

# ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN ARBÓREA DE UN FRAGMENTO DE BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA EN EL ESTADO DE VERACRUZ

## TREE STRUCTURE AND COMPOSITION OF A FRAGMENT OF CLOUD FOREST IN VERACRUZ STATE

Yureli García-De la Cruz<sup>1</sup>; Luis A. Olivares-López; José M. Ramos-Prado

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana. Exhacienda Lucas Martín, Privada de Araucarias s/n, col. Periodistas. C. P. 91019. Xalapa, Veracruz, México.

Correo-e: yureli1@hotmail.com (Autor para correspondencia)

### RESUMEN

La estructura y composición arbórea se analizaron en un fragmento de bosque mesófilo de montaña en la zona centro del estado de Veracruz. Para ello, se establecieron tres transectos de 2,000 m<sup>2</sup>, en los cuales se tomaron datos dasométricos a todos los individuos con diámetro normal mayor de 10 cm. Se encontraron 239 individuos pertenecientes a 14 especies, 12 géneros y 12 familias. La familia Fagaceae fue dominante en las áreas de muestreo. *Quercus salicifolia*, *Liquidambar styraciflua*, *Quercus leiophylla* y *Alchornea latifolia* fueron las especies más importantes. Éstas presentaron relaciones alométricas significativas entre las variables cobertura-diámetro normal, y altura-diámetro normal (excepto *A. latifolia*). Se plantea una posible variante sinecológica de bosque mesófilo de montaña, a través de la asociación *Q. salicifolia*-*L. styraciflua*, lo cual refleja la baja riqueza florística reportada.

PALABRAS CLAVE: Bosque de niebla, diversidad florística, *Quercus salicifolia*-*Liquidambar styraciflua*, México.

### ABSTRACT

The tree structure and composition in a fragment of cloud forest in the central region of Veracruz state were analyzed using three 2,000 m<sup>2</sup> transects, in which dasometric data were taken from all individuals with DBH > greater than 10 cm. We found 239 individuals belonging to 14 species, 12 genera and 12 families. The family Fagaceae was dominant in the sampling areas. *Quercus salicifolia*, *Liquidambar styraciflua*, *Quercus leiophylla* and *Alchornea latifolia* were the most important species. They showed significant allometric relationships between the variables coverage-DBH, and height-DBH (except *A. latifolia*). We propose a possible synecological variant of cloud forest through the association *Q. salicifolia*-*L. styraciflua*, which reflects the low species richness reported.

KEYWORDS: Tropical montane cloud forest, floristic diversity, *Quercus salicifolia*-*Liquidambar styraciflua*, México.



Recibido: 30 de marzo de 2012  
Aceptado: 21 de enero de 2013  
doi: 10.5154/r.rchscfa.2012.03.025  
<http://www.chapingo.mx/revistas>

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los bosques mesófilos (bosques de niebla) se presentan en un área de aproximadamente 380,000 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 0.26 % de la superficie de toda la Tierra (Bubb, May, Miles, & Sayer, 2004). Dicha superficie es pequeña considerando la importancia de estos bosques, debido a su biodiversidad, así como por los bienes intangibles que ofrecen (servicios ambientales). En México, Rzedowski (1996) reportó que este tipo de vegetación ocupaba menos del 1 % del territorio nacional; después de una década se redujo a 0.48 %, que equivale a 955,600 ha (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2008), lo cual es preocupante, ya que de seguir con el cambio actual de uso de suelo, esta área seguirá reduciéndose. En el estado de Veracruz, aún existen fragmentos de bosque mesófilo de montaña en seis sitios considerados como focos rojos para la conservación de la biodiversidad: la Sierra Madre Oriental, la región Tlacolulan-Misantla, el Cofre de Perote, la región de las Grandes Montañas, Chiconquiaco y la región capital (Ellis, Martínez, & Monroy, 2010). Esta última incluye las cuencas medias de los ríos Cedeño, Pixquiac, Gavilanes y Los Pescados, donde se encuentra la ciudad de Xalapa y municipios aledaños como Coatepec y Xico (Instituto Nacional de Ecología [INE], 2002; Paré et al., 2008), los cuales han sido poco estudiados en cuanto a la biodiversidad existente. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue analizar y contribuir al conocimiento sobre la estructura, composición y diversidad arbórea de un fragmento de bosque mesófilo de montaña en el centro del estado de Veracruz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el predio “La Mascota”, perteneciente a la comunidad Tapachapan, municipio de Xico, en los límites con el municipio de Coatepec, Veracruz. El predio se ubica a una latitud de 19° 27' 15" y una longitud de 97° 00' 28" (Figura 1), a una altitud de 1,300-1,500 m con pendientes promedio de 30 a 45° y terrenos planos en las partes cercanas al río Huehueyapan. El tipo de vegetación dominante es el bosque mesófilo de montaña (89 ha) y cuenta con otros tipos de uso de suelo tales como: cafetal bajo sombra (17 ha), en el cual se encuentran especies como *Inga jinicuil*, *Persea americana*, *Persea schiedeana*, *Liquidambar styraciflua*, *Quercus* spp. y *Pinus patula*; cultivo de nuez de macadamia (8 ha) y potrero (15 ha). El clima predominante es semicálido húmedo (A)C(fm) (García, 1973) con una temperatura promedio anual de 19.2 °C y una precipitación pluvial media anual de 1,926 mm (Hoffman, 1993).

La caracterización de la estructura y composición arbórea se hizo en tres transectos de 2,000 m<sup>2</sup> (divididos en 20 cuadros de 10 x 10 m) en los sitios con dominancia del componente arbóreo (cobertura arbórea mayor de 80 % que presentaran accesibilidad, con una distancia promedio de 200 m lineales entre transectos y 100 m lineales de distancia al borde). Se registraron la altura, el diámetro normal y la cobertura de

## INTRODUCTION

Globally, cloud forests (tropical montane cloud forests) cover an area of approximately 380,000 km<sup>2</sup>, representing 0.26 % of the Earth's surface (Bubb, May, Miles, & Sayer, 2004). That area is small considering the importance of these forests, due to their biodiversity and the intangible assets they provide (environmental services). In México, Rzedowski (1996) reported that this type of vegetation occupied less than 1 % of the country; after a decade, it fell to 0.48 %, equivalent to 955,600 ha (National Institute of Statistics and Geography [INEGI], 2008), which is worrying because if this land-use trend continues, this area will continue to shrink. In the state of Veracruz, there are still fragments of cloud forest in six sites considered hot spots for biodiversity conservation: the Sierra Madre Oriental, the Tlacolulan-Misantla region, the Cofre de Perote, the Grandes Montañas region, Chiconquiaco and the capital region (Ellis, Martínez, & Monroy, 2010). The latter includes the middle basins of the Cedeño, Pixquiac, Gavilanes and Los Pescados rivers, where the city of Xalapa and surrounding municipalities such as Coatepec and Xico are found (National Ecology Institute [INE], 2002; Paré et al., 2008), which have been little studied in terms of the existing biodiversity. In this context, the objective of this study was to analyze and contribute to the knowledge on the tree structure, composition and diversity of a fragment of cloud forest in central Veracruz state.

## MATERIALS AND METHODS

The study was carried out at the so-called “La Mascota” site in the community of Tapachapan, municipality of Xico, located on the border with the municipality of Coatepec, Veracruz. The site is located at 19° 27' 15" latitude and 97° 00' 28" longitude (Figure 1), at an altitude of 1,300-1,500 m with average slopes of 30 to 45° and flat terrain in areas close to the Huehueyapan River. The dominant vegetation type is cloud forest (89 ha), but it also has other land-use types such as: shade coffee plantation (17 ha), in which species such as *Inga jinicuil*, *Persea americana*, *Persea schiedeana*, *Liquidambar styraciflua*, *Quercus* spp. and *Pinus patula* are found; macadamia nut farming (8 ha) and pasture (15 ha). The dominant climate is semi-warm humid (A)C(fm) (García, 1973) with an average annual temperature of 19.2 °C and average annual rainfall of 1,926 mm (Hoffman, 1993).

Characterization of the tree structure and composition was conducted in three 2,000 m<sup>2</sup> transects (divided into 20 10 x 10 m squares) in areas with dominance of the tree component (tree coverage greater than 80 % for trees presenting accessibility, with an average distance of 200 linear meters between transects and a distance of 100 linear meters to the edge). Height, DBH and coverage of all trees with a DBH greater than 10 cm were recorded and the species to which they belonged were identified. The representativeness of the sample was estimated by species accumulation curves using three nonparametric richness estimators: Bootstrap, ICE and

todos los árboles con un diámetro normal mayor de 10 cm y se identificó la especie a la cual pertenecían. La representatividad del muestreo se estimó a través de curvas de acumulación de especies por medio de tres estimadores de riqueza no paramétricos: Bootstrap, ICE y Chao2 en el programa EstimateS (Version 8.2.0). Los ‘uniques’ y ‘duplicates’ (especies presentes en un solo cuadro y especies presentes en dos cuadros, respectivamente) se graficaron con el fin de determinar si las especies raras se redujeron a medida que el muestreo se intensificó. Asimismo, el valor de importancia se calculó mediante el índice de valor de importancia de Curtis y McIntosh (1951). De los valores obtenidos con dicho índice, se seleccionaron las cuatro especies más importantes y se hicieron regresiones lineales entre altura-diámetro normal, cobertura-diámetro normal y altura-cobertura. Los valores fueron transformados a  $\log_{10}$  para obtener linealidad y se aplicó una prueba de Fisher ( $P = 0.05$ ) mediante el paquete estadístico Statistical 10 Trial. La diversidad alfa (riqueza de especies por transecto) se determinó mediante el índice de Shannon y una prueba de significancia estadística “t” de Hutchenson ( $P = 0.05$ ) (Magurran, 1988). La diversidad beta (riqueza entre hábitats) se calculó mediante el índice de Colwell y Coddington, el cual expresa el porcentaje de complementariedad de especies de dos sitios.

Chao2 in EstimateS software (Version 8.2.0). The ‘uniques’ and ‘duplicates’ (species present in a single square and species present in two squares, respectively) were plotted in order to determine if rare species decreased as sampling intensified. Furthermore, the importance value was calculated using the importance value index of Curtis and McIntosh (1951). From the values obtained with this index, the four most important species were selected and linear regressions were made between height-DBH, coverage-DBH and height-coverage. The values were transformed to  $\log_{10}$  to obtain linearity and the Fisher test was applied ( $P = 0.05$ ) using the statistical package Statistica 10 Trial. Alpha diversity (species richness per transect) was determined by the Shannon index and Hutcheson’s *t*-test ( $P = 0.05$ ) (Magurran, 1988). Beta diversity (richness between habitats) was calculated using the Colwell and Coddington index, which expresses the complementarity percentage of species of two sites.

RESULTS AND DISCUSSION

Fourteen species belonging to 12 genera and 12 families were recorded (Table 1). The family Fagaceae was the most representative, with three species (*Quercus affinis*, *Q. leio-phylla* and *Q. salicifolia*). In terms of abundance, *Q. salici-*

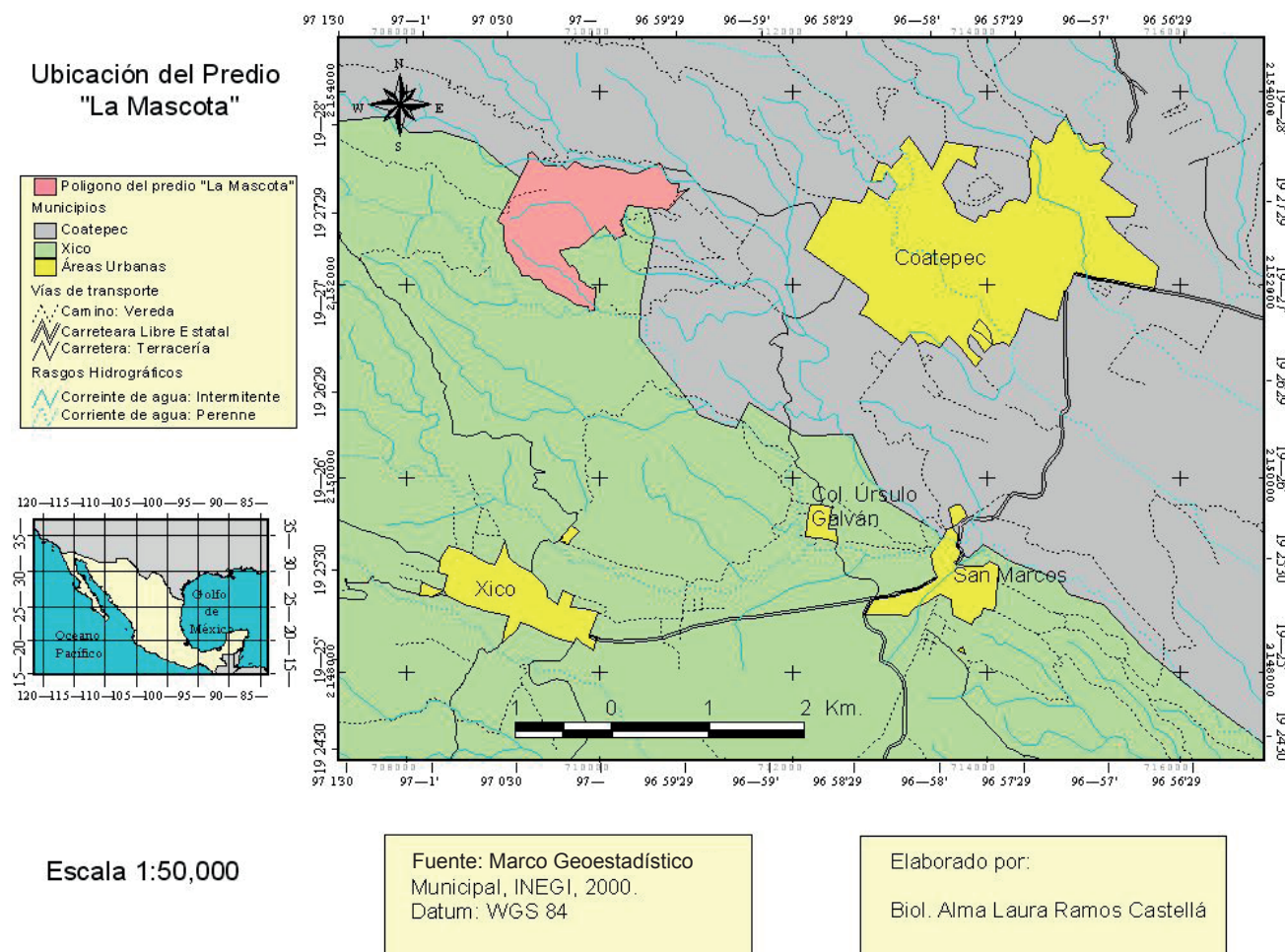


FIGURA 1. Ubicación del sitio de estudio "La Mascota", Tapachapan, Xico, Veracruz.

Location of the “La Mascota” Site

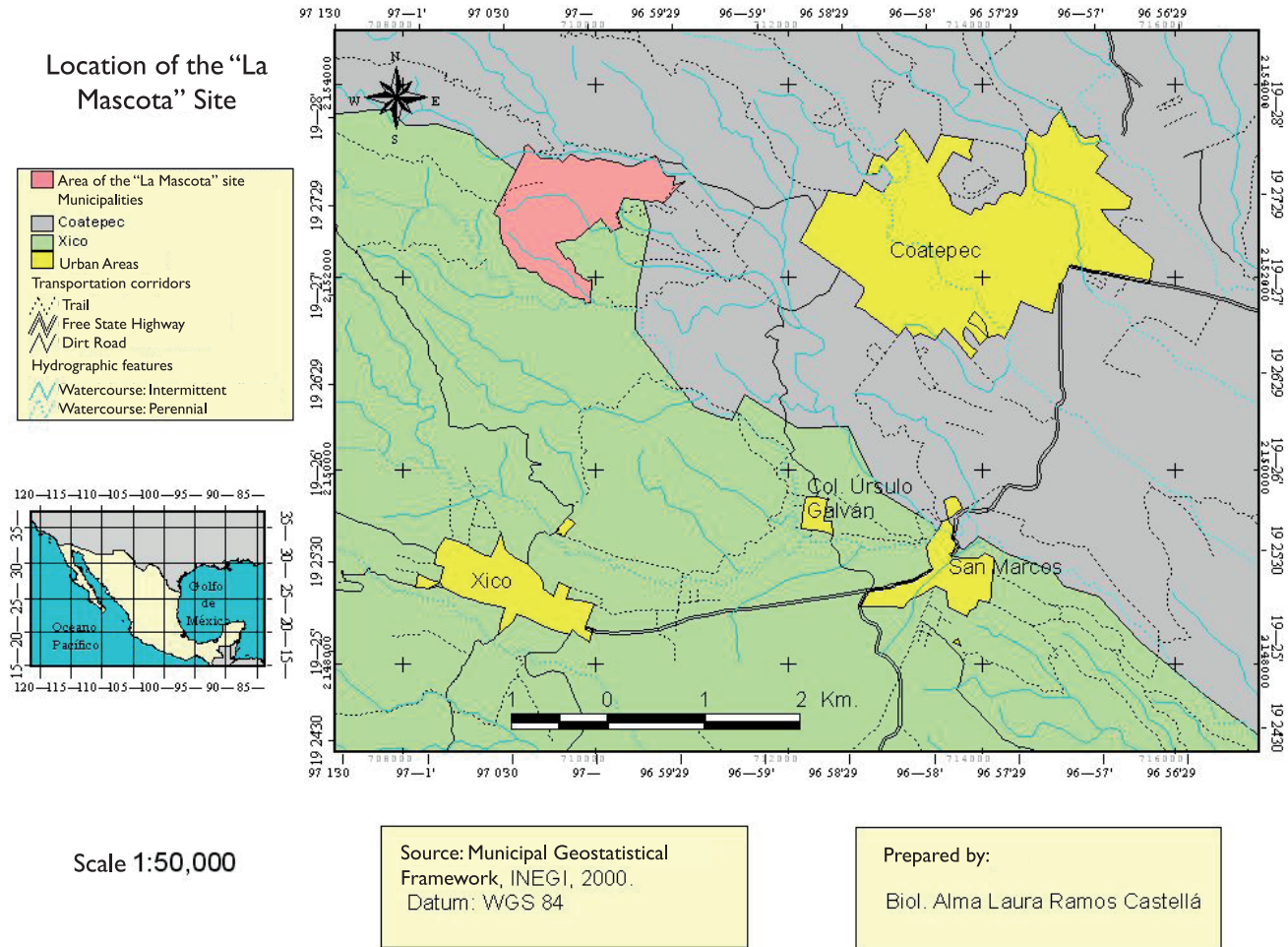


FIGURE 1. Location of the “La Mascota” study site, Tapachapan, Xico, Veracruz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron 14 especies pertenecientes a 12 géneros y 12 familias (Cuadro 1). La familia Fagaceae fue la más representativa con tres especies (*Quercus affinis*, *Q. leiophylla* y *Q. salicifolia*). En cuanto a la abundancia, *Q. salicifolia* y *L. styraciflua* representaron el 58.99 % del total de individuos registrados. La especie más abundante fue *Q. salicifolia*, que representó el 37.23 % del total (Cuadro 2).

*folia* and *Liquidambar styraciflua* accounted for 58.99 % of all recorded individuals. The most abundant species was *Q. salicifolia*, accounting for 37.23 % of the total (Table 2).

The floristic tree composition of the site is similar to that of other fragments of cloud forest in the region (García-Franco, Castillo-Campos, Mehltreter, Martínez, & Vázquez, 2008; López, 2004; Williams-Linera, 2002; Williams-Linera & López, 2008), and also in other states such as Hidalgo (Al-

CUADRO 1. Riqueza florística por transecto en el predio “La Mascota”, Tapachapan, Xico, Veracruz.

Transecto	Familia	Género	Especie	Individuos
1	8	8	9	62
2	7	7	8	73
3	4	3	6	104
Total	12	12	14	239

TABLE 1. Species richness per transect at the “La Mascota” site, Tapachapan, Xico, Veracruz.

Transect	Family	Genus	Species	Individuals
1	8	8	9	62
2	7	7	8	73
3	4	3	6	104
Total	12	12	14	239

CUADRO 2. Abundancia de especies en el predio “La Mascota”, Tapachapan, Xico, Veracruz.

TABLE 2. Species abundance at the “La Mascota” site, Tapachapan, Xico, Veracruz.

Familia/ Family	Especie/ Species	Transecto/ Transect			Núm. de individuos/ Num. of individuals
		1	2	3	
Fagaceae	<i>Quercus salicifolia</i>	8	26	55	89
Altingiaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i>	19	9	24	52
Euphorbiaceae	<i>Alchornea latifolia</i>	17	19	4	40
Fagaceae	<i>Quercus leiophylla</i>	5	12	12	29
Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i>	3		8	11
Myrsinaceae	<i>Myrsine coriacea</i>	3			3
Lauraceae	<i>Cinnamomum effusum</i>	3			3
Clusiaceae	<i>Vismia mexicana</i>	2			2
Aquifoliaceae	<i>Ilex</i> sp.		2		2
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	2			2
Simaroubaceae	<i>Ailanthus altissima</i>		2		2
Staphyleaceae	<i>Turpinia insignis</i>		2		2
Tiliaceae	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>		1		1
Fagaceae	<i>Quercus affinis</i>			1	1
	Total				239

La composición florística arbórea en el sitio es similar a la de otros fragmentos de bosque mesófilo de montaña de la región (García-Franco, Castillo-Campos, Mehlreter, Martínez, & Vázquez, 2008; López, 2004; Williams-Linera, 2002; Williams-Linera & López, 2008), incluso en otros estados como Hidalgo (Alcántara & Luna, 2001; Luna, Alcántara, Ruiz, & Contreras, 2006; Ponce, Luna, Alcántara, & Ruiz, 2006), Tamaulipas (Corral, Aguirre, Jiménez, & Corral, 2005), Jalisco (Santiago, Jardel, & Cuevas, 2003), Chiapas (Escobar & Ochoa, 2007) y Oaxaca (Mejía, Meave, & Ruiz, 2004).

Es importante señalar que la abundancia de *Q. salicifolia*, cuya distribución es ampliamente reportada para la Sierra Madre Occidental (Zavala, 1989), es poco mencionada como dominante en la región, a excepción de este trabajo, el de Haeckel (2006) en Tlalnehuayocan, Veracruz y varias colectas botánicas del estado depositadas en el herbario XALU del Instituto de Ecología, A. C. Lo anterior representa un registro importante y se sustenta en la existencia de afinidades fitogeográficas de la vertiente del Pacífico con la vertiente del Golfo, que se remontan al Pleistoceno (Acosta, 1997; Alcántara & Luna, 2001).

En el estado de Jalisco, *Q. salicifolia*, a pesar de no encontrarse en la NOM-059 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2010), tiene un estatus local en peligro de extinción debido a su distribución geográfica estrecha y a la fuerte presión de extracción para uso maderable y no maderable (leña y carbón) en bosques naturales (Santiago et al., 2003).

cántara & Luna, 2001; Luna, Alcántara, Ruiz, & Contreras, 2006; Ponce, Luna, Alcántara, & Ruiz, 2006), Tamaulipas (Corral, Aguirre, Jiménez, & Corral, 2005), Jalisco (Santiago, Jardel, & Cuevas, 2003), Chiapas (Escobar & Ochoa, 2007) and Oaxaca (Mejía, Meave, & Ruiz, 2004).

It is important to note that the abundance of *Q. salicifolia*, whose distribution is widely reported for the Sierra Madre Occidental (Zavala, 1989), is barely mentioned as dominant in the region, with the exception of this work, that of Haeckel (2006) in Tlalnehuayocan, Veracruz and various state botanical collections deposited in the XALU herbarium of the non-profit Instituto de Ecología. This represents an important record and is based on the existence of phytogeographical affinities between the Pacific slope and the Gulf slope, dating back to the Pleistocene (Acosta, 1997; Alcántara & Luna, 2001).

In the state of Jalisco, *Q. salicifolia*, despite not being in NOM-059 (Department of Environment and Natural Resources [SEMARNAT], 2010), has a local status of endangered species because of its narrow geographical distribution and strong timber and non-timber (firewood and charcoal) extraction pressure in natural forests (Santiago et al., 2003).

In “La Mascota” and its surroundings, the species is mainly found in association with *L. styraciflua* and other species like *Q. leiophylla* and *Alchornea latifolia*. This allows establishing a type of association that would be a synecological variant of the mosaic of assemblages that make up the cloud forest. In this regard, González (2004), in his proposal for

En “La Mascota” y sus alrededores, la especie se encuentra en asociación principalmente con *L. styraciflua* y otras especies como *Q. leiophylla* y *Alchornea latifolia*. Esto permite establecer un tipo de asociación que resultaría una variante sin ecológica del mosaico de ensamblajes que componen el bosque mesófilo de montaña. Al respecto, González (2004), en su propuesta de clasificación de la vegetación de México, menciona que a niveles muy locales la composición florística es un factor útil para diferenciar unidades menores de clasificación, tales como asociaciones y consociaciones derivadas de la variabilidad topográfica y ambiental, siendo de este estudio local un claro ejemplo. De acuerdo con el valor de importancia arbórea, *Q. salicifolia*, *L. styraciflua*, *Q. leiophylla* y *A. latifolia* registraron los valores más altos, mientras que más de la mitad de las otras especies muestreadas (64.28 %) mostraron valores menores de 5 % (Figura 2). Lo anterior demuestra la dominancia de estas especies, los valores bajos de diversidad alfa y la importante función ecológica dentro del ecosistema local, relacionadas con la topografía, suelo, flora y fauna asociada (García-Franco et al., 2008; Pérez, Tejeda, & Silva, 2010; Williams-Linera, López, & Muñiz-Castro, 2005). Asimismo, se registraron individuos pertenecientes a las especies *Cinnamomum effusum* y *Turpinia insignis*, consideradas especies amenazadas; *Q. affinis*, especie vulnerable (González-Espinosa, Meave, Lorea-Hernández, Ibarra-Manríquez, & Newton, 2011); y *Ailanthus altissima*, especie introducida (Kuldip, Sarvesh, Parveen, & Seema, 2010).

the classification of vegetation in México, says that at very local levels floristic composition is a useful factor for differentiating smaller units of classification, such as associations and consociations derived from topographic and environmental variability, of which this local study is a clear example. According to the tree importance value, *Q. salicifolia*, *L. styraciflua*, *Q. leiophylla* and *A. latifolia* recorded the highest values, while over half of the other sampled species (64.28 %) showed values of less than 5 % (Figure 2). This shows the dominance of these species, the low alpha diversity values and their important ecological role within the local ecosystem, related to the topography, soil, flora and associated fauna (García-Franco et al., 2008; Pérez, Tejeda, & Silva, 2010; Williams-Linera, López, & Muñiz-Castro, 2005). There were also individuals belonging to the species *Cinnamomum effusum* and *Turpinia insignis*, considered threatened species; *Q. affinis*, vulnerable species (González-Espinosa, Meave, Lorea-Hernández, Ibarra-Manríquez, & Newton, 2011); and *Ailanthus altissima*, introduced species (Kuldip, Sarvesh, Parveen, & Seema, 2010).

The local richness is low compared to other studies conducted in the region: 50 spp. in 4,000 m<sup>2</sup> (López, 2004), 62 spp. in 1,000 m<sup>2</sup> (Williams-Linera & López, 2008), 67 spp. in 3,000 m<sup>2</sup> (García-Franco et al., 2008), 71 spp. in 7,000 m<sup>2</sup> (Williams-Linera, 2002) and up to 86 spp. in 1 ha (Williams-Linera et al., 2005). However, it should be taken into account that this “low richness” may be due to the above-mentioned

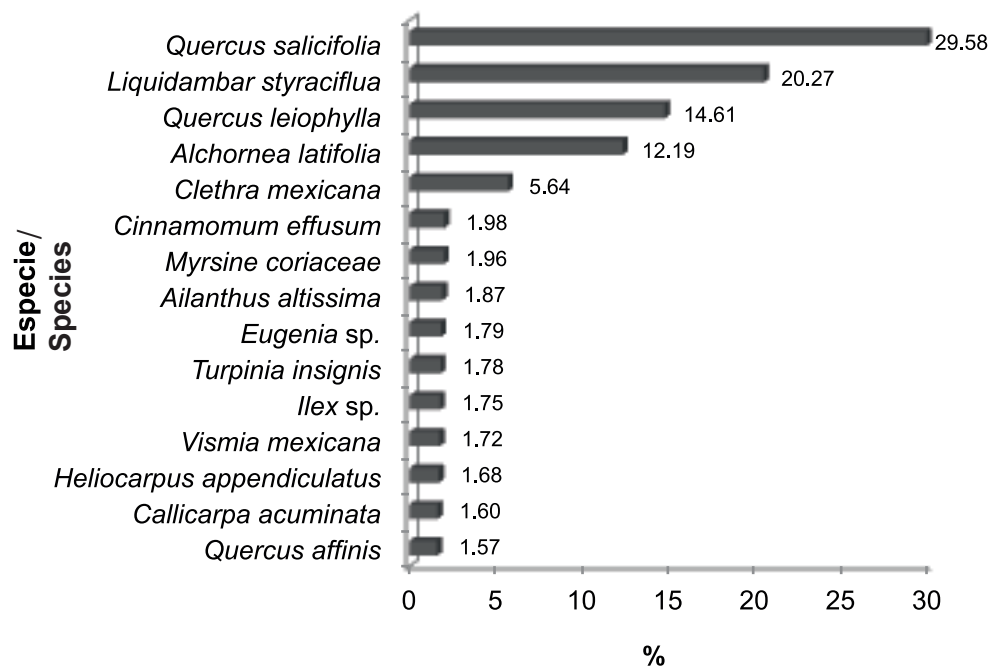


FIGURA 2. Valor de importancia relativo del estrato arbóreo.

FIGURE 2. Relative importance value of the tree layer.

La riqueza local es baja comparada con otros estudios realizados en la región: 50 spp. en 4,000 m<sup>2</sup> (López, 2004), 62 spp. en 1,000 m<sup>2</sup> (Williams-Linera & López, 2008), 67 spp. en 3,000 m<sup>2</sup> (García-Franco et al., 2008), 71 spp. en 7,000 m<sup>2</sup> (Williams-Linera, 2002) y hasta 86 spp. en 1 ha (Williams-Linera et al., 2005). Sin embargo, hay que tomar en cuenta que esta “baja riqueza” se puede deber a la asociación mencionada y a diferencias en los métodos y áreas de muestreo. Aunque la riqueza observada no llegó a la asíntota (Figura 3), el muestreo logró representar entre el 90 y 98 % de la riqueza estimada según los estimadores Bootstrap y Chao2, respectivamente. Las especies presentes en un solo cuadro (uniques) y las especies presentes en dos cuadros (duplicates) representaron el 50 % de la riqueza observada. Los “uniques” descendieron al final del muestreo, mientras que la curva de los “duplicates” tendió a aumentar al final del mismo. Las curvas de acumulación reflejaron que el esfuerzo de muestreo según el estimador Chao2 fue adecuado (98 %);

association and/or differences in methods and sampling areas. Although the observed richness did not reach the asymptote (Figure 3), the sampling managed to represent between 90 and 98 % of the estimated richness according to the Bootstrap and Chao2 estimators, respectively. The species present in a single square (uniques) and the species present in two squares (duplicates) accounted for 50 % of the observed richness. The “uniques” descended at the end of sampling, while the “duplicates” curve tended to increase at the end of it. Accumulation curves showed that the sampling effort according to the Chao2 estimator was adequate (98 %); however, the ICE (91 %) and Bootstrap (90 %) estimators suggest that at least one or two species are missing to have a good representation.

With respect to tree structure, the DBH and mean height ( $\pm$  SE) of the 239 individuals recorded were  $23.5 \pm 1.0$  cm and  $13.9 \pm 0.3$  m, respectively, while the coverage was 43.4

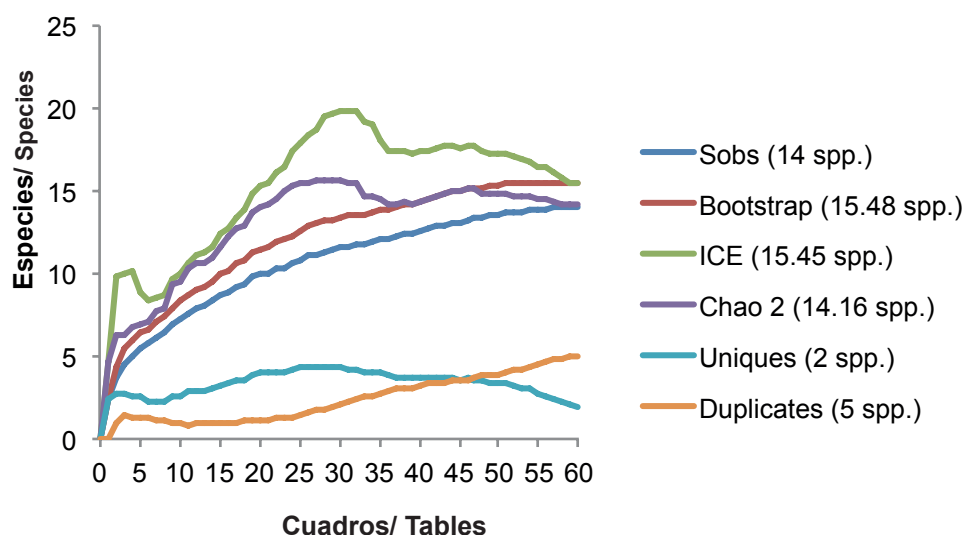


FIGURA 3. Curvas de acumulación de especies arbóreas en 6,000 m<sup>2</sup>.  
 FIGURE 3. Accumulation curves of tree species in 6,000 m<sup>2</sup>.

no obstante, los estimadores ICE (91 %) y Bootstrap (90 %) sugieren que faltan al menos de una a dos especies para tener una buena representatividad.

Con respecto a la estructura arbórea, el diámetro normal y la altura promedio ( $\pm$  EE) de los 239 individuos registrados fueron de  $23.5 \pm 1.0$  cm y de  $13.9 \pm 0.3$  m, respectivamente; mientras que la cobertura fue de  $43.4 \pm 3.1$  m<sup>2</sup> (Cuadro 3). La estructura por transecto difirió debido a la historia de manejo y perturbaciones naturales que han favorecido el establecimiento y desarrollo de diferentes especies que, aunque son menos abundantes, son más altas y tienen diámetros mayores. Al respecto, Waring y Schlesinger (1985) mencionan que los claros en los bosques provocan una alta penetración de luz, incrementando las tasas fotosintéticas y el crecimiento de las plantas del dosel inferior y sotobosque, y por tanto hay diferencias en la estructura del mosaico sucesional particular.

$\pm 3.1$  m<sup>2</sup> (Table 3). The structure per transect differed because of the history of management and natural disturbances that have favored the establishment and development of different species that, although less abundant, are taller and have larger diameters. In this regard, Waring and Schlesinger (1985) note that forest gaps produce high light penetration, increasing photosynthetic rates and growth of understory plants and undergrowth, and therefore there are differences in the structure of the particular successional mosaic.

The variables coverage-DBH and height-DBH showed significant linear relationships in all species except *A. latifolia*, while the linear regressions between height-coverage showed no significant relationships for any of the species evaluated (Table 4). In this regard, the significant relationships between height-DBH and coverage-DBH are com-

CUADRO 3. Estructura arbórea por transecto en el predio "La Mascota", Tapachapan, Xico, Veracruz.

TABLE 3. Tree structure per transect at the "La Mascota" site, Tapachapan, Xico, Veracruz.

Transecto/ Transect	Diámetro normal (cm)/ Diameter at breast height (cm)	Altura (m)/ Height (m)	Cobertura (m <sup>2</sup> )/ Coverage (m <sup>2</sup> )
1 (n = 62)	25.79 ± 2.22	15.20 ± 0.62	27.07 ± 4.44
2 (n = 73)	25.11 ± 2.14	13.67 ± 0.48	54.88 ± 7.12
3 (n = 104)	21.26 ± 1.20	13.46 ± 0.38	44.94 ± 4.56

± error estándar

± standard error

Las variables cobertura-diámetro normal y altura-diámetro normal presentaron relaciones lineales significativas en todas las especies, excepto en *A. latifolia*; mientras que las regresiones lineales entre altura-cobertura no presentaron relaciones significativas para ninguna de las especies evaluadas (Cuadro 4). Al respecto, las relaciones significativas entre altura-diámetro y cobertura-diámetro son comunes en otros árboles tropicales (Ramírez & Arroyo, 1990). La falta de relación significativa en *A. latifolia* puede deberse a que es una especie codominante en el dosel inferior. Por tanto, *A. latifolia* se ve suprimida por las especies del dosel superior y al no captar suficiente radiación solar limita su desarrollo. Por otro lado, la variable altura-cobertura no presentó relación alguna debido probablemente al tipo de arquitectura que presentan las especies, ya que *Quercus* spp. se caracteriza por tener un dosel casi redondo, el de *L. styraciflua* es de tipo piramidal, mientras que el de *A. latifolia* es irregular. Lo anterior es útil para establecer estrategias de manejo forestal; para fines de establecimiento de una unidad productora de germoplasma forestal, ya sea que se quieran promover diámetros o alturas mayores; en el caso de un aprovechamiento maderable o una ramificación más profusa para leña o carbón.

Con respecto a la diversidad alfa, los sitios de estudio registraron un valor conjunto de 1.75. El valor para el transecto 1 ( $H' = 1.85$ ) fue significativamente mayor que los transectos 2 ( $H' = 1.43$ ) y 3 ( $H' = 1.29$ ), no existiendo diferencias significativas ( $P = 0.05$ ) entre estos últimos (Cuadro 5), lo cual es consistente con la riqueza registrada. La diversidad beta muestra una complementariedad mayor de 50 % entre los transectos 1 y 2 (69.23 %) y los transectos 2 y 3 (63.63 %), lo cual significa que el ensamble de las especies registradas entre estos transectos es significativamente diferente ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, los transectos 1 y 3 comparten el 71.43 % de las especies, lo que representa una alta homogeneidad, no sólo de especies, sino de las características topográficas, ambientales y de perturbación. Lo anterior puede deberse a microclimas derivados de la topografía montañosa y a los regímenes de perturbación natural y antropogénica. También la altitud a la cual se encuentra el sitio de estudio puede tener influencia en las condiciones microclimáticas. Williams-Linera (2007) encontró que la diversidad beta es más baja en altitudes me-

mon in other tropical trees (Ramírez & Arroyo, 1990). The lack of significant relationship in *A. latifolia* may be because it is a codominant species in the lower canopy. Therefore, *A. latifolia* is suppressed by the upper canopy species and its development is limited by not capturing enough solar radiation. On the other hand, the variable height-coverage showed no relationship likely because of the type of architecture that the species have, as *Quercus* spp. is characterized by having an almost round canopy, *L. styraciflua* has a pyramidal type, and *A. latifolia* has an irregular one. The above information is useful for establishing forest management strategies; for example, it can be used to help create a forest germplasm production unit to promote greater diameters or heights in trees intended for timber extraction, or to promote more branches for firewood or charcoal.

With regard to alpha diversity, an overall value of 1.75 was recorded for the study sites. The value for transect 1 ( $H' = 1.85$ ) was significantly higher than for transects 2 ( $H' = 1.43$ ) and 3 ( $H' = 1.29$ ); there were no significant differences ( $P = 0.05$ ) between the latter two (Table 5), which is consistent with the richness recorded. Beta diversity shows greater than 50 % complementarity between transects 1 and 2 (69.23 %) and transects 2 and 3 (63.63 %), which means that the assemblage of the species recorded between these transects is significantly different ( $P < 0.05$ ). However, transects 1 and 3 share 71.43 % of the species, which represents a high homogeneity, not only of species, but also of topographical, environmental and disturbance characteristics. This may be due to microclimates derived from the mountainous topography and natural disturbance and anthropogenic regimes. Also the altitude at which the study site is located can influence microclimatic conditions. Williams-Linera (2007) found that beta diversity is lower at altitudes less than 1,500 m (up to 30 %) compared with sites at altitudes above 1,500 m. Despite low diversity levels, the fact that 73 % of the species present less than four individuals, and beta diversity is greater than 50 %, demonstrates the floristic heterogeneity of the site and the great beta diversity of the species assemblages of the successional mosaic of the cloud forest in the region.



nores de 1,500 m (hasta del 30 %) comparada con sitios en altitudes por arriba de los 1,500 m. A pesar de los valores bajos de diversidad, el hecho de que 73 % de las especies presentaran menos de cuatro individuos, y la diversidad beta haya sido mayor de 50 %, demuestra la heterogeneidad florística del sitio y la gran diversidad beta de los ensambles de especies del mosaico sucesional del bosque mesófilo de montaña de la región.

**CONCLUSIONS**

From the floristic and synecological information generated, we conclude that the sampled areas are characterized by variants of species assemblages of the successional and environmental mosaic of the cloud forest. The plant association dominated by *Q. salicifolia*, *L. styraciflua* and

**CUADRO 4. Regresiones lineales entre caracteres estructurales mediante la prueba de Fisher (P = 0.05).**

**TABLE 4. Linear regressions between structural characters using the Fisher test (P = 0.05).**

Especie/ Species	Altura-Diámetro normal/ Height-Diameter at breast height	Cobertura-Diámetro normal/ Coverage-Diameter at breast height	Altura-Cobertura/ Height-Coverage
<i>Alchornea latifolia</i>	$F_{1,38} = 0.08, P = 0.76$ $r = 0.04, n = 40$	$F_{1,38} = 5.14, P = 0.29$ $r = 0.34, n = 40$	$F_{1,38} = 0.11, P = 0.73$ $r = 0.05, n = 40$
<i>Liquidambar styraciflua</i>	$F_{1,50} = 21.77, P = 0.00002$ $r = 0.55, n = 52$	$F_{1,50} = 16.22, P = 0.0001$ $r = 0.49, n = 52$	$F_{1,50} = 0.06, P = 0.79$ $r = 0.03, n = 52$
<i>Quercus leiophylla</i>	$F_{1,27} = 6.98, P = 0.01$ $r = 0.45, n = 29$	$F_{1,27} = 26.22, P = 0.00002$ $r = 0.70, n = 29$	$F_{1,27} = 2.79, P = 0.10$ $r = 0.30, n = 29$
<i>Quercus salicifolia</i>	$F_{1,87} = 18.85, P = 0.00003$ $r = 0.42, n = 89$	$F_{1,87} = 29.93, P = 0.0001$ $r = 0.50, n = 89$	$F_{1,87} = 3.92, P = 0.05$ $r = 0.20, n = 89$

**CUADRO 5. Diversidad de los sitios mediante la prueba t de Hutchenson.**

**TABLE 5. Site diversity using Hutchenson's t.**

Transectos/ Transects	Prueba de hipótesis/ Hypothesis test
1-2	$t = 3.32 > t_{0.05 (g.l.= 111.59)} = 1.98^*$
1-3	$t = 4.57 > t_{0.05 (g.l.= 252.06)} = 1.96^*$
2-3	$t = 1.47 < t_{0.05 (g.l.= 163.20)} = 1.96$

g.l.: grados de libertad, \*diferencia significativa (P = 0.05)

d.f.: degrees of freedom, \*significant difference (P = 0.05)

**CONCLUSIONES**

A partir de la información florística y sinecológica generada, se concluye que las áreas muestreadas están caracterizadas por variantes de ensambles de especies del mosaico sucesional y ambiental del bosque mesófilo de montaña. La asociación vegetal dominada por *Q. salicifolia*, *L. styraciflua* y *A. latifolia* explica la baja riqueza florística y diversidad beta encontrada, pero la baja dominancia de las 11 especies restantes implica una alta heterogeneidad y, por tanto, diversidad beta entre los diferentes sitios dentro de su área de distribución. Finalmente, es necesario dirigir el esfuerzo de muestreo hacia otros fragmentos maduros y sucesionales en donde se tome en cuenta la heterogeneidad ambiental y de perturbaciones naturales y antropogénicas.

*A. latifolia* explains the low species richness and beta diversity found, but the low dominance of the remaining 11 species implies a high heterogeneity and thus beta diversity between the different sites within their distribution area. Finally, it is necessary to direct the sampling effort towards other mature and successional fragments where environmental heterogeneity and natural and anthropogenic disturbances are taken into account.

**ACKNOWLEDGEMENTS**

The first author is grateful to CONACYT for scholarship no. 272172 for graduate studies, to M.Sc. Joaquín Becerra Zavaleta and Dr. Mario Vázquez Torres for their assistance in carrying out this work, to Eng. Oscar Velasco Mendoza for his help in the field and to Eng. Fernando Cervantes Sánchez for allowing us to conduct the study on his land.

*End of English Version*

## AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al CONACYT por la beca no. 272172 para estudios de posgrado. Al M. en C. Joaquín Becerra Zavaleta y Dr. Mario Vázquez Torres por su asesoría en la realización de este trabajo, al Ing. Oscar Velasco Mendoza por su ayuda en campo y al Ing. Fernando Cervantes Sánchez por permitirnos realizar el estudio en su predio.

## REFERENCIAS

- Acosta, S. (1997). Afinidades fitogeográficas del bosque mesófilo de montaña de la zona de Pluma, Hidalgo, Oaxaca. *Polibotánica*, 6, 25–39. Obtenido de <http://www.herbario.encb.ipn.mx/pb/pdf/pb6/Pluma%20Hidalgo1.pdf>
- Alcántara, O., & Luna, I. (2001). Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlán y Tlahuelompa. *Acta Botánica Mexicana*, 54, 51–87. Obtenido de <http://www.springerlink.com/content/g32q354l37382871/fulltext.pdf>
- Bubb, P., May, I., Miles, L., & Sayer, J. (2004). *Cloud forest agenda*. United Kingdom: UNEP-WCMC. Obtenido de <http://www.ourplanet.com/wcmc/pdfs/cloudforests.pdf>
- Corral, J. J., Aguirre, O. A., Jiménez, J., & Corral, S. (2005). Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México. *Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales*, 14(2), 217–228. Obtenido de [http://www.inia.es/gcontrec/pub/217-228-\(30\\_0S\)-Un\\_analisis\\_1162281437750.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/217-228-(30_0S)-Un_analisis_1162281437750.pdf)
- Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3), 476–486. Obtenido de [http://vmpincol.bio.ou.edu/rice\\_and\\_penfound/1931725.pdf](http://vmpincol.bio.ou.edu/rice_and_penfound/1931725.pdf)
- Ellis, E., Martínez, M., & Monroy, R. (2010). Focos rojos para la conservación de la biodiversidad. In A. Angón (Ed.), *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de estado*. México: CONABIO.
- Escobar, M. C., & Ochoa, S. (2007). Estructura y composición florística de la vegetación del parque educativo Laguna Bélgica, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78(2), 391–419. <http://www.ejournal.unam.mx/bio/BIOD78-02/BIO078000216.pdf>
- García, M. E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México, D.F.: UNAM.
- García-Franco, J., Castillo-Campos, G., Mehlreter, K., Martínez, M. L., & Vázquez, G. (2008). Composición florística de un bosque mesófilo del centro de Veracruz, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 83, 37–52. Obtenido de <http://scielo.unam.mx/pdf/bsbm/n83/n83a4.pdf>
- González, F. (2004). *Las comunidades vegetales de México. Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México*. México: SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología.
- González-Espinosa, M., Meave, J., Lorea-Hernández, F., Ibarra-Manríquez, G., & Newton, A. (2011). *The red list of Mexican cloud forest trees*. United Kingdom: Fauna and flora international. Obtenido de <http://www.fauna-flora.org/wp-content/uploads/Mexican-Cloud-Forest-Trees.pdf>
- Haeckel, I. (2006). *Firewood use, supply, and harvesting impact in cloud forests of central Veracruz, México*. Master thesis, Columbia University, New York, United States of America.
- Hoffman, O. (1993). *Rumbos y paisajes de Xico, Veracruz*. México: Instituto de Ecología, A.C.
- Instituto Nacional de Ecología (INE) (2002). *Potencial de recarga de acuíferos y estabilización de ciclos hídricos en áreas forestadas. Planeación, desarrollo y recuperación ambiental*, S. C. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2008). Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación: escala 1:250000. Serie III (continuo nacional). In A. Challenger, & J. Soberón (Eds.), *Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 87–108). México: CONABIO. Obtenido de [http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I03\\_Losecosistemast.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I03_Losecosistemast.pdf)
- Kuldip, S. D., Sarvesh K. S., Parveen, K. D., & Seema, S. (2010). Alien plant invasion and their impact on indigenous species diversity at global scale: A review. *Journal of ecology and the natural environment*, 2(9), 175–186. Obtenido de <http://www.academicjournals.org/jene/PDF/Pdf2010/Sept/Kuldip%20Dogra.pdf>
- López, A. M. (2004). *Los cafetales de sombra como reservorio de la biodiversidad de plantas leñosas del bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz*. Tesis de maestría, Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Veracruz, México.
- Luna, I., Alcántara, O., Ruiz, C. A., & Contreras, R. (2006). Composition and structure of humid montane oak forests at different sites in central and eastern México. In M. Kappelle (Ed.), *Ecological studies: Ecology and conservation neotropical montane oak forests* (pp. 101–112). Germany: Springer.
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Great Britain: Cambridge University Press.
- Mejía, N. R., Meave, J. A., & Ruiz, C. A. (2004). Análisis estructural de un bosque mesófilo de montaña en el extremo oriental de la Sierra Madre del Sur (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 74, 13–29. Obtenido de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/577/57707402.pdf>
- Paré, L., Fuentes, T., Vidriales, G., García, I., Geréz, P., & Muñiz, M. (2008). *Gestión de la cuenca del río Pixquiac y su interacción con la zona conurbada de Xalapa: Esfuerzos desde la sociedad civil*. In D. Soares, S. Vargas, & N. R. Nuño (Eds.), *La gestión de los recursos hídricos: Realidades y perspectivas* (pp. 228–256). México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Pérez, M. A., Tejeda, C., & Silva, E. (2010). *Los bosques mesófilos de montaña en Chiapas. Situación actual, diversidad y conservación*. México: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Ponce, A., Luna, I., Alcántara, O., & Ruiz, C. A. (2006). Florística del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande, Lolotla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77(2), 177–190. Obtenido de [http://www.ibiologia.unam.mx/pdf/publicaciones/revista\\_77\\_2/rmb-62.pdf](http://www.ibiologia.unam.mx/pdf/publicaciones/revista_77_2/rmb-62.pdf)

- Ramírez, N., & Arroyo, M. K. (1990). Estructura poblacional de *Copaifera pubiflora* Benth. (Leguminosae:Caesalpinioideae) en los altos llanos centrales de Venezuela. *Biotropica*, 22(2), 124–132. Obtenido de [http://146.83.237.36/focus/people\\_focus1/pdf/Ramirez%20y%20Arroyo%201990%20Biotropica.pdf](http://146.83.237.36/focus/people_focus1/pdf/Ramirez%20y%20Arroyo%201990%20Biotropica.pdf)
- Rzedowski, J. (1996). Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*, 35, 25–44. Obtenido de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/574/57403504.pdf>
- Santiago, A. L., Jardel, E. J., & Cuevas, R. (2003). Rareza y estado de conservación de especies arbóreas del bosque mesófilo de montaña en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México. *Ibugana. Boletín del Instituto de Botánica*, 10(2), 1–5. Obtenido de [http://ibugana.cucba.udg.mx/pdf/ibugana\\_10\(1-2\).pdf](http://ibugana.cucba.udg.mx/pdf/ibugana_10(1-2).pdf)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Obtenido de [http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Documentos/NOM\\_059\\_SEMARNAT\\_2010.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Documentos/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf)
- Waring, R. H., & Schlesinger, W. H. (1985). *Forest ecosystems. Concepts and management*. United States of America: Academic Press Inc.
- Williams-Linera, G. (2002). Tree species richness complementarity, disturbance and fragmentation in a Mexican tropical montane cloud forest. *Biodiversity and Conservation*, 11(10), 1825–1843. doi: 10.1023/A:1020346519085
- Williams-Linera, G. (2007). *El bosque de niebla del centro de Veracruz: Ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático*. Xalapa, México: CONABIO-Instituto de Ecología, A. C.
- Williams-Linera, G., & López, A. (2008). Estructura y diversidad de la vegetación leñosa. In R. Manson, V. Hernández, S. Gallina, & K. Mehltreter (Eds.), *Agroecosistemas de Veracruz. Biodiversidad. Manejo y conservación* (pp. 55–68). Xalapa, México: Instituto de Ecología A. C.
- Williams-Linera, G., López, A. M., & Muñoz-Castro, M. A. (2005). Complementariedad y patrones de anidamiento de especies de árboles en el pasaje de bosque de niebla del centro de Veracruz, México. In G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff, & A. Melicc (Eds.), *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma* (pp. 153–164). Zaragoza, España: Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Zavala, F. (1989). *Identificación de los encinos de México*. México: Universidad Autónoma Chapingo.