (2013) recientemente para el fragmento 1.

El VIR estimado por especie por fragmento y, en general, permiten visualizar criterios potenciales para la recuperación del BMM, que pueden ser complementarios a otros como el uso de grupos funcionales (Ramírez-Marcial et al., 2008), pero que para este estudio no destacan entre los de mayor VIR, como pueden ser *C. caroliniana* u *Oreopanax xalapensis*. Una vía de recuperación del BMM es considerar la presencia de especies dominantes como *S. argenteus*, *T. lineata* y *Clethra mexicana* en algunos fragmentos, favoreciendo su regeneración natural. Una segunda es que, a partir de los fragmentos con dosel dominante de *Quercus* y/o *Pinus* se induzca el establecimiento de especies ómbrofilas, acelerando el proceso de recuperación de acuerdo con las teorías actuales

de la restauración ecológica (Muñiz et al., 2006; Lawrence et al., 2007). En ambos casos, y después de un estudio diagnóstico sobre la viabilidad técnica de una restauración, se deben generar mecanismos de participación comunitaria que permitan un uso, conservación y restauración del BMM en forma sustentable, tomando ejemplos de otros BMM en el continente (Bubb et al., 2004; González-Espinosa et al., 2012).

Basados en el análisis de cobertura y cambio de uso de suelo con imágenes 2010, realizado por Álvarez (2103) para la ventana Zirahuén, el BMM analizado presenta una tendencia hacia una fragmentación mayor a la registrada en las series II y III (Palacio-Prieto et al., 2000; Inegi, 2002) y se explica por el grado de disturbio actual, básicamente tala para cambio de uso de suelo, que está ocasionando la potencial pérdida no sólo de superficie, también de muchas especies de distribución restringida a esta comunidad vegetal, cuando menos en el ámbito local, y que han sido registradas con anterioridad (Pérez-Calix, 1996; García, 2001). Por ejemplo, se han registrado a especies como *Dendropanax arboreus*, *Meliosma dentata*, *Symplocos prionophylla*, *Liquidambar styraciflua*, *Alcoernia latifolia* (Medina y Rodríguez, 1993; Pérez-Calix, 1996; García-De la Cruz et al., 2013) que no fueron encontradas en este estudio, o bien la aparición de otras como *Cornus disciflora*, *Podocarpus reichei* o *Magnolia schiedeana* en sólo 1 o 2 fragmentos. De esta forma, el BMM analizado de manera preliminar, fisionómicamente definido por las condiciones ambientales más bien secas que prevalecen (León-Paniagua et al., 2010), difiere, en cuanto a la diversidad biológica y estructura con respecto a otros mesófilos mexicanos, pero que de acuerdo con Ruiz-Jiménez et al. (2012) están cercanos a los de Jalisco, en cuanto a diversidad y condiciones ambientales.

Los BMM en Michoacán se diferencian de las comunidades estudiadas anteriormente; dicha diferenciación está relacionada con su distribución geográfica, es decir, las diferentes condiciones climáticas, asociadas a procesos de largo plazo, y las condiciones meteorológicas, asociadas a procesos de corto plazo, que están modificando la presencia y magnitud de los procesos de carácter hidrológico y ecológico registrados en Chiapas, Veracruz, Oaxaca o Puebla. Aun cuando la superficie en Michoacán cubierta con BMM es pequeña comparada con otras áreas de su distribución, la aportación que este estudio hace para el conocimiento de la riqueza biológica regional es relevante. La descripción de la estructura y conservación del BMM michoacano, no documentada con anterioridad, demandan una atención prioritaria en algunas áreas de su distribución en la que se encuentra, ya que está en potencial desaparición. Los VIR estimados por fragmento y por especie, en general, permiten visualizar criterios

potenciales para la recuperación del BMM en el estado de Michoacán. Por lo que se debe continuar con estudios sobre su estado de conservación, así como abordar aspectos ambientales que permitan tomar decisiones robustas en términos de restauración y recuperación ecológica con la participación de la población que directamente hace uso de sus recursos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del proyecto “Dinámica espacio temporal de los fragmentos de bosque mesófilo de montaña del Sistema Volcánico Transversal del estado de Michoacán bajo un enfoque de paisaje”, financiado por DGAPA-PAPIIT (IN1118119). Al Biól. Gabriel Flores, Jefe del Herbario HUMO-UAEM y al Dr. Eleazar Carranza del Herbario INECOL-Pátzcuaro, por la identificación de una parte de las especies. De igual forma, a dos revisores anónimos por las excelentes observaciones que contribuyeron a mejorar sustantivamente el artículo.

Literatura citada

- Alcántara, O. e I. Luna. 1997. Florística y análisis biogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Tenango de Doria, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 68:57-106.
- Alcántara, O., I. Luna y A. Velázquez. 2002. Altitudinal distribution patterns of Mexican Cloud Forest based upon preferential characteristic genera. *Plant Ecology* 161:167-174.
- Álvarez, V. M. 2013. Evaluación espacio-temporal de los cambios de cobertura y uso del terreno en los fragmentos de bosque mesófilo de montaña del estado de Michoacán. Tesis, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 175 p.
- Bruijnzeel, L. A., F. N. Scatena y L. S. Hamilton (eds.). 2010. *Tropical montane Cloud Forests*. International Hydrology Series, Cambridge University Press, Cambridge. 768 p.
- Bubb, P., I. May, L. Miles y J. Sayer. 2004. *Cloud Forest Agenda*. UNEP-WCMC, Cambridge, . www.unep-wcmc.org/resources/publications/UNEP_WCMC_bio_series/20.htm; última consulta: 24.II.2013.
- Cartujano, S., S. Zamudio, O. Alcántara e I. Luna. 2002. El bosque mesófilo de montaña en el municipio de Landa de Matamoros, Querétaro, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 70:13-43.
- Catalán, C. C., L. López-Mata y T. Terrazas. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña de Guerrero, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 74:209-230.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, pasado, presente y futuro. Conabio, Instituto de Biología, Sierra Madre. 845 p.
- Clarke, K. R. y R. N. Gorley. 2006. *PRIMER v6: User Manual/ Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2010. *El bosque mesófilo de montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible*. México, D. F. 197 p.
- García-De la Cruz, Y., L. A. Olivares-López y J. M Ramos-Prado. 2013. Estructura y composición arbórea de un fragmento de bosque mesófilo de montaña en el estado de Veracruz. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19:91-101.
- Fowler, J. y L. Cohen. 1999. *Estadística básica en Ornitología*. SEO/BIRDLIFE. Madrid. 144 p.
- Franco, L. J., A. G. De la Cruz, G. A. Cruz, R. A. Rocha, S. N. Navarrete, M. G. Flores, M. E. Kato, C. S. Sánchez, A. L. Abarca y S. C. Bedia. 1998. *Manual de Ecología*. Segunda edición, Trillas, México, D. F. 266 p.
- García, R. I. 2001. *Flora del Parque Nacional Pico de Tancitaro, Michoacán*. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Michoacán. Informe final SNIB-Conabio, proyecto Núm. H304, México, D. F. 58 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, Serie Libros Núm. 6, México, D. F. 90 p.
- González-Espinosa, M., J. A. Meave, F. G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez y A. C. Newton (eds.). 2011. *The Red List of Mexican cloud forest trees*. Fauna and Flora International, Cambridge. 149 p.
- González-Espinosa, M., J. A. Meave, N. Ramírez-Marcial, T. Toledo-Aceves, F. G. Lorea-Hernández y G. Ibarra-Manríquez. 2012. Los bosques de niebla de México: conservación y restauración de su componente arbóreo. *Ecosistemas* 21:36-52.
- International Plant Names Index. www.ipni.or/ipni; última consulta: 23.VII.2013.
- Jardel-Peláez, E., R. Cuevas-Guzmán, A. L. Santiago-Pérez y J. M. Rodríguez-Gómez. 2014. Ecología y manejo de bosques mesófilos de montaña en México. *In Bosques mesófilos de montaña de México, diversidad, ecología y manejo*, M. Gual-Díaz y A. Rendón-Correa (comps.). Conabio, México, D. F. p. 141-188.
- Lawrence, R. W., J. Walker y R. J. Hobbs. 2007. *Linking restoration and ecological succession*. Springer, New York. 190 p.
- León-Paniagua, L., V. I. Luna, M. A. Martínez-Morales y J. D. Tejero-Díez. 2010. VI: Cuenca Alta del Balsas. *In El bosque mesófilo de montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible*. Conabio, México, D. F. p. 88-97.
- López-Mata, L., J. L. Villaseñor, G. Cruz-Cárdenas, E. Ortiz y C. Ortiz-Solorio. 2011. Predictores ambientales de la riqueza de especies de plantas del bosque húmedo de montaña de

- México. Botanical Sciences 90:27-36.
- López-Pérez, Y., J. D. Tejero-Díez, A. N. Torres-Díaz e I. Luna-Vega. 2011. Flora del bosque mesófilo de montaña y vegetación adyacente en Avándaro, Valle de Bravo, Estado de México, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 88:35-53.
- Luna, V. I., A. O. Alcántara, D. O. Espinosa y J. J. Morrone. 1999. Historical relationship of the Mexican cloud forest: a preliminary model applying parsimony analysis of endemism to vascular plant taxa. Journal of Biogeography 26:1299-1305.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Oxford. p. 101-130.
- Martínez, R. Y. 2013. Caracterización sucesional del bosque mesófilo y su dinámica espacio-temporal en el Sistema Volcánico Transversal de Michoacán. Tesis, Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Morelia, Michoacán. 74 p.
- Mas, J. F., H. Puig, J. L. Palacio y A. Sosa-López. 2004. Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks. Environmental Modelling Software 19:461-471.
- Matteucci, S. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de los Estados Americanos-Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D. C. 167 p.
- Medina, G. C. y J. S. Rodríguez. 1993. Estudio florístico de la cuenca del río Chiquito de Morelia, Michoacán, México. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo complementario IV, INECOL, A. C., Pátzcuaro. 71 p.
- Mendoza, M. E., E. López-Granados, D. Geneletti, D. R. Pérez-Salicrup y V. Salinas. 2011. Analysing land cover and land use change processes at watershed level: a multitemporal study in the lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). Applied Geography 31:237-250.
- Mertens, B., D. Kaimowitz, A. P. Puntodewo, J. Vanclay y P. Méndez. 2004. Modeling deforestation at distinct geographic scales and time periods in Santa Cruz, Bolivia. International Regional Science Review 27:271-296.
- Moreno, C. 2002. Métodos para medir la biodiversidad. CYTED-ORCYT-SEA, Zaragoza. 83 p.
- Muñiz-Castro, M. A., G. Williams-Linera y J. M. Rey-Benayas. 2006. Distance effect from cloud forest fragments on plant community abandoned pastures in Veracruz, Mexico. Journal of Tropical Ecology 22:431-440.
- Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, J. F. Mas, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. M. Palma, H. A. Peralta, J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y M. F. González. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía-UNAM 43:183-203.
- Pérez-Calix, E. 1996. Flora y vegetación de la cuenca del lago de Zirahuén, Michoacán, México. Fascículo complementario XIII. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A. C. Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro. 73 p.
- Phillips, O. y J. S. Miller. 2002. Global patterns of plant diversity. Missouri Botanical Garden Press, San Luis Missouri. 312 p.
- Ramírez-Marcial, N., A. Camacho-Ruiz y M. González-Espinosa. 2008. Clasificación de grupos funcionales vegetales para la restauración del bosque mesófilo de montaña. In Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México, L. R. Sánchez-Velázquez, J. Galindo-González y F. Díaz-Fleischer (eds.). Mundi-Prensa, México, D. F. p. 51-72.
- Ruiz-Jiménez, C. A., O. Téllez-Valdés e I. Luna-Vega. 2012. Clasificación de los bosques mesófilos de montaña de México: afinidades de la flora. Revista Mexicana de Biodiversidad 83:1110-1114.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México: bosque mesófilo de montaña, (versión digital en CD). Limusa. p. 328-339.
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. Acta Botanica Mexicana 35:25-44.
- Sánchez, R. E., M. L. López, M. E. García y G. R. Cuevas. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la sierra de Manantlán, Jalisco. Boletín de la Sociedad Botánica de México 73:17-34.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). <http://smn.cna.gob.mx/>; última consulta: 15.VII.2012.
- Toledo-Aceves, T., J. A. Meave, M. González-Espinosa y N. Ramírez-Marcial. 2011. Tropical montane cloud forests: current threats and opportunities for their conservation and sustainable management in Mexico. Journal of Environmental Management 92:974-981.
- Vázquez, J. A. y T. J. Givnish. 1998. Altitudinal gradient in tropical forest composition, structure and diversity in sierra de Manantlán. Journal of Ecology 86:999-120.
- Williams-Linera, G. 2002. Tree species richness complementarity, disturbance and fragmentation in a Mexican tropical montane cloud forest. Biodiversity and Conservation 11:1825-1843.
- Williams-Linera, G. 2007. El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. Instituto de Ecología, A. C.-Conabio. Xalapa. 208 p.

Apéndice. Listado de familias y especies encontradas en el bosque mesófilo de montaña del Sistema Neovolcánico Transversal de Michoacán.

<i>Familia</i>	<i>Género y especie</i>	<i>Forma</i>	<i>Familia</i>	<i>Género y especie</i>	<i>Forma</i>
Actinidiaceae	<i>Saurauia serrata</i> DC.	A		<i>Satureja macrostema</i> Briq.	Ar
Annonaceae	No identificada	A	Magnoliaceae	<i>Magnolia</i> L. sp.	A
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. y Planch.	A	Malvaceae	<i>Chirantodendron pentadactylum</i> Larreat.	A
Asteraceae	<i>Roldana</i> La Llave sp.	Ar	Mimosaceae	<i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Kuntze	Ar
	<i>Senecio</i> L. sp.	Ar		<i>Calliandra grandiflora</i> (L'Hér.) Benth.	Ar
	<i>Verbesina klatti</i>	Ar			
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	A	Moraceae		Ar
	<i>Carpinus caroliniana</i> Walter	A	Myrsinaceae	<i>Parathesis villosa</i> Lundell	Ar
Blechnaceae	<i>Woodwardia spinulosa</i> M. Martens y Galeotti	Ar	Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	A
Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	A	Onagraceae	<i>Fuchsia arborescens</i> Sims	A
Cornaceae	<i>Cornus disciflora</i> DC.	A	Papaveraceae	<i>Bocconia frutescens</i> L.	Ar
Cupressaceae	<i>Cupressus lussitanica</i> Mill.	A	Pinaceae	<i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schltdl. y Cham.	A
Ericaceae	<i>Arbutus</i> L. sp.	Ar		<i>Pinus gregii</i> Englem.	A
	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	A		<i>Pinus leiophylla</i> Schltdl. y Cham.	A
	<i>Camarostaphylis discolor</i> (Hook.) Diggs	Ar		<i>Pinus michoacana</i> Martínez	A
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus</i> Pohl	Ar		<i>Pinus montezumae</i> Lamb.	A
Fabaceae	<i>Erythrina</i> L. sp.	Ar		<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	A
		Ar		<i>Pinus teocote</i> Schltdl. y Cham.	A
Fagaceae	<i>Quercus scytophylla</i> Liebm.	A	Podocarpaceae	<i>Podocarpus reichei</i> J. Buchholz y N. E. Gray.	A
	<i>Quercus candicans</i> Née	A	Rosaceae	<i>Crataegus pubescens</i> Steud.	A
	<i>Quercus castanea</i> Née	A		<i>Prunus brachybotrya</i> Zucc.	A
	<i>Quercus crassifolia</i> Humb. y Bonpl. LC	A	Buddlejaceae	<i>Buddleja cordata</i> Kunth	A
	<i>Quercus glaucooides</i> M. Martens y Galeotti	A	Solanaceae	<i>Solanum brachystachys</i> Dun.	Ar
	<i>Quercus laurina</i> Bonpl.	A		<i>Solanum</i> L. sp.	Ar
	<i>Quercus obtusata</i> Bondl.	A	Styracaceae	<i>Styrax argenteus</i> (C. Presl.) Miers	A
	<i>Quercus peduncularis</i> Née	A	Theaceae	<i>Cleyera integrifolia</i> (Benth.) Choisy	A
	<i>Quercus rugosa</i> Née	A		<i>Ternstroemia lineata</i> DC. subsp. lineata	A
	<i>Quercus</i> L. sp.	A	Tiliaceae	<i>Tilia americana</i> Du Roi	A
Garryaceae	<i>Garrya longifolia</i> Hartw. ex Benth.	Ar		No identificada 2	A
Lamiaceae	<i>Salvia mexicana</i> L.	Ar			