



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

## **CAMPUS MONTECILLO**

### **POSTGRADO EN BOTÁNICA**

# **ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE MUÉRDAGOS EN UN BOSQUE HÚMEDO DE MONTAÑA DEL CENTRO DE VERACRUZ**

**ROSA LINA LÓPEZ ALVAREZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

**2019**

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION**

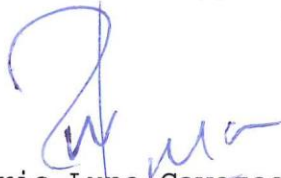
En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Rosa Lina López Alvarez, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Mario Luna Cavazos, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Estructura y diversidad de muérdagos en un bosque húmedo de montaña del centro de Veracruz

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 21 de Mayo de 2019



Firma del  
Alumno (a)



Dr. Mario Luna Cavazos

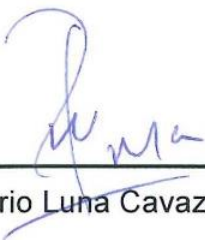
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis, titulada: **ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE MUÉRDAGOS EN UN BOSQUE HÚMEDO DE MONTAÑA DEL CENTRO DE VERACRUZ** realizada por la alumna **Rosa Lina López Álvarez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada y aceptada por el mismo como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS  
BOTÁNICA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:

  
\_\_\_\_\_


Dr. Mario Luna Cavazos

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_

Dr. Juan Ignacio Valdez Hernández

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_

Dr. Edmundo García Moya

MONTECILLO, ESTADO DE MÉXICO, Mayo, 2019

# ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE MUÉRDAGOS EN UN BOSQUE HÚMEDO DE MONTAÑA DEL CENTRO DE VERACRUZ

Rosa Lina López Álvarez M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2019

## RESUMEN

Los muérdagos dependen de vectores bióticos para la dispersión de sus semillas, y requieren que éstas sean depositadas en hospederos compatibles y ambientes adecuados para su sobrevivencia. Los objetivos de este estudio fueron, analizar el efecto que tienen la orientación del terreno y la compactación del dosel sobre la diversidad y estructura arbórea, la dispersión de hospederos y la diversidad y el porcentaje de cobertura de muérdagos. En el Área Natural Protegida La Martinica, se seleccionaron 25 unidades de muestreo de 500 m<sup>2</sup>, divididas en subunidades de 50 m<sup>2</sup>, en cuatro orientaciones del terreno y dos condiciones de compactación del dosel, en las que se registraron el diámetro normal, la altura y los diámetros menor y mayor de la copa de los árboles con un diámetro normal  $\geq 10$  cm, para describir su estructura horizontal y vertical. Las frecuencias de los hospederos en las subunidades de muestreo fueron utilizadas para determinar su patrón de dispersión espacial, además, se estimó el porcentaje de cobertura de muérdagos en cada hospedero, y se analizó su riqueza y diversidad. Se encontraron once especies de hospederos, que en conjunto concentran un 70% de los valores estructurales; los individuos tendieron a presentar un patrón de dispersión agregado; la riqueza, diversidad y cobertura de muérdagos fueron mayores en terrenos con orientación Este; en los doseles más compactos la diversidad de muérdagos fue más alta y su cobertura más baja que en doseles abiertos. El presente estudio contribuye a ampliar el conocimiento de los muérdagos bajo un enfoque ecológico, permitió conocer como la orientación del terreno y la compactación del dosel pueden afectar su diversidad y cobertura. Además, se encontraron patrones que muestran que la estructura arbórea influye en la distribución de muérdagos y otros que indican que son especies sensibles a la disponibilidad de luz.

**Palabras clave:** Estructura forestal, compactación del dosel, plantas hemiparásitas, orientación del terreno.

# STRUCTURE AND DIVERSITY OF MISTLETOE IN A HUMID MOUNTAIN FOREST IN CENTRAL VERACRUZ

Rosa Lina López Alvarez M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2019

## ABSTRACT

Mistletoes depend on biotic vectors for the dispersion of their seeds, and require that seeds be deposited in compatible hosts and suitable environments for their survival. The aims of this study were to analyze the effect that the slope aspect and the compactness of the canopy have on the forest structure, the dispersal of hosts and the diversity and covering of mistletoe. In the La Martinica Protected Natural Area, 25 sampling units of 500 m<sup>2</sup> were selected, divided into subunits of 50 m<sup>2</sup>, in four slope aspects and two conditions of canopy compactness, in which were registered; the diameter at breast height, the height, and the smaller and larger diameters of the crown of trees with a diameter at breast height  $\geq 10$  cm, to describe their horizontal and vertical structure. The frequencies of the hosts in the sampling subunits were used to determine their spatial dispersion pattern; in addition, the percentage of mistletoe coverage in each host was estimated and their richness and diversity were analyzed. Eleven species of hosts were found, which together concentrate 70% of the structural values; individuals tended to present an aggregate pattern of dispersion; the richness, diversity and covering of mistletoe were greater in East slopes; in the more compact canopies, the diversity of mistletoe was higher and its covering was lower than in open canopies. The present study contributes to expand the knowledge of the mistletoe under an ecological approach, allowed to know how the slope aspect and the compactness of the canopy can affect its diversity and covering. In addition, there were patterns that show that the forest structure influences mistletoe distribution and others that indicate that they are sensitive species to the availability of light.

**Keywords:** Forest structure, canopy density, hemiparasitic plants, slope aspect.

## DEDICATORIA

A Nina y Tito, quienes me trajeron a este mundo,  
y me han acompañado en él, espero tenerlos por  
muchos años más.

A Néctar, quien me hizo una persona más sensible  
y feliz, aunque ya no estás en este mundo, te llevo  
a todos lados.

A Fer, contigo me estrené como tía,  
gracias por tu risa y por las tardes de  
juegos que hicieron mis días más  
llevaderos.



## AGRADECIMIENTOS

A mi consejero y a mis asesores por su apoyo, exigencia y comprensión, este trabajo fue posible gracias a ustedes.

Al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por medio de la beca (N° 461593) que me permitió realizar estudios de maestría en el Colegio de Posgraduados.

A la Secretaría de Medio Ambiente del estado de Veracruz (SEDEMA) por la autorización del permiso de investigación científica en el ANP “La Martinica” número SEDEMA-DGGARN-525/2018 y a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por el otorgamiento de la licencia de colecta científica número SGPA/DGVS/002579/18.

A mis hermanos Guille, Jacinto y Moni por todas las veces que me apoyaron durante mi estancia en el COLPOS, los quiero.

A mi ayudante de campo Erik David Murrieta Ruiz, un agradecimiento especial a quien fue mi mano derecha e izquierda en el campo, siempre es mejor reírse acompañado.

A los espíritus del bosque; a la lluvia y la neblina matinal; a los relámpagos de medio día; al burrito que rebuznaba cuando nos veía llegar; a los exploradores que nos topamos; a Alejandro el guardián de La Martinica; al abejorro que me picó; al alambre de púas que me enterré; a los policías del retén de la carretera que nos saludaban con curiosidad; al Rey del tepache y a los simpáticos meseros del restaurancito que frecuentábamos; a los taladores, cazadores, leñadores y a la basura que me encontré, me indignaron mucho, pero hicieron que me diera cuenta de los problemas que tiene el lugar que estuve estudiando; a todos ellos gracias por haber hecho más interesante mi trabajo de campo.

A mis compañeros, amigos y profesores que contribuyeron de forma indirecta y que hicieron más amena mi estancia en el Colegio de Posgraduados, en particular quiero agradecerle a Paty por su apoyo moral y sus mensajes de whatsapp que en las mañanas me recordaban que debía de escribir la tesis.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE CUADROS .....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
Objetivo General .....	5
Objetivos específicos.....	5
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>5</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>6</b>
<b>1. CAPITULO I. ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE UN BOSQUE HUMEDO DE MONTAÑA DEL CENTRO DE VERACRUZ .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 ABSTRACT .....</b>	<b>12</b>
<b>1.4 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>1.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
1.5.1 Área de estudio .....	15
1.5.2 Muestreo y variables de estudio.....	16
1.5.3 Semejanza florística .....	17
1.5.4 Medidas de riqueza y diversidad .....	18
1.5.5 Atributos dasométricos e índices estructurales.....	18
<b>1.6 RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>1.7 DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
<b>1.8 CONCLUSIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>1.9 LITERATURA CITADA .....</b>	<b>33</b>
<b>2. CAPITULO II. ATRIBUTOS ESTRUCTURALES Y DISPERSION ESPACIAL DE LOS HOSPEDEROS DE MUÉRDAGOS EN UN BOSQUE HÚMEDO DE MONTAÑA. ....</b>	<b>41</b>
<b>2.2 RESUMEN .....</b>	<b>41</b>
<b>2.3 ABSTRACT .....</b>	<b>42</b>



<b>2.4 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>43</b>
<b>2.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>45</b>
2.5.1 Área de estudio .....	45
2.5.2 Muestreo y Análisis .....	45
<b>2.6 RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
<b>2.7 DISCUSIÓN.....</b>	<b>48</b>
<b>2.8 CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>2.9 LITERATURA CITADA .....</b>	<b>52</b>
<b>3. CAPITULO III. LOS MUÉRDAGOS DE UN BOSQUE HÚMEDO DE MONTAÑA Y SU HÁBITAT.....</b>	<b>57</b>
<b>3.2 RESUMEN .....</b>	<b>57</b>
<b>3.3 ABSTRACT .....</b>	<b>58</b>
<b>3.4 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>59</b>
<b>3.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>61</b>
3.5.1 Área de estudio .....	61
3.5.2 Muestreo y medición de variables.....	61
3.5.3 Análisis.....	61
<b>3.6 RESULTADOS.....</b>	<b>63</b>
<b>3.7 DISCUSIÓN.....</b>	<b>69</b>
<b>3.8 CONCLUSIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>3.9 LITERATURA CITADA .....</b>	<b>73</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>79</b>

## LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.1** Atributos estructurales e índices de diversidad de la vegetación arbórea con  $DN \geq 10$  cm en cuatro orientaciones del terreno (C=Cenital, E=Este, N=Norte, S=Sur) del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz..... 23
- Cuadro 1.2** Atributos estructurales e índices de diversidad de la vegetación arbórea con  $DN \geq 10$  cm en dos tipos de dosel (A=abierto, C=cerrado) del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz. .... 23
- Cuadro 1.3** Índice de Valor de Importancia (IVI) e Índice de Valor Forestal (IVF) de la vegetación arbórea con  $DN \geq 10$  cm del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz. En negritas se indican las especies que fueron hospederas de muérdagos. .... 26
- Cuadro 1.4** Índice de Valor de Importancia (IVI) e Índice de Valor Forestal (IVF) de la vegetación arbórea con  $DN \geq 10$  cm en cuatro orientaciones del terreno del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz. En negritas se indican las especies que fueron hospederas de muérdagos..... 27
- Cuadro 1.5** Índice de Valor de Importancia (IVI) e Índice de Valor Forestal (IVF) de la vegetación arbórea con  $DN \geq 10$  cm en dos tipos de dosel del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz. En negritas se indican las especies que fueron hospederas de muérdagos..... 28

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Ubicación del área de estudio y distribución de las Unidades de muestreo en el ANP La Martinica, Veracruz, México. ....	16
<b>Figura 1.2</b> Curva de acumulación de especies arbóreas muestreadas en el ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz, con intervalo de confianza del 95% con base en el método de la Tau de Mao (Colwell <i>et al.</i> , 2004).....	20
<b>Figura 1.3</b> Agrupación de las orientaciones del terreno (C= Cenital, E= Este, N= Norte, S= Sur) estudiadas en el Área Natural Protegida “La Martinica”, Banderilla, Veracruz .....	21
<b>Figura 1.4</b> Asociación de especies arbóreas (en negro) y orientaciones del terreno (en azul); <b>C</b> =Cenital, <b>E</b> =Este, <b>N</b> =Norte, <b>S</b> =Sur ( $\chi^2=352.4$ , $P<0.0001$ )......	22
<b>Figura 1.5</b> Distribución diamétrica de árboles en cuatro orientaciones del terreno (C=Cenital, E=Este, N=Norte, S=Sur) del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz. ....	24
<b>Figura 1.6</b> Distribución diamétrica de árboles en dos tipos de dosel (A= abierto, C=cerrado) del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz. ....	25
<b>Figura 2.1</b> Distribución diamétrica de árboles hospederos y no hospederos de muérdagos en el ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz. ....	46
<b>Figura 2.2</b> <i>Liquidambar styraciflua</i> usado como hospedero por <i>Psittacanthus schiedeana</i> . ....	49
<b>Figura 3.1</b> Especies de muérdagos registradas en el ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz: a) <i>Phoradendron nervosum</i> , b) <i>Phoradendron falcatum</i> , c) <i>Struthanthus deppeanus</i> , d) <i>Struthanthus quercicola</i> , e) <i>Psittacanthus schiedeana</i> . ....	63
<b>Figura 3.2</b> Curva de acumulación de especies de muérdagos muestreadas en el ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz, con intervalo de confianza del 95% utilizando el método de la Tau de Mao.....	64
<b>Figura 3.3</b> Agrupación de las orientaciones del terreno (C= Cenital, E= Este, N= Norte, S= Sur) estudiadas en el Área Natural Protegida “La Martinica”, Banderilla, Veracruz .....	65

<b>Figura 3.4</b> Algunos muérdagos y sus hospederos en el ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz. ....	66
<b>Figura 3.5</b> Asociación de especies de muérdagos y sus hospederos. ....	67
<b>Figura 3.6</b> Derriba y extracción de leña en el Área Natural Protegida “La Martinica”, Banderilla, Veracruz. ....	70

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existen aproximadamente cuatro mil 500 especies de plantas parásitas, todas ellas dicotiledóneas, de las cuales 40 % son parásitas aéreas (ramas y tallos) y el resto lo son en raíces; cuatro mil 100 especies son hemiparásitas, es decir plantas, autótrofas que presentan clorofila y dependen total o parcialmente del agua y los nutrientes minerales que obtienen de su hospedero y 390 especies holoparásitas, aquellas que no fotosintetizan ni producen clorofila y obtienen todos sus nutrimentos tanto orgánicos como inorgánicos de su hospedero (Heide-Jørgensen, 2008).

Los muérdagos son un grupo de plantas que pertenecen al orden de los Santalales, se caracterizan por crecer y desarrollarse sobre la parte aérea de otras angiospermas o gimnospermas (Watson, 2001; Mathiasen *et al.*, 2008; Nickrent *et al.*, 2010), fijándose a los vasos del xilema de dichos hospederos, a través de estructuras especializadas llamadas haustorios, para obtener agua y nutrimentos (Ehleringer *et al.*, 1985; Heide-Jørgensen, 2008). Para mantener un gradiente de flujo y evitar el cierre estomatal y el marchitamiento, el muérdago debe tolerar un potencial hídrico más negativo que el del hospedero (Glatzel y Geils, 2008), es común que los hospederos desarrollen una región hipertrófica en el sitio de unión con el haustorio, la cual es producida por el espacio que ocupa el órgano intrusivo y, en algunos casos, por un desorden hormonal que induce un crecimiento excesivo en el grosor de sus ramas (Garkoti *et al.*, 2002; Heide-Jørgensen, 2008).

La mayoría de los muérdagos son hemiparásitos, debido a que presentan hojas y llevan a cabo la fotosíntesis (Hull y Leonard, 1964; Strong *et al.*, 2000). Sin embargo, existen excepciones, como ocurre en el género *Arceuthobium* M. Bieb., que pueden obtener fotoasimilados de sus hospederos (Shaw *et al.*, 2004; Těšitel, 2016); los muérdagos holoparásitos tienden a ser pequeños y ocupan sus partes aéreas sólo para respaldar a sus órganos reproductivos y mantener el gradiente hídrico del hospedero al parásito (Glatzel y Geils, 2008).

Las formas de parasitismo en el orden Santalales integran una amplia gama que va desde los arbustos parásitos de raíces que se considera la forma ancestral, lianas parásitas que producen haustorios secundarios, muérdagos que solo forman un

haustorio primario, muérdagos con un endófito capaz de formar brotes secundarios y muérdagos con hojas en forma de escamas y actividad fotosintética reducida. El parasitismo aéreo que caracteriza al grupo de los muérdagos se ha originado cinco veces de forma independiente en los Santalales, Misodendraceae es el grupo más tempranamente diversificado y Loranthaceae es el grupo de evolución más reciente (Vidal-Russell y Nickrent, 2008).

Loranthaceae es una de las familias con mayor riqueza de especies y de las más estudiadas. Sus ancestros fueron parásitos de raíces y se originaron en Australasia en el Cretácico tardío. Se diversificaron con rapidez durante el Eoceno cuando se formaron los bosques tropicales y subtropicales, su cambio de modalidad trófica de parásito de raíces a parásito aéreo esta datado hace cerca de 50 Ma, periodo que coincide con la radiación adaptativa de aves canoras que se convirtieron en sus principales dispersores (Liu *et al.*, 2018).

La dispersión más común de las semillas de los muérdagos es endozoócora, llevada a cabo casi en exclusiva por aves (López-de Buen y Ornelas, 2001; Watson, 2001; Press y Phoenix, 2005; Arruda *et al.*, 2009). Sin embargo, en algunas especies esta función puede ser desempeñada por mamíferos (Amico y Aizen, 2000; Magrath *et al.*, 2015), también puede ser anemócora, como ocurre en Misodendraceae y por explosión hidráulica exclusivo de *Arceuthobium* (Cházaro y Oliva, 1987a; Shaw *et al.*, 2004). Diversos organismos intervienen en su polinización, pero son las aves y los insectos los principales vectores (Watson, 2001; Mathiasen *et al.*, 2008).

Los muérdagos son un recurso importante en los ecosistemas debido a que forman una amplia red de interacciones con otros organismos. Son una fuente importante de alimento para otras especies. Alrededor de 66 familias de aves y 30 de mamíferos han sido registrados alimentándose de muérdagos, no solo de frutos y néctar, también de follaje y, en ocasiones utilizan a los muérdagos como sitios de percha o anidamiento (Watson, 2001;2004).

Los muérdagos incrementan la riqueza específica y la diversidad de los ecosistemas debido a los recursos que proveen y al enriquecimiento que producen en las cadenas tróficas al reincorporar al suelo su hojarasca rica en nutrimentos, al incrementar la

actividad microbiana y mejorar la productividad del ecosistema (Watson, 2015; Griebel *et al.*, 2017); también promueven el cambio en la cubierta vegetal al producir la muerte de árboles o rodales, al producir claros que disminuyen la competencia entre árboles, lo cual tiene efectos positivos en la diversidad de flora y la fauna (Griebel *et al.*, 2017).

A pesar de los beneficios que producen en el ecosistema, la interacción con el muérdago puede provocar estrés en sus hospederos (Hawksworth y Wiens, 1996; Zuber, 2004); debido a que el hospedero no puede controlar el agua sustraída por el muérdago, reduce el potencial hídrico del xilema, desencadena el cierre estomático y potencialmente reduce su asimilación de carbono (Garkoti *et al.*, 2002; Glatzel y Geils, 2008). En ocasiones tiene un efecto negativo en su crecimiento y reproducción, debido a que puede reducir de manera significativa su eficiencia fotosintética y su tasa de respiración (Arruda *et al.*, 2012; Griebel *et al.*, 2017). Se ha registrado que la infección afecta de forma significativa el crecimiento de árboles jóvenes (Carnegie *et al.*, 2009). En árboles muy afectados se estima una reducción de hasta 60% en la asimilación de carbono (Marshall y Ehleringer, 1990; Meinzer *et al.*, 2004), además las sequías prolongadas amplifican las tasas de mortalidad de los árboles debido a la cavitación (Griebel *et al.*, 2017).

El bosque húmedo de montaña en México es el tipo de vegetación con mayor número de especies por unidad de superficie (Villaseñor, 2010; Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2014). También es un tipo de vegetación que se desarrolla en condiciones muy heterogéneas, presenta variaciones climáticas, altitudinales y edáficas que interactúan con condiciones orográficas y de humedad locales, lo cual origina una amplia variabilidad florística, fisonómica y estructural, que se manifiesta en forma de diversas asociaciones, y difieren entre sí en altura, fenología y especies dominantes (Rzedowski, 2006; Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2014).

Los bosques en la región central de Veracruz se encuentran muy fragmentados y experimentan cambios en sus condiciones físicas, tales como variaciones en el microclima y la estructura de la vegetación (Williams-Linera *et al.*, 2002; Williams-Linera, 2007). En esta región han sido registradas varias especies de muérdagos asociadas con este tipo de ecosistema (Cházaro y Oliva, 1987a, 1987b, 1988a, 1988b, 1988c;

Castillo-Campos *et al.*, 2018). Sin embargo, son escasos los estudios ecológicos que analicen los patrones de distribución de los muérdagos asociados con la estructura arbórea.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de algunas condiciones abióticas y estructurales de un bosque húmedo de montaña del centro de Veracruz sobre el modo en que utilizan el hábitat los muérdagos.

### **Objetivos específicos**

Determinar como la orientación del terreno y la compacidad del dosel del bosque afectan:

- I. La riqueza, diversidad y estructura arbóreas
- II. La dispersión horizontal de los hospederos de muérdagos
- III. La riqueza, diversidad y cobertura de muérdagos

## **HIPÓTESIS**

1. La riqueza, diversidad y estructura arbóreas es diferente en por lo menos una orientación del terreno y es diferente entre tipos de doseles.
2. El patrón de dispersión espacial horizontal de los hospederos de muérdagos es diferente al aleatorio en por lo menos una orientación del terreno y es diferente entre tipos de doseles.
3. La distribución, riqueza, diversidad y cobertura de muérdagos es diferente en por lo menos una orientación del terreno y es diferente entre tipos de doseles.

## LITERATURA CITADA

- Amico, G. y M.A. Aizen, 2000. Ecology: Mistletoe seed dispersal by a marsupial. *Nature* 408: 929-930. DOI: <https://doi.org/10.1038/35050170>
- Arruda R., R. Ferreira-Fadini, L. Nobre-Carvalho, K. Del-Claro; F. Alves-Mourão, C. M. Jacobi, G. Sales-Teodoro, E. van den Berg, C. Simões-Caires y G. Aline-Dettke. 2012. Ecology of neotropical mistletoes: an important canopy-dwelling component of Brazilian ecosystems. *Acta Botanica Brasilica* 26: 264-274. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000200003>
- Arruda, R., R.F. Fadini, F.A. Mourão, C.M. Jacobi y G.S. Teodoro. 2009. Natural history and ecology of Neotropical mistletoes. *Tropical Biology and Conservation Management: Natural history of tropical plants*. Oxford, Eolss Publishers Co. Ltd, 2009, Pp. 133-154.
- Carnegie, A.J., H. Bi, S. Arnold, Y. Li y D. Binns. 2009. Distribution, host preference, and impact of parasitic mistletoes (Loranthaceae) in young eucalypt plantations in New South Wales, Australia. *Botany* 87: 49-63. DOI: <https://doi.org/10.1139/B08-127>
- Castillo-Campos, G., M.E. Medina-Abreo y R. Acevedo-Rosas. 2018. El género *Psittacanthus* (Loranthaceae) en Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* 124: 16 pp. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1278>
- Cházaro, B.M. y R.H. Oliva. 1987a. Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 32: 55-60.
- Cházaro, B.M. y R.H. Oliva. 1987b. Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 32: 78-86.
- Cházaro, B.M. y R.H. Oliva. 1988a. Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 33: 14-19.
- Cházaro, B.M. y R.H. Oliva. 1988b. Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 33: 42-47.

- Cházaro, B.M. y R.H. Oliva. 1988c. Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 33: 71-75.
- Ehleringer, J.R. y E.D. Schulze, H. Ziegler, O.L. Lange, G.D. Farquhar, I.R. Cowar. 1985. Xylem-tapping mistletoes: water or nutrient parasites? *Science* 227: 1479-1481. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.227.4693.1479>
- Garkoti, S.C., S.B. Akoijam y S.P. Singh. 2002. Ecology of water relations between mistletoe (*Taxillus vestitus*) and its host oak (*Quercus floribunda*). *Tropical Ecology* 43: 243-249.
- Glatzel, G. y B.W. Geils. 2008. Mistletoe ecophysiology: host-parasite interactions. *Botany* 87: 10-15. DOI: <https://doi.org/10.1139/B08-096>
- Griebel, A., D. Watson y E. Pendall. 2017. Mistletoe, friend and foe: synthesizing ecosystem implications of mistletoe infection. *Environmental Research Letters* 12: 9 pp. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8fff>
- Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa. (comps.). 2014. Bosques mesófilos de montaña en México: diversidad, ecología y manejo. CONABIO. México, D. F., México. 351 pp.
- Hawksworth, F.G. y D. Wiens. 1996. Dwarf Mistletoes: Biology, Pathology, and Systematics. DIANE Publishing. Washington D.C., USA, 410 pp.
- Heide-Jørgensen, H. 2008. Parasitic flowering plants. Brill. Leiden, Netherlands. 456 pp.
- Hull, R.J. y O.A. Leonard. 1964. Physiological aspects of parasitism in mistletoes (*Arceuthobium* and *Phoradendron*). I. The carbohydrate nutrition of mistletoe *Plant Physiology*, 39: 996-1007.
- Liu, B., C.T. Le, R.L. Barrett, D.L. Nickrent, Z. Chen, L. Lu y R. Vidal-Russell. 2018. Historical biogeography of Loranthaceae (Santalales): Diversification agrees with emergence of tropical forests and radiation of songbirds. *Molecular phylogenetics and evolution* 124: 199-212. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2018.03.010>

- López-de Buen, L. y J.F. Ornelas. 2001. Seed Dispersal of the Mistletoe *Psittacanthus schiedeanus* by Birds in Central Veracruz, Mexico 1. *Biotropica* 33: 487-494. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2001.tb00202.x>
- Magrach, A., J. Rodríguez-Pérez, M. Piazzon y L. Santamaría. 2015. Divergent effects of forest edges on host distribution and seed disperser activity influence mistletoe distribution and recruitment. *Journal of Ecology* 103: 1475-1486. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12472>
- Marshall, J.D. y J.R. Ehleringer. 1990. Are xylem-tapping mistletoes partially heterotrophic? *Oecologia* 84: 244-248. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00318279>
- Mathiasen, R.L., D.L. Nickrent, D.C. Shaw y D.M. Watson. 2008. Mistletoes: pathology, systematics, ecology, and management. *Plant Disease* 92: 988-1006. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-7-0988>
- Meinzer, F.C., D.R. Woodruff y D.C. Shaw. 2004. Integrated responses of hydraulic architecture, water and carbon relations of western hemlock to dwarf mistletoe infection. *Plant, Cell & Environment* 27: 937-946. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2004.01199.x>
- Nickrent, D.L., V. Malécot, R. Vidal-Russell y J.P. Der. 2010. A revised classification of Santalales. *Taxon* 59: 538-558.
- Press, M.C. y G.K. Phoenix. 2005. Impacts of parasitic plants on natural communities. *New Phytologist* 166: 737-751. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01358.x>
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, CONABIO, México. 504 pp.
- Shaw, D.C., D.M. Watson y R.L. Mathiasen. 2004. Comparison of dwarf mistletoes (*Arceuthobium* spp., Viscaceae) in the western United States with mistletoes (*Amyema* spp., Loranthaceae) in Australia—ecological analogs and reciprocal models for ecosystem management. *Australian Journal of Botany* 52: 481-498. DOI: <https://doi.org/10.1071/BT03074>

- Strong, G.L., P. Bannister y D. Burritt. 2000. Are mistletoes shade plants? CO<sub>2</sub> assimilation and chlorophyll fluorescence of temperate mistletoes and their hosts. *Annals of Botany* 85: 511-519. DOI: <https://doi.org/10.1006/anbo.1999.1098>
- Těšitel, J. 2016. Functional biology of parasitic plants: a review. *Plant Ecology and Evolution* 149: 5-20. DOI: <https://doi.org/10.5091/plecevo.2016.1097>
- Vidal-Russell, R. y D.L. Nickrent. 2008. The first mistletoes: origins of aerial parasitism in Santalales. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 47: 523-537. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2008.01.016>
- Villaseñor, J.L. 2010. El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares. Catálogo florístico-taxonómico. CONABIO-UNAM. México, DF., México. 40 pp.
- Watson, D.M. 2001. Mistletoe—a keystone resource in forests and woodlands worldwide. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 219-249. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114024>
- Watson, D. M. 2004. Mistletoe: a unique constituent of canopies worldwide. In: Lowman M. D. y H. B. Rinker (eds.). *Forest canopies*. Elsevier Academic Press. Burlington, USA. Pp. 212-223.
- Watson, D.M. 2015. Disproportionate declines in ground-foraging insectivorous birds after mistletoe removal. *PloS One* 10. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142992>
- Williams-Linera, G., R.H. Manson y E.I. Vera. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques* 8: 73-89. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2002.811307>
- Williams-Linera, G. 2007. El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. CONABIO-INECOL. Xalapa, Veracruz, México. 208 pp.

Zuber, D. 2004. Biological flora of central Europe: *Viscum album* L. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants 199: 181-203. DOI: <https://doi.org/10.1078/0367-2530-00147>

# CAPITULO I. ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE UN BOSQUE HUMEDO DE MONTAÑA DEL CENTRO DE VERACRUZ

## 1.2 RESUMEN

Los bosques húmedos de montaña son comunidades con una alta heterogeneidad florística, fisonómica y estructural. En la actualidad se encuentran afectados por la fragmentación y la perturbación que ejercen las poblaciones humanas cercanas a sus remanentes, lo cual origina cambios en su microclima y la estructura de la vegetación. Los objetivos de este estudio consistieron en analizar el efecto que tienen la orientación del terreno y la compacidad del dosel del bosque sobre la estructura y diversidad arbórea. En el Área Natural Protegida La Martinica, se seleccionaron 25 unidades de muestreo de 500 m<sup>2</sup>, divididas en subunidades de 50 m<sup>2</sup>, en cuatro orientaciones del terreno y dos condiciones de compacidad del dosel, en las que se registraron el diámetro normal, la altura, y los diámetros menor y mayor de la copa de los árboles con un diámetro normal  $\geq 10$  cm. La semejanza florística se analizó por medio del coeficiente de Jaccard; la riqueza específica se caracterizó con el índice de riqueza de Margalef y la diversidad con el índice de Shannon y el índice de la alfa de Fisher; la descripción de la estructura horizontal y vertical se estimó con el índice de valor de importancia (IVI) y el índice de valor forestal (IVF). Las orientaciones Sur y Cenital fueron las que tuvieron mayor semejanza florística; la riqueza de especies no varió significativamente entre orientaciones del terreno, ni entre tipos de dosel, las orientaciones Norte y Cenital tuvieron los valores más altos de diversidad y entre las orientaciones Este y Sur no hubo diferencias significativas. Las especies con mayores IVI e IVF fueron *Carpinus tropicalis* en la orientación Cenital, *Lippia myriocephala* en las orientaciones Este y Sur, y *Liquidambar styraciflua* en la Norte, tanto en doseles abiertos y cerrados *L. myriocephala* tuvo los valores estructurales más elevados. La estructura y la diversidad arbórea en la Martinica varían entre orientaciones del terreno y tipos de dosel. La orientación Norte tuvo una mayor diversidad y los individuos con una mayor área basal, lo cual puede estar asociado a una mayor disponibilidad de humedad y a diferentes etapas seriales.

**Palabras clave:** Alfa de Fisher, Índices estructurales, índice de Shannon, semejanza florística.

### 1.3 ABSTRACT

Humid mountain forests are communities with high floristic, physiognomic and structural heterogeneity. At present, they are affected by the fragmentation and disturbance due to human populations that are close to the remnants, which causes changes in their microclimate and the vegetation structure. The aims of this study were to analyze the effect that slope aspect and compactness of the forest canopy have on tree structure and diversity. In the La Martinica protected natural area, 25 sampling units of 500 m<sup>2</sup> were selected, divided into subunits of 50 m<sup>2</sup>, considering four slope aspects and two conditions of canopy compactness, in which were registered: the diameter at breast height, the height, and the smaller and larger diameters of the canopy of trees with diameter at breast height  $\geq 10$  cm. The floristic similarity was analyzed by the Jaccard coefficient; the species richness was characterized with the Margalef's species richness index and the diversity with the Shannon index and Fisher's alpha index; the description of the horizontal and vertical structure was estimated with the importance value index (IVI) and the forest value index (IVF). The Southern and Zenith slope aspects were the ones with the highest floristic similarity. Species richness did not vary significantly between slope aspects, nor between canopy types, Northern and Zenith aspects had the highest values of diversity and between East and South slope aspects there were no significant differences; the species with higher IVI and IVF were *Carpinus tropicalis* in the Zenith aspect, *Lippia myriocephala* in the East and South slope aspects, and *Liquidambar styraciflua* in the North, both in open and closed canopies *L. myriocephala* had the highest structural values. Forest structure In La Martinica and diversity vary between slope aspects and canopy types. The Northern slope aspect was the most diverse and the one with individuals with a greater basal area, which may be associated with greater moisture availability and different ecological succession stages.

**Keywords:** Fisher's alpha, structural indexes, Shannon index, floristic similarity.



## 1.4 INTRODUCCIÓN

Los bosques húmedos de montaña son bosques mixtos dominados por árboles latifoliados, su origen se remonta a un tipo de vegetación análogo que estaba presente en el Mioceno; en estos bosques persisten elementos compartidos con la flora del Este de Norteamérica, Europa y Este de Asia, enriquecidos por elementos neotropicales durante el Pleistoceno (González-Medrano, 1996; Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2014). Estos bosques ocupan alrededor del 0.6% del territorio de México y es el tipo de vegetación con mayor número de especies vegetales por unidad de área; el estado de Veracruz es una de las tres entidades con mayor riqueza de especies en este tipo de ecosistema (Villaseñor, 2010).

La distribución del bosque húmedo de montaña está restringida a áreas que tienen características muy particulares, tales como elevación entre los 800 y 2200 m.s.n.m., al barlovento de macizos montañosos, donde se condensa la humedad y se forman neblinas, así como en barrancas y laderas húmedas (Rzedowski, 2006; Challenger y Soberón, 2008); son comunidades que se caracterizan por tener un dosel arbóreo denso que limita el paso de la luz a los estratos inferiores (Challenger y Soberón, 2008; CONAFOR y COLPOS, 2014).

Las zonas donde se distribuye el bosque húmedo de montaña presentan variaciones climáticas, altitudinales y edáficas que interactúan con condiciones orográficas y de humedad locales que actúan sobre la vegetación; originando una amplia variabilidad florística, fisonómica y estructural (Rzedowski, 2006; Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2014). En la región central de Veracruz estos bosques se encuentran muy fragmentados, los bordes de los remanentes experimentan cambios en sus condiciones físicas, tales como variaciones en el microclima y la estructura de la vegetación; además de que se encuentran bajo presión por la expansión de los asentamientos urbanos aledaños (Williams-Linera *et al.*, 2002; Williams-Linera, 2007), por lo que el estudio y conservación de estos ecosistemas es importante para preservar su diversidad y mantener los servicios de regulación ambiental que proporcionan (Williams-Linera, 2007; CONAFOR y COLPOS, 2014; Manson, 2017).

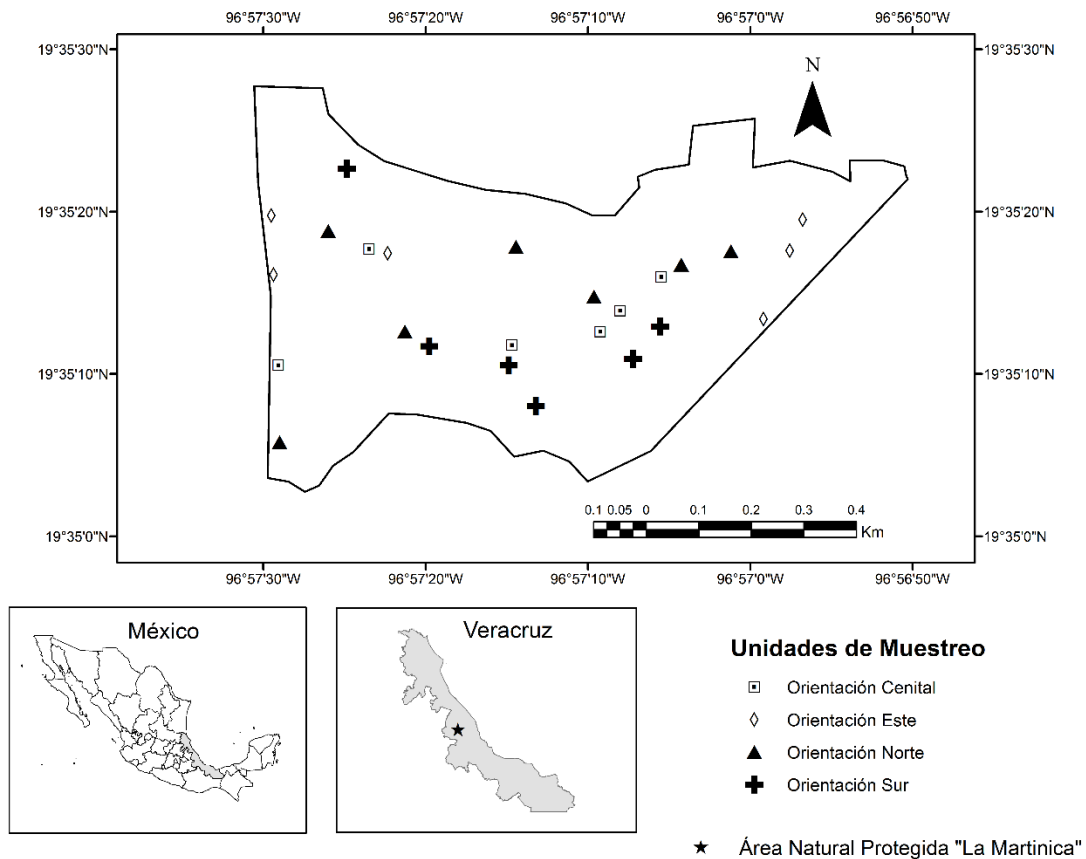
En este trabajo se describió la composición, riqueza específica y distribución diamétrica, y se estimaron índices de diversidad y estructura arbórea en cuatro orientaciones del terreno y dos tipos de dosel en un bosque húmedo de montaña del centro de Veracruz.

## 1.5 MATERIALES Y MÉTODOS

### 1.5.1 Área de estudio

El área de estudio se localiza en el Área Natural Protegida (ANP) La Martinica (**Figura 1.1**), ubicada en el Municipio de Banderilla, Veracruz, entre las coordenadas 19°35'01.3" a 19°35'27.9" N y 96°56'52.7" a 96°57'30.4" O y tiene una superficie de 52.36 ha (Herrera-Beltrán, 2010). Presenta mesetas, laderas con pendientes de 2° a 45°, lomas con crestas redondeadas, valles de fondo plano, llanuras de inundación y cuerpos de agua de flujo lento. La zona pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico, el suelo predominante es de tipo andosol y posee una amplitud altitudinal de 50 m (1570-1620 msnm).

El clima corresponde al C(fm)b (i'); templado con verano fresco amplio, lluvia abundante todo el año y poca oscilación térmica (García, 2004). La temperatura media anual es de 18°C con una oscilación de entre 5 y 7 °C; la precipitación total anual es de entre 1500 y 2000 mm (SEDESMA, 2006). La vegetación corresponde a un bosque húmedo de montaña (Villaseñor, 2010), conocido ampliamente como bosque mesófilo de montaña (Rzedowski, 2006; Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2017) y en una clasificación más reciente como bosque cálido templado (CONAFOR y COLPOS, 2014). Las especies características son *Liquidambar styraciflua* L., *Clethra mexicana* DC, *Carpinus tropicalis* (Donn. Sm.) Lundell, *Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch y *Quercus* spp. L.



**Figura 1.1** Ubicación del área de estudio y distribución de las Unidades de muestreo en el ANP La Martinica, Veracruz, México.

### 1.5.2 Muestreo y variables de estudio

El estudio incluyó un muestreo estratificado en cuatro orientaciones del terreno: Cenital (C), Este (E), Norte (N) y Sur (S). Además, el bosque se clasificó con base en las compacidades del dosel en dos; cerrado (C) áreas donde se observó un dosel compacto y en abierto (A) donde el dosel es menos denso ( $H=19.51$ ,  $P<0.0001$ ), para validar la estratificación por compacidad del dosel, la estimación de la cobertura de cada subunidad de muestreo se hizo por medio de fotografías a 1.6 m del suelo con el software CobCal versión 1.0 (Ferrari et al., 2006), el porcentaje de cobertura se evaluó con la prueba de varianza y comparaciones múltiples de Kruskal Wallis (Kruskal, 1952; Mckight y Najab, 2010), con el uso programa estadístico Minitab 18 Statistical Software,

2017. La orientación Oeste no fue analizada debido a que el dosel A se encontraba poco representado en dicha orientación.

El método modificado de Endara-Agramont *et al.*, (2012) se utilizó para seleccionar tres unidades de muestreo (UM) de 20 x 25m (500m<sup>2</sup>) en cada orientación del terreno y tipo de dosel, con excepción de la exposición Norte condición cerrada donde se muestrearon cuatro UM debido a que el área ocupada por esta orientación es la mayor en la zona de estudio. En total 25 UM fueron muestreadas equivalentes a 1.25 ha. Cada UM se dividió en 10 subunidades (SUM) de 10 x 5m (50 m<sup>2</sup>) en las que se enumeraron los árboles para facilitar el recuento. Se registró el diámetro normal (DN) y se estimó la altura total, los diámetros mayor y menor de copa de todos los individuos con un DN  $\geq 10$  cm. Se recolectaron ejemplares de las especies arbóreas y se tomaron fotografías para su identificación taxonómica por medio de literatura especializada (p. ej. Flora de Veracruz (Ludlow-Wiechers, 1978; Barcena, 1981; Nee, 1981; Pacheco, 1983; Nash y Nee, 1984; Fernandez-Nava, 1986), la clasificación del Angiosperm Phylogeny Group (Stevens, 2001; APG IV, 2016) y la nomenclatura fue verificada con la consulta de la base de datos del Jardín Botánico de Missouri (TROPICOS, 2018). Los ejemplares colectados fueron depositados en el herbario CHAPA del Colegio de Postgraduados.

### **1.5.3 Semejanza florística**

La semejanza de la flora arbórea entre orientaciones se evaluó mediante un análisis de agrupamiento con base en una matriz de presencia-ausencia, con el coeficiente de Jaccard (Villarreal *et al.*, 2004) y el método de agrupamiento de la media aritmética no ponderada (UPGMA) (Romesburg, 2004). La determinación de la semejanza florística entre los tipos de dosel sólo se calculó con el coeficiente de Jaccard. Ambos mediante el programa estadístico PAST 3.20 (Hammer *et al.*, 2001).

La asociación de especies arbóreas y orientaciones del terreno se evaluó por medio de un análisis de correspondencias con base en una matriz de las frecuencias de individuos de cada especie con el paquete FactoMiner (Lê *et al.*, 2008) del programa R 3.5.1.

#### 1.5.4 Medidas de riqueza y diversidad

Se elaboró una curva de acumulación de especies para estimar la riqueza de especies como función de un número de muestras, en este caso 25 unidades de muestreo, por medio de la Tau de Mao con desviación estándar (Colwell *et al.*, 2004). La riqueza específica se calculó con el índice de riqueza de Margalef  $(S - 1) / \ln(n)$  donde  $S$  es el número de taxa y  $n$  es el número de individuos, con el fin de determinar el efecto de la orientación y el tipo de dosel sobre la riqueza de especies. Se aplicó la prueba de varianza y comparaciones múltiples de Kruskal Wallis (Kruskal, 1952; Mckight y Najab, 2010), previa evaluación de la normalidad de la variable mediante el estadístico de Anderson-Darling (Anderson y Darling, 1954; Yazici y Yolacan, 2007), y el uso programa estadístico *Minitab 18 Statistical Software*, 2017.

La diversidad arbórea entre las orientaciones del terreno y tipos de dosel del bosque se calculó con el índice de la alfa de Fisher  $S = \alpha * \ln(1 + n/\alpha)$  donde  $S$  es el número de taxa,  $n$  es el número de individuos y  $\alpha$  es la alfa de Fisher (Harper, 1999; Magurran y McGill, 2011) y el índice de Shannon  $H = -\sum_i \frac{n_i}{n} \ln \frac{n_i}{n}$  donde  $n$  es el número total de individuos y  $n_i$  el número de individuos de la  $i$ -ésima especie, además, se calculó la repartición de especies ( $E = H' / \ln S$ ) donde  $S$  es el número de taxa (Harper, 1999; Villarreal *et al.*, 2004); así mismo, se comparó la diversidad  $H'$  entre orientaciones del terreno y tipos de dosel mediante el método de “t” modificado por Hutcheson ( $t^H$ ) (Hutcheson, 1970; Magurran, 2004; Carreón-Santos y Valdez-Hernández, 2014).

#### 1.5.5 Atributos dasométricos e índices estructurales

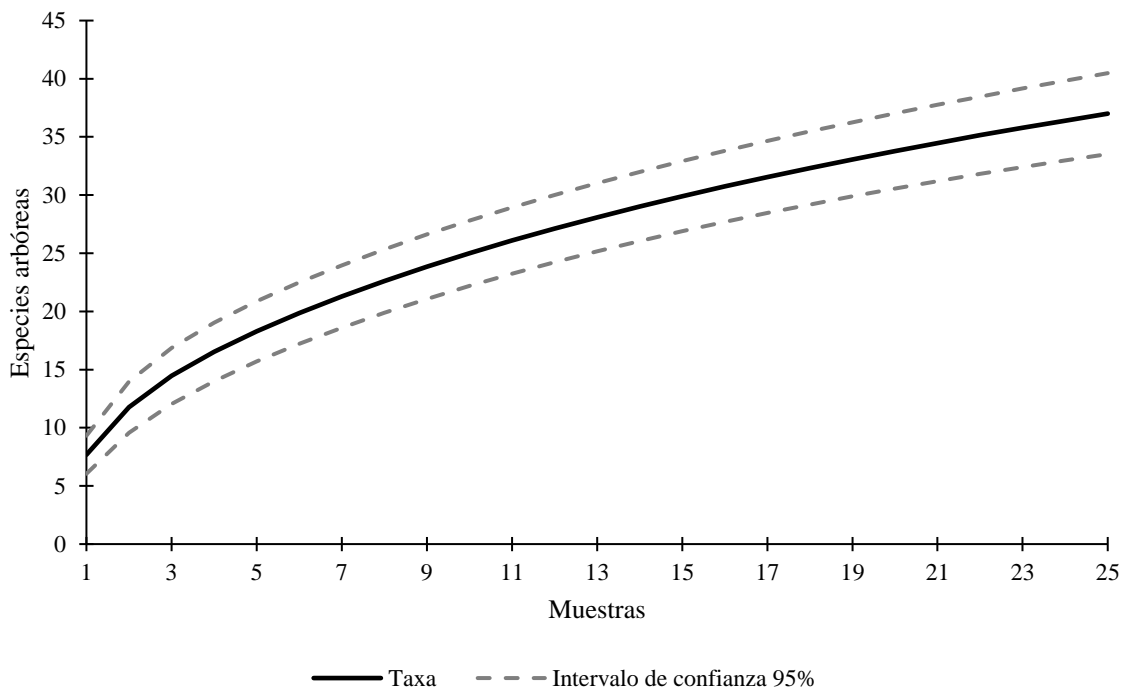
La determinación del efecto de la orientación y tipos de dosel sobre el área basal y densidad de individuos se hizo con la prueba de varianza y comparaciones múltiples de Kruskal Wallis (Kruskal, 1952; Mckight y Najab, 2010), previa evaluación de la normalidad de las variables con el estadístico de Anderson-Darling (Anderson y Darling, 1954; Yazici y Yolacan, 2007), y el programa estadístico *Minitab 18 Statistical Software*, 2017.

El análisis de la estructura de las especies arbóreas se basó en la estimación del índice de valor de importancia (IVI = Dominancia relativa + Densidad relativa + Frecuencia

relativa) (Curtis y McIntosh, 1951; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2017) y el índice de valor forestal (IVF = DN relativo + altura relativa + cobertura relativa) (Corella *et al.*, 2001; Ortega-Baranda *et al.*, 2017) para cada orientación del terreno y tipo de dosel. Además, se estimó la densidad y área basal por ha<sup>-1</sup> de los individuos (Šmelko y Merganič, 2008).

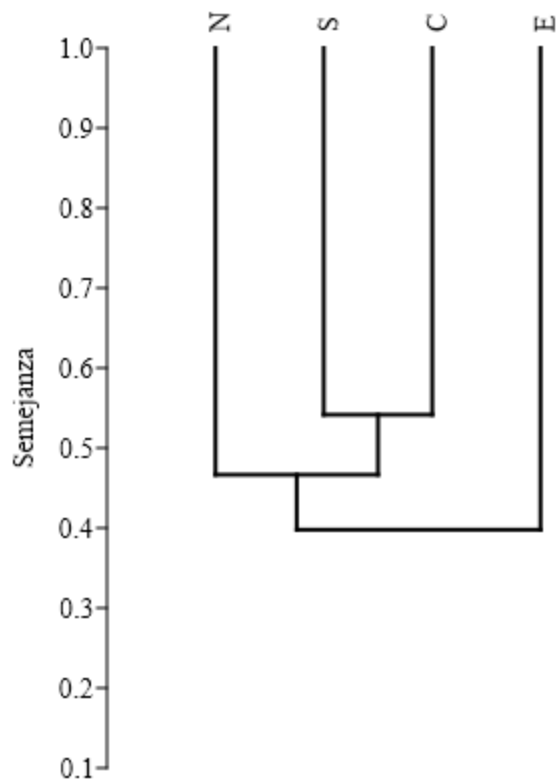
## 1.6 RESULTADOS

Los árboles registrados fueron 779 y pertenecen a 37 especies distribuidas entre 30 géneros y 24 familias. Sin embargo, la curva de acumulación específica no llegó a alinearse con la asíntota (**Figura 1.2**). Las orientaciones S y C fueron las más afines en términos florísticos en un 54%, 13 de las 16 especies registradas en la orientación S son compartidas con la C. Mientras que entre doseles abiertos y cerrados la semejanza florística fue únicamente del 37% (**Figura 1.3**).



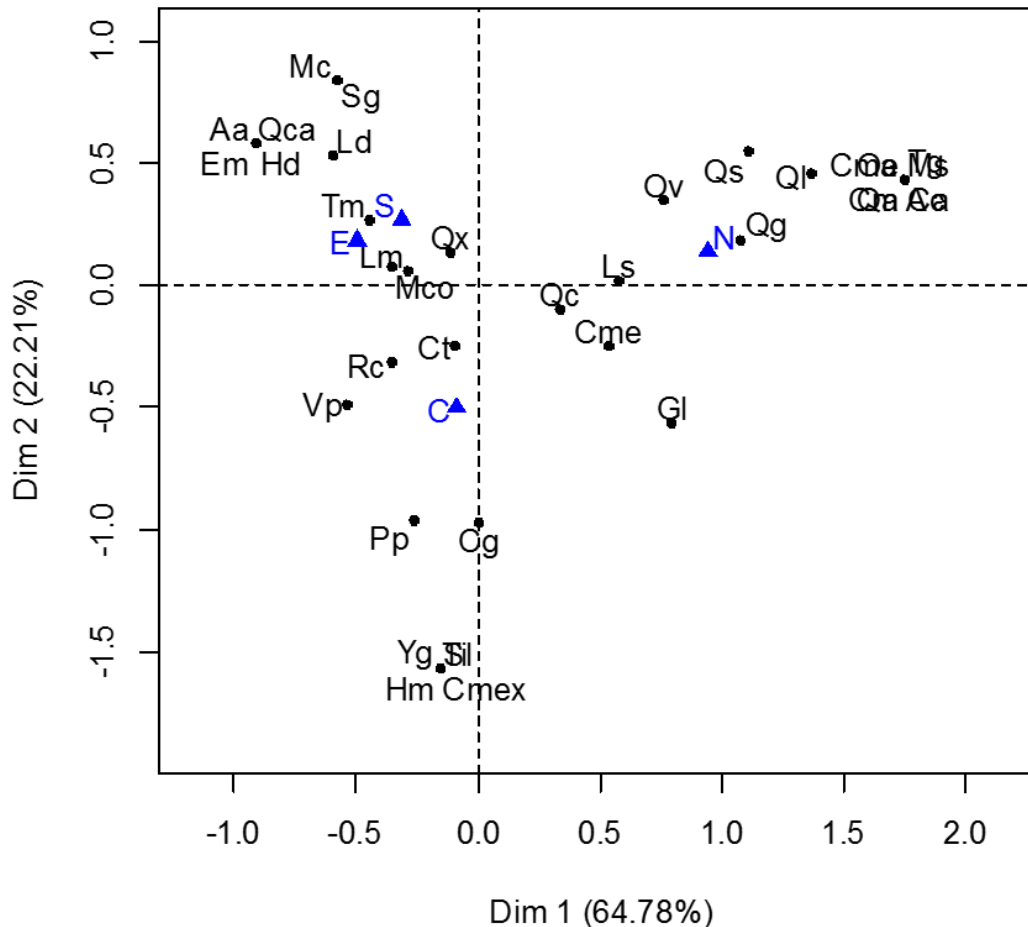
**Figura 1.2** Curva de acumulación de especies arbóreas muestreadas en el ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz, con intervalo de confianza del 95% con base en el método de la Tau de Mao (Colwell *et al.*, 2004).





**Figura 1.3** Agrupación de las orientaciones del terreno (C= Cenital, E= Este, N= Norte, S= Sur) estudiadas en el Área Natural Protegida “La Martinica”, Banderilla, Veracruz por su semejanza florística de especies arbóreas con el coeficiente de Jaccard y agrupamiento por medio del método de la media aritmética no ponderada (UPGMA). Correlación cofenética= 0.9592.

El modelo obtenido con el análisis de correspondencias explica cerca del 87% de la inercia total con dos dimensiones, especies como *O. virginiana*, *Quercus germana* Schltld. & Cham., y *L. styraciflua* tendieron a asociarse con mayor frecuencia con la orientación N; *C. tropicalis* y *Rhamnus capreifolia* Schltld., con la orientación C; *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. y Schult., *Quercus xalapensis* Bonpl., y *Trema micrantha* (L.) Blume con las orientaciones E y S (**Figura 1.4**).



**Figura 1.4** Asociación de especies arbóreas (en negro); **Aa**= *Alnus acuminata*, **Ac**= *Ardisia compressa*, **Ct**= *Carpinus tropicalis*, **Cm**= *Citharexylum mocinnoi*, **Cme**= *Clethra mexicana*, **Cma**= *Clethra macrophylla*, **Ca**= *Conostegia arborea*, **Cg**= *Cornutia grandifolia*, **Cmex**= *Clethra mexicana*, **Em**= *Erythrina macrophylla*, **Gl**= *Gymnanthes longipes*, **Hm**= *Hedyosmum mexicanum*, **Hd**= *Heliocarpus donnellsmithii*, **Ld**= *Leucaena diversifolia*, **Lm**= *Lippia myriocephala*, **Ls**= *Liquidambar styraciflua*, **Ms**= *Magnolia schiedeana*, **Mc**= *Morella cerifera*, **Mco**= *Myrsine coriacea*, **Oe**= *Ocotea effusa*, **Ov**= *Ostrya virginiana*, **Pp**= *Pinus pseudostrobus*, **Qc**= *Quercus corrugata*, **Qg**= *Quercus germana*, **Ql**= *Quercus leiophylla*, **Qx**= *Quercus xalapensis*, **Qa**= *Quercus acutifolia*, **Qca**= *Quercus candicans*, **Qs**= *Quercus salicifolia*, **Rc**= *Rhamnus capreifolia*, **Sg**= *Styrax glabrescens*, **Sl**= *Symplocos limoncillo*, **Tg**= *Telanthophora grandifolia*, **Tm**= *Trema micrantha*, **Ti**= *Turpinia insignis*, **Vp**= *Vachellia pennatula*, **Yg**= *Yucca guatemalensis*, y orientaciones del terreno (en azul); **C**=Cenital, **E**=Este, **N**=Norte, **S**=Sur ( $\chi^2=352.4$ ,  $P<0.0001$ ).

La riqueza de especies no varió de forma significativa entre orientaciones del terreno ( $H=2.58$ ,  $P=0.462$ ), ni en entre tipos de dosel ( $H=1.91$ ,  $P=0.167$ ). Por el contrario, los valores de diversidad  $H'$  si fueron distintos de forma significativa entre orientaciones del

terreno; C vs E ( $t^H=2.605$ ,  $P=0.009$ ); C vs N ( $t^H=-3.26$ ,  $P=0.001$ ); C vs S ( $t^H=2.217$ ,  $P=0.02$ ); E vs N ( $t^H=-5.85$ ,  $P<0.0001$ ); N vs S ( $t^H=5.51$ ,  $P<0.0001$ ).

Las orientaciones N y C tuvieron los valores más altos y únicamente entre las orientaciones E y S no hubo diferencias significativas ( $t^H=-0.41$ ,  $P=0.675$ ). Se observó un valor más alto de repartición de especies en la orientación N, seguido por las orientaciones S, C, y E. Entre tipos de dosel se advirtió que la diversidad de especies arbóreas fue significativamente más elevada en el dosel C que en el A ( $t^H=-6.1249$ ,  $p<0.0001$ ); del mismo modo el valor de repartición observado fue mayor en el dosel C en comparación con el A (**Cuadros 1.1 y 1.2**).

**Cuadro 1.1** Atributos estructurales e índices de diversidad de la vegetación arbórea con  $DN \geq 10$  cm en cuatro orientaciones del terreno (C=Cenital, E=Este, N=Norte, S=Sur) del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.

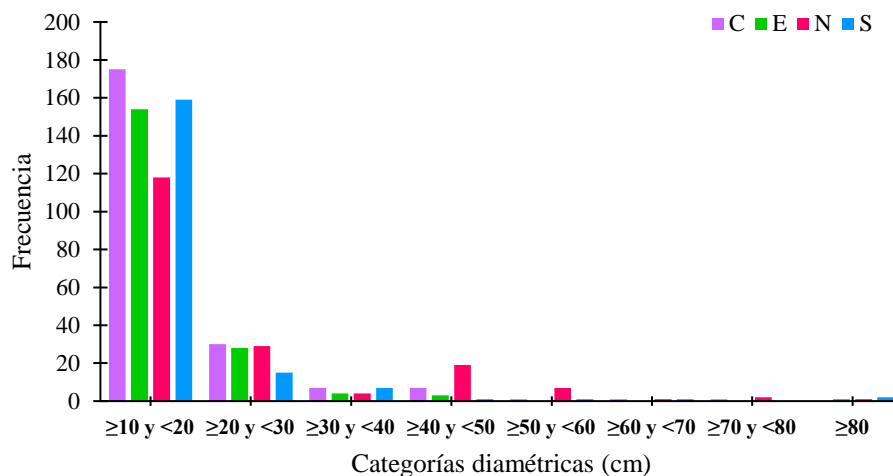
	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>S</b>
<i>Densidad (ind. ha<sup>-1</sup>)</i>	740	633	517	620
<i>Área basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>)</i>	21.4	16.79	28.81	18.35
<i>Riqueza de especies</i>	21	16	24	16
<i>Índice de riqueza de Margalef</i>	3.702	2.859	4.424	2.87
<i>Alfa de Fisher</i>	5.693	4.164	7.42	4.195
<i>Índice de Shannon H'</i>	2.408 <sup>b</sup>	2.162 <sup>c</sup>	2.706 <sup>a</sup>	2.202 <sup>c</sup>
<i>Repartición</i>	0.791	0.7799	0.8516	0.7942
<i>Varianza H'</i>	0.0043167	0.0045711	0.0040498	0.0043187

**Cuadro 1.2** Atributos estructurales e índices de diversidad de la vegetación arbórea con  $DN \geq 10$  cm en dos tipos de dosel (A=abierto, C=cerrado) del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.

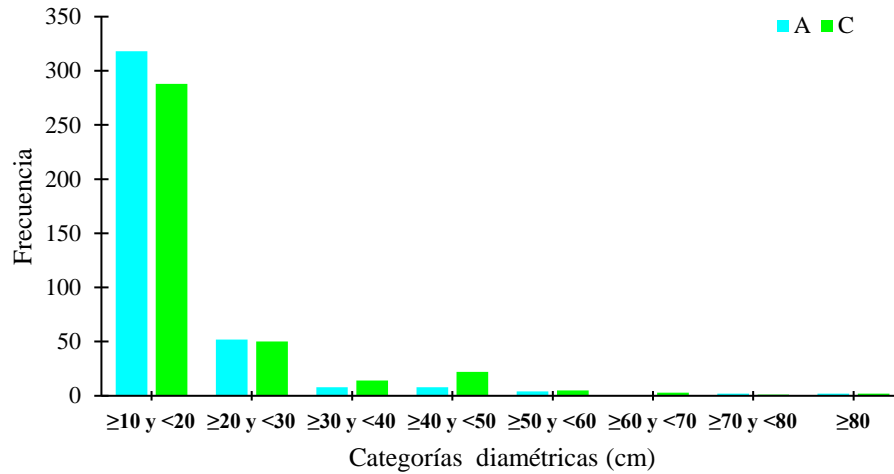
	<b>A</b>	<b>C</b>
<i>Densidad ind. ha<sup>-1</sup></i>	657	592
<i>Área Basal m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup></i>	19.83	23.3
<i>Riqueza de especies</i>	22	29
<i>Índice de riqueza de Margalef</i>	3.514	4.699
<i>Alfa de Fisher</i>	5.03	7.26
<i>Índice de Shannon H'</i>	2.279 <sup>b</sup>	2.71 <sup>a</sup>
<i>Repartición</i>	0.7372	0.8048
<i>Varianza H'</i>	0.0026471	0.0023127

El área basal de los individuos fue mayor en la orientación N ( $H=19.15$ ,  $P<0.0001$ ), en comparación con las demás orientaciones del terreno, sin embargo, no fue difirió de forma significativa entre tipos de dosel ( $H=1.55$ ,  $P=0.213$ ). La densidad de individuos, no varió de forma significativa entre orientaciones del terreno ( $H=4.68$ ,  $P=0.197$ ), ni entre tipos de dosel ( $H=0.56$ ,  $P=0.454$ ) (**Cuadros 1.1 y 1.2**).

El DN promedio de los individuos fue de 17.8 cm ( $EE=0.4$ ). Cerca del 80% de los individuos se encuentran en la primera categoría diamétrica, la frecuencia de individuos disminuye en tendencia logarítmica en las demás categorías y los árboles con un DN  $>60$  fueron los que se encontraron con menor frecuencia. Se observó la tendencia hacia una menor frecuencia de individuos en la primera categoría diamétrica en la orientación N, en comparación con el resto de las orientaciones. Además de una mayor frecuencia de individuos en las categorías diamétricas que se encuentran entre los 40 y 60 cm (**Figura 1.5**). Entre tipos de dosel se observó una tendencia similar en las frecuencias; sólo se aprecia que en doseles C las frecuencias en la primera categoría diamétrica fueron un poco más bajas y, por el contrario, más altas en la categoría  $\geq 40$  y  $<50$  cm (**Figura 1.6**).



**Figura 1.5** Distribución diamétrica de árboles en cuatro orientaciones del terreno (C=Cenital, E=Este, N=Norte, S=Sur) del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.



**Figura 1.6** Distribución diamétrica de árboles en dos tipos de dosel (A= abierto, C=cerrado) del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.

Las especies arbóreas con valores estructurales más altos fueron las mismas para ambos índices (IVI e IVF). Las cinco especies que destacaron fueron: *Lippia myriocephala* Schltdl. y Cham, *C. tropicalis*, *M. coriácea*, *L. styraciflua*, y *T. micrantha* (**Cuadro 1.3**).

**Cuadro 1.3** Índice de Valor de Importancia (IVI) e Índice de Valor Forestal (IVF) de la vegetación arbórea con DN $\geq$ 10 cm del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz. En negritas se indican las especies que fueron hospederas de muérdagos.

Orden	Familia	Especie	IVI	IVF
Lamiales	Verbenaceae	<b><i>Lippia myriocephala</i> Schltld. y Cham.</b>	<b>17.2</b>	<b>16.9</b>
Fagales	Betulaceae	<b><i>Carpinus tropicalis</i> (Donn. Sm.) Lundell</b>	<b>12</b>	<b>12.3</b>
Ericales	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. y Schult.	11.27	10.74
Saxifragales	Altingiaceae	<b><i>Liquidambar styraciflua</i> L.</b>	<b>9.14</b>	<b>9.69</b>
Rosales	Cannabaceae	<b><i>Trema micrantha</i> (L.) Blume</b>	<b>8.24</b>	<b>9.63</b>
Ericales	Clethraceae	<b><i>Clethra mexicana</i> DC.</b>	<b>7.95</b>	<b>7.63</b>
Fagales	Fagaceae	<b><i>Quercus xalapensis</i> Bonpl.</b>	<b>5.78</b>	<b>5.88</b>
Fagales	Fagaceae	<i>Quercus germana</i> Schltld. y Cham.	4.404	4.624
Rosales	Rhamnaceae	<b><i>Rhamnus capreifolia</i> Schltld.</b>	<b>3.8</b>	<b>3.05</b>
Fabales	Fabaceae	<b><i>Leucaena diversifolia</i> (Schltld.) Benth.</b>	<b>3.41</b>	<b>3.68</b>
Fagales	Fagaceae	<i>Quercus salicifolia</i> Née	2.384	2.948
Fagales	Betulaceae	<b><i>Ostrya virginiana</i> (Mill.) K. Koch</b>	<b>2.11</b>	<b>1.82</b>
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes longipes</i> Müll. Arg.	1.751	1.725
Fagales	Fagaceae	<i>Quercus leiophylla</i> A. DC.	1.636	1.574
Lamiales	Verbenaceae	<i>Citharexylum mocinoi</i> D. Don	1.437	1.189
Fagales	Fagaceae	<b><i>Quercus corrugata</i> Hook.</b>	<b>1.01</b>	<b>0.98</b>
Fabales	Fabaceae	<i>Vachellia pennatula</i> (Schltld. y Cham.) Seigler y Ebinger	0.851	0.89
Lamiales	Lamiaceae	<i>Cornutia grandifolia</i> (Schltld. y Cham.) Schauer	0.78	0.699
Ericales	Primulaceae	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	0.778	0.628
Malvales	Malvaceae	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	0.644	0.531
Pinales	Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i> Brongn.	0.568	0.605
Asparagales	Asparagaceae	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker	0.357	0.173
Laurales	Lauraceae	<i>Ocotea effusa</i> (Meisn.) Hemsl.	0.292	0.274
Magnoliales	Magnoliaceae	<i>Magnolia schiedeana</i> Schltld.	0.253	0.2
Ericales	Styracaceae	<i>Styrax glabrescens</i> Benth.	0.238	0.228
Fagales	Fagaceae	<i>Quercus candicans</i> Née	0.221	0.155
Fabales	Fabaceae	<i>Erythrina macrophylla</i> DC.	0.214	0.118
Fagales	Fagaceae	<i>Quercus acutifolia</i> Née	0.199	0.189
Crossosomatales	Staphyleaceae	<i>Turpinia insignis</i> (Kunth) Tul.	0.169	0.181
Fagales	Betulaceae	<b><i>Alnus acuminata</i> Kunth</b>	<b>0.14</b>	<b>0.15</b>
Ericales	Clethraceae	<i>Clethra macrophylla</i> M. Martens y Galeotti	0.14	0.119
Rosales	Rosaceae	<i>Crataegus mexicana</i> DC.	0.129	0.084
Asterales	Asteraceae	<i>Telanthophora grandifolia</i> (Less.) H. Rob. y Brettell	0.128	0.078
Myrtales	Melastomataceae	<i>Conostegia arborea</i> Steud.	0.126	0.058
Chloranthales	Chloranthaceae	<i>Hedyosmum mexicanum</i> C. Cordem.	0.126	0.134
Fagales	Myricaceae	<i>Morella cerifera</i> (L.) Small	0.114	0.065
Ericales	Symplocaceae	<i>Symplocos limoncillo</i> Bonpl.	0.11	0.105
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>37</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Las especies más importantes fueron diferentes entre orientaciones del terreno; *C. tropicalis* tuvo los valores más elevados en la orientación C, *L. myriocephala* en las orientaciones E y S, y *L. styraciflua* en la N (**Cuadro 1.4**); mientras que en ambos tipos de dosel *L. myriocephala* tuvo los valores más altos de IVI; A (IVI=22.9%) y C (IVI=11.84%) y únicamente de IVF en el dosel A (IVF=22.9), ya que *C. tropicalis* tuvo un IVF más elevado en el dosel C (IVF=12.1). (**Cuadro 1.5**).

**Cuadro 1.4** Índice de Valor de Importancia (IVI) e Índice de Valor Forestal (IVF) de la vegetación arbórea con DN≥10 cm en cuatro orientaciones del terreno del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz. En negritas se indican las especies que fueron hospederas de muérdagos.

Orientación del terreno	Familia	Especie	IVI	IVF	Especies exclusivas
Cenital	Betulaceae	<b><i>Carpinus tropicalis</i> (Donn. Sm.) Lundell</b>	17.75	18.2	<i>Crataegus mexicana</i> DC., <i>Hedyosmum mexicanum</i> C. Cordem., <i>Symplocos limoncillo</i> Bonpl., <i>Turpinia insignis</i> (Kunth) Tul., <i>Yucca guatemalensis</i> Baker.
	Verbenaceae	<b><i>Lippia myriocephala</i> Schltl. &amp; Cham.</b>	14.64	15.9	
	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	11.62	10.5	
	Clethraceae	<b><i>Clethra mexicana</i> DC.</b>	9.352	9.4	
	Fagaceae	<b><i>Quercus xalapensis</i> Bonpl.</b>	7.745	7.84	
		16 especies restantes	38.88	38.2	
Este	Verbenaceae	<b><i>Lippia myriocephala</i> Schltl. &amp; Cham.</b>	25.36	25	<b><i>Alnus acuminata</i> Kunth, <i>Erythrina macrophylla</i> DC., <i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose, <i>Quercus candicans</i> Née.</b>
	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	15.61	14.6	
	Cannabaceae	<b><i>Trema micrantha</i> (L.) Blume</b>	12.16	15.5	
	Betulaceae	<b><i>Carpinus tropicalis</i> (Donn. Sm.) Lundell</b>	11.96	12.1	
	Altingiaceae	<b><i>Liquidambar styraciflua</i> L.</b>	8.14	8.28	
		11 especies restantes	26.77	24.4	
Norte	Altingiaceae	<b><i>Liquidambar styraciflua</i> L.</b>	18.37	20.2	<i>Ardisia compressa</i> Kunth, <i>Citharexylum mocinoi</i> D. Don, <i>Clethra macrophylla</i> M. Martens & Galeotti, <i>Conostegia arborea</i> Steud., <i>Magnolia schiedeana</i> Schltl., <i>Ocotea effusa</i> (Meisn.) Hemsl., <i>Quercus acutifolia</i> Née, <i>Telanthophora grandifolia</i> (Less.) H. Rob. & Brettell.
	Clethraceae	<b><i>Clethra mexicana</i> DC.</b>	11.71	11.3	
	Fagaceae	<i>Quercus germana</i> Schltl. & Cham.	9.23	10.3	
	Verbenaceae	<b><i>Lippia myriocephala</i> Schltl. &amp; Cham.</b>	8.872	8.54	
	Betulaceae	<b><i>Carpinus tropicalis</i> (Donn. Sm.) Lundell</b>	8.63	8.3	
		19 especies restantes	43.19	41.5	
Sur	Verbenaceae	<b><i>Lippia myriocephala</i> Schltl. &amp; Cham.</b>	21.11	19.4	<i>Morella cerifera</i> (L.) Small, <i>Styrax glabrescens</i> Benth.
	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	15.39	15.6	
	Cannabaceae	<b><i>Trema micrantha</i> (L.) Blume</b>	11.42	11.4	
	Betulaceae	<b><i>Carpinus tropicalis</i> (Donn. Sm.) Lundell</b>	10.04	11.2	
	Clethraceae	<b><i>Clethra mexicana</i> DC.</b>	9.445	8.79	
		11 especies restantes	32.59	33.5	

**Cuadro 1.5** Índice de Valor de Importancia (IVI) e Índice de Valor Forestal (IVF) de la vegetación arbórea con DN≥10 cm en dos tipos de dosel del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz. En negritas se indican las especies que fueron hospederas de muérdagos.

Tipo de dosel	Familia	Especie	IVI	IVF	Especies exclusivas
Abierto	Verbenaceae	<b><i>Lippia myriocephala</i> Schltld. &amp; Cham.</b>	22.9	22.9	<b><i>Alnus acuminata</i> Kunth,</b> <i>Crataegus mexicana</i> DC., <i>Hedyosmum mexicanum</i> C. Cordem., <i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose, <i>Morella cerifera</i> (L.) Small, <i>Pinus pseudostrobus</i> Brongn., <i>Vachellia pennatula</i> (Schltld. & Cham.) Seigler & Ebinger, <i>Yucca guatemalensis</i> Baker.
	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	14.36	14	
	Betulaceae	<b><i>Carpinus tropicalis</i> (Donn. Sm.) Lundell</b>	12.22	12.5	
	Clethraceae	<b><i>Clethra mexicana</i> DC.</b>	10.74	10.8	
	Altingiaceae	<b><i>Liquidambar styraciflua</i> L.</b>	9.233	9.27	
			17 especies restantes	30.55	
Cerrado	Verbenaceae	<b><i>Lippia myriocephala</i> Schltld. &amp; Cham.</b>	11.84	11.3	<i>Ardisia compressa</i> Kunth, <i>Citharexylum mocinoi</i> D. Don, <i>Clethra macrophylla</i> M. Martens & Galeotti, <i>Conostegia arborea</i> Steud., <i>Erythrina macrophylla</i> DC., <i>Gymnanthes longipes</i> Müll. Arg., <i>Magnolia schiedeana</i> Schltld., <i>Ocotea effusa</i> (Meisn.) Hemsl., <i>Quercus acutifolia</i> Née, <i>Quercus candicans</i> Née, <i>Quercus salicifolia</i> Née, <i>Styrax glabrescens</i> Benth., <i>Symplocos limoncillo</i> Bonpl., <i>Telanthophora grandifolia</i> (Less.) H. Rob. & Brettell, <i>Turpinia insignis</i> (Kunth) Tul.
	Betulaceae	<b><i>Carpinus tropicalis</i> (Donn. Sm.) Lundell</b>	11.72	12.1	
	Cannabaceae	<b><i>Trema micrantha</i> (L.) Blume</b>	9.738	11.2	
	Fagaceae	<b><i>Quercus xalapensis</i> Bonpl.</b>	9.404	9.65	
	Altingiaceae	<b><i>Liquidambar styraciflua</i> L.</b>	9.051	10.1	
			24 especies restantes	48.24	



## 1.7 DISCUSIÓN

La composición de especies arbóreas en la ANP La Martinica es semejante a la que consignan Williams-Linera, (2002); Muñiz-Castro *et al.*, (2006); García-Franco *et al.*, (2008); Ruiz-Montiel *et al.*, (2014) en otros fragmentos de bosques húmedos de montaña de la región. La riqueza de especies que nosotros encontramos fue mayor (37 especies) a la que señalan García-de la Cruz *et al.*, (2013) (14 especies) y a las registradas por Williams-Linera *et al.*, (2005) que van de tres a 23 especies en bosque y de nueve a 31 en acahual maduro. Esto posiblemente es debido a que el área estudiada se encuentra mejor conservada, en razón a su estatus de reserva ecológica, sin embargo fue menor a las 58 especies que registraron Ruiz-Montiel *et al.*, (2014) y a las registradas en los bosques estudiados por Williams-Linera y López-Gómez, (2008) que llegan a tener más de 50 especies, una posible explicación es que en nuestro muestreo no se incluyeron árboles con DN <10 cm y por ello se excluyeron especies de repoblación, además de la eventual diferencia del muestreo.

Las pendientes con orientación Sur en el hemisferio Norte reciben mayor radiación solar y, por consiguiente, son más secas y cálidas que las orientadas al Norte, que tienden a ser más húmedas (Holland y Steyn, 1975; Mata-González *et al.*, 2002; Renaud *et al.*, 2011). En este estudio la riqueza de especies no varió de forma significativa entre orientaciones del terreno, sin embargo, Bale *et al.*, (1998) han encontrado mayor riqueza de especies en la orientación polar (S) en comparación con la ecuatorial (N) en bosques australianos. La alta diversidad de especies arbóreas observada en la orientación Norte coincide con lo observado por Åström *et al.*, (2007); Gong *et al.*, (2008) en el hemisferio Norte que indican que la diversidad es mayor en pendientes orientadas al Norte debido a que la disponibilidad de agua es determinante para la sobrevivencia de las especies vegetales, aunque también una mayor diversidad puede indicar que se trata de una etapa serial más avanzada que la del resto de las orientaciones, lo cual se ve apoyado por el valor alto de repartición de especies que se observó en esta orientación (Odum, 1969).

La diversidad de especies arbóreas también difirió entre tipos de dosel. Fue mayor en el dosel más compacto, lo cual puede estar relacionado con una etapa sucesional más

madura (Odum, 1969), y coincide con lo registrado por Canham *et al.*, (1994); Guariguata y Ostertag, (2001, 2002) respecto a diferencias en la penetración de luz en las copas de árboles de diferentes etapas seriales. Las especies relacionadas con etapas seriales tardías son tolerantes a la sombra y restringen más el paso de la luz a través de sus doseles en comparación con especies de etapas seriales tempranas que permiten una mayor penetración de la luz.

El área basal y la densidad son similares a los bosques estudiados por Williams-Linera y López-Gómez, (2008), aunque el intervalo de árboles muestreados por estas autoras fue mayor al nuestro al considerar individuos con  $DN \geq 5\text{cm}$ . El DN promedio de los individuos (17.8 cm) fue más bajo que el reportado por García-de la Cruz *et al.*, (2013) que fue de 23.5 cm, lo cual nos indica que se trata de un bosque secundario joven. El hecho de que no se hayan encontrado árboles mayores a 1 m de DN coincide con lo informado por Williams-Linera, (2007), puesto que los árboles considerados como gigantes en Veracruz son escasos y se encuentran en bosques localizados a mayores altitudes y alejados de las grandes poblaciones humanas.

Si bien en la orientación Norte no encontramos una mayor densidad de individuos como la observada por Måren *et al.*, (2015), si se encontraron individuos con mayor área basal lo cual coincide con lo mencionado por Sharma *et al.*, (2010) en bosques templados y se relaciona con estudios que encuentran una mayor cantidad de biomasa en esta orientación (Sternberg y Shoshany, 2001; Gong *et al.*, 2008).

La segunda especie con un valor de importancia alto en el área estudiada fue *C. tropicalis*, lo cual coincide con el análisis de Ruiz-Jiménez *et al.*, (2012), quienes afirman que para los bosques húmedos de montaña del Golfo de México es común que *C. tropicalis* sea una de las especies dominantes. A su vez, varias de las demás especies que tienen valores de importancia altos coinciden con las observadas por Williams-Linera, (2002); García-de la Cruz *et al.*, (2013) quienes identifican a *C. mexicana*, *L. styraciflua*, *Q. germana* y *Q. xalapensis* como especies dominantes de los bosques húmedos de montaña de la región central de Veracruz. Sin embargo, en nuestro estudio *L. myriocephala* tiene los valores estructurales más altos, lo que nos indica que se trata de un bosque secundario que ha estado sujeto a disturbios (González-Zamora *et al.*,

2016), en particular en las orientaciones Este y Sur es donde domina dicha especie. En cambio, las orientaciones Norte y Cenital pueden estar mejor conservadas debido a que las especies dominantes *L. styraciflua* y *C. tropicalis* se asocian a etapas seriales tardías (Rzedowski, 2006).

Sin embargo, no es claro por qué en un ecosistema con una alta disponibilidad de agua como el bosque húmedo de montaña se ven favorecidas las orientaciones N; esto en parte puede estar influido por las prácticas de gestión de las áreas circundantes a “La Martinica” que se dedican al aprovechamiento pecuario y urbanización (SEDESMA, 2006). Aunado a las perturbaciones a las que se encuentra sometida el área debido a la falta de vigilancia, tales como la extracción de especies vegetales y animales que ocurren de forma ilegal en la reserva (Obs. personales), que en conjunto pueden influir en la composición, estructura y diversidad entre las orientaciones del terreno por un efecto de borde (Williams-Linera, 1993; Harper *et al.*, 2005).

Los patrones observados en la orientación Norte podrían relacionarse con la resiliencia que ha sido observada en esta exposición del terreno después de un disturbio, ya que tienden a conservar más especies en comparación con las orientaciones Sur, lo cual facilita la repoblación de las comunidades (Åström *et al.*, 2007), y esto concuerda con observaciones que indican que las especies arbóreas más raras del bosque húmedo de montaña de Veracruz se encuentren restringidas a altitudes elevadas y en pendientes con orientación Norte (Williams-Linera, 2007).

## 1.8 CONCLUSIONES

Las orientaciones Sur y Cenital tuvieron la mayor semejanza florística. En la orientación Norte se observaron los individuos con mayor área basal y los valores más altos de diversidad arbórea, a su vez en los doseles cerrados la diversidad de especies fue mayor en comparación con los abiertos.

Las especies arbóreas con mayores valores estructurales en el área natural protegida “La Martinica” fueron: *C. tropicalis* y *M. coriacea* en la orientación Cenital, *L. myriocephala* y *M. coriacea* en las orientaciones Este y Sur, *L. styraciflua* y *Clethra mexicana* en la Norte; y para doseles abiertos *L. myriocephala* y *M. coriacea*; mientras que en doseles cerrados lo fueron *L. myriocephala* y *C. tropicalis*. La mayoría de los individuos tienen un diámetro normal entre 10 y 20 cm.

Los patrones observados en la estructura y diversidad de especies pueden estar relacionados con la mayor disponibilidad de agua que hay en las pendientes orientadas al Norte y los doseles más compactos que les confiere una mayor resiliencia ante los disturbios a los que se encuentra expuesto el remanente de bosque estudiado.

## 1.9 LITERATURA CITADA

- Anderson, T.W. y D.A. Darling. 1954. A test of goodness of fit. *Journal of American Statistical Association* 49: 765-769. DOI: <https://doi.org/10.2307/2281537>
- APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the order and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181:1-20. DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/boj.12385>
- Åström, M., M. Dynesius, K. Hylander y C. Nilsson. 2007. Slope aspect modifies community responses to clear-cutting in boreal forests. *Ecology* 88: 749-758. DOI: <https://doi.org/10.1890/06-0613>
- Bale, C. L., J. B. Williams y J. L. Charley. 1998. The impact of aspect on forest structure and floristics in some Eastern Australian sites. *Forest Ecology and Management* 110: 363-377. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00300-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00300-4)
- Barcena, A. 1981. Clethraceae. In Gómez-Pompa A. y V. Sosa (eds.) *Flora de Veracruz* 15. INECOL. Xalapa, México. 19 pp.
- Canham, C.D., A.C. Finzi, S.W. Pacala y D.H. Burbank. 1994. Causes and consequences of resource heterogeneity in forests: interspecific variation in light transmission by canopy trees. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 337-349. DOI: <https://doi.org/10.1139/x94-046>
- Carreón-Santos, R.J. y J.I. Valdez-Hernández. 2014. Estructura y diversidad arbórea de vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 20: 119-130. DOI: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.06.023>
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. *Capital natural de México* 1, Pp. 87-108.
- Colwell, R.K., C.X. Mao y J. Chang. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85: 2717-2727. DOI: <https://doi.org/10.1890/03-0557>

- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) Y Colegio de Postgraduados (COLPOS). 2014. *Foresta Mexicana*, CONAFOR. México. 359 pp.
- Corella-Justavino F., J.I. Valdez-Hernández, V.M. Cetina-Alcalá, F.V. González-Cossio, A. Trinidad-Santos y J.R. Aguirre-Rivera. 2001. Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Ciencia Forestal en México* 26: 73-102.
- Curtis, J.T. y R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496. DOI: <https://doi.org/10.2307/1931725>
- Endara-Agramont, A.R., S.F. Maass, G.N. Bernal, J.I. Valdez-Hernández y T.S. Fredericksen. 2012. Effect of human disturbance on the structure and regeneration of forests in the Nevado de Toluca National Park, Mexico. *Journal of Forestry Research* 23: 39-44. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11676-012-0116-0>
- Fernández-Nava, R. 1986. Rhamnaceae. In Gómez-Pompa A. y L. Cabrera-Rodríguez (eds.). *Flora de Veracruz* 50. INECOL. Xalapa, México. 66 pp.
- Ferrari, D.M., O.R. Pozzolo y H.J. Ferrari. 2006. CobCal v 1.0. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Uruguay. <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/varios/DesarrolloSoftEstimacionCoberturaVegetal.asp> (consultado noviembre 2017).
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema climático de Köppen para la República Mexicana. Instituto de Geografía-UNAM. México. 90 pp.
- 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.03.025>
- García-Franco, J.G., G. Castillo-Campos, K. Mehlreter, M.L. Martínez y G. Vázquez. 2008. Estructura y composición de un bosque mesófilo del centro de Veracruz, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 83: 37-52.

- Gong, X., H. Brueck, K.M. Giese, L. Zhang, B. Sattelmacher y S. Lin. 2008. Slope aspect has effects on productivity and species composition of hilly grassland in the Xilin River Basin, Inner Mongolia, China. *Journal of Arid Environments* 72: 483-493. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.07.001>
- González-Medrano, F. 1996. Some aspects of the evolution of the vegetation of Mexico. *Botanical Sciences*. 129-136. DOI: <http://dx.doi.org/10.17129/botsci.1493>
- González-Zamora, A., M. Esperón-Rodríguez y V.L. Barradas. 2016. Mountain cloud forest and grown-shade coffee plantations: A comparison of tree biodiversity in central Veracruz, Mexico. *Forest Systems* 25: 11 pp. DOI: <https://doi.org/10.5424/fs/2016251-07538>
- Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa. (comps.). 2014. *Bosques mesófilos de montaña en México: diversidad, ecología y manejo*. CONABIO. México, D. F., México. 351 pp.
- Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa. 2017. Los bosques mesófilos de montaña de México. *Agroproductividad* 10: 3-9.
- Guariguata, M. R. y R. Ostertag, 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, 148:185-206. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00535-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00535-1)
- Guariguata, M. R. y Ostertag, R. 2002. Sucesión secundaria. In: Guariguata M.R. y G.H. Kattan (eds.). *Ecología de bosques neotropicales*. Editorial Tecnológica, Cartago, Costa Rica. Pp. 591-623.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper y P.D. Ryan. 2001. Paleontological statistics software: package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 9 pp.
- Harper, K. A., S. E. Macdonald, P. J. Burton, J. Chen, K. D. Brososke, S. C. Saunders, E.S. Euskirchen, D. Roberts, M. S. Jaitehand y P. A. Esseen, (2005). Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation biology*, 19: 768-782. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00045.x>

- Harper, D.A.T. (ed.). 1999. Numerical palaeobiology: computer-based modelling and analysis of fossils and their distributions. Wiley. 468 pp.
- Herrera-Beltrán, F. 2010. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida en la categoría de Reserva Ecológica La Martinica, Localizada en el Municipio de Banderilla, Veracruz. Editora del Gobierno del Estado de Veracruz. Tomo CLXXXI.
- Holland, P.G. y D.G. Steyn. 1975. Vegetational responses to latitudinal variations in slope angle and aspect. *Journal of Biogeography* 2: 179-183. <https://doi.org/10.2307/3037989>
- Hutcheson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal of Theoretical Biology* 29: 151-154. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(70\)90124-4](https://doi.org/10.1016/0022-5193(70)90124-4)
- Kruskal, W. H. 1952. A nonparametric test for the several sample problem. *The Annals of Mathematical Statistics* 23: 525-540.
- Lê, S., J. Josse y F. Husson. 2008. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software* 25: 1-18. DOI: <http://hdl.handle.net/10.18637/jss.v025.i01>
- Ludlow-Wiechers, B. 1978. Chloranthaceae. In Gómez-Pompa A. y V. Sosa (eds.) *Flora de Veracruz* 3. INECOL. Xalapa, México. 10 pp.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing. Oxford, UK. 248 pp.
- Magurran, A. E., y B. J. McGill. (Eds.). 2011. *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press. UK. 337 pp.
- Manson, R.H. 2017. El papel del bosque mesófilo de montaña en los programas “pagos por servicios ambientales hidrológicos” en México. *Agroproductividad* 10: 44-49.
- Måren, I.E., S. Karki, C. Prajapati, R.K. Yadav y B.B. Shrestha. 2015. Facing north or south: Does slope aspect impact forest stand characteristics and soil properties



- in a semiarid trans-Himalayan valley? *Journal of Arid Environments* 121: 112-123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.06.004>
- Mata-González, R., R.D. Pieper y M.M. Cárdenas. 2002. Vegetation patterns as affected by aspect and elevation in small desert mountains. *The Southwestern Naturalist* 47: 440-448. DOI: <https://doi.org/10.2307/3672501>
- McKight, P. E. y J. Najab. 2010. Kruskal-wallis test. In Weiner I. B. y W. E. Craighed (Eds.). *The corsini encyclopedia of psychology*. 904 pp.
- Minitab 18 Statistical Software. 2017. [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. ([www.minitab.com](http://www.minitab.com))
- Muñiz-Castro, M.A., G. Williams-Linera y J.M.R. Benayas. 2006. Distance effect from cloud forest fragments on plant community structure in abandoned pastures in Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 22: 431-440. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467406003221>
- Nash, D. L. y M. Nee. 1984. Verbenaceae. In Gómez-Pompa A. y N. P. Moreno (eds.). *Flora de Veracruz* 41. INECOL. Xalapa, México. Pp.1-104
- Nee, M. 1981. Betulaceae. In Gómez-Pompa A. y V. Sosa (eds.). *Flora de Veracruz* 20. INECOL. Xalapa, México. 23 pp.
- Odum, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science* 164: 262-270.
- Ortega-Baranda, V., J.I. Valdez-Hernández, E. García-Moya y D.A. Rodríguez-Trejo. 2017. Structure and diversity of tree vegetation in three reliefs on the Oaxaca coast. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 23: 173-184. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa>
- Pacheco, L. 1983. Styrcaceae. In Gómez-Pompa, A. y V. Sosa (eds.). *Flora de Veracruz* 20. INECOL. Xalapa, México. 23 pp.
- Renaud, V., J.L. Innes, M. Dobbertin y M. Rebetez. 2011. Comparison between open-site and below-canopy climatic conditions in Switzerland for different types of forests over 10 years (1998- 2007). *Theoretical and Applied Climatology* 105: 119-127. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-010-0361-0>

- Romesburg H. C. 2004. Cluster analysis for researchers. Lulu Press. North Carolina, USA. 330 pp.
- Ruiz-Jiménez, C.A., O. Téllez-Valdés y I. Luna-Vega. 2012. Clasificación de los bosques mesófilos de montaña de México: afinidades de la flora. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 1110-1144. DOI: <http://dx.doi.org/10.7550/rmb.29383>
- Ruiz-Montiel, C., V. Vázquez-Torres, M. de J. Martínez-Hernandez, L. Murrieta-Pérez y M.S. Perea-Hernández. 2014. Árboles y arbustos registrados en el Parque Ecológico Molino de San Roque, Municipio de Xalapa, Veracruz. *Madera y Bosques* 20: 143-152. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2014.202170>
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, CONABIO, México 504 pp.
- Sánchez-Gutiérrez, F., A. Valenzuela-Gómez, J.I. Valdez-Hernández y C.A. González-González. 2017. Estructura y diversidad de especies arbóreas en el sitio arqueológico “El Mirador”, Selva Lacandona, Chiapas. *Polibotánica*. 79-94. DOI: <http://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.44.6>
- SEDESMA. 2006. Programa de manejo del área natural “La Martinica,” Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente de Veracruz. 136 pp.
- Sharma, C. M., N. P. Baduni, S. Gairola, S. K. Ghildiyal y S. Suyal. 2010. Effects of slope aspects on forest compositions, community structures and soil properties in natural temperate forests of Garhwal Himalaya. *Journal of Forestry Research* 21: 331-337. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-010-0079-y>
- Šmelko, Š. y J. Merganič, 2008. Some methodological aspects of the National Forest Inventory and Monitoring in Slovakia. *Journal of Forest Science* 54: 476-483.
- Sternberg, M. y M. Shoshany. 2001. Influence of slope aspect on Mediterranean woody formations: comparison of a semiarid and an arid site in Israel. *Ecological Research* 16: 335-345. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1440-1703.2001.00393.x>
- Stevens, P. F. (2001 onwards). Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017 <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> (consultado junio 2018).

- TROPICOS. 2018. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org> (consultado junio 2018)
- Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá Colombia. 236 pp.
- Villaseñor, J.L. 2010. El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares. Catálogo florístico-taxonómico. CONABIO-UNAM. México, DF., México. 40 pp.
- Williams-Linera, G. 1993. Vegetación de bordes de un bosque nublado en el Parque Ecológico Clavijero, Xalapa, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* 41: 443-453.
- Williams-Linera, G., A.M. López-Gómez y M.A. Muñoz-Castro. 2005. Complementariedad y patrones de anidamiento de especies de árboles en el paisaje de bosque de niebla del centro de Veracruz (México)., In: Halffter G., J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.). *Sobre Diversidad Biológica: El Significado de Las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. CONABIO-SEA-CONACyT. Zaragoza, España. Pp. 153-164.
- Williams-Linera, G., R.H. Manson y E.I. Vera. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques* 8: 73-89. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2002.811307>
- Williams-Linera, G. 2002. Tree species richness complementarity, disturbance and fragmentation in a Mexican tropical montane cloud forest. *Biodiversity & Conservation* 11: 1825-1843. DOI: <https://doi.org/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. CONABIO-INECOL. Xalapa, Veracruz, México. 208 pp.

- Williams-Linera, G. y A. López-Gómez, 2008. Estructura y diversidad de la vegetación leñosa. In: Manson R. H., V. Hernández-Ortíz, S. Gallina y K. Mehlreter (eds.) Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. INECOL-SEMARNAT. México, DF., México. Pp. 55-68.
- Yazici, B. y S. Yolacan. 2007. A comparison of various tests of normality. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 77: 175-183.

## **CAPITULO II. ATRIBUTOS ESTRUCTURALES Y DISPERSION ESPACIAL DE LOS HOSPEDEROS DE MUÉRDAGOS EN UN BOSQUE HÚMEDO DE MONTAÑA.**

### **2.2 RESUMEN**

Las plantas leñosas y en particular los árboles son los hospederos más comunes de muérdagos y el hábitat donde se desarrollan los árboles influye en la forma en que se distribuyen estas hemiparásitas. El objetivo de este estudio fue analizar el patrón de dispersión espacial de los hospederos de muérdagos en un bosque húmedo de montaña del centro de Veracruz. En el Área Natural Protegida La Martinica, se seleccionaron 25 unidades de muestreo de 500 m<sup>2</sup>, divididas en subunidades de 50 m<sup>2</sup> en las cuales se identificaron los individuos hospederos de muérdagos y se registró su frecuencia. Se analizó la asociación entre el porcentaje de cobertura de muérdagos y el diámetro normal de los hospederos, y se comparó la densidad de hospederos entre orientaciones del terreno y dos tipos de dosel, su patrón de dispersión espacial se calculó mediante el índice de Morisita estandarizado. La cobertura de muérdagos se asoció de forma positiva con el diámetro normal de los hospederos, su densidad fue mayor en la orientación Este y no varió de forma significativa entre tipos de dosel, los hospederos tendieron a presentar un patrón de dispersión espacial agregado. La asociación positiva entre el diámetro normal del hospedero y el porcentaje de cobertura de muérdagos en La Martinica coincide con patrones que han sido observados en otros ecosistemas. La densidad de hospederos varía entre orientaciones del terreno al igual que la dispersión espacial, aunque, en general tendieron a presentar un patrón de dispersión espacial agrupado.

**Palabras clave:** Densidad de hospederos, Índice de Morisita estandarizado, relación muérdago-hospedero.

## 2.3 ABSTRACT

Woody plants and mainly trees are the most common mistletoe hosts and the habitat where the trees develop influences the way these hemiparasitic plants are distributed. The aim of this study was to analyze the spatial dispersion pattern of mistletoe host in a humid mountain forest in central Veracruz. In the La Martinica protected natural area, 25 sampling units of 500 m<sup>2</sup> were selected, divided into subunits of 50 m<sup>2</sup> where the mistletoe host individuals were identified and their frequency was recorded. The association between the percentage of mistletoe covering and the diameter at breast height of the hosts was analyzed, the density of hosts between slope aspects and two canopy types was compared, to determine its spatial dispersion pattern, the standardized Morisita index was calculated. The covering of mistletoe was positively associated with the diameter at breast height of the hosts, its density was higher in the East orientation and did not vary significantly between canopy types, the hosts tended to present an aggregate spatial dispersion pattern. The positive association between the diameter at breast height of the host and the percentage of mistletoe covering in La Martinica coincides with patterns observed in other ecosystems. Host density varies between slope aspects as well as spatial dispersion although, in general they tended to present a grouped spatial dispersion pattern.

**Keywords:** Host density, standardized Morisita Index, mistletoe-host relationship.

## 2.4 INTRODUCCIÓN

Los muérdagos no se distribuyen al azar, utilizan sólo ciertas especies como hospederos y pueden presentar preferencias por una especie o género en particular (Rahmad *et al.*, 2014; Okubamichael *et al.*, 2016). El intervalo de hospederos es el grado de especificidad de un muérdago y se define como el número de especies de hospederos conocidos de una especie de muérdago. En áreas con una alta riqueza de hospederos potenciales, la probabilidad de que las semillas del muérdago sean dispersadas de manera consistente hacia una especie particular es reducida, ofreciendo una ventaja selectiva al ser generalista en el uso de hospederos, por el contrario en áreas con menos hospederos potenciales las semillas del muérdago encuentran a especies particulares con mayor regularidad, lo que favorece la especialización en un hospedero particular (Kavanagh y Burns, 2012).

Las plantas parásitas sobreviven mejor en hospederos que tienen un mayor acceso al agua debido a que experimentan menor estrés hídrico (Watson, 2008). Los hospederos de muérdagos hemiparásitos se desarrollan de manera distinta según la disponibilidad de recursos en su ambiente, cuando crecen en lugares húmedos y ricos en nutrientes se desarrollan mucho y pueden sombrear al muérdago. Sin embargo, si se desarrollan en lugares más secos e infértiles crecen más lentamente, y el muérdago puede prosperar (Glatzel y Geils, 2008). Además, se ha identificado una correlación positiva entre el número de plantas parasitadas por muérdagos y la disponibilidad de luz (Taylor y Burns, 2016). Cuando los doseles son más abiertos o cuando la densidad de árboles es baja, tienden a ser abundantes y dispersarse más (Roura-Pascual *et al.*, 2012; Hawksworth, 1961).

Los hospederos con mayor densidad y tamaño, por lo general, son en los que es más notable la abundancia de muérdagos (Roxburgh y Nicolson, 2005; Clark-Tapia *et al.*, 2011; Díaz-Limón *et al.*, 2016), en particular de muérdagos adultos (Magrath *et al.*, 2015) y la distribución en el árbol se relaciona con la forma de su copa (Rahmad *et al.*, 2014). Se ha observado que los muérdagos tienden a concentrarse en la parte media y baja del dosel de los árboles, patrón que se atribuye a las preferencias de sus dispersores de semillas (Sayad *et al.*, 2017)., además el tamaño de las ramas del

hospedero determina la persistencia de las semillas y el establecimiento de las plántulas de muérdagos. Las ramas muy pequeñas no son las adecuadas debido a que mueren con más frecuencia, al igual que las de mayor tamaño que no permiten que las semillas germinadas penetren debido al grosor de su corteza (Sargent, 1995; Norton y Landley, 1998).

Los muérdagos tienden a presentar un patrón de distribución espacial agregado (Aukema, 2004; Mellado y Zamora, 2016; Sayad *et al.*, 2017), debido al comportamiento de sus dispersores que se ven atraídos por el recurso que los muérdagos les ofrecen y permanecen sobre los árboles parasitados por periodos de tiempo largos (Roxburgh y Nicolson, 2005), lo que origina una dispersión por contagio al depositar las semillas muy cerca de los muérdagos adultos, lo que produce centros de infección en los hospederos originales o en conoespecíficos adyacentes (Aukema y Martínez del Rio, 2002ab; Watson y Rawsthorne, 2013).

Los objetivos de este trabajo fueron analizar el patrón de dispersión espacial y algunos atributos estructurales de los hospederos de muérdagos entre orientaciones del terreno y dos tipos de dosel, en un bosque húmedo de montaña del centro de Veracruz, con la finalidad de contribuir a la generación de conocimiento del uso que hacen los muérdagos de los hospederos que crecen en este ecosistema.



## 2.5 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.5.1 Área de estudio

[\(Ver 1.5.1\)](#)

### 2.5.2 Muestreo y Análisis

En cada SUM ([ver 1.5.2](#)) se identificaron los individuos que fueron hospederos de muérdagos y se registró su frecuencia, diámetro normal (DN) y porcentaje de cobertura de muérdagos.

Se realizó el cálculo del coeficiente de correlación de Spearman (Spearman, 1910, Mukaka, 2012) para determinar si existe una asociación entre el DN de los hospederos y el porcentaje de cobertura de muérdagos, previamente se evaluó la normalidad de las variables mediante el estadístico de Anderson-Darling (Anderson y Darling, 1954; Yazici y Yolacan, 2007) en el programa estadístico Minitab 18 Statistical Software, 2017.

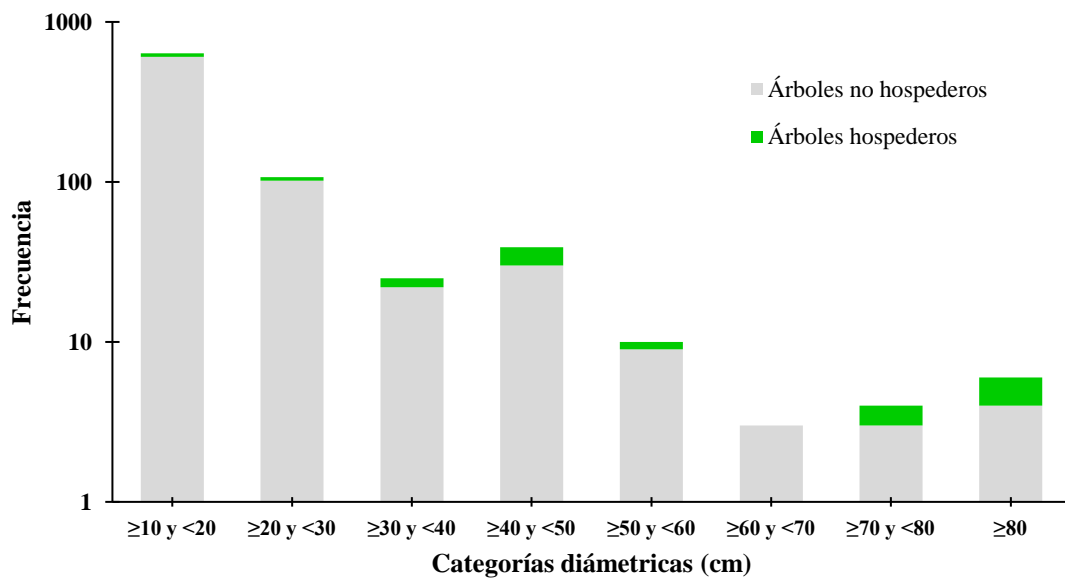
Se estimó la densidad por  $\text{ha}^{-1}$  de hospederos (Šmelko y Merganič, 2008); para determinar el efecto de la orientación y tipos de dosel sobre la densidad de árboles hospederos se aplicó la prueba de varianza y comparaciones múltiples de Kruskal Wallis (Kruskal, 1952; Mckight y Najab, 2010), previa evaluación de la normalidad de las variables mediante el estadístico de Anderson-Darling (Anderson y Darling, 1954; Yazici y Yolacan, 2007) con el programa estadístico Minitab 18 Statistical Software, 2017.

El patrón de dispersión espacial se estimó con el índice de Morisita estandarizado (MIS) (Morisita, 1959; Smith-Gill, 1975) que oscila entre -1 y 1, donde:  $\text{MIS}=0$  indica un patrón aleatorio,  $\text{MIS}>0$  un patrón agrupado y  $\text{MIS}<0$  un patrón híperdisperso, el índice se estimó con el programa PAST 3.20 (Hammer *et al.*, 2001).

## 2.6 RESULTADOS

Un total de 11 especies en las que se distribuyeron 51 árboles hospederos fueron registradas, en orden descendente según su proporción fueron: *Liquidambar styraciflua* L., *Lippia myriocephala* Schltl. & Cham., *Leucaena diversifolia* (Schltl.) Benth., *Rhamnus capreifolia* Schltl., *Quercus xalapensis* Bonpl., *Carpinus tropicalis* (Donn. Sm.) Lundell, *Trema micrantha* (L.) Blume, *Alnus acuminata* Kunth, *Clethra mexicana* DC., *Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch y *Quercus corrugata* Hook. Estas especies, en conjunto, concentran un 70.68 % del IVI y un 71.68 % del IVF ([Ver 1.6](#)).

Todas las categorías diámétricas de los hospederos a excepción de la categoría  $\geq 60$  y  $< 70$  cm tuvieron árboles hospederos de muérdagos, se advierte que la frecuencia de individuos hospederos fue mayor en las últimas dos categorías (**Figura 2.1**). A su vez se encontró una asociación positiva entre el DN de los hospederos y el porcentaje de cobertura de muérdagos ( $\rho=0.41$ ,  $P=0.003$ ).



**Figura 2.1** Distribución diamétrica de árboles hospederos y no hospederos de muérdagos en el ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.

La densidad de hospederos fue significativamente mayor en la orientación E ( $H=11.76$ ,  $P=0.008$ ) ( $103 \text{ ind. ha}^{-1}$ ), seguida por la C ( $40 \text{ ind. ha}^{-1}$ ), en comparación con las orientaciones N ( $26 \text{ ind. ha}^{-1}$ ) y S ( $3 \text{ ind. ha}^{-1}$ ) que tuvieron las densidades más bajas.

Sin embargo, entre doseles A (58 ind. ha<sup>-1</sup>) y C (28 ind. ha<sup>-1</sup>), no se observaron diferencias significativas (H=24, P=0.462).

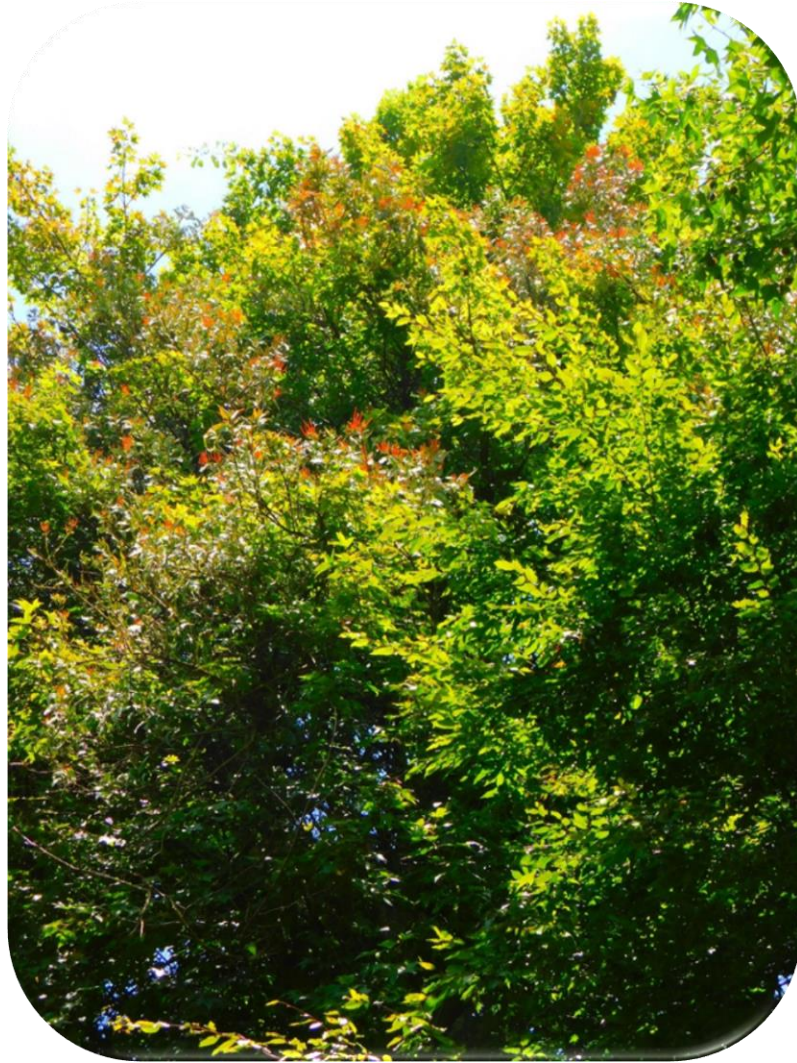
Los hospederos de muérdagos presentaron un patrón de dispersión espacial agrupado en las orientaciones E (MIS=0.37) y N (MIS=0.52), en contraste tendió hacia el patrón aleatorio en la C (MIS=0.019) la baja frecuencia de hospederos en la orientación Sur no permitió estimar el índice. En relación con los tipos de dosel, se observó un patrón agrupado en el dosel A (MIS=0.5) mientras que para el dosel C fue híperdisperso (MIS=-0.25).

## 2.7 DISCUSIÓN

La asociación positiva entre el diámetro normal de los hospederos y la cobertura de muérdagos coincide con otros estudios (Reid y Smith, 2000; Rahmad *et al.*, 2014; Matula *et al.*, 2015), que relacionan la abundancia con la acumulación de muérdagos a lo largo de la vida de los hospederos (Lei, 1999; Aukema y Martínez del Rio, 2002b; Magrach *et al.*, 2015). Así mismo, se observó una mayor proporción de hospederos entre los árboles con diámetros más grandes lo cual coincide con lo observado por Clark-Tapia *et al.*, (2011) y Matula *et al.*, (2015), tales patrones se atribuyen a muérdagos que tienen como dispersores a las aves, a las cuales se les adjudica la preferencia por árboles de mayor talla para perchar (Roxburgh y Nicolson, 2005; Sayad *et al.*, 2017). Sin embargo, también es probable que dicho patrón pueda deberse a que los hospederos más grandes son una fuente más segura de agua para el establecimiento, crecimiento y desarrollo de los muérdagos (Norton *et al.*, 1997).

La mayor densidad de árboles hospederos se observó en las orientaciones E y C, posiblemente se deba a la composición florística de dichas orientaciones donde hay una mayor frecuencia de las especies que los muérdagos ocupan como hospederos, aunque podría relacionarse también a los disturbios a los que se encuentran sometidas estas orientaciones, debido a su cercanía con los accesos principales al área natural protegida (Obs. personales), lo cual coincide con patrones que indican que en hábitats perturbados los muérdagos son más abundantes (Kelly *et al.*, 2000; Fontúrbel *et al.*, 2015).

Adicionalmente, se observó que las especies hospederas contienen cerca del 70% de los valores estructurales, lo cual sugiere que las especies dominantes tienen una mayor probabilidad de ser ocupadas por los vectores que dispersan las semillas de muérdagos y es probable que su vigor les haga hospederos idóneos para el establecimiento de éstas plantas. Se destaca que en la orientación Norte sólo se registró a *P. schiedeanus*, el cual ocupa localmente como hospedero preferencial a *L. styraciflua* (López-de Buen y Ornelas, 1999, 2001), especie que en dicha orientación tuvo los valores estructurales más altos (**Figura 2.2**).



**Figura 2.2** *Liquidambar styraciflua* usado como hospedero por *Psittacanthus schiedeanus*.

Otros estudios (Aukema, 2004; Medel *et al.*, 2004; Morales *et al.*, 2012) coinciden con lo que observamos en el propio, los hospederos de muérdagos tienen a presentar un patrón de dispersión horizontal agregado, la explicación de porqué se observa este patrón a menudo es la propensión que tienen los muérdagos a presentar una dispersión por contagio (Watson y Rawsthorne, 2013), que puede ser promovida por una densidad alta de muérdagos, que a su vez origina un circuito recurrente positivo en lugares donde existe una mayor remoción de frutos, los cuales son dispersados a distancias cortas porque los dispersores se mantienen cerca de la fuente de alimento (Roxburgh y Nicolson, 2005; Morales *et al.*, 2012; Watson y Rawsthorne, 2013).

La orientación Cenital presentó un patrón aleatorio que en parte podría estar relacionado con la disponibilidad de otras fuentes de alimento para los dispersores de semillas, lo cual podría limitar las tasas de visita a los muérdagos (Fontúrbel *et al.*, 2017) y alterar su dispersión espacial. Es probable que la composición y densidad de especies arbóreas pueda influir también, si los hospederos mayormente poblados por los muérdagos son menos frecuentes y se encuentran más espaciados entre sí. En contraste, en los doseles más compactos se observó un patrón híperdisperso que puede estar relacionado con la limitación en la disponibilidad de luz debida a la densidad del dosel (Valladares y Niinemets, 2008), puesto que se ha considerado que la intensidad de la luz puede afectar la germinación, establecimiento y crecimiento de los muérdagos (Norton *et al.*, 1997; Norton y Reid, 1997; Mellado y Zamora, 2014) y limitar de su dispersión (Hawksworth, 1961).

## **2.8 CONCLUSIONES**

La cobertura de muérdagos se correlaciona de forma positiva y consistente con el diámetro normal de los árboles hospederos. La densidad de hospederos fue mayor en la orientación Este y, en contraste las orientaciones Norte y Sur tuvieron las densidades más bajas, lo cual podría estar asociado a la perturbación antropogéna. Los hospederos de muérdagos en La Martinica mostraron una tendencia a presentar un patrón de dispersión espacial agregado tal y como se ha observado en otros ecosistemas. Sin embargo, dicho patrón varía entre orientaciones del terreno y tipos de dosel.

## 2.9 LITERATURA CITADA

- Anderson, T.W. y D.A. Darling. 1954. A test of goodness of fit. *Journal of American Statistical Association* 49: 765-769. DOI: <https://doi.org/10.2307/2281537>
- Aukema, J.E. y C. Martínez del Río. 2002. Mistletoes as parasites and seed-dispersing birds as disease vectors: current understanding, challenges, and opportunities. *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution, and conservation*. CABI International, Wallingford, UK. Pp. 99-110.
- Aukema, J.E. y C. Martínez del Río. 2002. Variation in mistletoe seed deposition: effects of intra-and interspecific host characteristics. *Ecography* 25: 139-144. DOI: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0587.2002.250202.x>
- Aukema, J.E. 2004. Distribution and dispersal of desert mistletoe is scale-dependent, hierarchically nested. *Ecography* 27: 137-144. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2004.03640.x>
- Clark-Tapia, R., B. Torres-Bautista, C. Alfonso-Corrado, J.I. Valdez-Hernández, G. González-Adame, J. Bretado-Velázquez y J. Campos-Contreras. 2011. Análisis de la abundancia e infección por muérdago en Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques* 17: 19-33.
- Díaz-Limón, M.P., Z. Cano-Santana y M.E. Queijeiro-Bolaños. 2016. Mistletoe infection in an urban forest in Mexico City. *Urban Forestry & Urban Greening* 17: 126-134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.04.004>
- Fontúrbel, F.E., P. Jordano y R. Medel. 2015. Scale-dependent responses of pollination and seed dispersal mutualisms in a habitat transformation scenario. *Journal of Ecology* 103: 1334-1343. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12443>
- Fontúrbel, F.E., D.A. Salazar y R. Medel. 2017. Why mistletoes are more aggregated in disturbed forests? The role of differential host mortality *Forest Ecology and Management* 394: 13-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.028>
- Glatzel, G. y B.W. Geils 2008. Mistletoe ecophysiology: host-parasite interactions. *Botany* 87: 10-15. DOI: <https://doi.org/10.1139/B08-096>



- Hammer, Ø., D.A.T. Harper y P.D. Ryan. 2001. Paleontological statistics software: package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 9 pp.
- Hawksworth, F.G. 1961. Dwarfmistletoe of ponderosa pine in the Southwest. US Dept. of Agriculture. Washington D.C., USA, 112 pp.
- Kavanagh, P.H. y K.C. Burns, 2012. Mistletoe macroecology: spatial patterns in species diversity and host use across Australia. *Biological Journal of the Linnean Society* 106: 459-468. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2012.01890.x>
- Kelly, D., J.J. Ladley, A.W. Robertson y D.A. Norton. 2000. Limited forest fragmentation improves reproduction in the declining New Zealand mistletoe *Peraxilla tetrapetala* (Loranthaceae). In: Young A. G. y G. Clarke (eds.) *Genetics, demography and viability of fragmented populations*. Cambridge University Press Pp. 241-252. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511623448>
- Kruskal, W. H. 1952. A nonparametric test for the several sample problem. *The Annals of Mathematical Statistics* 23: 525-540.
- López-de Buen, L. y J.F. Ornelas. 1999. Frugivorous birds, host selection and the mistletoe *Psittacanthus schiedeanus*, in central Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 15: 329-340.
- López-de Buen, L. y J.F. Ornelas. 2001. Seed Dispersal of the Mistletoe *Psittacanthus schiedeanus* by Birds in Central Veracruz, Mexico 1. *Biotropica* 33: 487-494. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2001.tb00202.x>
- Magrach, A., J. Rodríguez-Pérez, M. Piazzon y L. Santamaría. 2015. Divergent effects of forest edges on host distribution and seed disperser activity influence mistletoe distribution and recruitment. *Journal of Ecology* 103: 1475-1486. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12472>
- Matula, R., M. Svátek, M. Pálková, D. Volařík y T. Vrška, 2015. Mistletoe infection in an oak forest is influenced by competition and host size. *PloS one* 10: 10 pp. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127055>
- McKight, P. E. y J. Najab. 2010. Kruskal-wallis test. In Weiner I. B. y W. E. Craighed (Eds.). *The corsini encyclopedia of psychology*. 904 pp.

- Medel, R., E. Vergara, A. Silva y M. Kalin-Arroyo. 2004. Effects of vector behavior and host resistance on mistletoe aggregation. *Ecology* 85: 120-126. DOI: <https://doi.org/10.1890/03-0261>
- Mellado, A. y R. Zamora. 2016. Spatial heterogeneity of a parasitic plant drives the seed-dispersal pattern of a zoochorous plant community in a generalist dispersal system. *Functional Ecology* 30: 459-467. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12524>
- Minitab 18 Statistical Software. 2017. [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. ([www.minitab.com](http://www.minitab.com))
- Morales, J.M., M.D. Rivarola, G. Amico y T.A. Carlo. 2012. Neighborhood effects on seed dispersal by frugivores: testing theory with a mistletoe-marsupial system in Patagonia. *Ecology* 93: 741-748. DOI: <https://doi.org/10.1890/11-0935.1>
- Morisita, M. 1959. Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Memoirs of the Faculty of Science Kyushu University Series E* 2: 5-23.
- Mukaka, M. M. 2012. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal* 24: 69-71.
- Norton, D.A., J.J. Ladley y H.J. Owen. 1997. Distribution and population structure of the loranthaceous mistletoes *Alepis flavida*, *Peraxilla colensoi*, and *Peraxilla tetrapetala* within two New Zealand Nothofagus forests. *New Zealand Journal of Botany* 35: 323-336. DOI: <https://doi.org/10.1080/0028825X.1997.10410158>
- Norton, D. A., y Reid, N. 1997. Lessons in Ecosystem Management from Management of Threatened and Pest Loranthaceous Mistletoes in New Zealand and Australia. *Conservation biology*, 11: 759-769. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1997.95529.x>
- Norton, D. A. y J. J. Ladley. 1998. Establishment and early growth of *Alepis flavida* in relation to *Nothofagus solandri* branch size. *New Zealand Journal of Botany* 36: 213-217. DOI: <https://doi.org/10.1080/0028825X.1998.9512562>

- Okubamichael, D.Y., M.E. Griffiths y D. Ward. 2016. Host specificity in parasitic plants perspectives from mistletoes. *AoB Plants* 8. DOI: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plw069>
- Rahmad, Z.B., P.A. Fordjour, M. Asyrat y N.F.N. Rosely. 2014. Mistletoe abundance, distribution and their associations with trees along roadside in Penang, Malaysia. *Tropical Ecology* 55: 255-262.
- Reid, N. y M.S. Smith. 2000. Population dynamics of an arid zone mistletoe (*Amyema preissii*, Loranthaceae) and its host *Acacia victoriae* (Mimosaceae). *Australian Journal of Botany* 48: 45-58. DOI: <https://doi.org/10.1071/BT97076>
- Roura-Pascual, N., L. Brotons, D. García, R. Zamora, y de M. Càceres. 2012. Local and landscape-scale biotic correlates of mistletoe distribution in Mediterranean pine forests. *Forest systems* 21: 179-188. DOI: <http://dx.doi.org/10.5424/fs/2012212-02155>
- Roxburgh, L. y S.W. Nicolson. 2005. Patterns of host use in two African mistletoes: the importance of mistletoe-host compatibility and avian disperser behaviour. *Functional Ecology* 19: 865-873. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2005.01036.x>
- Sargent, S. 1995. Seed fate in a tropical mistletoe: the importance of host twig size. *Functional Ecology* 9: 197-204.
- Sayad, E., E. Boshkar y S. Gholami. 2017. Different role of host and habitat features in determining spatial distribution of mistletoe infection. *Forest Ecology and Management* 384: 323-330. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.11.012>
- Šmelko, Š. y J. Merganič, 2008. Some methodological aspects of the National Forest Inventory and Monitoring in Slovakia. *Journal of Forest Science* 54: 476-483.
- Smith-Gill, S.J. 1975. Cytophysiological basis of disruptive pigmentary patterns in the leopard frog *Rana pipiens*. II. Wild type and mutant cell-specific patterns. *Journal of Morphology* 146: 35-54. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmor.1051460103>
- Spearman, C. 1910. Correlation calculated from faulty data. *British Journal of Psychology* 3: 271-295. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1910.tb00206.x>

- Taylor, A. y K. Burns. 2016. Radial distributions of air plants: a comparison between epiphytes and mistletoes. *Ecology* 97: 819-825. DOI: <https://doi.org/10.1890/15-1322>
- Valladares, F. y Ü. Niinemets. 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39: 237-257. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173506>
- Watson, D.M. 2008. Determinants of parasitic plant distribution: the role of host quality. *Botany* 87: 16-21. DOI: <https://doi.org/10.1139/B08-105>
- Watson, D.M. y J. Rawsthorne. 2013. Mistletoe specialist frugivores: latterday 'Johnny Appleseeds' or self-serving market gardeners? *Oecologia* 172: 925-932. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2693-9>
- Yazici, B. y S. Yolacan. 2007. A comparison of various tests of normality. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 77: 175-183.

## CAPITULO III. LOS MUÉRDAGOS DE UN BOSQUE HÚMEDO DE MONTAÑA Y SU HÁBITAT.

### 3.2 RESUMEN

Los muérdagos son plantas sensibles a la perturbación de sus ecosistemas, en el bosque húmedo de montaña de Veracruz se han registrado varias especies de muérdagos, sin embargo, son escasos los estudios sobre su ecología. Los objetivos de este estudio consistieron en analizar la asociación de especies de muérdagos y hospederos y caracterizar su diversidad y cobertura entre cuatro orientaciones del terreno y dos tipos de compacidades del dosel. En el Área Natural Protegida La Martinica, se seleccionaron 25 unidades de muestreo de 500 m<sup>2</sup>, divididas en subunidades de 50 m<sup>2</sup>, en cuatro orientaciones del terreno y dos tipos de dosel, en las que se identificaron los hospederos y los muérdagos que habitan en ellos, y se estimó el porcentaje de cobertura de los muérdagos en troncos y ramas. La composición de especies de muérdagos varió entre orientaciones del terreno y compacidades del dosel. Se encontraron cinco especies de muérdagos distribuidas en tres géneros pertenecientes a las familias Loranthaceae y Santalaceae, la riqueza, diversidad y cobertura de muérdagos fueron mayores en la orientación Este; la diversidad de muérdagos fue mayor en doseles más compactos y la cobertura fue mayor en doseles abiertos. El efecto que tienen la orientación del terreno y la compacidad del dosel sobre la diversidad y cobertura de muérdagos podría estar relacionado con los disturbios a los que se encuentra expuesta el área de estudio, los cuales pueden producir alteraciones en la composición de especies y la formación de pequeños claros que permiten una mayor penetración de luz, lo cual puede favorecer el desarrollo de los muérdagos hemiparásitos.

**Palabras clave:** Asociación muérdago-hospedero, Loranthaceae, Santalaceae.

### 3.3 ABSTRACT

Mistletoes are plants that are sensitive to the disturbance of their ecosystems. In the humid mountain forest of Veracruz, several species of mistletoe have been recorded, however, studies on their ecology are scarce. The aims of this study were to analyze the mistletoe-host species association and characterize their diversity and percentage of covering between four slope aspects and two canopy compactness types. In the La Martinica protected natural area, 25 sampling units of 500 m<sup>2</sup> were selected, divided into sub-units of 50 m<sup>2</sup>, in four slope aspects and two canopy types, in which the hosts and the mistletoes that inhabit them were identified, and the percentage of mistletoe coverage on trunks and branches was estimated. The composition of mistletoe species varied between slope aspects and canopy compactness types. Five species of mistletoe were found distributed in three genera belonging to the families Loranthaceae and Santalaceae, the species richness, diversity and covering of mistletoes were greater in the East slope aspects; the diversity of mistletoes was greater in more compact canopies and the covering was greater in open canopies. The effect of the slope aspect and the compactness of the canopy on the diversity and covering of mistletoe could be related to the disturbances to which the study area is exposed, which can alter the composition of species and the formation of small gaps that allow a higher penetration of light, which can favor the development of hemiparasitic mistletoes.

**Keywords:** Mistletoe-host association, Loranthaceae, Santalaceae.

### 3.4 INTRODUCCIÓN

Las alteraciones del bosque pueden afectar la interacción de los muérdagos y sus hospederos (Kelly *et al.*, 2000; Bach y Kelly, 2004; Magrath *et al.*, 2015) y, en consecuencia, alterar su distribución y agregación (Norton *et al.*, 1997; Fontúrbel *et al.*, 2017). Cházaro y Oliva, (1988c) sugieren que la fragmentación de los bosques, y en particular la causada por actividades agropecuarias que promueven el espaciamiento y aislamiento de los árboles, genera las condiciones para el desarrollo de los muérdagos, tanto en condiciones para que perchen las aves que dispersan sus semillas, como las condiciones de disponibilidad de luz idóneas para el desarrollo de los muérdagos, ya que en bosques compactos es poco común encontrar a estas hemiparásitas. De forma analítica esto ya ha sido comprobado, pues se ha registrado una mayor abundancia de muérdagos donde la vegetación original ha sido fragmentada (Bowen *et al.*, 2009), al grado que los muérdagos se vuelven abundantes en bordes de fragmentos del bosque (López-de Buen *et al.*, 2002) y en caminos adyacentes (Joshi y Devkota, 2010).

Se ha encontrado que el aumento en la densidad de muérdagos promueve una mayor abundancia y riqueza de aves en paisajes modificados (Watson, 2002; Zuria *et al.*, 2014), además, la polinización por aves incrementa, lo cual se asocia con una densidad de muérdagos más alta en los márgenes de fragmentos (Kelly *et al.*, 2000), donde su agregación es mayor que en hábitats no perturbados (Fontúrbel *et al.*, 2017). Ha sido considerado que los árboles de las zonas urbanas se desarrollan en condiciones de mayor estrés en comparación con los de áreas silvestres, lo cual los hace más susceptibles a ser parasitados por muérdagos (Kolodziejek *et al.*, 2013; Díaz-Limón *et al.*, 2016).

Las familias de muérdagos Santalaceae y Loranthaceae en México tienen la mayor riqueza de especies. Veracruz tiene registrados tres géneros para Santalaceae; *Arceuthobium* M. Bieb., *Dendrophthora* Eichler y *Phoradendron* Nutt., y para Loranthaceae tres géneros; *Cladocolea* Tiegh., *Psittacanthus* Mart., y *Struthanthus* Mart., (Villaseñor, 2016).

Los muérdagos en la región central del estado de Veracruz se han estudiado bajo un enfoque taxonómico (Cházaro y Oliva, 1987a, 1987b, 1988a, 1988b, 1988c; Castillo-

Campos *et al.*, 2018) y existen pocos estudios sobre la ecología de estas plantas, solo el muérdago *Psittacanthus schiedeanus* (Schltdl. & Cham.) G. Don ha sido estudiado con amplitud en el bosque húmedo de montaña (López-de Buen y Ornelas, 1999, 2001; López-de Buen *et al.*, 2002). Sin embargo, se carece de estudios más amplios sobre la ecología de otras especies de muérdagos que también se presentan en dicho ecosistema y la forma en la que se encuentran asociados con su ambiente, motivo por el cual los objetivos del trabajo fueron analizar la asociación entre especies de muérdagos y hospederos en un bosque húmedo de montaña de la región central de Veracruz y caracterizar su riqueza, diversidad, semejanza florística y comparar la cobertura de muérdagos entre orientaciones del terreno y tipos de dosel.



## 3.5 MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.5.1 Área de estudio

[\(Ver 1.5.1\)](#)

### 3.5.2 Muestreo y medición de variables

En cada SUM ([Ver 1.5.2](#)) se registraron los hospederos de muérdagos entre los árboles con un DN  $\geq 10$  cm, debido a que por lo común son los principales hospederos (López-de Buen *et al.*, 2002; Kolodziejek *et al.*, 2013; Taylor y Burns, 2016). En cada árbol se estimó el porcentaje de cobertura de muérdagos en el tronco y las ramas; se recolectaron ejemplares de las especies hemiparásitas y se tomaron fotografías para su identificación taxonómica por medio de literatura especializada (Chazaro y Oliva, 1987ab, 1988abc; Cibrián-Tovar *et al.*, 2007), se siguió la clasificación del Angiosperm Phylogeny Group (Stevens, 2001; APG IV, 2016) y la nomenclatura fue verificada con la consulta de la base de datos del Jardín Botánico de Missouri (TROPICOS, 2018). Los ejemplares colectados fueron depositados en el herbario CHAPA del Colegio de Postgraduados.

### 3.5.3 Análisis

La semejanza de la flora de muérdagos entre orientaciones del terreno se evaluó con un análisis de agrupamiento con base en una matriz de presencia-ausencia de especies, el uso del coeficiente de Jaccard (Villarreal *et al.*, 2004) como medida de semejanza y el método de agrupamiento de la media aritmética no ponderada (UPGMA) (Romesburg, 2004) para la clasificación de los grupos. La semejanza florística entre los tipos de dosel únicamente se calculó con el coeficiente de Jaccard, en ambos procedimientos se utilizó el programa PAST 3.20 (Hammer *et al.*, 2001);

La asociación de especies de muérdagos con especies arbóreas se estudió por medio de un análisis de correspondencias con base en una matriz de las frecuencias de individuos hospederos asociados a cada especie de muérdago con el paquete FactoMiner (Lê *et al.*, 2008) del programa R 3.5.1.

Una curva de acumulación de especies para estimar la riqueza de especies como función de un número de muestras, en este caso 25 unidades de muestreo, por medio de la Tau de Mao con desviación estándar (Colwell *et al.*, 2004) fue elaborada.

La influencia de la orientación y el tipo de dosel sobre la riqueza de muérdagos se analizó con la prueba de varianza y comparaciones múltiples de Kruskal Wallis (Kruskal, 1952; Mckight y Najab, 2010), previa evaluación de la normalidad de las variables mediante el estadístico de Anderson-Darling (Anderson y Darling, 1954; Yazici y Yolacan, 2007) y con el programa estadístico Minitab 18 Statistical Software, 2017.

La diversidad de especies se evaluó con el índice de la alfa de Fisher  $S = \alpha * \ln(1 + n/ \alpha)$  donde  $S$  es el número de taxa,  $n$  es el número de individuos y  $\alpha$  es la alfa de Fisher (Harper, 1999; Magurran y McGill, 2011) con el programa PAST 3.20 (Hammer *et al.*, 2001).

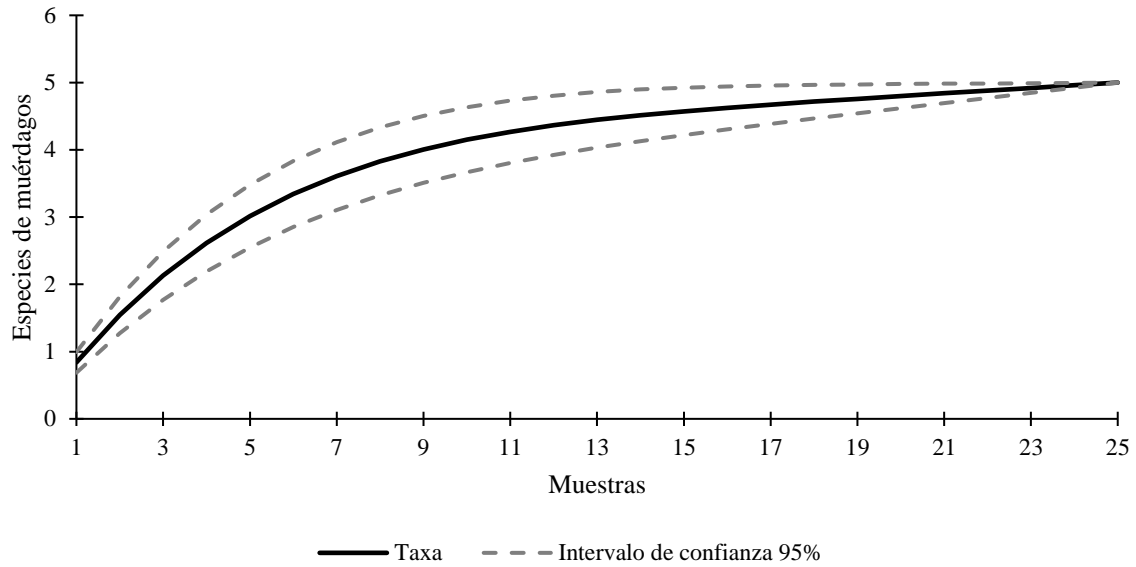
La influencia de la orientación, el tipo de dosel y el estrato del árbol (ramas y tronco) sobre la cobertura de muérdagos, se analizó mediante la prueba de varianza y comparaciones múltiples de Kruskal Wallis (Kruskal, 1952; Mckight y Najab, 2010), previa evaluación de la normalidad de las variables mediante el estadístico de Anderson-Darling (Anderson y Darling, 1954; Yazici y Yolacan, 2007), con el programa estadístico Minitab 18 Statistical Software, 2017.

### 3.6 RESULTADOS

Cinco especies de muérdagos distribuidas en tres géneros pertenecientes a las familias Loranthaceae y Santalaceae: *Phoradendron nervosum* Oliv., *Phoradendron falcatum* Eichler, *P. schiedeanus*, *Struthanthus quercicola* (Schltdl. y Cham.) Blume y *Struthanthus deppeanus* (Schltdl. y Cham.) G. Don (**Figura 3.1**) fueron registradas. Se observó que la curva de acumulación específica si llegó al nivel de la asíntota (**Figura 3.2**). Las especies que se encontraron con más frecuencia en el área de estudio fueron *P. schiedeanus*, *S. quercicola* y *P. nervosum*.

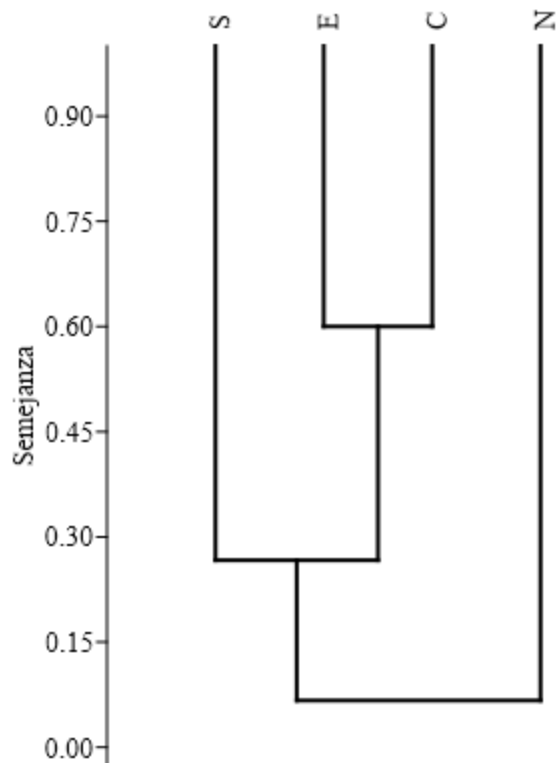


**Figura 3.1** Especies de muérdagos registradas en el ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz: a) *Phoradendron nervosum*, b) *Phoradendron falcatum*, c) *Struthanthus deppeanus*, d) *Struthanthus quercicola*, e) *Psittacanthus schiedeanus*.



**Figura 3.2** Curva de acumulación de especies de muérdagos muestreadas en el ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz, con intervalo de confianza del 95% utilizando el método de la Tau de Mao.

Las orientaciones C y E fueron las más afines en términos florísticos, con un 60% (**Figura 3.3**), mientras que entre tipos de dosel la semejanza fue del 75%.



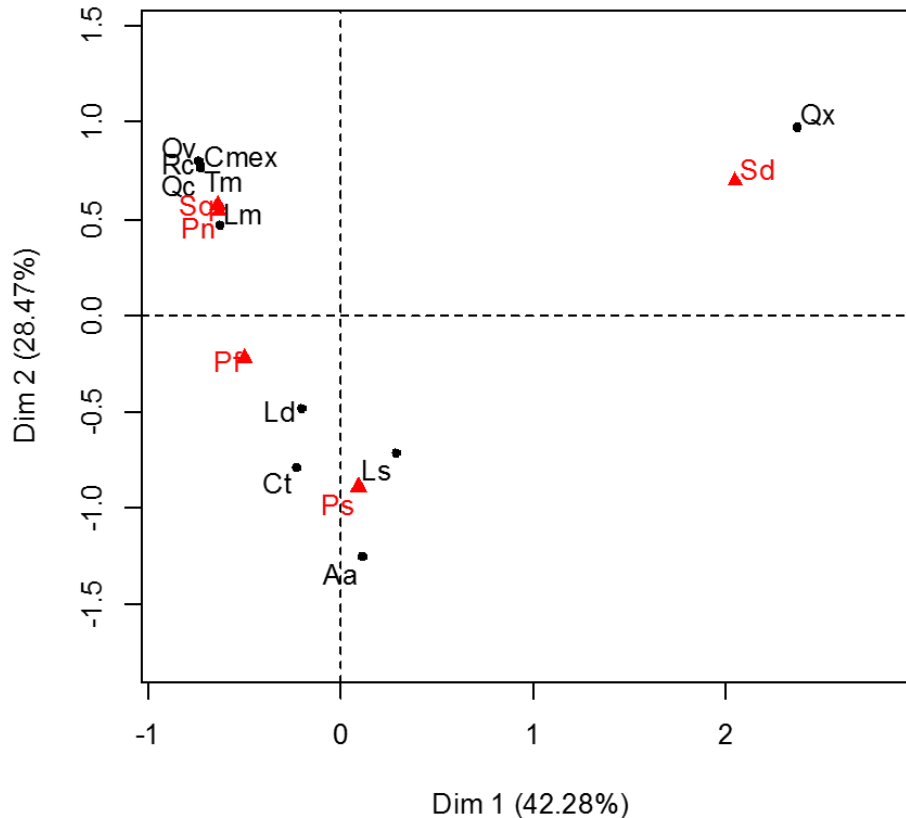
**Figura 3.3** Agrupación de las orientaciones del terreno (C= Cenital, E= Este, N= Norte, S= Sur) estudiadas en el Área Natural Protegida “La Martinica”, Banderilla, Veracruz por su semejanza florística de muérdagos utilizando el coeficiente de Jaccard y agrupamiento por medio del método de la media aritmética no ponderada (UPGMA), correlación cofenética= 0.9276.

El modelo obtenido con el análisis de correspondencias explica cerca del 70.75% de la inercia total con dos dimensiones, *P. nervosum* tendió a asociarse con mayor frecuencia con *Lippia myriocephala* Schltdl. & Cham.; *P. falcatum* se presentó de igual forma sobre *Carpinus tropicalis* (Donn. Sm.) Lundell y *L. myriocephala*; *P. schiedeanus* fue encontrado con mayor frecuencia sobre *Lippia myriocephala* Schltdl. & Cham. y *Leucaena diversifolia* (Schltdl.) Benth.; *S. quercicola* fue más frecuente en *Rhamnus capreifolia* Schltdl. y *L. myriocephala*; mientras que *S. deppeanus* se relacionó principalmente con *Quercus xalapensis* Bonpl. (**Figuras 3.4 y 3.5**). Se observó que los

muérdagos *S. quercicola* y *P. nervosum* hacen un uso semejante de su hábitat, ya que comparten varias especies de hospederos.



**Figura 3.4** Algunos muérdagos y sus hospederos en el ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz: a) *Phoradendron nervosum* sobre rama de *Lippia myriocephala*, b) *Phoradendron nervosum* sobre tronco de *Clethra mexicana*, c) *Struthanthus quercicola* sobre rama de *Trema micrantha*, d) *Psittacanthus schiedeana* sobre rama de *Leucaena diversifolia*.



**Figura 3.5** Asociación de especies de muérdagos (en rojo); **Pn**= *Phoradendron nervosum*, **Pf**= *Phoradendron falcatum*, **Ps**= *Psittacanthus schiedeanus*, **Sq**= *Struthanthus quercicola*, **Sd**= *Struthanthus deppeanus*, y sus hospederos (en negro); **Aa**= *Alnus acuminata*, **Ct**= *Carpinus tropicalis*, **Cmex**= *Clethra mexicana*, **Ld**= *Leucaena diversifolia*, **Lm**= *Lippia myriocephala*, **Ls**= *Liquidambar styraciflua*, **Ov**= *Ostrya virginiana*, **Qc**= *Quercus corrugata*, **Qx**= *Quercus xalapensis*, **Rc**= *Rhamnus capreifolia*, **Tm**= *Trema micrantha* ( $\chi^2=93.88$ ,  $P<0.0001$ ).

La composición de especies de muérdagos varió entre las orientaciones del terreno, en la orientación C estuvieron presentes *P. nervosum*, *S. quercicola* y *S. deppeanus*, en la orientación E se encontraron las cinco especies registradas, en la orientación N solo estuvo presente *P. schiedeanus* y en la S *P. nervosum*. En cuanto a los tipos de dosel sólo *S. deppeanus* estuvo ausente en el dosel A y *P. falcatum* en el dosel C.

La riqueza de muérdagos fue más alta de forma significativa en la orientación E en contraste con la N y S ( $H=13.13$ ,  $P=0.004$ ). Sin embargo, entre tipos de dosel no varió de manera significativa ( $H=0.01$ ,  $P=0.93$ ). De forma análoga el valor de diversidad fue mayor en las orientaciones E ( $\alpha= 1.687$ ) y C ( $\alpha= 1.284$ ) en comparación con la N

( $\alpha=0.28$ ) y S ( $\alpha=0$ ). Entre tipos de dosel se observó un valor de diversidad más alto en el dosel C ( $\alpha= 1.594$ ) en comparación con el A ( $\alpha= 1.164$ ).

La cobertura de muérdagos fue mayor de forma significativa en las orientaciones E y C en contraste con la S y la N que tuvieron las coberturas más bajas ( $H=33.88$ ,  $P<0.0001$ ). La cobertura de muérdagos fue significativamente mayor en el dosel A en comparación con el C ( $H=4.56$ ,  $P=0.033$ ); y la cobertura fue más alta de forma significativa en las ramas de sus hospederos que en los troncos de éstos ( $H=17.31$ ,  $P<0.0001$ ).



### 3.7 DISCUSIÓN

Ningún muérdago se encontró asociado con una única especie de hospedero, pero si se encontraron más frecuentes en determinadas especies: *P. nervosum* fue huésped de *L. myriocephala* con mayor frecuencia, lo cual coincide con lo observado por Cházaro y Oliva, (1987b) quienes identifican a *L. myriocephala* como uno de los principales hospederos para esta especie, al igual que otros árboles seriales tempranos del ecosistema estudiado. De *P. falcatum* se registraron pocos individuos y únicamente se encontró sobre *C. tropicalis* y *L. myriocephala*, si bien Cházaro y Oliva, (1987b) señalan que *P. falcatum* es una especie abundante en el bosque húmedo de montaña, ellos indican que es más común encontrarle en *L. styraciflua* y *Clethra spp.*, y aunque son árboles que habitan en el área estudiada no se encontraron como hospederos de dicho muérdago.

*P. schiedeanus* tuvo una marcada preferencia por *L. styraciflua*, lo cual coincide con lo observado por López-de Buen y Ornelas, (1999, 2001) y López-de Buen *et al.*, (2002) quienes registran una mayor frecuencia de *L. styraciflua* como hospedero de dicho muérdago y sugieren que se trata de una especialización local. *S. quercicola* tendió a hospedarse con mayor frecuencia en *R. capreifolia* y *L. myriocephala*, no obstante Cházaro y Oliva, (1988b) no las identifican como hospederos frecuentes, aunque si indican que se trata de una especie con un espectro amplio de hospederos, lo cual coincide con lo que observamos, puesto que fue uno de los muérdagos con más especies hospederas al igual que *P. nervosum*. En tanto *S. deppeanus* solo se encontró sobre dos especies de hospederos y fue frecuente sobre *Q. xalapensis*, especie que no es considerada por Cházaro y Oliva, (1988b), aunque si informan que se hospeda con frecuencia en *Quercus laurina* Bonpl.

Es notable que la orientación Este tuvo la mayor riqueza y diversidad de especies de muérdagos, lo cual puede estar asociado a los disturbios a los que se encuentra sometida debido a su cercanía con los accesos principales al área natural protegida, donde en ocasiones se realiza extracción de árboles y se altera la estructura del sotobosque (**Figura 3.6**). Además de que en la orientación Cenital, donde también se observó un valor alto de diversidad, existen varias veredas por donde transitan las

personas que ingresan al lugar (obs. personales), lo cual es consistente con patrones que indican que en hábitats perturbados se dan las condiciones idóneas para el desarrollo de los muérdagos (Kelly *et al.*, 2000; López-de Buen *et al.*, 2002; Fontúrbel *et al.*, 2015). Sin embargo, se observó un mayor valor de diversidad de muérdagos en los doseles más compactos lo cual podría estar correlacionado con la alta diversidad de especies arbóreas en este estrato, lo que coincide con observaciones donde se ha encontrado asociada una mayor diversidad de especies de muérdagos a lugares mejor conservados (Devkota *et al.*, 2010).

En concordancia con Clark-Tapia *et al.*, (2011) encontramos un efecto de la orientación del terreno sobre la cobertura de muérdagos. Los resultados nos indican que las orientaciones Este y Cenital tuvieron la mayor densidad de hospederos (**Ver 2.6**) y la mayor cobertura de muérdagos, y además fueron más semejantes en términos florísticos; estas observaciones pueden estar relacionadas con la alta frecuencia de especies que los muérdagos ocupan como hospederos en dichas orientaciones.



**Figura 3.6** Derriba y extracción de leña en el Área Natural Protegida “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.

En los doseles abiertos se encontró que es mayor la cobertura de muérdagos, esto puede ser debido a que son especies hemiparásitas que requieren estar expuestas a cierta radiación solar para llevar a cabo fotosíntesis y la disponibilidad de este recurso

es vital para su sobrevivencia (Těšitel, 2016). Los doseles menos compactos pueden tener una mayor exposición solar, lo cual les puede favorecer al incrementar su tasa fotosintética (Valladares y Niinemets, 2008; Taylor y Burns, 2016). Lo anterior coincide con observaciones que indican que los muérdagos tienden a ser más abundantes en sitios con mayor exposición a la luz solar tales como zonas perturbadas y bordes de bosques fragmentados (López-de Buen *et al.*, 2002; Bowen *et al.*, 2009; Fontúrbel *et al.*, 2017). En este estudio no consideramos claros de gran tamaño debido a la escala utilizada para las mediciones. Sin embargo, las diferencias en la disponibilidad de luz pueden ser explicadas por la composición de especies. En el dosel abierto estuvieron presentes especies que con mayor frecuencia que se asocian con un estadio serial temprano, lo que coincide con observaciones que indican que especies intolerantes a la sombra permiten una mayor penetración de luz a través de sus doseles (Canham *et al.*, 1994; Guariguata y Ostertag, 2001, 2002).

Al igual que otros autores nosotros encontramos que los muérdagos estudiados se encuentran casi en exclusiva, en las ramas de sus hospederos (Norton *et al.*, 1997; Sayad *et al.*, 2017) donde su cobertura fue mayor en comparación con los troncos. Lo anterior se explica por el hecho de que son dispersados principalmente por aves, las cuales perchan de preferencia en las ramas y es poco probable que las semillas puedan ser depositadas en el tronco, y cuando ocurre podría ser debido a características físicas del árbol como oquedades o una corteza áspera que permiten la adherencia de las semillas y el establecimiento de los muérdagos (Arruda *et al.*, 2006).

### **3.8 CONCLUSIONES**

Los muérdagos de La Martinica tienen preferencias por distintas especies de hospederos; su composición, diversidad y cobertura varía entre orientaciones del terreno y tipos de dosel. Las orientaciones Este y Cenital tuvieron una mayor riqueza, diversidad y cobertura de muérdagos. Por el contrario, en las orientaciones Sur y Norte se encontraron los valores más bajos de riqueza, diversidad y cobertura; además el valor de diversidad de muérdagos fue mayor en doseles más compactos y su cobertura fue mayor en doseles abiertos. Los disturbios a los que se encuentra expuesta el área protegida propician alteraciones en la composición de especies y la formación de claros que permiten una mayor penetración de luz, lo cual puede favorecer el desarrollo de los muérdagos hemiparásitos que son sensibles a la disponibilidad de luz debido a que requieren realizar la fotosíntesis para su sobrevivencia.

### 3.9 LITERATURA CITADA

- Anderson, T.W. y D.A. Darling. 1954. A test of goodness of fit. *Journal of American Statistical Association* 49: 765-769. DOI: <https://doi.org/10.2307/2281537>
- APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the order and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181:1-20. DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/boj.12385>
- Arruda, R., L.N. Carvalho y K. Del-Claro. 2006. Host specificity of a Brazilian mistletoe, *Struthanthus* aff. *polyanthus* (Loranthaceae), in cerrado tropical savanna. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 201: 127-134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2005.07.001>
- Bach, C.E. y D. Kelly. 2004. Effects of forest edges on herbivory in a New Zealand mistletoe, *Alepis flavida*. *New Zealand Journal of Ecology* 28: 195-205.
- Bowen, M.E. y C.A. McAlpine, A.P. House, G.C. Smith. 2009. Agricultural landscape modification increases the abundance of an important food resource: mistletoes, birds and brighalow. *Biological Conservation* 142: 122-133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.005>
- Canham, C.D., A.C. Finzi, S.W. Pacala y D.H. Burbank. 1994. Causes and consequences of resource heterogeneity in forests: interspecific variation in light transmission by canopy trees. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 337-349. DOI: <https://doi.org/10.1139/x94-046>
- Castillo-Campos, G., M.E. Medina-Abreo y R. Acevedo-Rosas. 2018. El género *Psittacanthus* (Loranthaceae) en Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* 124: 16 pp. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1278>
- Cházaro, B.M. y R.H. Oliva. 1987a. Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 32: 55-60.
- Cházaro, B.M. y R.H. Oliva. 1987b. Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 32: 78-86.

- Cházaro, B.M. y R.H. Oliva. 1988a. Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 33: 14-19.
- Cházaro, B.M. y R.H. Oliva. 1988b. Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 33: 42-47.
- Cházaro, B.M. y R.H. Oliva. 1988c. Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 33: 71-75.
- Cibrián-Tovar, D., D. Alvarado-Rosales y S.E. García-Díaz. (eds.). 2007. Enfermedades forestales en México. Universidad Autónoma Chapingo; CONAFOR-SEMARNAT, México; Forest Service USDA, EUA; NRCAN Forest Service, Canadá y Comisión Forestal de América del Norte, COFAN, FAO. Chapingo, México. 587 pp.
- Clark-Tapia, R., B. Torres-Bautista, C. Alfonso-Corrado, J.I. Valdez-Hernández, G. González-Adame, J. Bretado-Velázquez y J. Campos-Contreras. 2011. Análisis de la abundancia e infección por muérdago en Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques* 17: 19-33.
- Colwell, R.K., C.X. Mao y J. Chang. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85: 2717-2727. DOI: <https://doi.org/10.1890/03-0557>
- Devkota, M. P., G. P. Joshi, y P. Parajuli. 2010. Diversity, distribution and host range of mistletoe in protected and unprotected areas of Central Nepal Himalayas. *Banko Janakari*. 20: 14-20. DOI: <https://doi.org/10.3126/banko.v20i2.4797>
- Díaz-Limón, M.P., Z. Cano-Santana y M.E. Queijeiro-Bolaños. 2016. Mistletoe infection in an urban forest in Mexico City. *Urban Forestry & Urban Greening* 17: 126-134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.04.004>
- Fontúrbel, F.E., P. Jordano y R. Medel. 2015. Scale-dependent responses of pollination and seed dispersal mutualisms in a habitat transformation scenario. *Journal of Ecology* 103: 1334-1343. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12443>

- Fontúrbel, F.E., D.A. Salazar y R. Medel. 2017. Why mistletoes are more aggregated in disturbed forests? The role of differential host mortality Forest Ecology and Management 394: 13-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.028>
- Guariguata, M. R. y R. Ostertag, 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. Forest ecology and management, 148:185-206. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00535-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00535-1)
- Guariguata, M. R. y Ostertag, R. 2002. Sucesión secundaria. In: Guariguata M.R. y G.H. Kattan (eds.). Ecología de bosques neotropicales. Editorial Tecnológica, Cartago, Costa Rica. Pp. 591-623.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper y P.D. Ryan. 2001. Paleontological statistics software: package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4: 9 pp.
- Harper, D.A.T. (ed.). 1999. Numerical palaeobiology: computer-based modelling and analysis of fossils and their distributions. Wiley. 468 pp.
- Joshi, G.P. y M.P. Devkota. 2010. Diversity, Host Range and Distribution of Mistletoes along Steep Altitudinal Gradient of Tribhuvan Highway, Central Nepal. Our Nature 8: 106-117. DOI: <https://doi.org/10.3126/on.v8i1.4317>
- Kelly, D., J.J. Ladley, A.W. Robertson y D.A. Norton. 2000. Limited forest fragmentation improves reproduction in the declining New Zealand mistletoe *Peraxilla tetrapetala* (Loranthaceae). In: Young A. G. y G. Clarke (eds.) Genetics, demography and viability of fragmented populations. Cambridge University Press Pp. 241-252. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511623448>
- Kolodziejek, J., J. Patykowski y R. Kolodziejek. 2013. Distribution, frequency and host patterns of European mistletoe (*Viscum album* subsp. *album*) in the major city of Lodz, Poland. Biologia 68: 55-64. DOI: <https://doi.org/10.2478/s11756-012-0128-4>
- Kruskal, W. H. 1952. A nonparametric test for the several sample problem. The Annals of Mathematical Statistics 23: 525-540.

- Lê, S., J. Josse y F. Husson. 2008. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software* 25: 1-18. DOI: <http://hdl.handle.net/10.18637/jss.v025.i01>
- López-de Buen, L. y J.F. Ornelas. 1999. Frugivorous birds, host selection and the mistletoe *Psittacanthus schiedeanus*, in central Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 15: 329-340.
- López-de Buen, L. y J.F. Ornelas. 2001. Seed Dispersal of the Mistletoe *Psittacanthus schiedeanus* by Birds in Central Veracruz, Mexico 1. *Biotropica* 33: 487-494. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2001.tb00202.x>
- López-de Buen, L., J.F. Ornelas y J.G. García-Franco. 2002. Mistletoe infection of trees located at fragmented forest edges in the cloud forests of Central Veracruz, Mexico. *Forest Ecology and Management* 64: 293-302. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00624-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00624-7)
- Magrach, A., J. Rodríguez-Pérez, M. Piazzon y L. Santamaría. 2015. Divergent effects of forest edges on host distribution and seed disperser activity influence mistletoe distribution and recruitment. *Journal of Ecology* 103: 1475-1486. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12472>
- Magurran, A. E., y B. J. McGill. (Eds.). 2011. *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press. UK. 337 pp.
- McKight, P. E. y J. Najab. 2010. Kruskal-wallis test. In Weiner I. B. y W. E. Craighed (Eds.). *The corsini encyclopedia of psychology*. 904 pp.
- Minitab 18 Statistical Software. 2017. [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. ([www.minitab.com](http://www.minitab.com))
- Norton, D.A., J.J. Ladley y H.J. Owen. 1997. Distribution and population structure of the loranthaceous mistletoes *Alepis flavida*, *Peraxilla colensoi*, and *Peraxilla tetrapetala* within two New Zealand *Nothofagus* forests. *New Zealand Journal of Botany* 35: 323-336. DOI: <https://doi.org/10.1080/0028825X.1997.10410158>
- Romesburg H. C. 2004. *Cluster analysis for researchers*. Lulu Press. North Carolina, USA. 330 pp.



- Sayad, E., E. Boshkar y S. Gholami. 2017. Different role of host and habitat features in determining spatial distribution of mistletoe infection. *Forest Ecology and Management* 384: 323-330. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.11.012>
- Stevens, P. F. (2001 onwards). Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017 <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> (consultado junio 2018).
- Taylor, A. y K. Burns. 2016. Radial distributions of air plants: a comparison between epiphytes and mistletoes. *Ecology* 97: 819-825. DOI: <https://doi.org/10.1890/15-1322>
- Těšitel, J. 2016. Functional biology of parasitic plants: a review. *Plant Ecology and Evolution* 149: 5-20. DOI: <https://doi.org/10.5091/plecevo.2016.1097>
- TROPICOS. 2018. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org> (consultado junio 2018)
- Valladares, F. y Ü. Niinemets. 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39: 237-257. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173506>
- Villaseñor, J.L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 559-902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Watson, D.M. 2002. Effects of mistletoe on diversity: a case-study from southern New South Wales. *Emu* 102: 275-281. DOI: <https://doi.org/10.1071/MU01042>
- Yazici, B. y S. Yolacan. 2007. A comparison of various tests of normality. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 77: 175-183.
- Zuria, I., I., Castellanos y J.E. Gates. 2014. The influence of mistletoes on birds in an agricultural landscape of central Mexico. *Acta Oecologica* 61: 51-56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2014.10.004>

## CONCLUSIONES

Los hospederos de muérdagos en el Área Natural Protegida de La Martinica pertenecieron, en su mayoría, a las especies arbóreas con valores estructurales más elevados y se observó una mayor densidad de hospederos en la orientación Este. En general, los árboles hospederos presentaron un patrón de dispersión agregado con excepción de la orientación Cenital, que fue aleatorio, y del dosel más compacto donde tendió hacia la híperdispersion. En cuanto a los muérdagos, se encontró una riqueza, diversidad y cobertura más altas en la orientación Este, así como una cobertura y diversidad mayor en doseles menos compactos.

Los patrones encontrados podrían estar asociados con disturbios en el bosque que generan un mosaico de diferentes edades y diferentes estados seriales que se ven reflejados como variaciones en la estructura arbórea, que produce condiciones heterogéneas en el dosel; en zonas donde el dosel es menos compacto penetra más luz, que propicia condiciones para que los muérdagos proliferen.

Se encontraron patrones que señalan que los rasgos estructurales de la comunidad arbórea también influyen en la distribución y abundancia de estas especies hemiparásitas.

Los muérdagos en este estudio mostraron preferencias por sitios con doseles menos compactos que permiten un mayor paso de la luz, lo que indica que la disponibilidad de luz es un factor limitativo para este grupo de plantas; será importante conocer que otros factores son determinantes en la distribución y uso del hábitat por los muérdagos y, además, se recomienda llevar a cabo estudios a una escala mayor que permitan comprender como la fragmentación del bosque húmedo de montaña y las perturbaciones que afectan la estructura de los bosques remanentes pueda influir sobre los patrones de distribución de las poblaciones de estas plantas hemiparásitas.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Índice de valor de importancia e índice de valor forestal de la vegetación arbórea con DN≥10 cm en la orientación Cenital del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.

Orientación del terreno	Familia	Especie	IVI	IVF
Cenital	Betulaceae	<i>Carpinus tropicalis</i> (Donn. Sm.) Lundell	17.8	18.2
	Verbenaceae	<i>Lippia myriocephala</i> Schltld. & Cham.	15	16
	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	12	10
	Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	9.4	9.4
	Fagaceae	<i>Quercus xalapensis</i> Bonpl.	7.7	7.8
	Altingiaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	6.9	7.1
	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	6.49	7.55
	Rhamnaceae	<i>Rhamnus capreifolia</i> Schltld.	5.62	5.2
	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes longipes</i> Müll. Arg.	3.52	3.71
	Fagaceae	<i>Quercus corrugata</i> Hook.	2.48	2.19
	Lamiaceae	<i>Cornutia grandifolia</i> (Schltld. & Cham.) Schauer	2.25	2.11
	Fagaceae	<i>Quercus germana</i> Schltld. & Cham.	2.19	2.02
	Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i> Brongn.	1.87	2.19
	Fabaceae	<i>Vachellia pennatula</i> (Schltld. & Cham.) Seigler & Ebinger	1.5	1.8
	Asparagaceae	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker	1.49	0.72
	Betulaceae	<i>Ostrya virginiana</i> (Mill.) K. Koch	1.48	0.79
	Fabaceae	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schltld.) Benth.	0.9	0.7
Staphyleaceae	<i>Turpinia insignis</i> (Kunth) Tul.	0.7	0.75	
Rosaceae	<i>Crataegus mexicana</i> DC.	0.54	0.35	
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum mexicanum</i> C. Cordem.	0.52	0.56	
Symplocaceae	<i>Symplocos limoncillo</i> Bonpl.	0.46	0.44	
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Anexo 2.** Índice de valor de importancia e índice de valor forestal de la vegetación arbórea con DN≥10 cm en la orientación Este del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.

Orientación del terreno	Familia	Especie	IVI	IVF
Este	Verbenaceae	<i>Lippia myriocephala</i> Schltld. & Cham.	25	25
	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	15.6	14.6
	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	12	15
	Betulaceae	<i>Carpinus tropicalis</i> (Donn. Sm.) Lundell	12	12.1
	Altingiaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	8.1	8.3
	Fabaceae	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schltld.) Benth.	7.5	8.3
	Fagaceae	<i>Quercus xalapensis</i> Bonpl.	5.6	5.5
	Rhamnaceae	<i>Rhamnus capreifolia</i> Schltld.	4.96	3.68
	Malvaceae	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	2.69	2.21
	Fabaceae	<i>Vachellia pennatula</i> (Schltld. & Cham.) Seigler & Ebinger	2.05	1.9
	Fagaceae	<i>Quercus candicans</i> Née	0.92	0.65
	Fabaceae	<i>Erythrina macrophylla</i> DC.	0.89	0.49
	Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	0.7	0.5
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	0.59	0.64
	Fagaceae	<i>Quercus leiophylla</i> A. DC.	0.52	0.41
	Lamiaceae	<i>Cornutia grandifolia</i> (Schltld. & Cham.) Schauer	0.4	0.2
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Anexo 3.** Índice de valor de importancia e índice de valor forestal de la vegetación arbórea con DN≥10 cm en la orientación Norte del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.

Orientación del terreno	Familia	Especie	IVI	IVF
Norte	Altingiaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	18	20.2
	Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	12	11.3
	Fagaceae	<i>Quercus germana</i> Schltld. & Cham.	9.23	10.3
	Verbenaceae	<i>Lippia myriocephala</i> Schltld. & Cham.	8.9	8.54
	Betulaceae	<i>Carpinus tropicalis</i> (Donn. Sm.) Lundell	8.63	8.3
	Fagaceae	<i>Quercus leiophylla</i> A. DC.	5.4	5.28
	Verbenaceae	<i>Citharexylum mocinoi</i> D. Don	5.13	4.25
	Fagaceae	<i>Quercus salicifolia</i> Née	4.87	4.99
	Fagaceae	<i>Quercus xalapensis</i> Bonpl.	4.3	4.41
	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	3.71	3.48
	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	3.7	4.87
	Betulaceae	<i>Ostrya virginiana</i> (Mill.) K. Koch	3.53	3.34
	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes longipes</i> Müll. Arg.	3.23	2.98
	Primulaceae	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	2.78	2.24
	Rhamnaceae	<i>Rhamnus capreifolia</i> Schltld.	1.21	1.08
	Lauraceae	<i>Ocotea effusa</i> (Meisn.) Hemsl.	1.04	0.98
	Magnoliaceae	<i>Magnolia schiedeana</i> Schltld.	0.9	0.72
	Fagaceae	<i>Quercus acutifolia</i> Née	0.71	0.68
	Lamiaceae	<i>Cornutia grandifolia</i> (Schltld. & Cham.) Schauer	0.52	0.52
	Clethraceae	<i>Clethra macrophylla</i> M. Martens & Galeotti	0.5	0.42
	Asteraceae	<i>Telanthophora grandifolia</i> (Less.) H. Rob. & Brettell	0.46	0.28
	Melastomataceae	<i>Conostegia arborea</i> Steud.	0.45	0.21
	Fabaceae	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schltld.) Benth.	0.4	0.45
	Fagaceae	<i>Quercus corrugata</i> Hook.	0.42	0.32
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Anexo 4.** Índice de valor de importancia e índice de valor forestal de la vegetación arbórea con DN≥10 cm en la orientación Sur del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.

<b>Orientación del terreno</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>IVI</b>	<b>IVF</b>
<b>Sur</b>	Verbenaceae	<i>Lippia myriocephala</i> Schltld. & Cham.	21.1	19
	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	15.4	15.6
	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	11.4	11
	Betulaceae	<i>Carpinus tropicalis</i> (Donn. Sm.) Lundell	10	11.2
	Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	9.44	8.8
	Fagaceae	<i>Quercus xalapensis</i> Bonpl.	5.8	6
	Fagaceae	<i>Quercus germana</i> Schltld. & Cham.	5.39	5.27
	Fabaceae	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schltld.) Benth.	5.3	5.8
	Fagaceae	<i>Quercus salicifolia</i> Née	4.25	6.46
	Rhamnaceae	<i>Rhamnus capreifolia</i> Schltld.	3.82	2.58
	Betulaceae	<i>Ostrya virginiana</i> (Mill.) K. Koch	3.18	2.89
	Altingiaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	1.63	1.5
	Fagaceae	<i>Quercus corrugata</i> Hook.	1.25	1.52
	Styracaceae	<i>Styrax glabrescens</i> Benth.	0.99	0.95
	Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i> Brongn.	0.49	0.33
	Myricaceae	<i>Morella cerifera</i> (L.) Small	0.48	0.27
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Anexo 5.** Índice de valor de importancia e índice de valor forestal de la vegetación arbórea con DN≥10 cm en el dosel abierto del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.

Tipo dosel	Familia	Especie	IVI	IVF
Abierto	Verbenaceae	<i>Lippia myriocephala</i> Schlttdl. & Cham.	22.9	22.9
	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	14.4	14
	Betulaceae	<i>Carpinus tropicalis</i> (Donn. Sm.) Lundell	12.2	12.5
	Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	10.7	10.8
	Altingiaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	9.23	9.27
	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	6.62	7.93
	Fabaceae	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schlttdl.) Benth.	4.2	4.58
	Rhamnaceae	<i>Rhamnus capreifolia</i> Schlttdl.	3.41	2.88
	Fagaceae	<i>Quercus germana</i> Schlttdl. & Cham.	3.37	3.29
	Fagaceae	<i>Quercus xalapensis</i> Bonpl.	1.85	1.8
	Betulaceae	<i>Ostrya virginiana</i> (Mill.) K. Koch	1.81	1.75
	Fabaceae	<i>Vachellia pennatula</i> (Schlttdl. & Cham.) Seigler & Ebinger	1.77	1.85
	Malvaceae	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	1.34	1.11
	Fagaceae	<i>Quercus leiophylla</i> A. DC.	1.3	1.1
	Fagaceae	<i>Quercus corrugata</i> Hook.	1.24	1.1
	Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i> Brongn.	1.18	1.26
Asparagaceae	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker	0.74	0.36	
Lamiaceae	<i>Cornutia grandifolia</i> (Schlttdl. & Cham.) Schauer	0.63	0.56	
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	0.3	0.32	
Rosaceae	<i>Crataegus mexicana</i> DC.	0.27	0.17	
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum mexicanum</i> C. Cordem.	0.26	0.28	
Myricaceae	<i>Morella cerifera</i> (L.) Small	0.24	0.14	
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Anexo 6.** Índice de valor de importancia e índice de valor forestal de la vegetación arbórea con DN≥10 cm en el dosel cerrado del ANP “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.

Tipo dosel	Familia	Especie	IVI	IVF
Cerrado	Verbenaceae	<i>Lippia myriocephala</i> Schltld. & Cham.	11.8	11.3
	Betulaceae	<i>Carpinus tropicalis</i> (Donn. Sm.) Lundell	11.7	12.1
	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	9.74	11.2
	Fagaceae	<i>Quercus xalapensis</i> Bonpl.	9.4	9.65
	Altingiaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	9.05	10.1
	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	8.41	7.72
	Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	5.37	4.67
	Fagaceae	<i>Quercus germana</i> Schltld. & Cham.	5.36	5.85
	Fagaceae	<i>Quercus salicifolia</i> Née	4.58	5.67
	Rhamnaceae	<i>Rhamnus capreifolia</i> Schltld.	4.15	3.21
	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes longipes</i> Müll. Arg.	3.37	3.32
	Verbenaceae	<i>Citharexylum mocinoi</i> D. Don	2.76	2.29
	Fabaceae	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schltld.) Benth.	2.67	2.85
	Betulaceae	<i>Ostrya virginiana</i> (Mill.) K. Koch	2.38	1.88
	Fagaceae	<i>Quercus leiophylla</i> A. DC.	1.95	2.02
	Primulaceae	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	1.5	1.21
	Lamiaceae	<i>Cornutia grandifolia</i> (Schltld. & Cham.) Schauer	0.92	0.83
	Fagaceae	<i>Quercus corrugata</i> Hook.	0.8	0.87
	Lauraceae	<i>Ocotea effusa</i> (Meisn.) Hemsl.	0.56	0.53
	Magnoliaceae	<i>Magnolia schiedeana</i> Schltld.	0.49	0.39
	Styracaceae	<i>Styrax glabrescens</i> Benth.	0.46	0.44
	Fagaceae	<i>Quercus candicans</i> Née	0.42	0.3
	Fabaceae	<i>Erythrina macrophylla</i> DC.	0.41	0.23
	Fagaceae	<i>Quercus acutifolia</i> Née	0.38	0.36
	Staphyleaceae	<i>Turpinia insignis</i> (Kunth) Tul.	0.33	0.35
	Clethraceae	<i>Clethra macrophylla</i> M. Martens & Galeotti	0.27	0.23
	Asteraceae	<i>Telanthophora grandifolia</i> (Less.) H. Rob. & Brettell	0.25	0.15
	Melastomataceae	<i>Conostegia arborea</i> Steud.	0.24	0.11
	Symplocaceae	<i>Symplocos limoncillo</i> Bonpl.	0.21	0.2
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>29</b>	<b>100</b>	<b>100</b>



**Anexo 7.** Porcentaje de individuos en cada especie hospedera de muérdagos del Área Natural Protegida “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.

<b>Especie de árbol</b>	<b>% hospederos</b>
<i>Liquidambar styraciflua</i>	30.2
<i>Lippia myriocephala</i>	18.9
<i>Leucaena diversifolia</i>	15.1
<i>Rhamnus capreifolia</i>	11.3
<i>Quercus xalapensis</i>	9.43
<i>Carpinus tropicalis</i>	3.77
<i>Trema micrantha</i>	3.77
<i>Alnus acuminata</i>	1.89
<i>Clethra mexicana</i>	1.89
<i>Ostrya virginiana</i>	1.89
<i>Quercus corrugata</i>	1.89

**Anexo 8.** Porcentaje de hospederos ocupados por especie de muérdago del Área Natural Protegida “La Martinica”, Banderilla, Veracruz.

<b>Especie de muérdago</b>	<b>% Hospederos</b>
<i>Psittacanthus schiedeanus</i>	38
<i>Struthanthus quercicola</i>	24
<i>Phoradendron nervosum</i>	21
<i>Struthanthus deppeanus</i>	13
<i>Phoradendron falcatum</i>	4

**Anexo 9.** a) *Struthanthus quercicola* ocupando a dos hospederos de diferente especie:  
b) tronco de *Lippia myriocephala* y c) rama de *Rhamnus capreifolia*, encontrado en la  
orientación Este del Área Natural Protegida “La Martinica”, Banderilla, Veracruz (no  
formó parte del muestreo).

