UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Región Poza Rica Tuxpan

MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

Riqueza, composición florística y distribución de las epífitas vasculares de la Reserva Ecológica "Sierra de Otontepec", Veracruz

Que para obtener el título de
Maestra en Ciencias del Ambiente

Presenta
Biól. Elia Reyna Pérez Lugo

Director de Tesis:
Dr. José Luis Alanís Méndez
Co-Director de Tesis:
Dr. Thorsten Krömer
Asesor de Tesis:
Rodrigo de Andrade Kersten

Tuxpan, Ver. **Enero 2016**

Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

Revisión del trabajo de intervención de la alumna: ELIA REYNA PÉREZ LUGO

NOMBRE	FECHA	DICTAMEN	FIRMA
Dr. Juan Manuel Pech Canché	7-ene-16	Aprobado	
Mtro. Jordán Gutiérrez Vivanco	7-Enero-16	Aprobado	
Dra. Ascención Capistrán Barradas	7-Enero-16	Aprobado	

En la presente revisión se acordó que el trabajo de intervención denominado **Riqueza, composición florística y distribución de las epífitas vasculares de la Reserva Ecológica "Sierra de Otontepec", Veracruz** que presenta la sustentante para obtener el Título de Maestra, está terminado por lo que puede proceder a su inmediata impresión.

El presente trabajo de intervención: "Riqueza, composición florística y distribución de las epifitas vasculares de la Reserva Ecológica " Sierra de Otontepec" Veracruz ", realizada por la C. Elia Reyna Pérez Lugo, bajo la Dirección del Dr. José Luis Alanís Méndez y Co- Dirección del Dr. Thorsten Krömer, ha sido revisado y aprobado como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

DR. JOSÉ LUIS ALANÍS MÉNDEZ

DR. THORSTEN KRÖMER

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Poza Rica Tuxpan, por darme la oportunidad de formar parte de sus alumnos de posgrado y a su cuerpo académico que participo en mi formación profesional.

Al CONACyT por proporcionar el financiamiento para la ejecución de este proyecto.

A la fundación Pedro y Elena, a la Asociación Regional de Silvicultores de la Sierra de Otontepec y al Dr. Jorge Luis Chagoya, quienes facilitaron mi estancia en la reserva durante el trabajo de campo.

A los colaboradores del Herbario de CITRO; Dra. Amparo Acebey, Mtro. Cesar, Mtra. Daniela, quienes ayudaron en la identificación taxonómica de epífitas.

A la Pontificia Universidad Católica de Paraná, por facilitar mi estancia académica en su institución.

A la madre naturaleza, por permitirme la vida y por proporcionarme los medios para que realice mis sueños.

A mi madre y mis hermanas que han sido una parte fundamental en el logro de mis metas, apoyándome económicamente y emocionalmente en todo momento.

A todas las personas que han colaborado ya sea como asesores o revisores de este proyecto; Dr. Alanís, Dr. Thorsten, Dr. Kersten, Dr. Pech, Dr. Capistran y Mtro. Jordán, por sus valiosas aportaciones a este estudio.

A las personas que me apoyaron en campo como guías: Don Juan, Eutiquio, Don Eutiquio, Biól. Rosa, Santiago, Alfredo y Joel.

A mis amigos Isaías y Pech que me apoyaron durante el trabajo de campo y por sus acertadas aportaciones a este trabajo. A Tere quien fue parte del equipo de campo. Gracias por los momentos de diversión, angustia, cansancio, hambre y sobre todo su excelente compañía.

A todos los que estuvieron presentes con sus mensajes de aliento, sus sabios consejos y en los buenos tiempos: Sol, Erika, Paty, Charito, Are, Juan, Alex, Elfego, Zacarías, Lucio, Felipe, Humberto, Jorge, Iván, Cata, Luz, Catya, Laura, Rox, Pam, Mireya, Edén, y a todos los compañeros de grupo.

A Julián, Rodrigo, Luciane, Viri, Bia, Anja y Jocasta, por su amistad y sus excelentes atenciones en Brasil.

A la Sra. Francisca, Nora y Karla, quienes me recibieron en su casa como parte de su familia durante mi estancia en Tuxpan.

DEDICATORIA

Con mucho cariño y respeto para:

Mis padres que me dieron la vida y me educaron para ser una mejor persona.

Mis hermanas y hermanos que me han apoyado siempre y me enseñaron a luchar por mis ideales.

ÍNDICE

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 3

2.1. Generalidades de las epífitas 3

2.2. Diversidad y distribución de las epífitas 4

2.3. Importancia de las epífitas para la conservación 8

2.4. Reserva Ecológica Sierra de Otontepec 10

III. HIPÓTESIS 11

IV. OBJETIVOS 12

4.1. Objetivo general 12

4.2 Objetivos particulares 12

V. ÁREA DE ESTUDIO 13

5.1. Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec” 13

5.1.1. Medio físico 15

5.1.2. Medio biótico 18

5.2. Sitios de muestreo 19

VI. MATERIAL Y MÉTODOS 24

6.1. Métodos de muestreo 24

6.2. Inventario florístico 27

6.3. Análisis de datos 28

6.3.1. Riqueza y composición florística 28

6.3.2. Similitud entre sitios de muestreo 29

6.3.3. Distribución vertical por zonas de Johansson 29

6.3.4. Preferencia de hospedero 30
6.3.5. Estado de protección de las especies de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. 31
VII. RESULTADOS 32
7.1. Riqueza y composición florística 32
7.2. Curvas de acumulación de especies 41
7.3. Similitud entre tipos de vegetación 42
7.4. Distribución vertical por zonas de Johansson 44
7.5. Preferencia de hospedero (forófito) 50
7.6. Estado de protección de la flora epífita vascular de la RE Sierra de Otontepec 54
VIII. DISCUSIÓN 56
8.1. Riqueza y composición florística 56
8.2. Curvas de acumulación de especies 64
8.2. Similitud entre los tipos de vegetación 64
8.4. Distribución por estratos verticales y preferencia de hospedero 66
8.5. Especies bajo estatus de protección 69
IX. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS DEL TRABAJO 72
XI. BIBLIOGRAFÍA 75
XII. ANEXOS 90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Criterios para la selección de hospederos (Viccon, 2009). 25

Cuadro 2. Categorías de riesgo de las especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 31

Cuadro 3. Comparación de la riqueza de epífitas vasculares en la Sierra de Otontepec basada en estudios previos con datos del presente estudio. 32

Cuadro 4. Inventario florístico de epífitas vasculares de la Sierra de Otontepec, mostrando presencia (1) o ausencia (0) de especies en vegetación de acahual (AC), bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP). Categoría: Hem= Hemiepífita; Fac= Facultativa; Hol= Holoepífita. Nomenclatura basada en Mikel y Smith (2004), para helechos y trópicos.org (2015), para angiospermas. Nom-059: A= Amenazada. 33

Cuadro 5. Especies adicionadas como nuevos registros para la Sierra de Otontepec..... 35

Cuadro 6. Esfuerzo de muestreo con el estimador ICE a 95 % de confianza, por tipo de vegetación en la RE Sierra de Otontepec. 41

Cuadro 7. Preferencia de epífitas vasculares para las zonas de Johansson en los hospederos basada en X^2, en la vegetación de BMM en la RE Sierra de Otontepec..... 46

Cuadro 8. Preferencia de epífitas vasculares sobre los estratos verticales de Johansson en los hospederos basada en X^2, en la vegetación de BTP en la RE Sierra de Otontepec. 48

Cuadro 9. Preferencia de epífitas vasculares sobre los estratos verticales según Johansson en los hospederos basada en X^2, en la vegetación de acahual en la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec. 49

Cuadro 10. Valor de Importancia de las especies de árboles muestreados en los tres tipos de vegetación estudiados (BMM, BTP y AC), en la Reserva Ecológica, Sierra de Otontepec..... 50

Cuadro 11. Riqueza de epífitas y valor de importancia (VI) de los forófitos muestreados en las parcelas de cada tipo de vegetación (BTP, BMM, AC)..... 51

Cuadro 12. Especies de epífitas vasculares cuya abundancia y distancia de X^2 y $P< 0.05$, refleja la preferencia por algún hospedero..... 52

Cuadro 13. Comparación florística entre muestreos en vegetación similar de municipios del centro y sureste de Veracruz basada en el Índice de Biodiversidad (IB). BTP= Bosque Tropical Perennifolio; AC= Acahual; BMM= Bosque Mesófilo de Montaña. 58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec" (Fuente: SEDESMA-CGMA-Gobierno del Estado de Veracruz 2007). 13

Figura 2. Microlocalización de la Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec" (SEDESMA-CGMA-Gobierno del Estado de Veracruz 2007). 14

Figura 3. Suelos presentes en el ANP Sierra de Otontepec. Fuente: elaborado con datos de INEGI, 2001. 16

Figura 4. Climas del ANP Sierra de Otontepec. Fuente: elaborado con datos de INEGI, 2001. 17

Figura 5. Cuencas hidrológicas del ANP Sierra de Otontepec. Fuente: elaborado con datos de INEGI 2001. 18

Figura 6. Vista panorámica de la Sierra de Otontepec desde el municipio de Tancoco (Fotografía de E. R. Pérez Lugo). 19

Figura 7. Bosque mesófilo de montaña de la Sierra de Otontepec (Fotografía de E. R. Pérez Lugo)..... 20

Figura 8. Vegetación representativa del bosque tropical perennifolio en la Sierra de Otontepec (Fotografía de E. R. Pérez Lugo)..... 21

Figura 9. Vegetación representativa del acahual (Fotografía de E. R. Pérez Lugo). 22

Figura 10. Vegetación y uso de suelo de la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec y sitios de muestreo. Fuente: elaborados con datos de INEGI 2001. 23

Figura 11. Subdivisión del árbol en zonas verticales según Johansson (1974); modificado por ter Steege y Cornelissen (1989). Muestreo vertical de arboles usando la técnica de una sola cuerda con equipo modificado de alpinismo (Perry 1978). 26

Figura 12. Familias de epífitas vasculares con mayor representatividad en riqueza de especies y géneros en la RE Sierra de Otontepec..... 37

Figura 13. Riqueza florística por parcela entre los tres tipos de vegetación muestreados en la RE Sierra de Otontepec, basada en la desviación estándar (SD). Tipos de vegetación: acahual (AC), bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP)..... 37

Figura 14. Número de especies por familia de epífitas vasculares en los tipos de vegetación: acahual (AC), bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP) en la RE Sierra de Otontepec. 38

Figura 15. Diagrama de Venn mostrando el número de especies compartidas entre las comunidades: acahual (AC), bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP), en la RE Sierra de Otontepec. ... 39

Figura 16. Clasificación de epífitas vasculares en la RE Sierra de Otontepec de acuerdo a las categorías según Zotz y Andrade (2002)..... 40

Figura 17. Curvas de acumulación de especies de epífitas vasculares por tipo de vegetación en la RE Sierra de Otontepec con el valor estimado (ST) por ICE (95 % de confianza). 42

Figura 18. Índice de similitud de Jaccard entre la vegetación de acahual (AC), bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP), en la RE Sierra de Otontepec. 43

Figura 19. Coeficiente de similitud Bray-Curtis basado en la composición de especies entre tipos de vegetación: acahual (AC), bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP). La elipse representa el intervalo de confianza 95% para cada grupo. 44

Figura 20. Distribución de las epífitas vasculares por estratos verticales según Johansson en la RE Sierra de Otontepec. 45

Figura 21. Epífitas vasculares con mayor incidencia en los estratos verticales según Johansson, en vegetación de BMM en la RE Sierra de Otontepec. 46

Figura 22. Epífitas vasculares con mayor incidencia en los estratos verticales según Johansson, en vegetación de BMM en la RE Sierra de Otontepec. 47

Figura 23. Epífitas vasculares con mayor incidencia en los estratos verticales por zonas de Johansson, en vegetación de AC en la RE Sierra de Otontepec..... 49

Figura 24. Riqueza de epífitas vasculares por forófitos, mostrando la altura y valor de importancia (VI) de cada especie de forófito. 52

Figura 25. Distribución de *Prosthechea mariae* (Fuente: The Global Biodiversity Information Facility: GBIF Backbone Taxonomy, 2013-07-01. Accessed via http://www.gbif.org/species/2793976 on 2014-06-22). 54

Figura 26. Distribución de *Huperzia dichotoma* (Fuente: The Global Biodiversity Information Facility: GBIF Backbone Taxonomy, 2013-07-01. Accessed via http://www.gbif.org/species/2793976 on 2014-06-22). 55

RESUMEN

Las plantas epífitas desempeñan un papel fundamental en la dinámica de comunidades al ofrecer una gran variedad de recursos, sin embargo, son muy vulnerables a la deforestación y fragmentación de hábitat. Este estudio describe la riqueza, composición y distribución vertical de las epífitas vasculares de la Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec, Veracruz. Se seleccionaron parcelas temporales de 20x20 en vegetación de bosque mesófilo de montaña (BMM), bosque tropical perennifolio (BTP) y acahual derivado del bosque tropical perennifolio (AC), donde se realizó el inventario florístico y el muestreo por estratos verticales basado en el método de Johansson (1974). Se registraron 53 especies en 30 géneros y 11 familias para un total de 98 taxa, de las cuales 30 son nuevos registros para la Sierra de Otontepec y la región. El grupo más diverso fue el de las Pteridofitas (28 %) seguido de la familia Orchidaceae (28 %); Bromeliaceae (17 %), Araceae (11%) y Piperaceae (11 %). La vegetación con mayor riqueza de epífitas fue el BTP con 35 especies, seguido del BMM con 23 y el AC con 19. Las similitudes florísticas entre los tres tipos de vegetación no fueron significativas ($P=0.070$), sin embargo se mostró mayor afinidad entre el BTP y el AC. La distribución vertical de las epífitas sobre los árboles mostró que estas crecen principalmente en las zonas intermedias del dosel (Z3-Z4), predominando las pteridofitas en todos los estratos. En la preferencia de hospedero solo cuatro especies mostraron valores significativos ($P<0.05$). Dos especies fueron reportadas bajo la categoría de Amenazada (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Prosthechea mariae* y *Huperzia dichotoma.* La fuerte disminución de especies en los fragmentos de acahuales es un indicativo del efecto de perturbación sobre su riqueza, por lo que se necesita formular esquemas de conservación que resulten efectivas para evitar la extinción local de estas especies.

I. INTRODUCCIÓN

En los bosques del mundo existen más de 27,500 especies con hábito epífito que forman aproximadamente el 9 % de las plantas vasculares (Zotz 2013). Por su gran riqueza de especies sobre todo en los bosques húmedos tropicales (Krömer *et al*. 2005), las epífitas vasculares son responsables, en gran parte, que estos contengan la diversidad biótica más alta por unidad de área de todos los sistemas continentales conservados (Rzedowski 1996, Granados-Sánchez *et al.* 2003).

La adaptación a ambientes muy particulares y la especificidad de los forófitos u hospederos son básicos en la estructura de un bosque y de los procesos fundamentales, tanto en lo que se refiere a la riqueza de especies y su biomasa (Gentry y Dodson 1987, Hofstede *et al.* 1993, Krömer *et al.* 2005), como a su función en los ciclos de agua, nutrientes y la productividad de los mismos (Zotz y Andrade 2002, Hietz 2010).

Las epífitas desempeñan un papel fundamental en la dinámica de comunidades al ofrecer una gran variedad de nichos y recursos aprovechados por diversos grupos de animales (Nadkarni 1994, Ceja-Romero *et al.* 2008).

La distribución de una especie epífita está confinada a una zona climática en particular y a un tipo de bosque (Benzing 1990), a su vez dentro del bosque la distribución vertical de la planta depende del microhábitat dado por la estructura y

porosidad de la corteza del forófito (Triana-Moreno *et al.* 2003, Krömer *et al*. 2007 a, b).

Las epífitas son elementos diversos e importantes de los bosques tropicales, pero como organismos del dosel son muy vulnerables a la deforestación y fragmentación (Barthlott *et al*. 2001, Wolf y Flamenco 2005, Krömer *et al.* 2007 b, Flores-Palacios y García-Franco 2008, Köster *et al.* 2009). Este grupo de plantas se ve afectado por una combinación de los cambios de uso de suelo y la recolección ilegal que puede causar su erradicación local o extinción (Flores-Palacios y Valencia-Díaz 2007, Krömer *et al.* 2014, Armenta-Montero *et al.* 2015).

Una de las acciones que se realizan a nivel nacional e internacional para la conservación de la biodiversidad, es la creación de Áreas Naturales Protegidas (ANP). Sin embargo, estas acciones no son suficientes si no se acompaña de la investigación científica (Mass *et al*. 2010), como es el caso del ANP Sierra de Otontepec, creada bajo la categoría de Reserva Ecológica, la cual es de competencia Estatal (SEDESMA 2007), en la que recientemente se desarrollan diversos estudios de investigación de flora y fauna, así como de procesos ecológicos como son los servicios ambientales.

Por lo tanto, el presente estudio es una contribución al conocimiento de la biodiversidad de la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec, enfocado a caracterizar la riqueza, composición y distribución de las epífitas vasculares en la reserva, el cual servirá de base para formular nuevos esquemas de conservación.

II. ANTECEDENTES

2.1. Generalidades de las epífitas

Dentro de las formas de vida vegetal, un caso especialmente interesante es el de las epífitas, grupo de plantas que han abandonado el hábito terrestre y se han adaptado a vivir sobre otras plantas (Ceja-Romero *et al.* 2008). Entre ellas encontramos musgos, líquenes, helechos, orquídeas, aráceas, bromeliáceas, cactáceas y representantes de muchas otras familias de plantas vasculares (Sutton *et al.* 1983, Zotz 2013).

El hospedero o “forófito” sobre el que crece una epífita es utilizado sólo como soporte sin recibir más daño que el que pueda provocar su abundancia dentro de su ramaje; por tanto, una epífita difiere de una planta parásita en que esta última obtiene agua y nutrientes del hospedero (Granados-Sánchez *et al*. 2003).

Benzing (1990), clasifica a las epífitas en dos categorías de acuerdo a su establecimiento durante su ciclo de vida en el forófito. Las divide en autótrofos; cuando no extraen nutrientes de la planta hospedera y heterótrofas o parásitos; cuando las plantas subsisten directamente del xilema y, a veces reciben una parte sustancial del suministro de carbono.

Para este estudio solo se consideran plantas autótrofas, las cuales se dividen en cuatro subcategorías: accidental, facultativa, hemiepífitas, holoepífitas o epífitas verdaderas (Zotz y Andrade 2002; Ceja-Romero *et al*. 2008).

Las epífitas accidentales son aquellas en las cuales más del 95% de sus individuos son terrestres pero ocasionalmente algunos crecen y maduran sobre un forófito.

Las epífitas facultativas son aquellas cuyos individuos pueden desarrollar su ciclo de vida completo ya sea en el suelo o sobre otra planta.

Las hemiepífitas son aquellas plantas que crecen sobre el forófito, manteniendo una conexión con el suelo durante o en alguna etapa de su ciclo de vida.

Las epífitas verdaderas (holoepífitas), son aquellas especies en las que más del 95% de sus individuos son epífitos, es decir, que pasan su ciclo de vida completo sobre el forófito, sin estar en contacto con el suelo.

2.2. Diversidad y distribución de las epífitas

La diversidad de epífitas vasculares en bosques tropicales se explica en una escala local por la diversidad de microambientes y la estructura de los hospederos o forófitos, es decir, un mosaico físico que provee el medio adecuado para su crecimiento (Martínez-Meléndez *et al.* 2008). Por ejemplo, los gradientes

microclimáticos (velocidad del viento, temperatura, humedad, la luz y el déficit de presión de vapor) desde la parte superior del dosel hasta la base del árbol, pueden proporcionar una serie de nichos que logran ser explotados por diferentes especies o comunidades (Benzing 1995, Hietz y Briones 1998).

Las variaciones en el tamaño de las ramas, la posición, la inclinación y la composición de la cubierta del suelo que se acumula en ellos pueden producir una diversidad adicional en el hábitat que las epífitas colonizan (Benzing 1990).

La riqueza de especies está ampliamente relacionada con los patrones de distribución de las epífitas, que por lo general responden a la disponibilidad de luz y a la disponibilidad de agua en el ambiente en que se desarrollan (Zotz y Hietz 2001). Por ejemplo, se ha demostrado que uno de los patrones de distribución de las epífitas presenta una evidente disminución tanto en número de especies como en la abundancia de individuos hacia hábitats más secos (Gentry y Dodson 1987).

La distribución de las epífitas varía desde el nivel del mar hasta los 4,000 m, cambiando su diversidad y composición en un gradiente altitudinal (Benzing 1990, Krömer *et al*. 2005). Se ha demostrado que el número de especies aumenta linealmente a lo largo de un gradiente altitudinal hasta elevaciones medias para luego declinar hasta mayores alturas (curva en forma de campana), principalmente de orquídeas y helechos, mientras que las aráceas presentan una disminución de especies a medida que la altitud se incrementa (Krömer *et al*. 2005, Krömer *et al*. 2007b).

La distribución vertical sobre los hospederos o forófitos se estudia generalmente por el método de distribución Johansson (Ter Steege y Cornelissen 1989, Krömer *et al.* 2007a, Zotz 2007), el cual divide al forófito en cinco zonas verticales desde la parte basal del tronco hasta la punta de las ramas (Johansson 1974) considerando que los gradientes altitudinales del bosque presentan una variación de los parámetros climáticos (humedad, temperatura, intensidad de luz, velocidad del viento y evaporación), que condicionan el establecimiento de epífitas en diversos sitios del árbol hospedero (Gentry y Dodson 1987, Zotz y Andrade 2002).

El epifítismo es responsable de una parte significativa de la diversidad de los bosques húmedos tropicales, ya que localmente pueden constituir hasta el 50 % del total de especies vasculares (Kelly *et al*. 1994, Kersten y Silva 2001, Granados-Sánchez *et al*. 2003). La alfa diversidad y abundancia de epífitas, tanto de plantas vasculares (p. ej. orquídeas, bromelias, aráceas, helechos) y no-vasculares (p. ej. musgos, hepáticas, líquenes), es una de las características más llamativas de la selva húmeda tropical de tierras bajas y de los bosques montanos (Gentry y Dodson 1987, Hofstede *et al.* 1993, Krömer *et al.* 2005).

Se han registrado 73 familias de plantas epífitas vasculares con especies epífitas, al menos 912 géneros incluyen una especie epífita y hay más de 27, 500 especies con hábito epífito que forman aproximadamente el 9 % de las plantas vasculares (Zotz 2013). Muchas de ellas representan especies aisladas o géneros en familias de otros hábitos terrestres; sin embargo, en sólo cuatro familias, Orchidaceae,

Araceae, Bromeliaceae y Piperaceae, así como en el grupo de las Pteridofitas, se encuentran más del 80 % de las especies de epífitas (Kress 1986, Gentry y Dodson 1987, Zotz 2013).

En México, las epífitas son uno de los componentes más atractivos e interesantes de selvas y bosques. De forma preliminar se han registrado para el país cerca de 1,207 especies, distribuidas en 37 familias y 174 géneros (Aguirre-León 1992). Posteriormente, Wolf y Flamenco (2003), registraron 1,173 especies solo para el estado de Chiapas, incrementando esta cifra a 1,377 especies epífitas estimadas para esta entidad. Datos más actuales, indican que en México existen aproximadamente 1,650 especies de angiospermas epífitas (Espejo-Serna 2014), además de 1,008 especies y 16 subespecies de helechos y licopodios (Mickel y Smith 2004).

En Veracruz existen al menos 604 especies de plantas epífitas, de las cuales, se han registrado para el centro al menos 297 especies de epífitas (Flores-Palacios *et al.* 2011), de las cuales se han reportado de 101 a 104 especies de epífitas vasculares en fragmentos de bosque mesófilo y 89 especies en cafetales de sombra (Flores-Palacios y García-Franco 2001, Hietz 2005). Así, los árboles de sombra en cafetales han resultado ser un elemento crítico para el mantenimiento de la comunidad de plantas epífitas en estos agroecosistemas (Castillo-Campos *et al.* 2005, García-Franco y Toledo-Aceves 2008, Toledo-Aceves *et al.* 2012). Sin embargo, las comunidades de epífitas en los cafetales son más homogéneas que

en el bosque mesófilo (Hietz 2005) y albergan menos especies de orquídeas y helechos, que son más susceptibles a la perturbación, pero más bromelias tolerantes a condiciones de humedad reducida (Krömer *et al.* 2014).

Para la zona del Pánuco en el norte de Veracruz, se han registrado 10 especies en cinco géneros de las familias Bromeliaceae, Cactaceae y Orchidaceae en cinco géneros y 10 especies (Alanís-Méndez *et al.* 2007). En el municipio de Tuxpan se registraron 15 especies en cuatro familias (Araceae, Cactaceae, Bromeliaceae y Orchidaceae) y 13 géneros (Nolasco-Cuellar 2012).

En estudios de vegetación realizados para la Sierra de Otontepec, se han registrado especies de epífitas vasculares de Castillo-Campos y Medina (1996), quienes enlistan 28 especies de epífitas, en el Programa de Manejo de la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec por la SEDESMA (2007), se reportaron 23 especies de hábito epífito y Flores-Martínez (2008), registró 15 especies de la familia Orchidaceae, de las cuales 12 son de hábito epífito.

2.3. Importancia de las epífitas para la conservación

Las epífitas han sido usadas tradicionalmente por comunidades indígenas, principalmente en el campo, donde son recolectadas y utilizadas como plantas de ornato (Flores-Palacios y Valencia-Díaz 2007), para fines ceremoniales

(Villavicencio y Pérez 2005, Mondragón 2008, Hornung-Leoni 2011) y en el comercio local (Wolf 2005). Las propiedades fitoquímicas de algunas especies destacan en la medicina local para tratamiento de diversos padecimientos inflamatorios, renales, entre otros (Acebey *et al*. 2006, Hornung-Leoni 2011).

Las epífitas son un componente diverso de los bosques de Veracruz y su uso como recurso hortícola, ofrece una variedad de especies con potencial en el mercado (Flores-Palacios y Valencia-Díaz 2007). Sin embargo, la tendencia actual de extracción desmedida y destrucción de su hábitat, ha provocado la reducción de sus poblaciones, poniéndose en riesgo de extinción a muchas de éstas (Flores-Palacios y Valencia-Díaz 2007, Haeckel 2008, Armenta-Montero *et al*. 2015).

Por otra parte, la destrucción del bosque parece ser más severa para las epífitas vasculares que para otros grupos de plantas (Turner *et al*. 1996, Krömer *et al.* 2014). En zonas perturbadas, esta disminución de especies puede atribuirse a factores como: las características de los árboles hospederos, el microclima relativamente seco y la reducción de briofitas de hábitos epifíticos (Krömer *et al.* 2007b).

La perspectiva actual es la de un recurso amenazado y desperdiciado. Por lo tanto, la conservación y el aprovechamiento adecuado pueden incrementar el potencial que tiene este grupo de plantas, sin embargo, es necesario procurar mayor protección legal y acciones de conservación del bosque (Flores-Palacios *et al.* 2007). Estas acciones de conservación deben estar acompañadas de programas

educativos para las comunidades rurales, que implementen técnicas de cultivo rustico y propagación que ayuden a su uso sustentable.

2.4. Reserva Ecológica Sierra de Otontepec

La Reserva Ecológica Sierra de Otontepec fue decretada por el Gobierno del estado de Veracruz como Área Natural Protegida (ANP), con una superficie total de 15,152-00-00.00 hectáreas, limitada por la cota que va desde los 150 a 1,300 msnm. Dicha declaratoria entró en vigor a partir de su publicación en la Gaceta Oficial del Estado el día 2 de marzo del 2005 (Gaceta Oficial 2005).

La ANP se destaca como un instrumento estratégico para la conservación de la biodiversidad, de recursos naturales y de valores escénicos y paisajísticos, considerando que la vegetación natural en la Sierra de Otontepec se encuentra en masas altamente fragmentadas, por un lado. En esta, diversos tipos de ecosistemas coexisten y se entremezclan de manera muy dispersa o muy estrecha (SEDESMA 2007).

III. HIPÓTESIS

La pregunta central que intenta responder el presente estudio es la siguiente:

¿Cómo cambia la riqueza, composición florística y la distribución vertical de las epífitas vasculares en bosques conservados y bosques perturbados de la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec?

De lo anterior surge la siguiente hipótesis:

La riqueza, composición florística y distribución vertical de las epífitas están relacionadas con el estado de conservación de los hábitats.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Comparar la riqueza, composición florística y distribución vertical de la flora epífita vascular en la Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec”, Veracruz.

4.2 Objetivos particulares

Caracterizar la riqueza y composición florística de las epífitas vasculares en tres tipos de vegetación (bosque tropical perennifolio, bosque mesófilo de montaña y acahual derivado de bosque tropical perennifolio) de la Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec”, Veracruz.

Determinar los patrones de distribución vertical de las epífitas vasculares en tres tipos de vegetación (bosque tropical perennifolio, bosque mesófilo de montaña y acahual) de la Reserva.

Analizar el estado de protección de las epífitas vasculares con base en las categorías de riesgo listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

V. ÁREA DE ESTUDIO

5.1. Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec”

La Sierra de Otontepec se localiza en la zona norte de la entidad Veracruzana, entre las coordenadas 97°58’30’’ y 97°48’00’’ de longitud oeste, y 21°19’19’’ y 21°09’34" de latitud norte aproximadamente, comprende una superficie de 15-152-00.00 hectáreas, donde incluye los Municipios de Cerro Azul, Citlaltépetl, Ixcatepec, Tepetzintla, Chontla, Tantima, Tancoco, y Chicontepec (SEDESMA 2007) (Figura 1).

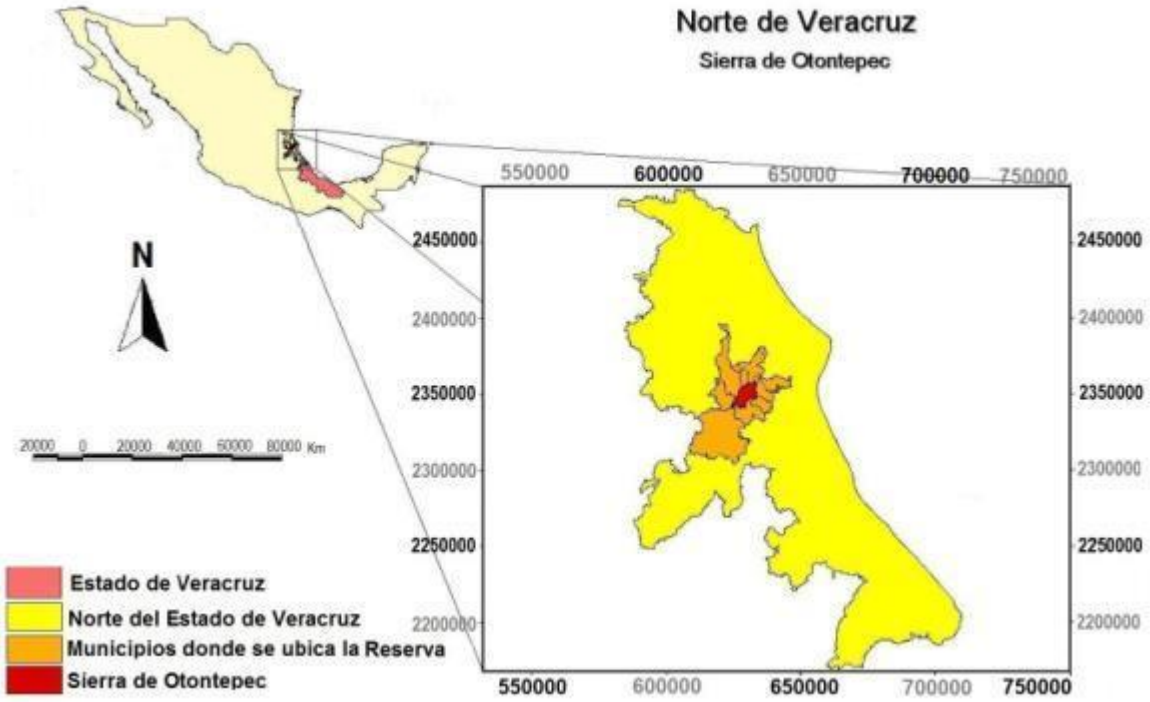

Figura 1. Localización de la Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec" (Fuente: SEDESMA-CGMA-Gobierno del Estado de Veracruz 2007).

Sus dos principales accesos son: por el noreste partiendo desde la cabecera municipal de Naranjos sobre la carretera federal No. 180, en la desviación al oeste hasta la localidad de Citlaltépetl, en el entronque sobre el camino revestido de la zona con rumbo a San Jerónimo Ixcatepec. Por la región sur, entrando por la carretera federal No.127 a Tantoyuca (Figura 2).

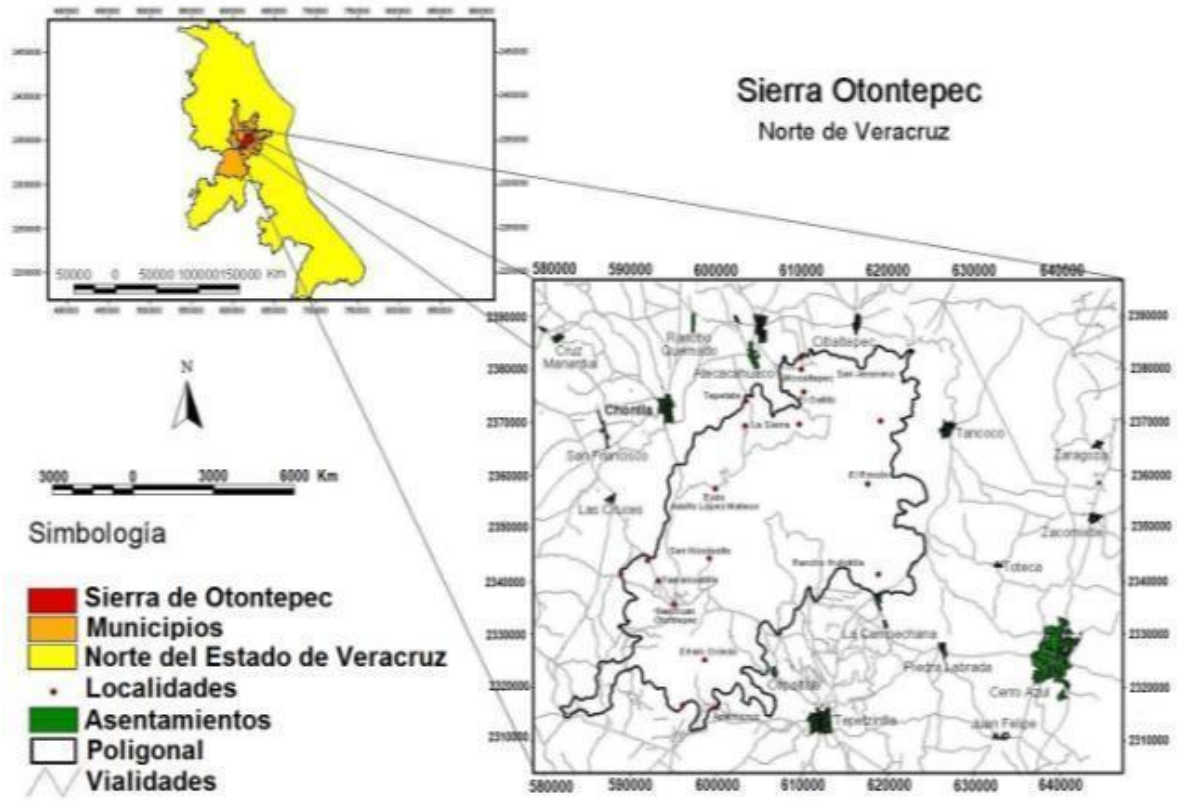

Figura 2. Microlocalización de la Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec" (SEDESMA-CGMA-Gobierno del Estado de Veracruz 2007).

5.1.1. Medio físico

La región forma parte de la provincia fisiográfica Llanura Costera del Golfo Norte. Específicamente, se encuentra dentro de la subprovincia denominada Llanuras y Lomeríos, la cual presenta algunas elevaciones aisladas (SEDESMA 2007).

La Sierra de Otontepec está conformada principalmente por basaltos, rocas ígneas extrusivas de origen terciario. Destacan como unidades geológicas, por un lado el basalto Ts(B), que representa principalmente a la secuencia lávica de la Sierra de Tantima y en la zona sureste de la reserva, una composición de rocas sedimentarias areniscas, también de origen terciario del tipo arenisca Tm (ar), constituida por litoarenitas de grano medio a fino cementadas por carbonatos.

Presenta dos tipos de suelo: regosol calcárico y cambisol crómico con altas asociaciones de litosol y luvisoles (Rc+Bk/2), con una fase física pedregosa se encuentra asociado con cambisol cálcico, mismo que constituye la etapa inicial para la formación de otros suelos (Figura 3) (Geissert-Kientz 1999).

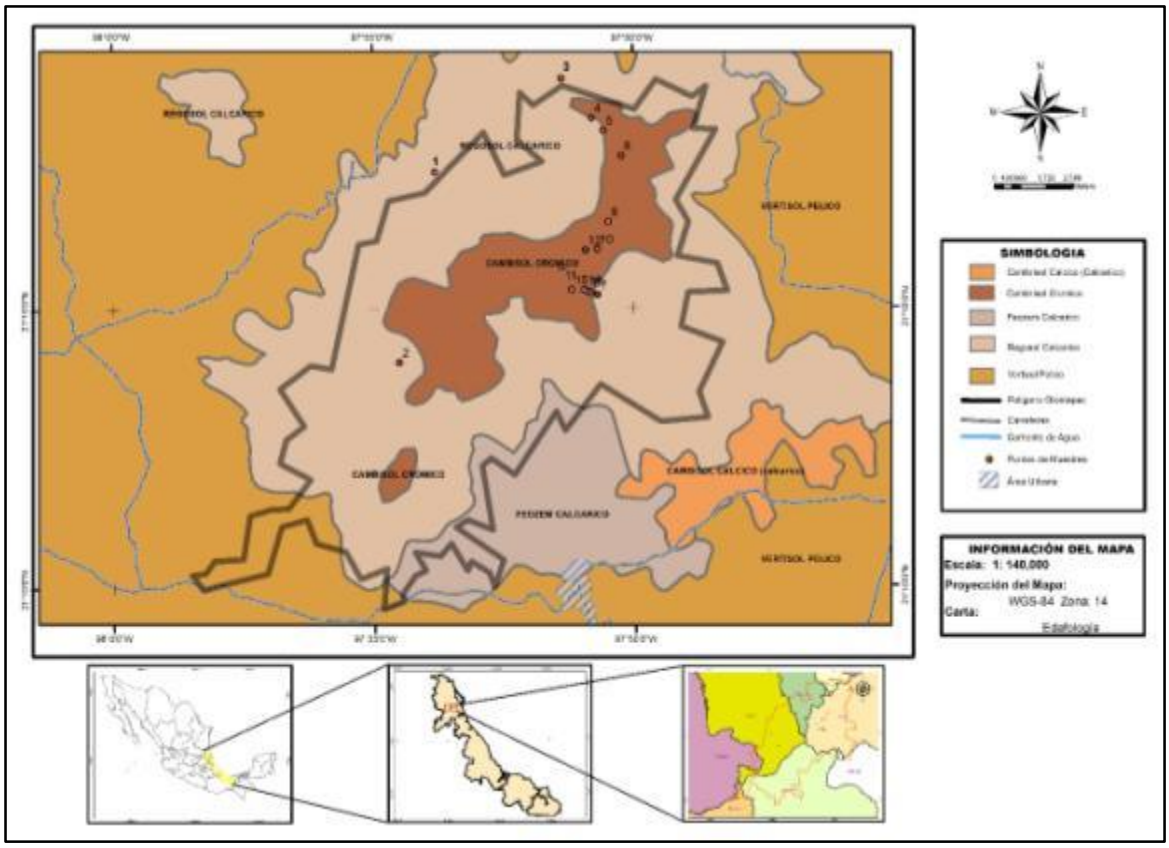

Figura 3. Suelos presentes en el ANP Sierra de Otontepec. Fuente: elaborado con datos de INEGI, 2001.

Los climas en la Sierra de Otontepec con base en la clasificación de Köppen modificado por García (1990), son: Am (cálido húmedo con abundantes lluvias en verano) con una temperatura promedio que oscila entre los 18 y los 22 °C en las partes más altas (entre los 750 y 1,320 msnm) y aumentando hasta una temperatura media de 30 °C en la cota de los 500 msnm, y clima A(w) (cálido subhúmedo con lluvias en verano), el cual tiene una distribución envolvente que rodea a la sierra en la parte baja (SEDESMA 2007, INEGI 2010) (Figura 4).

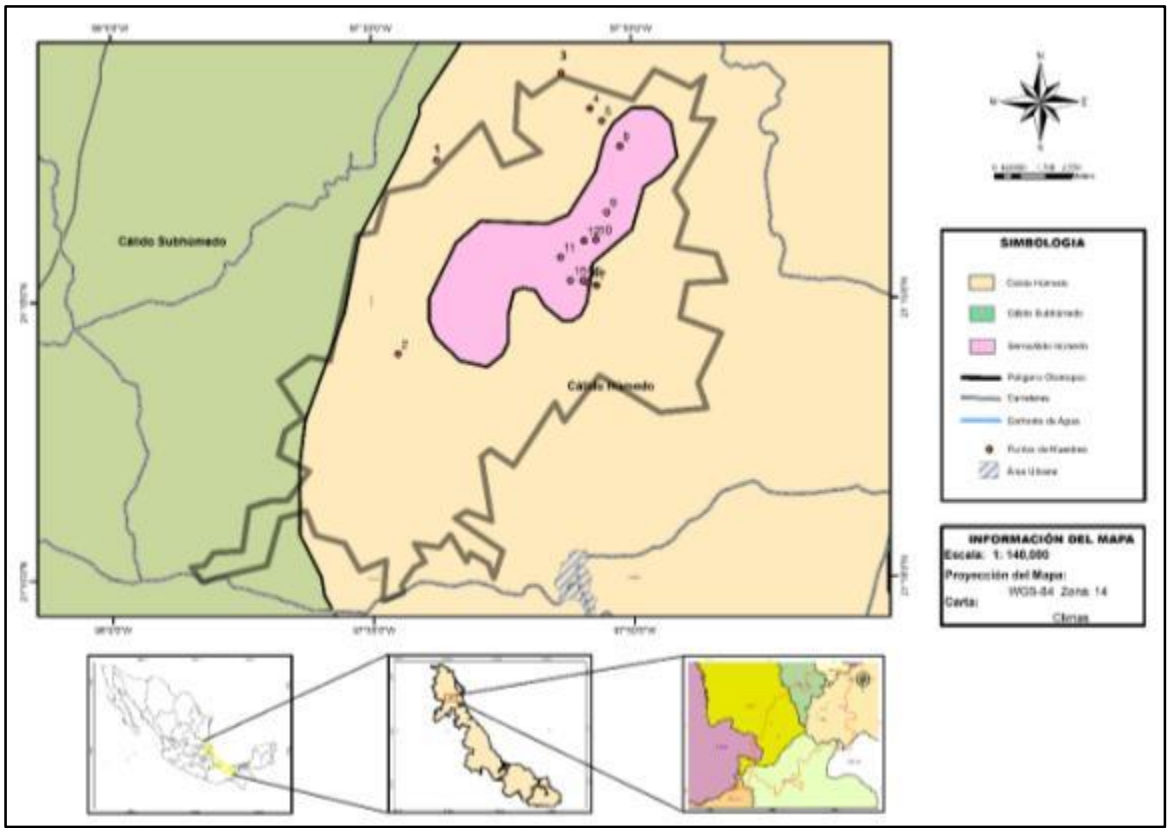

Figura 4. Climas del ANP Sierra de Otontepec. Fuente: elaborado con datos de INEGI, 2001.

Las cuencas hidrológicas principales son la Laguna de Tamiahua, Río Tuxpan y Río Pánuco y las subcuencas de Buenavista, Pantepec, La Puerta, La Potosina, Naranjos-Amatlán y parcialmente de Encarnación y Cerro Azul. Los principales ríos que se originan en la Sierra son El Tancoco, Tancochin, Buena Vista y el Otontepec, los cuales contribuyen con el abastecimiento de agua de al menos 17 municipios, de manera directa o indirecta (SEDESMA 2007) (Figura 5).

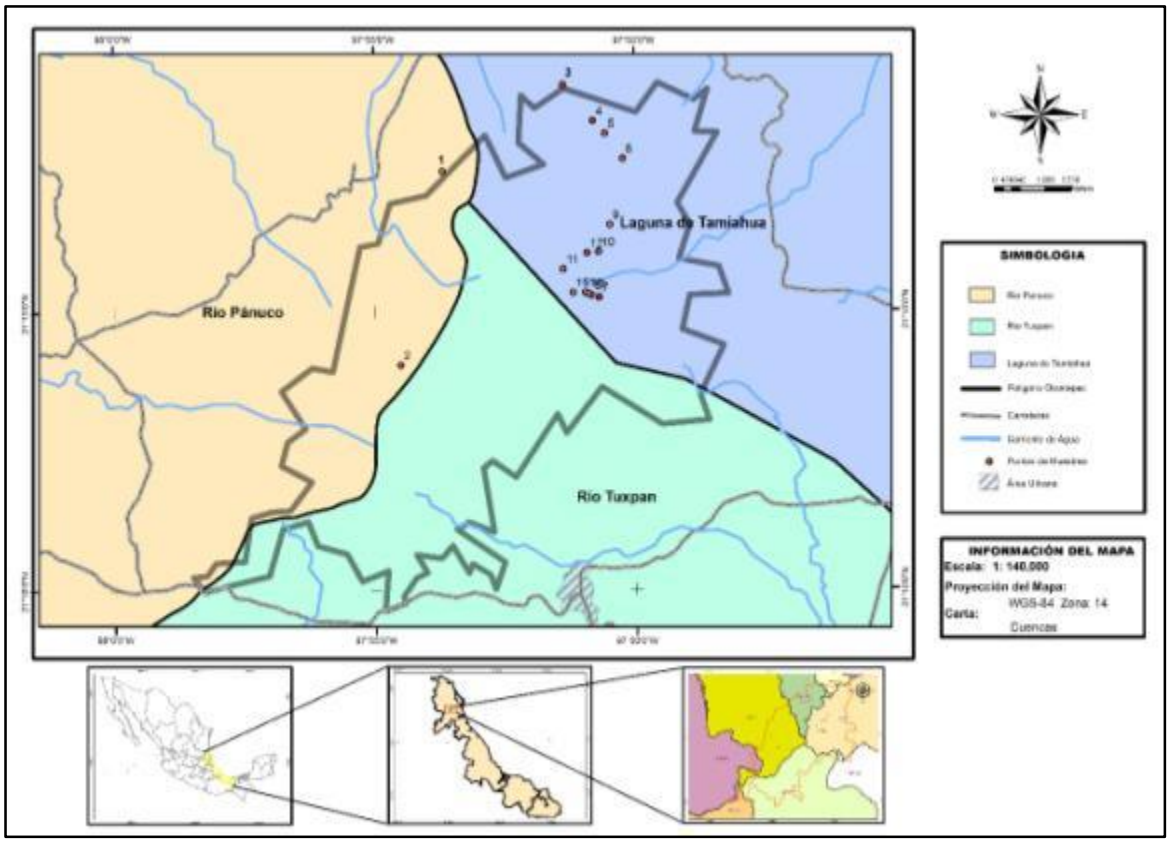

Figura 5. Cuencas hidrológicas del ANP Sierra de Otontepec. Fuente: elaborado con datos de INEGI 2001.

5.1.2. Medio biótico

La vegetación de la Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec” está representada por bosque mesófilo de montaña, bosque de encino, acahual de encino, bosque tropical perennifolio, acahual de selva mediana y zonas alteradas por las actividades agrícolas y ganaderas. Son poco representativas las áreas con cítricos (Castillo-Campos y Medina 1996; SEDESMA 2007).

De acuerdo a la descripción de la vegetación de Miranda y Hernández (1963), Puig (1976), Castillo-Campos y Medina-Abreo (1996), Rzedowski (1996) y INEGI (2001), los tipos de vegetación que predominan en el área de estudio por pisos altitudinales son: bosque mesófilo de montaña, bosque tropical perennifolio y acahuales derivados de bosque tropical perennifolio y de bosque de encino.

Figura 6. Vista panorámica de la Sierra de Otontepec desde el municipio de Tancoco (Fotografía de E. R. Pérez Lugo).

5.2. Sitios de muestreo

Se seleccionaron tres tipos de vegetación representativa de la reserva para realizar el inventario florístico y los muestreos por estratos verticales, los cuales son: bosque mesófilo de montaña, bosque tropical perennifolio y acahual derivado de bosque

tropical perennifolio, ubicando 18 parcelas en diferentes niveles altitudinales, seis parcelas por tipo de vegetación (Figura 10).

Bosque mesófilo de montaña (BMM). Este ecosistema ha pasado desapercibido entre los trabajos que han descrito las comunidades vegetales de México y en la región. Sin embargo, no solo comparte elementos florísticos con otras zonas donde se presenta este tipo de vegetación, sino que también se nota la ausencia de ciertos géneros característicos de estas comunidades vegetales como *Liquidambar, Carpinus, Ostrya, Meliosma* y *Cornus* (Castillo-Campos y Medina-Abreo 1996).

Figura 7. Bosque mesófilo de montaña de la Sierra de Otontepec (Fotografía de E. R. Pérez Lugo).

Se presenta de manera aislada en altitudes que van desde los 800 hasta los 1,300 msnm, entre en los municipios de Tepetzintla, Chontla, Citlaltepetl y Tancoco. Principalmente está dominado por *Brosimum alicastrum, Caria palmeri, Cyathea* sp., *Clethra mexicana, Conostegia* sp., *Nectandra* sp., *Nephelea mexicana, Persea*

sp., *Quercus acutifolia, Q. skinneri* y *Styrax glabrescens* (Castillo-Campos y Medina-Abreo 1996, SEDESMA 2007).

Bosque tropical perennifolio (BTP). Se caracteriza por presentar especies como: *Cedrela odorata* (cedro), *Manilkara zapota* (chicozapote) y *Bursera simaruba* (palo mulato), *Ficus mexicana, F. tecolutensis, Cupania dentata*, entre otras. Se observa desde los 400 a 800 msnm (Puig 1976, SEDESMA 2007).

Figura 8. Vegetación representativa del bosque tropical perennifolio en la Sierra de Otontepec (Fotografía de E. R. Pérez Lugo).

Vegetación secundaria o Acahual (AC). Los acahuales se conforman de sucesiones secundarias derivadas de diferentes tipos de vegetación, como son bosque tropical, bosque de encino y bosque mesófilo. En el acahual derivado de bosque tropical perennifolio las especies que dominan son asociaciones

secundarias principalmente de *Bocconia frutescens, Guazuma ulmifolia, Inga sp., Parmentiera edulis, Tecoma stans* y *Sabal mexicana* (SEDESMA 2007, Castillo-Campos y Medina-Abreo 1996). La vegetación secundaria se encuentra en pisos altitudinales que van desde los 300 hasta 600 msnm.

Figura 9. Vegetación representativa del acahual (Fotografía de E. R. Pérez Lugo).

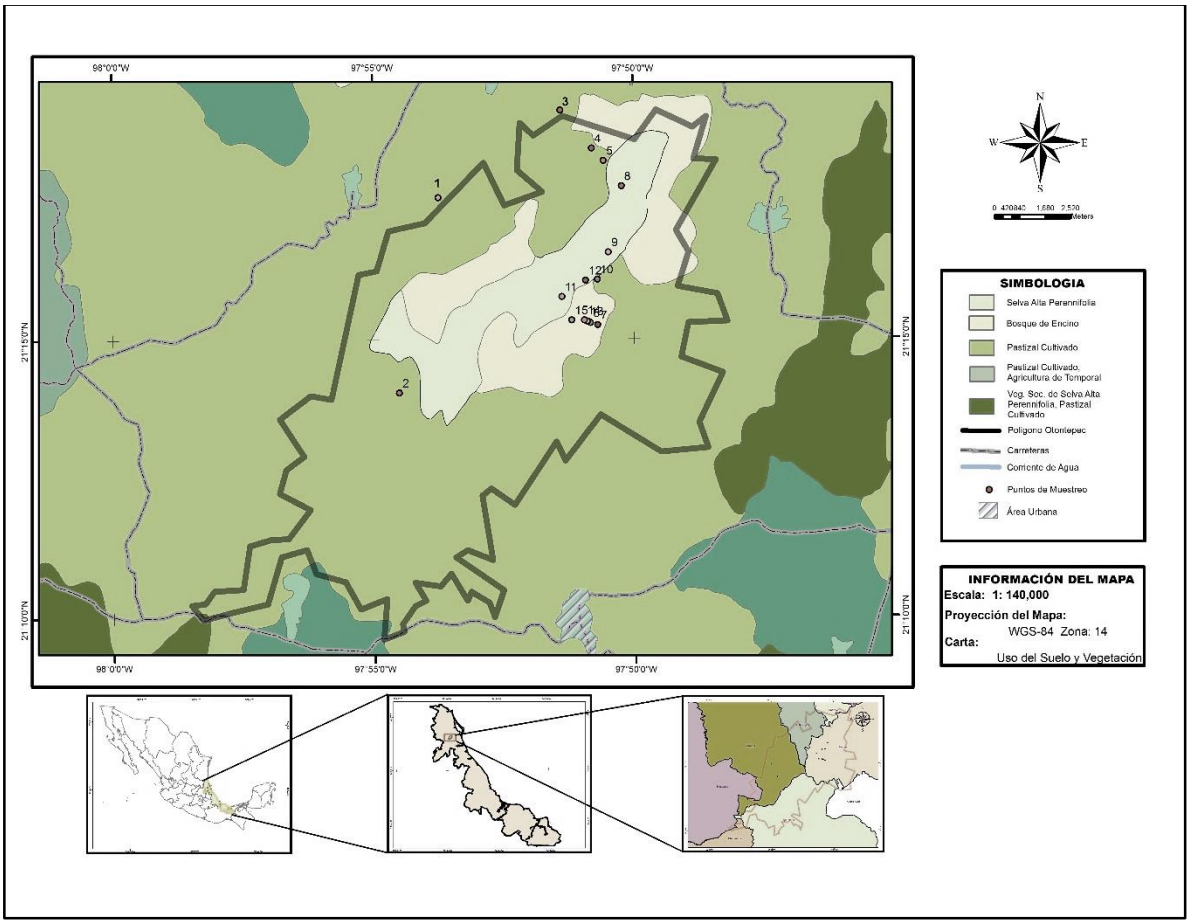

Figura 10. Vegetación y uso de suelo de la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec y sitios de muestreo. Fuente: elaborados con datos de INEGI 2001.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Métodos de muestreo

Se realizaron salidas de campo durante los meses de septiembre 2012 a noviembre de 2014 para la ubicación de los sitios donde se realizó el muestreo de epífitas vasculares por parcelas y para la caracterización de la vegetación.

El muestreo por estratos verticales está basado en el método propuesto por Gradstein *et al.* (2003), el cual consiste en el establecimiento de parcelas temporales de 20 x 20 m (400 m^2), seleccionando tres tipos de vegetación; bosque mesófilo de montaña (BMM), bosque tropical perennifolio (BTP) y acahual (AC), muestreando seis parcelas en cada uno. En total se muestrearon 18 parcelas ubicadas dependiendo de las condiciones del acceso al bosque.

Así mismo, se seleccionaron árboles de dosel maduro con una altura mayor a 15 m y un Diámetro a la Altura del Pecho (D.A.P.) mayor a 20 cm en cada parcela delimitada, en vegetación de bosque mesófilo de montaña, en bosque tropical perennifolio y acahual, muestreando desde la base hasta las partes exteriores de las copas usando la técnica de una sola cuerda con equipo modificado de alpinismo (Perry 1978) (Figura 11).

Se muestrearon un total de 18 árboles que representan a 10 especies, nueve géneros, siete familias y un taxón no identificado, con Diámetros a la Altura del Pecho (DAP) de 20-43 cm y una altura mayor a 15 m.

La selección de árboles para muestreo se basó en los siguientes criterios (Cuadro 1):

Cuadro 1. Criterios para la selección de hospederos (Viccon, 2009).

Criterio	Inclusión	Exclusión
Epífitas	Abundantes	Escasas
Altura	Mayor de 15 m	Menor de 15 m
DAP	Mayor de 20 cm	Menor de 20 cm
Resistencia	Resistente	Frágil
Arquitectura	Ramificado	Escasamente ramificada
Corteza	Rugosa	Lisa
Musgos	Presencia	Ausencia
Materia orgánica	Presencia	Ausencia

Se registraron las epífitas vasculares dentro de las cinco zonas verticales según Johansson (1974), anotando la presencia o ausencia de las especies en cada parcela de 20 x 20 m (Gradstein *et al.* 2003) y por cada estrato vertical (Flores-Palacios y García-Franco 2001, Krömer *et al*. 2007 a, Wolf *et al*. 2009).

Zona 1. Parte basal del tronco (0-2 m de altura).

Zona 2. Tronco hasta la primera ramificación y excluyendo ramas aisladas se originan en la zona del tronco.

Zona 3. Parte basal de las grandes ramas, hasta la segunda ramificación (aproximadamente una tercera rama longitud del dosel).

Zona 4. En segundo tercio de la longitud del dosel.

Zona 5. Tercio externo de la longitud de las ramas.

La siguiente figura muestra la división por zonas verticales en el forófito (Figura 11).

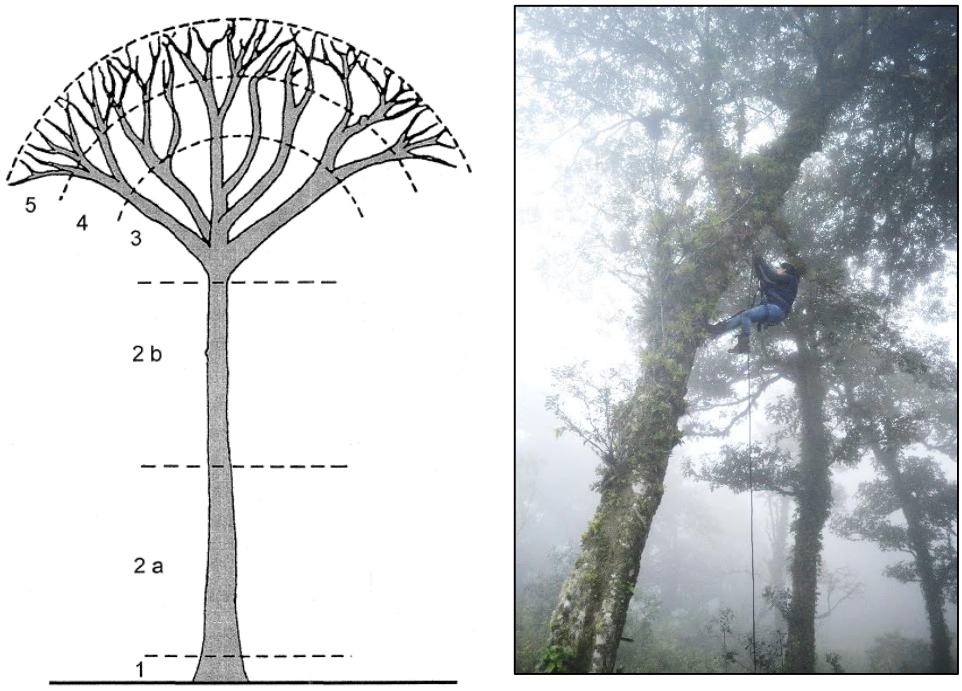

Figura 11. Subdivisión del árbol en zonas verticales según Johansson (1974); modificado por ter Steege y Cornelissen (1989). Muestreo vertical de arboles usando la técnica de una sola cuerda con equipo modificado de alpinismo (Perry 1978).

Debido a que la flora epífita en el sotobosque es diferente a la del dosel de los árboles, también se realizaron muestreos en el sotobosque de cada parcela para complementar el inventario (Gradstein *et al.* 2003, Krömer *et al.* 2007a). El sotobosque se consideró como árboles y arbustos con altura menor a 5 m.

6.2. Inventario florístico

La identificación de especies se llevó a cabo en campo mediante floras y guías ilustradas (Hietz y Hietz-Seifert 1994, Mickel y Smith 2004, Gómez-Pompa *et al*. 2010; Martínez-Meléndez *et al.* 2011). Se realizaron colectas botánicas para confirmar las identidades taxonómicas, las cuales fueron herborizadas y depositadas en el herbario del Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO), e identificadas con ayuda de especialistas en los diferentes grupos de epífitas (Dr. Thorsten Krömer, Dra. Amparo Acebey, M. en C. Daniela Vergara, M. en C. Cesar Carvajal).

Se llevó a cabo un registro fotográfico de las especies con el apoyo de una cámara de la marca Canon Power Shot S3 1s. Se elaboró una cedula para el registro de datos considerados necesarios para el análisis estadístico (Anexo 1).

6.3. Análisis de datos

6.3.1. Riqueza y composición florística

Se obtuvo una base de datos con los registros obtenidos en campo, enlistando la presencia o ausencia de epífitas vasculares por parcela, por tipo de vegetación y por zona vertical. Se realizó un análisis descriptivo con gráficas de barras para comparar la riqueza y composición florística entre parcelas y por tipos de vegetación muestreados.

Para estimar el esfuerzo de muestreo en cada parcela y por cada tipo de vegetación (diversidad α), se realizaron curvas de acumulación de especies con lo que se evaluó la eficiencia de muestreo calculada con el intervalo de confianza de 95 % para mostrar la representatividad del muestreo, mediante el programa EstimateS versión 9.0.0 (Colwell 2014).

Se comparó la riqueza de epífitas vasculares con estudios donde se utilizaron áreas de muestreos similares mediante el Índice de Biodiversidad Taxonómica (IB), definido por el número de especies dividido entre el logaritmo natural del área (Squeo *et al*. 1998, Ponce *et al*. 2002, Carvajal-Hernández *et al*. 2014).

Para comparar la riqueza por tipo de vegetación (diversidad β), se utilizó el Diagrama de Venn, denotando la similitud entre los sitios estudiados.

6.3.2. Similitud entre sitios de muestreo

Para el análisis de similitud entre las comunidades vegetales, se utilizaron dos dendrogramas (paired groups), uno basado en la distancia de Jaccard y otro en la distancia de Sørensen (Bray-Curtis) (McCune y Grace 2002). El cálculo se realizó con el programa PAST versión 3.0, utilizando un análisis de ordenación (NMDS – escalamiento multidimensional no métrico). Se excluyeron aquellas especies con una sola ocurrencia (singletons) para evitar un sesgo en las estimaciones calculadas (Bianchi y Kersten 2013, Kersten y Waechter 2011).

6.3.3. Distribución vertical por zonas de Johansson

Para determinar si las epífitas encontradas en las parcelas de muestreo tenían preferencia por algún estrato vertical (zonas verticales según Johansson 1974), se seleccionaron seis hospederos por cada tipo de vegetación, con un total de 18 árboles, en los cuales se registraron la presencia y ausencia de cada especie de epífita por cada una de las cinco zonas de Johansson (Z1-Z5). En total se analizó la distribución de 37 especies de epífitas registradas en los diferentes estratos.

Se determinó la preferencia de las epífitas entre alguna zona de Johansson (Z1-Z5) con una prueba de x^2, probando si la abundancia observada era similar a la

esperada en las especies que presentaron más de cinco incidencias en cada tipo de vegetación muestreado (Martínez-Meléndez *et al*. 2008).

Se concluyó que una especie tenía preferencia por un estrato si la distancia de x^2 y el valor de P era menor a 0.05.

6.3.4. Preferencia de hospedero

La preferencia de hospedero se determinó mediante una prueba de X^2, donde se calculó para 16 especies de epífitas que presentaron más de cinco incidencias sobre un forófito, si la distancia de X^2 mostraba diferencias significativas con un valor de P menor a 0.05. Para ponderar la abundancia de hospederos se calculó el Valor de Importancia (VI) de las 10 especies de árboles que fueron trepados y los más abundantes dentro de las comunidades vegetales muestreadas. El VI fue calculado dividiendo el número relativo de individuos y el área basal relativa entre dos (Martínez-Meléndez *et al*. 2008).

6.3.5. Estado de protección de las especies de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Para evaluar el estado de conservación de las especies presentes se revisó la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo (SEMARNAT 2012) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Categorías de riesgo de las especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Categoría	Abreviatura	Descripción
Sujetas a protección especial	**Pr**	Especies que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad
Amenazadas	**A**	Especies que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo
En peligro de extinción	**P**	Especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural
Probablemente extintas en el medio silvestre	**E**	Especies nativas de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del territorio nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban

VII. RESULTADOS

7.1. Riqueza y composición florística

El inventario florístico de la Sierra de Otontepec presentó un registro de 68 especies de epífitas vasculares con base en los estudios anteriores de Castillo-Campos y Medina-Abreo (1996), SEDESMA (2007), Flores-Martínez (2008), Muñoz-Arteaga y Rosales Cárdenas (2008) y Alanís-Méndez (2012). Sumando las especies registradas en este estudio suman un total de 98.

Cuadro 3. Comparación de la riqueza de epífitas vasculares en la Sierra de Otontepec basada en estudios previos con datos del presente estudio.

	Castillo-Campos y Medina-Abreo (1996)	SEDESMA (2007)	Alanís-Méndez *et al.* (2007)	Flores-Martínez (2008)	Muñoz-Arteaga y Rosales Cárdenas (2008)	Alanís-Méndez (2012)	Este estudio	Total
Familias	7	6	3	1	1	1	11	11
Géneros	17	13	5	10	19	19	30	42
Especies	27	22	11	13	31	29	53	99

Se muestrearon 18 parcelas con una superficie total de 0.72 ha en vegetación de bosque mesófilo de montaña, bosque tropical perennifolio y acahual derivado de bosque tropical perennifolio, registrando 45 especies de epífitas vasculares en arboles de dosel y ocho especies en sotobosque y áreas aledañas a la zona de muestreo. En total se listaron 53 especies en 30 géneros y 11 familias de epífitas vasculares (Cuadro 4).

Cuadro 4. Inventario florístico de epífitas vasculares de la Sierra de Otontepec, mostrando presencia (1) o ausencia (0) de especies en vegetación de acahual (AC), bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP). Categoría: Hem= Hemiepífita; Fac= Facultativa; Hol= Holoepífita. Nomenclatura basada en Mikel y Smith (2004), para helechos y trópicos.org (2015), para angiospermas. Nom-059: A= Amenazada.

Especie	AC	BMM	BTP	Categoría	Nom-059
Pteridofitas					
Aspleniaceae					
Asplenium sphaerosporum A.R. Sm.	0	1	1	Fac	
Dryopteridaceae					
Elaphoglossum guatemalense (Klotzsch) T. Moore	0	1	0	Hol	
Hymenophyllaceae					
Trichomanes radicans Sw.	0	1	1	Fac	
Lycopodiaceae					
Huperzia dichotoma (Jacq.) Trevis.	0	0	1	Hol	A
Huperzia pithyoides (Schldtl. & Cham.) Holub	0	0	1	Hol	
Polypodiaceae					
Campyloneurum angustifolium (Sw.) Fée	0	0	1	Fac	
Campyloneurum brevifolium (Lodd. ex Link) Link	0	0	1	Fac	
Pecluma sursumcurrens (Copel.) M.G. Price	0	1	0	Fac	
Phlebodium areolatum (Humb. y Bonpl. Ex Willd.) J. Sm.	0	1	0	Fac	
Pleopeltis polylepis (Roemer ex Kunze) T. Moore	0	1	1	Fac	
Pol*ypodium falcaria* Kunze	0	1	0	Hol	
Polypodium plebeium Schltdl. y Cham.	0	1	0	Fac	
Polypodium plesiosorum Kunze	0	1	0	Fac	
Polypodium polypodioides (L.) Hitchc.	1	1	0	Fac	
Vittariaceae					
Vittarea lineata (L.) Sm.	0	1	1	Hol	
Angiospermas					
Araceae					
Anthurium pentaphyllum (Aubl.) G. Don	0	0	1	Hem	
Monstera acuminata K. Koch	1	0	1	Hem	

Especie	AC	BMM	BTP	Categoría	Nom-059
Philodendron hederaceum (Willd.) Schott & Endl.	1	0	1	Hem	
Philodendron radiatum Schott	0	0	1	Hem	
Syngonium neglectum Schott	1	0	1	Hem	
Syngonium podophyllum Schott	1	1	1	Hem	
Bromeliacea					
Aechmea bracteata (Sw.) Griseb.	1	0	0	Fac	
Tillandsia botteri E. Morren ex Baker	0	0	1	Hol	
Tillandsia deppeana Steudel.	0	1	0	Hol	
Tillandsia juncea (Ruíz Lopez y Pavón) Poiret.	1	1	1	Hol	
Tillandsia sp. 01	0	1	0	Hol	
Tillandsia sp. 02	0	0	1	Hol	
Tillandsia sp. 03	0	1	0	Hol	
Tillandsia usneoides L.	0	0	1	Hol	
Tillandsia viridiflora Beer (Baker)	0	1	1	Hol	
Cactaceae					
Hylocereus undatus (Haw.) Britton y Rose	1	0	1	Fac	
Rhipsalis baccifera (Mill.) Stearn)	1	0	1	Hol	
Orchidaceae					
Acianthera angustifolia (Lindl.) Luer	0	0	1	Hol	
Catasetum integerrimun Hook.	1	0	0	Hol	
Dichaea neglecta Schltr.	0	1	1	Hol	
Encyclia parviflora (Regel) Withner	1	0	0	Hol	
Epidendrum ciliare Jacq.	1	0	1	Hol	
Epidendrum diffusa Sw.	1	0	0	Hol	
Epidendrum polyanthum Lindl.	1	0	0	Hol	
Isochilus unilateralis B.L. Rob.	1	1	1	Hol	
Lycaste aromatica (Graham) Lindl.	0	0	1	Hol	
Notylia barkeri Lindl.	0	0	1	Hol	
Oncidium ludirum Lindl.					
Prosthechea mariae (Ames) W.E. Higgins	1	0	0	Hol	A
Prosthechea cochleata (L.) W.E. Higgins	0	0	1	Hol	
Prosthechea livida (L.) W.E. Higgins	1	0	0	Hol	
Prosthechea sp.	0	0	1	Hol	

Especie	AC	BMM	BTP	Categoría	Nom-059
Piperaceae					
Peperomia berlandieri Miq.	0	1	1	Fac	
Peperomia glabella (Sw.) A. Dietr.	1	1	1	Fac	
Peperomia magnolifolia (Jacq.) A. Dietr.	1	0	1	Hem	
Peperomia pringlei C. DC.	0	1	0	Hol	
Peperomia san-joseana C. DC.	0	1	1	Fac	
Peperomia sp.	0	0	1	Fac	
Total	**19**	**23**	**35**		

Se adicionaron 30 especies como nuevos registros para la Sierra de Otontepec, que incluyen a cinco familias de pteridofitas: Aspleniaceae, Dryopteridaceae, Hymenophyllaceae, Lycopodiaceae y Vittariaceae, además de once géneros: *Acianthera, Anthurium, Asplenium, Campyloneurum, Elaphoglossum, Huperzia, Pecluma, Phlebodium, Pleopeltis, Trichomanes* y *Vittaria* (Cuadro 5, Anexo 2).

Cuadro 5. Especies adicionadas como nuevos registros para la Sierra de Otontepec.

Familia	Nombre científico
ARACEAE	*Anthurium pentaphyllum* (Aubl.) G. Don
	Monstera acuminata K. Koch
	Philodendron hederaceum (Willd.) Schott y Endl.
	Syngonium podophyllum Schott
ASPLENIACEAE	*Asplenium sphaerosporum* A. R. Sm.
BROMELIACEA	*Tillandsia botteri* E. Morren ex Baker
	Tillandsia sp. 01
	Tillandsia sp. 02
	Tillandsia sp. 03
CACTACEAE	*Rhipsalis baccifera* (Mill.) Stearn)
DRYOPTERIDACEAE	*Elaphoglossum guatemalense* (Klotzsch) T. Moore

Familia	Nombre científico
HYMENOPHYLLACEAE	*Trichomanes radicans* Sw.
LYCOPODIACEAE	*Huperzia dichotoma (*Jacq.) Trevis.
	Huperzia pithyoides (Schldtl. y Cham.) Holub
ORCHIDACEAE	*Acianthera angustifolia* (Lindl.) Luer
	Encyclia parviflora (Regel) Withner
	Epidendrum diffusa Sw.
	Prosthechea sp.
PIPERACEAE	*Peperomia berlandieri* Miq.
	*Peperomia magnolifolia (*Jacq.) A. Dietr.
	Peperomia pringleii C. DC.
	Peperomia sanjoseana C. DC.
POLYPODIACEAE	*Campyloneurum angustifolium* (Sw.) Fée
	Campyloneurum brevifolium (Lodd. ex Link) Link
	Pecluma sursumcurrens (Copel.) M.G. Price
	Phlebodium areolatum (Humb. y Bonpl. ex Willd.) J. Sm.
	Pleopeltis polylepis (Roemer ex Kunze) T. Moore
	Polypodium falcaria Kunze
	Polypodium polypodioides (L.) Hitchc.
VITTARIACEAE	*Vittaria lineata* (L.) Sm.

El grupo más diverso en especies y géneros fue el de las Pteridofitas con 15 especies en 10 géneros, es decir, el 28 % del total de especies registradas (53 especies), seguido de la familia Orchidaceae, con 15 especies en nueve géneros (28 % del total); Bromeliaceae con nueve especies en dos géneros (17 % del total); Araceae con seis especies en cuatro géneros (11 % del total) y Piperaceae con seis especies en un solo género (11 % del total) (Figura 12).

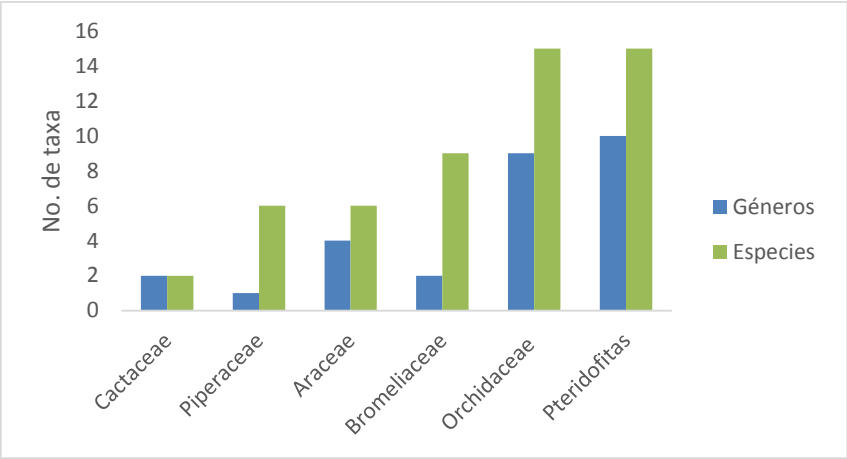

Figura 12. Familias de epífitas vasculares con mayor representatividad en riqueza de especies y géneros en la RE Sierra de Otontepec.

La vegetación que presentó mayor riqueza de epífitas fue el bosque tropical perennifolio (BTP) con un total de 10 familias, 21 géneros y 35 especies, seguido del bosque mesófilo de montaña (BMM) con 23 especies en nueve familias y 13 géneros. La vegetación de acahual (AC) registró 19 especies en seis familias y 14 géneros (Figuras 13 y 14).

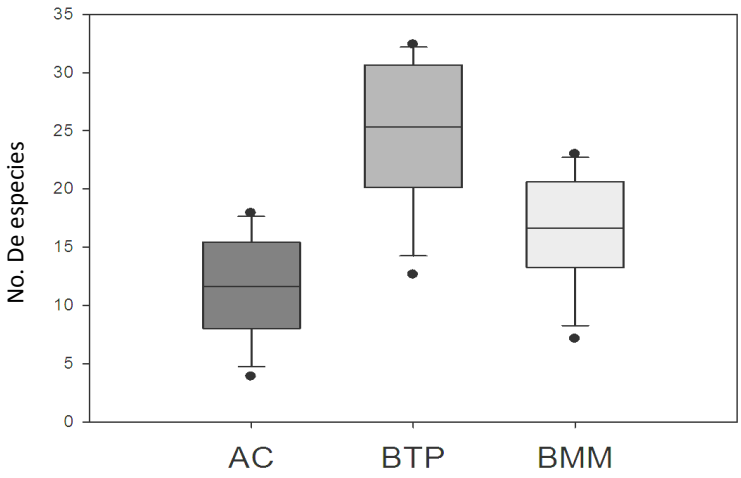

Figura 13. Riqueza florística por parcela entre los tres tipos de vegetación muestreados en la RE Sierra de Otontepec, basada en

la desviación estándar (SD). Tipos de vegetación: acahual (AC), bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP).

En el acahual, se presentó mayor riqueza de la familia Orchidaceae con el 42 % del total de especies (13), seguida de Araceae con el 21 % de las 19 especies observadas. El bosque tropical perennifolio presentó mayor riqueza de la familia Orchidaceae (26 %), seguida de Araceae (17 %), Bromeliaceae y Piperaceae (14 % cada una) de las 35 especies registradas. El bosque mesófilo estuvo mejor representado por el grupo de las Pteridofitas, principalmente por las familias Polypodiaceae (30 %), seguido de Bromeliaceae (22 %) y Piperaceae (19 %) de las 23 especies observadas (Figura 14).

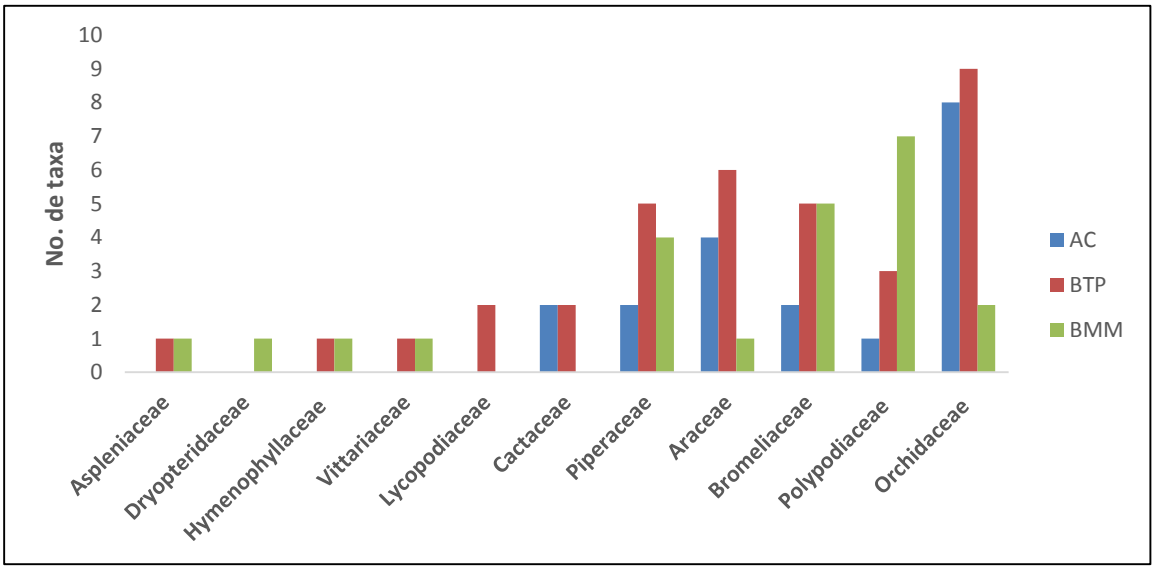

Figura 14. Número de especies por familia de epífitas vasculares en los tipos de vegetación: acahual (AC), bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP) en la RE Sierra de Otontepec.

En el acahual y bosque tropical perennifolio se presentó el 31.4 % de especies compartidas, mientras que el acahual con el bosque mesófilo solo comparten el 14 %. En el bosque mesófilo el 34.3 % de las especies se comparten con el bosque tropical perennifolio (Figura 15).

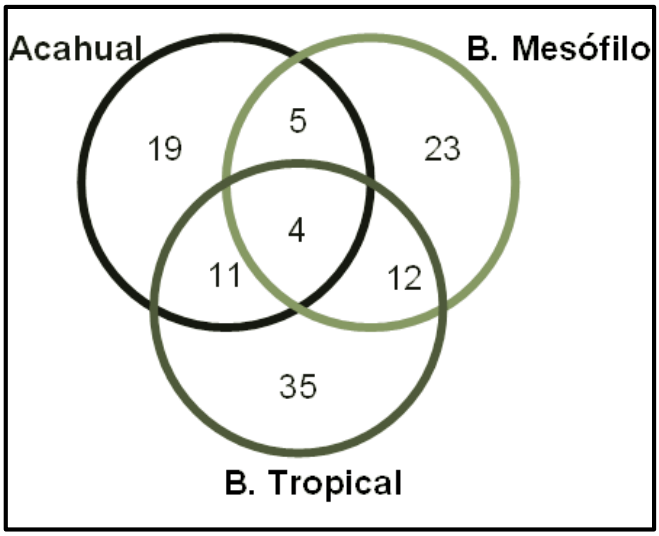

Figura 15. Diagrama de Venn mostrando el número de especies compartidas entre las comunidades: acahual (AC), bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP), en la RE Sierra de Otontepec.

Las cuatro especies que comparten los tres tipos de vegetación son: *Isochilus unilateralis, Peperomia glabella, Syngonium podophyllum* y *Tillandsia juncea*. Se registraron tres especies exclusivas, una para el bosque mesófilo del género *Elaphoglossum* (Dryopteridaceae) y dos en bosque tropical perennifolio del género *Huperzia* (Lycopodiaceae).

Con base en las categorías de clasificación para las epífitas autótrofas, se registró que el 56.6 % son holoepífitas (aquellas que todo su ciclo de vida pasan sobre su forófito), el 30.2 % corresponde a epífitas facultativas (aquellas que su ciclo de vida puede realizarse ya sea epífito o terrestre), y el 13.2 % es hemiepífita secundario (inician su desarrollo en medio terrestre y terminan en hábito epífito) (Figura 16).

Las especies de las familias Bromeliaceae, Dryopteridaceae, Lycopodiaceae, Orchidaceae y Vittariaceae fueron preferentemente holoepífitas. Las familias Polypodiaceae y Piperaceae en su mayoría presentaron especies facultativas. La familia Araceae presentó solo especies hemiepífitas (Figura 16).

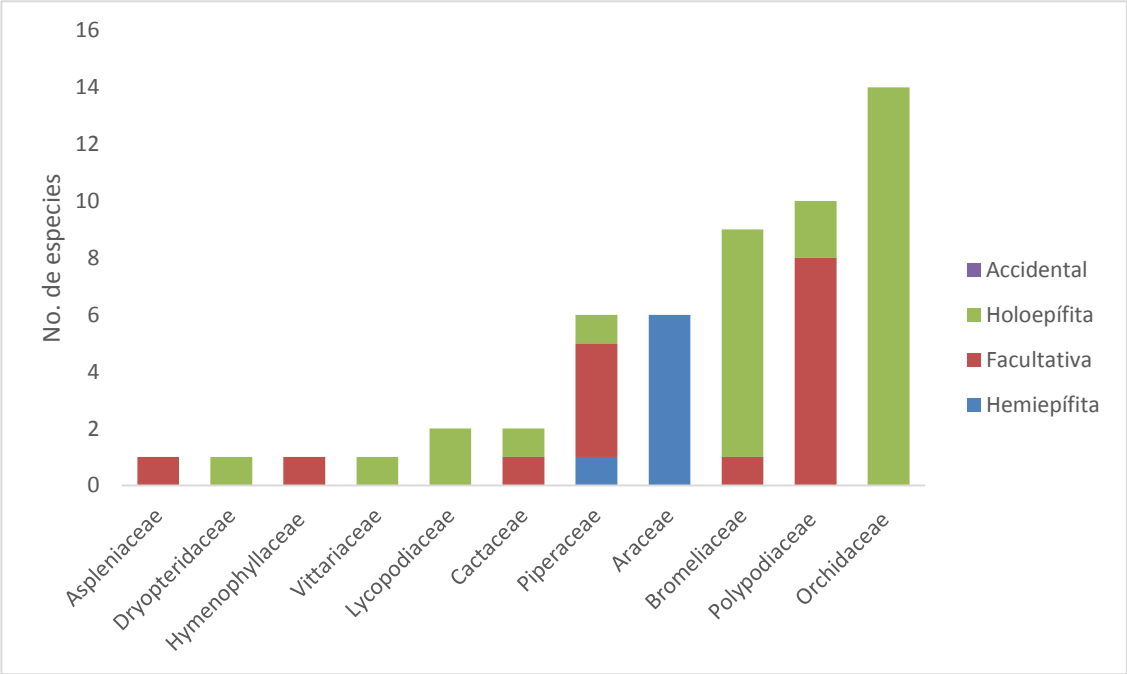

Figura 16. Clasificación de epífitas vasculares en la RE Sierra de Otontepec de acuerdo a las categorías según Zotz y Andrade (2002).

7.2. Curvas de acumulación de especies

De acuerdo a los registros obtenidos por la incidencia de epífitas vasculares en cada parcela muestreada, se obtuvieron las curvas de acumulación de especies por tipo de vegetación. En el acahual se registraron 15 especies, con las cuales se obtuvo el 83.7 % de muestreo de las 17.9 estimadas (Figura 17).

El bosque tropical perennifolio registró 29 especies, logrando el 89.5 % de eficiencia de muestreo para las 33 especies estimadas. En el bosque mesófilo de montaña se registraron 20 especies, con las cuales se obtuvo el 87 % de eficiencia de muestreo de las 23 estimadas (Cuadro 6, (Figura 17).

Cuadro 6. Esfuerzo de muestreo con el estimador ICE a 95 % de confianza, por tipo de vegetación en la RE Sierra de Otontepec.

Vegetación	Spp. acumuladas	Spp. estimadas con ICE (95 % de confianza)	Esfuerzo de muestreo (%)
BMM	20	22.98	87.0
BTP	29	32.39	89.5
AC	15	17.92	83.7

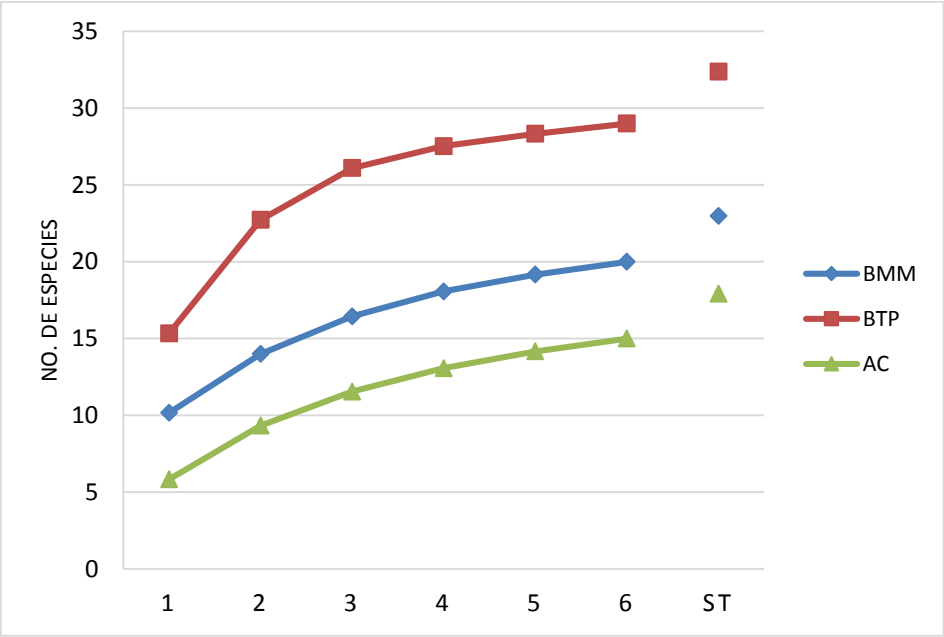

Figura 17. Curvas de acumulación de especies de epífitas vasculares por tipo de vegetación en la RE Sierra de Otontepec con el valor estimado (ST) por ICE (95 % de confianza).

7.3. Similitud entre tipos de vegetación

La composición de especies entre los tres tipos de vegetación estudiados, muestra una estructura similar entre el bosque tropical perennifolio (BTP) y el bosque mesófilo de montaña (BMM) con IJ= 0.2608, ya que comparten 12 especies. El bosque tropical perennifolio (BTP) y acahual (AC), presentaron una similitud de IJ= 0.1351 con 11 especies compartidas.

Las diferencias fueron más evidentes están entre el AC y BMM con apenas IJ=0.2558 (5 especies compartidas). Sin embargo, haciendo una comparación entre

los tres tipos de vegetación, estas diferencias no fueron significativas P=0.070 (Figura 18).

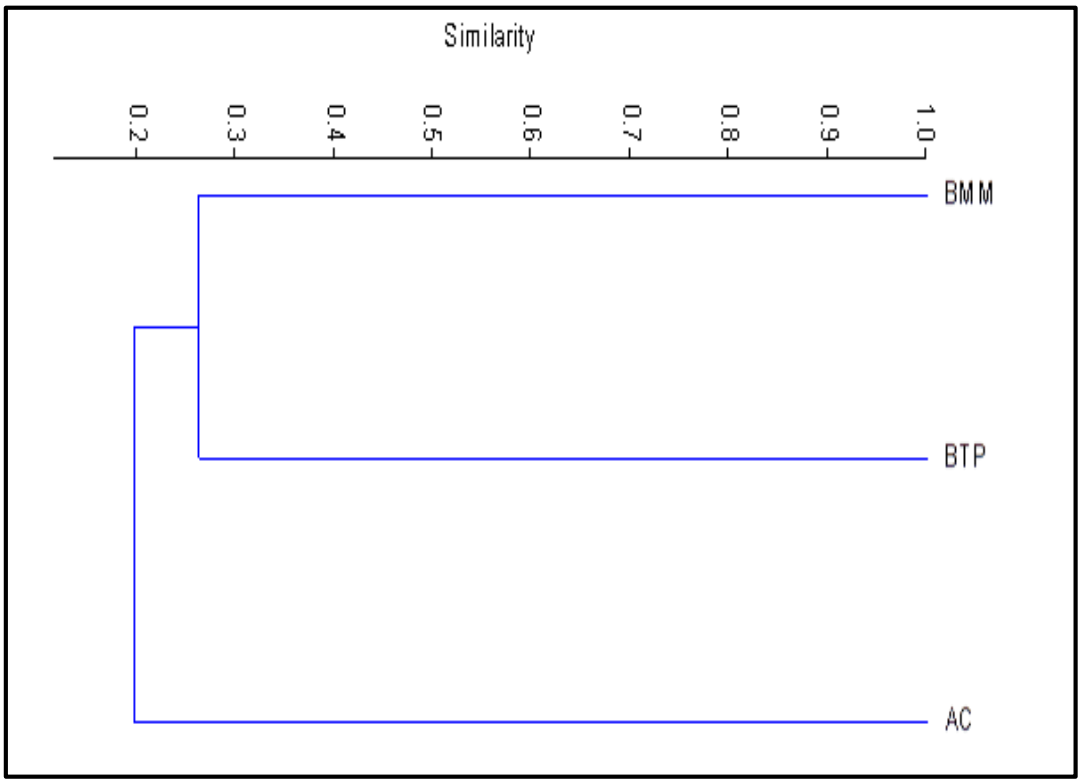

Figura 18. Índice de similitud de Jaccard entre la vegetación de acahual (AC), bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP), en la RE Sierra de Otontepec.

Las similitudes florísticas basadas en el coeficiente de Bray-Curtis, muestran mayor afinidad florística entre el AC y BTP, mientras que el BMM se observa mayor número de especies exclusivas (Figura 19).

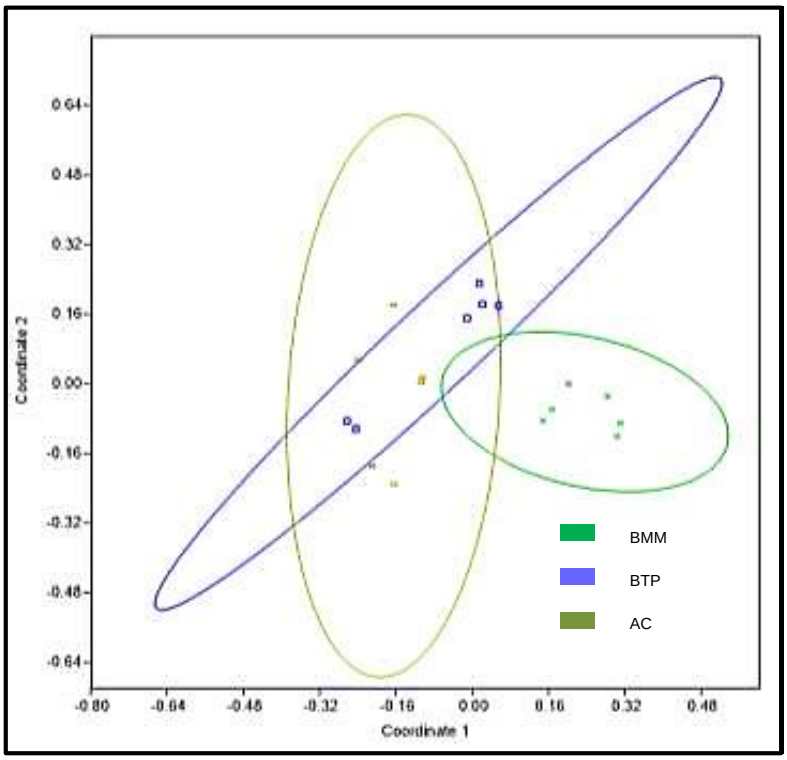

Figura 19. Coeficiente de similitud Bray-Curtis basado en la composición de especies entre tipos de vegetación: acahual (AC), bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP). La elipse representa el intervalo de confianza 95% para cada grupo.

7.4. Distribución vertical por zonas de Johansson

La distribución vertical de las epífitas sobre los árboles mostró que estas crecen principalmente en las zonas intermedias del dosel (Z3-Z4) con 29 y 25 especies respectivamente, seguida de las zonas de tronco (Z1-Z2ab) con 26 y 24 especies correspondientemente. Se registró una baja incidencia de especies en la zona de la copa exterior del árbol (Z5) con apenas 14 especies.

Las familias que predominaron en todos los estratos (desde la base hasta el dosel) con mayor número de incidencias, son las pteridofitas. Araceae predominó en las zonas Z1-Z3. La familia Bromeliaceae se encontró predominando en las zonas Z2-Z4, la familia Cactaceae presentó la mayor incidencia en la zona Z2, mientras que la familia Orchidaceae predominó principalmente en las zonas Z3, Z4 y Z1 y por último la familia Piperaceae en las zonas Z1-Z4 (Figura 20).

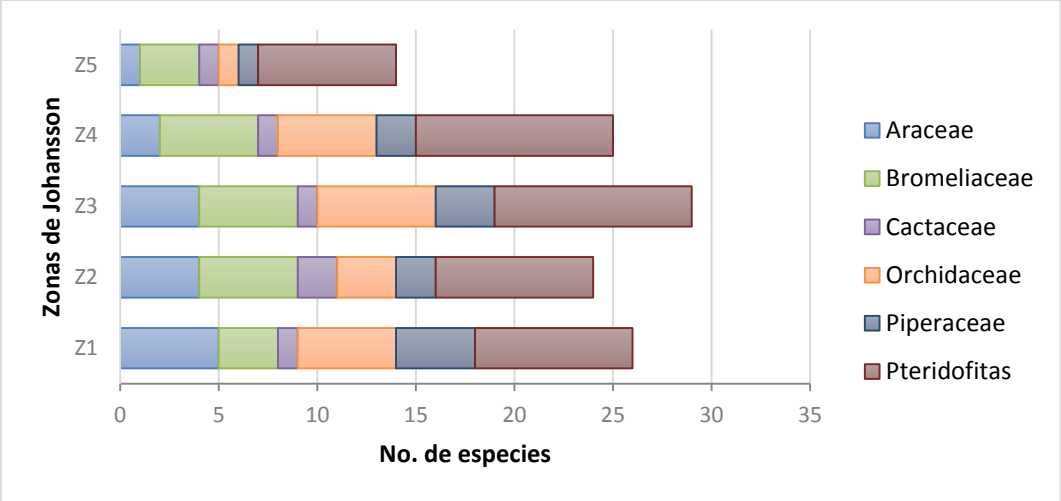

Figura 20. Distribución de las epífitas vasculares por estratos verticales según Johansson en la RE Sierra de Otontepec.

El BMM estuvo dominado principalmente por las Pteridofitas, presentando mayor incidencia en el dosel entre las zonas Z4 y Z3 de las especies *Polypodium plebeium, Pleopeltis polylepis, Plecluma sursumcurrens* y *Elaphoglossum guatemalense,* las cuales se distribuyen desde el tronco hasta el dosel del árbol (Figura 21).

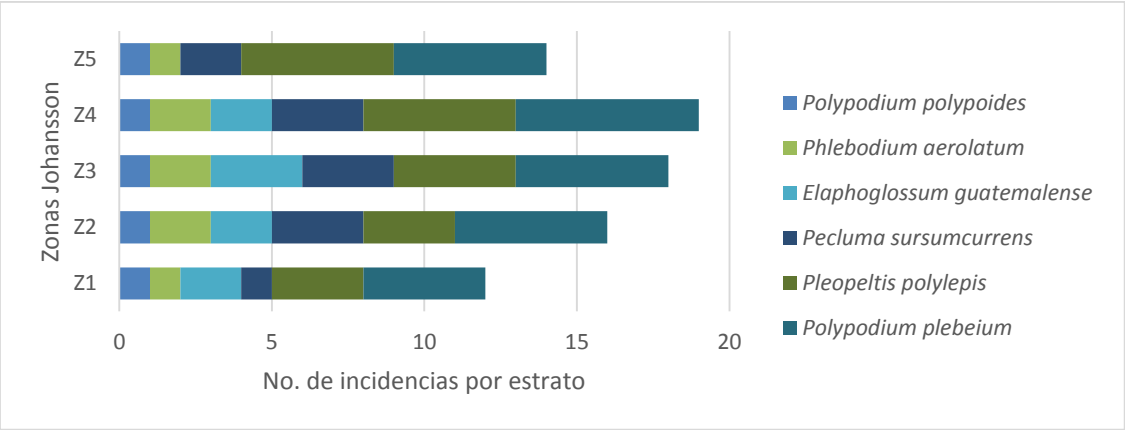

Figura 21. Epífitas vasculares con mayor incidencia en los estratos verticales según Johansson, en vegetación de BMM en la RE Sierra de Otontepec.

Con base en la distribución vertical analizado con el test de X^2, las epífitas del BMM no presentaron preferencia por alguna zona de Johansson (Cuadro 7), ya que las diferencias no fueron significativas para ninguna especie en particular (P= 0.766).

Cuadro 7. Preferencia de epífitas vasculares para las zonas de Johansson en los hospederos basada en X^2, en la vegetación de BMM en la RE Sierra de Otontepec.

ESPECIE	ZONA VERTICAL					OBS	ESP	X^2	P (diferencias /estratos)
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5				
Elaphoglossum guatemalense	2	2	3	2	0	9	1.8	2.1	0.7116
Isochilus unilateralis	0	0	1	1	1	3	0.6	1.5	0.8266
Pecluma sursumcurrens	1	3	3	3	2	12	2.4	0.8	0.9367
Peperomia sanjoseana	1	1	1	0	0	3	0.6	1.5	0.8266
Phlebodium aerolatum	1	2	2	2	1	8	1.6	0.4	0.9816
Pleopeltis polylepis	3	3	4	5	5	20	4	0.5	0.9727
Polypodium plebeium	4	5	5	6	5	25	5	0.2	0.9952
Polypodium polypoides	1	1	1	1	1	5	1	0	1
Tillandsia deppeana	0	1	1	2	0	4	0.8	2.2	0.7066

ESPECIE	ZONA VERTICAL					OBS	ESP	X^2	P (diferencias /estratos)
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5				
Tillandsia sp. 02	0	1	1	1	1	4	0.8	0.9	0.9261
Tillandsia sp. 04	0	0	0	1	1	2	0.4	1.7	0.7881
Tillandsia viridiflora	0	0	0	1	0	1	0.2	1.3	0.8557
Vittarea lineata	2	1	0	1	0	4	0.8	2.2	0.7066
Total general	**15**	**20**	**22**	**26**	**17**	**100**	**20**	**1.8**	**0.766**

En el BTP, las epífitas se presentaron con mayor frecuencia en las zonas Z3, Z2 y Z1, presentando la hemiepífita *Monstera acuminata* mayor incidencia en el tronco del hospedero. *Peperomia glabella* se encontró frecuentemente entre las zonas Z3 y Z4, sin embargo, está presente desde el tronco hasta el dosel del hospedero. *Campyloneurum brevifolium* se observó solamente en el dosel entre las zonas Z3 y Z4 (Figura 22).

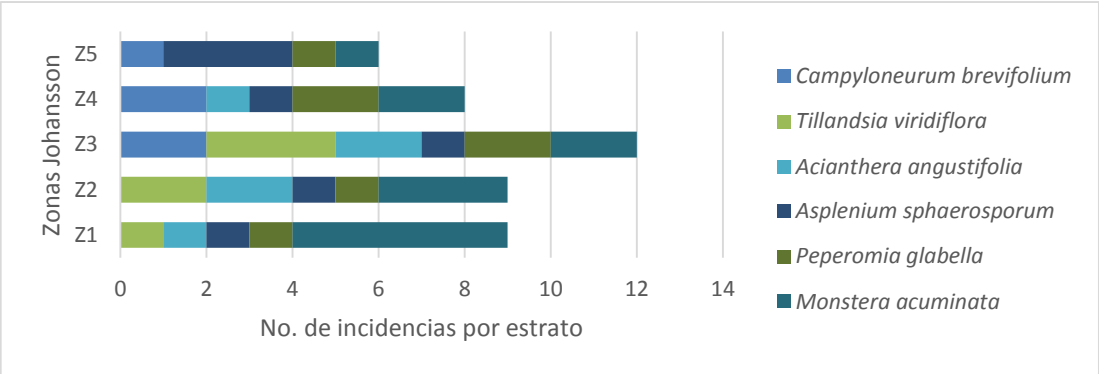

Figura 22. Epífitas vasculares con mayor incidencia en los estratos verticales según Johansson, en vegetación de BMM en la RE Sierra de Otontepec.

Las epífitas de BTP no presentaron preferencias de una zona en particular para su distribución vertical, ya que no se encontraron diferencias significativas (P= 0.4194) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Preferencia de epífitas vasculares sobre los estratos verticales de Johansson en los hospederos basada en X^2, en la vegetación de BTP en la RE Sierra de Otontepec.

ESPECIE	ZONA VERTICAL					OBS	ESP	x^2	P (diferencias /estratos)
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5				
Acianthera angustifolia	1	2	2	1	0	6	1.2	1.6364	0.8022
Anthurium pentaphyllum	1	0	0	0	0	1	0.2	1.3333	0.8557
Asplenium sphaerosporum	1	1	1	1	3	7	1.4	0.8485	0.9318
Campyloneurum angustifolium	0	0	1	1	0	2	0.4	1.7143	0.7881
Campyloneurum brevifolium	0	0	2	2	1	5	1	2.6667	0.6151
Dichaea neglecta	1	1	0	0	0	2	0.4	1.7143	0.7881
Hylocereus undatus	0	1	0	0	0	1	0.2	1.3333	0.8557
Isochillus unilateralis	0	0	1	1	1	3	0.6	1.5	0.8266
Lycaste aromatica	1	0	2	1	0	4	0.8	2.1587	0.7066
Monstera acuminata	5	3	2	2	1	13	2.6	1.6541	0.799
Peperomia berlandieri	1	0	1	1	0	3	0.6	1.5	0.8266
Peperomia glabella	1	1	2	2	1	7	1.4	0.4118	0.9815
Philodendron hederaceum	1	1	1	0	0	3	0.6	1.5	0.8266
Pleopeltis polylepis	0	1	1	0	0	2	0.4	1.7143	0.7881
Prosthechea cochleata	1	0	1	0	0	2	0.4	1.7143	0.7881
Prosthechea sp.	1	0	0	0	0	1	0.2	1.3333	0.8557
Rhipsalis baccifera	0	0	1	1	1	3	0.6	1.5	0.8266
Syngonium negletum	2	1	1	0	0	4	0.8	2.1587	0.7066
Syngonium podophyllum	2	2	0	0	0	4	0.8	3.4286	0.4888
Tillandsia juncea	0	0	1	0	0	1	0.2	1.3333	0.8557
Tillandsia usneoides	0	0	1	1	2	4	0.8	2.1587	0.7066
Tillandsia viridiflora	1	2	3	0	0	6	1.2	3.3896	0.4949
Vittaria lineata	0	0	1	0	0	1	0.2	1.3333	0.8557
Total general	**20**	**16**	**25**	**14**	**10**	**85**	**17**	**3.9025**	**0.4194**

El acahual presentó mayor incidencia de epífitas en las zonas Z1, Z2 y Z3, dominando la familia Araceae con las especies hemiepífitas *Syngonium neglectum, S. podophyllum,* y *Monstera acuminata.* Se observó poca presencia en la zona Z4 y nula incidencia en la zona Z5 (Figura 23).

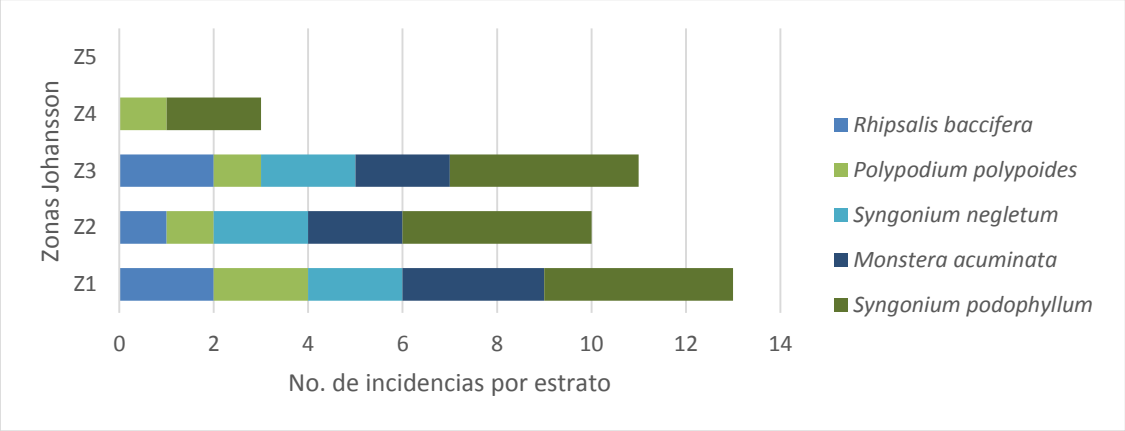

Figura 23. Epífitas vasculares con mayor incidencia en los estratos verticales por zonas de Johansson, en vegetación de AC en la RE Sierra de Otontepec.

En la vegetación de AC, se observaron diferencias significativas (P=0.006) en la preferencia de estrato, al no presentar especies en la zona 5 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Preferencia de epífitas vasculares sobre los estratos verticales según Johansson en los hospederos basada en X^2, en la vegetación de acahual en la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec.

ESPECIE	ZONA VERTICAL					OBS	ESP	X^2	P (diferencias /estratos)
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5				
Aechmea bracteata	1	1	0	0	0	2	0.4	1.7143	0.788
Catasetum intergerrimum	0	1	1	0	0	2	0.4	1.7143	0.788
Isochillus unilateralis	0	0	1	0	0	1	0.2	1.3333	0.856
Monstera acuminata	3	2	2	0	0	7	1.4	3.5936	0.464
Peperomia magnolifolia	1	0	0	0	0	1	0.2	1.3333	0.856

ESPECIE	ZONA VERTICAL					OBS	ESP	X^2	P (diferencias /estratos)
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5				
Polypodium polypoides	2	1	1	1	0	5	1	1.3333	0.856
Prosthechea mariae	0	0	0	1	0	1	0.2	1.3333	0.856
Prosthechea livida	0	0	1	1	0	2	0.4	1.7143	0.788
Rhipsalis baccifera	2	1	2	0	0	5	1	2.6667	0.615
Syngonium negletum	2	2	2	0	0	6	1.2	2.9333	0.569
Syngonium podophyllum	4	4	4	2	0	14	2.8	3.5686	0.468
Tillandsia juncea	1	1	1	0	0	3	0.6	1.5	0.827
Total general	**16**	**13**	**15**	**5**	**0**	**49**	**9.8**	**14.3861**	**0.006**

7.5. Preferencia de hospedero (forófito)

Las especies que presentaron el mayor valor de importancia (VI) basada en el número de individuos y el área basal del fuste fueron: *Brosimum alicastrum* con el 16 % con cuatro individuos y 28 cm de DAP, seguida de *Ficus obtusifolia* con el 13%, *Clethra mexicana* y *Lysiloma auritum* ambas con el 11 % y *Heliocarpus* sp. con el 10 % (Cuadro 10).

Cuadro 10. Valor de Importancia de las especies de árboles muestreados en los tres tipos de vegetación estudiados (BMM, BTP y AC), en la Reserva Ecológica, Sierra de Otontepec.

Familia	Forófito	No. de árboles	Nr	Altura (m)	D.A.P (cm)	AB (m^2)	ABr	VI	VI%
Moraceae	*Brosimum alicastrum* Sw.	4	0.2222	18	28	0.0616	0.0966	0.1594	16
Moraceae	*Ficus obtusifolia* Kunth	1	0.0556	24	40	0.1257	0.1971	0.1263	13
Tiliaceae	*Lysiloma auritum* (Schltdl.) Benth.	2	0.1111	22	30	0.0707	0.1109	0.1110	11
Clethraceae	*Clethra mexicana* DC.	2	0.1111	20	30	0.0707	0.1109	0.1110	11
Fabaceae	*Heliocarpus sp.*	1	0.0556	20	35	0.0962	0.1509	0.1032	10

Familia	Forófito	No. de árboles	Nr	Altura (m)	D.A.P (cm)	AB (m^2)	ABr	VI	VI%
Malvaceae	*Carpodiptera ameliae* Lundell	2	0.1111	20	25	0.0491	0.0770	0.0940	9
Fabaceae	*Inga jinicuil* Schltdl.	2	0.1111	15	22	0.0380	0.0596	0.0854	9
Malvaceae	*Guazuma ulmifolia* Lam.	2	0.1111	16	20	0.0314	0.0493	0.0802	8
ND	ND (Monumento)	1	0.0556	22	25	0.0491	0.0770	0.0663	7
Icacinaceae	*Oecopetalum mexicanum* Greenm. & C.H. Thomps.	1	0.0556	20	24	0.0452	0.0709	0.0633	6
		18	**1**			**0.6377**	**1**	**1**	**100**

Se presentó mayor riqueza de epífitas en el árbol de Monumento (ND) con 16 especies, en el que se calculó un VI del 7 % y muestreado en vegetación de BTP, seguida de *Brosimun alicastrum* con 13 especies y un VI de 16% en el BMM. *Lysiloma auritum*, *Ficus obtusifolia* y *Oecopetalum mexicanum* registraron 10 epífitas dentro de los forófitos, con un VI de 11, 13 y 6 % respectivamente, en vegetación de AC y BTP (Cuadro 11, Figura 24).

Cuadro 11. Riqueza de epífitas y valor de importancia (VI) de los forófitos muestreados en las parcelas de cada tipo de vegetación (BTP, BMM, AC).

Forófitos	Altura (m)	VI (%)	No. de epífitas	Vegetación
ND (Monumento)	22	7	**16**	BTP
Brosimum alicastrum	20	**16**	**13**	BMM
Lysiloma auritum	24	**11**	**10**	AC
Ficus obtusifolia	20	**13**	**10**	BTP
Oecopetalum mexicanum	18	6	**10**	BTP
Clethra mexicana	20	**11**	7	BMM
Carpodiptera ameliae	16	9	4	AC
Heliocarpus sp.	15	**10**	2	BTP
Guazuma ulmifolia	22	8	2	AC
Inga jinicuil	20	9	2	BTP

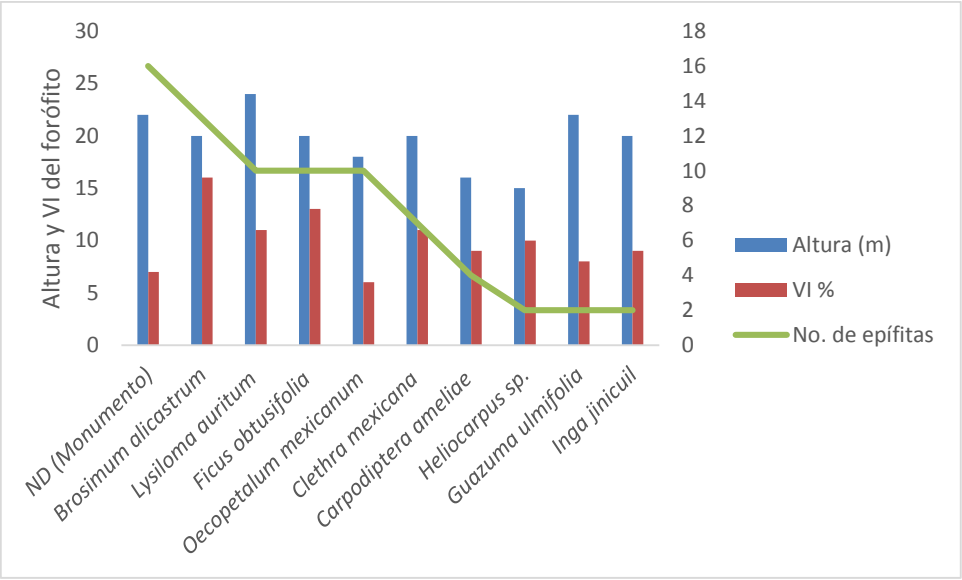

Figura 24. Riqueza de epífitas vasculares por forófitos, mostrando la altura y valor de importancia (VI) de cada especie de forófito.

Las especies que presentaron preferencia por algún hospedero (P<0.05) son: *Polypodium plebeium*, *Monstera acuminata*, *Syngonium podophyllum*, *Peperomia glabella*. Las epífitas restantes mostraron valores no significativos (P > a 0.05), por lo que no se consideraron como especies con preferencia por algún hospedero (Cuadro 12).

Cuadro 12. Especies de epífitas vasculares cuya abundancia y distancia de X^2 y P< 0.05, refleja la preferencia por algún hospedero.

	Especie de hospedero o forófito								
Especie de epífita	***Brosimum alicastrum***	***Clethra mexicana***	***Ficus obtusifolia***	***Lysiloma auritum***	**ND (Monumento)**	***Oecopetalum mexicanum***	**Total general**	**X2**	**P (diferencias /forófitos)**
Polypodium plebeium	**16**	**9**	**0**	**0**	**0**	**0**	**25**	14.869	0.011
	9	4	2	3	4	2			
Pleopeltis polylepis	**15**	**5**	**0**	**0**	**0**	**2**	**22**	10.613	0.060
	8	3	2	2	4	2			

Especie de epífita	Especie de hospedero o forófito								
	Brosimum alicastrum	*Clethra mexicana*	*Ficus obtusifolia*	*Lysiloma auritum*	ND (Monumento)	*Oecopetalum mexicanum*	Total general	X2	P (diferencias /forófitos)
Monstera acuminata	**0**	**0**	**1**	**1**	**9**	**0**	**17**	12.002	0.035
	6	2	1	2	3	1			
Syngonium podophyllum	**0**	**0**	**0**	**7**	**0**	**0**	**7**	11.484	0.043
	3	1	1	1	1	1			
Pecluma sursumcurrens	**8**	**4**	**0**	**0**	**0**	**0**	**12**	6.970	0.223
	4	2	1	1	2	1			
Polypodium polypoides	**5**	**0**	**0**	**5**	**0**	**0**	**10**	7.778	0.169
	4	1	1	1	2	1			
Syngonium negletum	**0**	**0**	**0**	**0**	**4**	**0**	**10**	10.080	0.073
	4	1	1	1	2	1			
Elaphoglossum guatemalense	**7**	**2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**9**	6.933	0.226
	3	1	1	1	2	1			
Phlebodium aerolatum	4	4	0	0	0	0	**8**	5.943	0.312
	3	1	1	1	1	1			
Rhipsalis baccifera	0	0	1	4	2	0	**8**	7.098	0.213
	3	1	1	1	1	1			
Asplenium sphaerosporum	0	0	1	0	2	4	**7**	10.318	0.067
	3	1	0	1	1	0			
Isochillus unilateralis	3	0	0	1	3	1	**7**	3.951	0.557
	3	1	1	1	1	0			
Peperomia glabella	0	0	5	0	2	0	**7**	11.333	0.045
	3	1	0	1	1	1			
Tillandsia viridiflora	1	0	2	0	1	3	**7**	7.970	0.158
	3	1	0	1	1	0			
Acianthera angustifolia	0	0	2	0	2	2	**6**	8.311	0.140
	2	1	0	1	1	0			
Campyloneurum brevifolium	0	0	0	0	4	1	**5**	7.773	0.169
	2	1	1	1	1	0			
Vittarea lineata	3	1	0	0	1	0	**5**	2.949	0.708
	2	1	1	1	1	1			
Total general	**62**	**25**	**12**	**18**	**30**	**12**	**172**		

7.6. Estado de protección de la flora epífita vascular de la RE Sierra de Otontepec

Se registraron dos especies reportadas bajo la categoría de Amenazada (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Prosthechea mariae* y *Huperzia dichotoma.*

Prosthechea mariae es una especie endémica de México, con distribución restringida al centro y sur del país. Su estatus de protección se encuentra en categoría de amenazada y como una de las especies en CITES (Figura 25).

Figura 25. Distribución de *Prosthechea mariae* (Fuente: The Global Biodiversity Information Facility: GBIF Backbone Taxonomy, 2013-07-01. Accessed via http://www.gbif.org/species/2793976 on 2014-06-22).

En la Reserva Ecológica de Otontepec se encontró en acahual de bosque tropical perennifolio, lo cual indica que la especie no requiere de hábitats conservados para su establecimiento en esta región; sin embargo, sus poblaciones no son abundantes.

Huperzia dichotoma es una epífita de bosques montanos húmedos desde los 200 a 2,250 msnm, de amplia distribución en América: USA, México, Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá; Granada y Las Antillas; Colombia, Venezuela, Trinidad y Tobago, Guayana Francesa, Ecuador, Galápagos, Perú, Brasil, Bolivia, Paraguay (Mickel y Smith 2004) (Figura 26). En México se encuentra principalmente en el centro y sur del país (Chiapas, Colima, Distrito Federal, Guerrero, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz) (Armenta-Montero *et al*. 2015).

H. dichotoma fue clasificada como vulnerable en Veracruz según los criterios de la UICN a nivel regional (Armenta-Montero *et al*. 2015). En el área de estudio se registró en la zona de transición entre el bosque mesófilo de montaña y bosque tropical perennifolio a los 765 msnm.

Figura 26. Distribución de *Huperzia dichotoma* (Fuente: The Global Biodiversity Information Facility: GBIF Backbone Taxonomy, 2013-07-01. Accessed via http://www.gbif.org/species/2793976 on 2014-06-22).

VIII. DISCUSIÓN

8.1. Riqueza y composición florística

En este estudio se registraron 53 especies, con lo cual se incrementó la riqueza de epífitas en un 30.6 %, para un total de 98 para la Reserva, de las cuales 30 especies aún no se tenían reportadas en los inventarios Castillo-Campos y Medina-Abreo (1996), SEDESMA (2007), Flores-Martínez (2008), Muñoz-Arteaga y Rosales Cárdenas (2008) y Alanís-Méndez (2012).

Las familias más representativas en cuanto a riqueza de epífitas vasculares fueron Orchidaceae, las Pteridofitas, Bromeliaceae, Araceae y Piperaceae, las cuales coinciden con los resultados de estudios realizados en los bosques húmedos tropicales por Gentry y Dodson (1987), Aguirre-Leon (1992), Kreft *et al*. (2004), Krömer *et al*. (2005) y Flores-Palacios *et al*. (2011).

Los géneros con mayor número de especies son: *Tillandsia*, *Peperomia*, *Polypodium*, *Prosthechea* y *Epidendrum*, relacionándose directamente con las familias más diversas, a excepción de Piperaceae que presentó seis especies en un solo género (*Peperomia*).

Se ha comprobado que la riqueza de epífitas es más alta en regiones tropicales y disminuye hacia las zonas templadas (Zotz 2005, Krömer *et al*. 2014). Un ejemplo de esto son los registros de Wolf y Flamenco (2003) para el estado de Chiapas

donde estiman un total de 1,377 especies, mientras que para el estado de Hidalgo Ceja-Romero *et al.* (2010) reportan solamente 163 especies.

Para la región del centro del estado de Veracruz se han reportado al menos 604 especies (Flores-Palacios *et al.* 2011), en cambio la Sierra de Otontepec presentó una riqueza relativamente baja con apenas 99 registros en total, incluyendo estudios anteriores y este estudio.

Comparando los resultados de este estudio con inventarios realizados en vegetación y áreas de muestreos similares en las regiones del sureste (Pérez-Peña 2007) y centro de Veracruz (Viccon-Esquivel 2009, Gómez-Díaz 2010), se observa que se presenta el mismo patrón que en los casos anteriores, donde la diversidad de epífitas es más alta en las regiones tropicales y disminuye hacia las zonas templadas del norte del estado de Veracruz (cuadro 12). Principalmente se nota que el BMM en el centro del estado es el hábitat con mayor riqueza, mientras que el BTP presenta un 50 % menos especies y en el acahual se reduce hasta en un 80 %.

Los índices de biodiversidad (IB) que se obtuvieron en este estudio son relativamente bajos con apenas 2.9 especies por m^2 en el bosque mesófilo, mientras que en Aztlan, Zongolica y Tlalnelhueyocan están entre 11 y 13 especies por m^2 (Viccon-Esquivel 2009, Gómez-Díaz 2010). Lo mismo ocurre en el acahual con 2.4 para la Sierra de Otontepec y 5.3 para San Andrés Tuxtla (Pérez-Peña 2007) y el bosque tropical perennifolio con 7.5 en San Andrés Tuxtla (Pérez-Peña 2007), mientras que en la Sierra solamente hay 4.5.

Cuadro 13. Comparación florística entre muestreos en vegetación similar de municipios del centro y sureste de Veracruz basada en el Índice de Biodiversidad (IB). BTP= Bosque Tropical Perennifolio; AC= Acahual; BMM= Bosque Mesófilo de Montaña.

Autor	Localidad	Tipo de vegetación	No. de especies	Área (m^2)	IB
Pérez-Peña (2007)	San Andrés Tuxtla	BTP	58	2400	7.45
Este estudio	Sierra de Otontepec	BTP	35	2400	4.50
Pérez-Peña (2007)	San Andrés Tuxtla	AC	42	2800	5.29
Este estudio	Sierra de Otontepec	AC	19	2400	2.44
Viccon-Esquivel (2009)	Zongolica	BMM	101	3200	12.51
Viccon-Esquivel (2009)	Atzalan	BMM	102	3200	12.64
Gómez-Díaz (2010)	Tlalnelhueyocan	BMM	97	6400	11.07
Este estudio	Sierra de Otontepec	BMM	23	2400	2.96

Generalmente las epífitas alcanzan una mayor diversidad en los boques húmedos montanos (Gentry y Dodson 1987, Aguirre-León 1992, Krömer *et al.* 2005); siendo uno de los principales elementos para identificar este tipo de vegetación (Rzedowski 1996). Sin embargo, en este estudio se presentó una mayor riqueza de epífitas en vegetación de bosque tropical perennifolio con 35 especies y solo 23 para el bosque mesófilo.

Uno de los factores a considerar en la disminución de la riqueza de epífitas en el bosque mesófilo es la influencia humana (Carvajal-Hernández *et al*. 2014, Krömer *et al*. 2014), ya que el establecimiento de epífitas depende de la estructura de los

árboles hospederos y las condiciones microclimáticas (Gentry y Dodson 1987, Krömer *et al.* 2007b, Köster *et al*. 2009).

Al respecto, se sabe que las epífitas son particularmente sensibles a los cambios de las condiciones ambientales y microambientales (Benzing 1995, Larrea y Werner 2010, Krömer *et al.* 2014), es decir, sus adaptaciones ecológicas están directamente relacionadas con las variaciones de los parámetros climáticos (Gentry y Dodson 1987, Zotz y Hietz 2001, Zotz y Andrade 2002), con las especificidades (estructura y porosidad de la corteza) del forófito (Krömer *et al.* 2013, Triana-Moreno *et al.* 2003, Krömer *et al.* 2007b, Martínez-Meléndez *et al.* 2008) y de la materia orgánica acumulada en los arboles hospederos (Benzing 1990).

En este caso, la Sierra de Otontepec presenta un pequeño relicto de bosque mesófilo de montaña, el cual ha sido impactado por las actividades humanas como es el cultivo de café, ganadería y extracción de flora y fauna, aunque ha sido calificado como uno de los mejores conservados del Estado de Veracruz por Castillo-Campos y Medina-Abreo 1996 y SEDESMA 2007 hace 20 años. Sin embargo, aún no se tiene considerado en la descripción de los bosques mesófilos de montaña de México elaborada por CONABIO (2010).

Castillo-Campos y Medina-Abreo (1996) y SEDESMA (2007), mencionan que las principales características del bosque mesófilo de la Sierra de Otontepec son la presencia de elementos florísticos muy particulares, dominando en el estrato arbóreo *Brosimun alicastrum, Clethra mexicana, Quercus lancifolia, Q. skinneri,*

entre otras. Estos árboles, son por lo general rectos y limpios, como lo menciona Castillo-Campos y Medina-Abreo (1996) en su estudio de vegetación de la Sierra de Tantima, es decir, la presencia de briofitas, líquenes y hongos es muy reducida.

Una de las características distintivas del bosque mesófilo de montaña es precisamente la abundancia de epífitas y la presencia frecuente o persistente de nubosidad (Rzedowski 2006, CONABIO 2010). En este caso, la Sierra de Otontepec se encuentra en la provincia de Planicie costera del Golfo de México y en la subprovincia de Planicie y Lomeríos del Norte, alcanzando una altura de 1300 msnm, lo cual la describe como una sierra aislada expuesta a fuertes vientos (Geissert 1999). Esto puede ser la causa de que el bosque sea más abierto y menos húmedo, con un microclima más seco que un BMM del centro, lo cual podría influir en la riqueza de epífitas (Larrea y Werner 2010).

Con base en los registros de las normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional del de la estación Tantima (SMN 2010), en la Sierra de Otontepec se han registrado temperaturas menores a 5 °C en los últimos 30 años, lo cual también podría tener un efecto negativo sobre la riqueza (Benzing 1995, Zotz y Andrade 2002, Krömer *et al.* 2014)

Cabe señalar que los sitios de muestreo estuvieron dominados principalmente por *Brosimun alicastrum*, el cual presenta un fuste recto con corteza lisa y baja abundancia de musgos, lo cual puede ser indicativo de la disminución de epífitas,

ya que la materia orgánica en el dosel favorece la germinación y su establecimiento en los árboles (Krömer *et al*. 2007b).

El grupo mejor representado en cuanto a riqueza de epífitas en vegetación de bosque mesófilo fueron las pteridofitas con el 28 % del total registrado. Este también fue el grupo con mayor número de especies en los estudios realizados en el mismo tipo de vegetación por Viccon-Esquivel (2009), quien encontró que el 51 % fue de pteridofitas y Gómez-Díaz (2010) encontró el 47 %.

En este tipo de vegetación habitan principalmente especies de los géneros *Asplenium, Elaphoglossum, Phlebodium, Plecuma, Pleopeltis, Polypodium* y *Trichomanes.* Con base en los estudios de Tejero-Díez *et al*. (2014), los géneros *Asplenium* y *Elaphoglossum* son los mejor representados a nivel nacional en los bosques mesófilos de montaña, considerados como propios de la zona húmeda montañosa. El primero en el sotobosque, como epífito y en rocas, el segundo como epífito, en rocas y taludes de tierra.

En el bosque tropical perennifolio estuvo representada mejor la familia Orchidaceae, seguida del grupo de las pteridofitas y la familia Araceae. Acebey y Krömer (2001) y Kreft *et al*. (2004), reportaron un esquema similar en bosques tropicales de tierras bajas, donde las orquídeas y las aráceas fueron las dos familias más diversas, sin embargo, este patrón no es consistente en todos los bosques neotropicales ya que se ha registrado mayor riqueza de la familia Orchidaceae seguido de las Pteridofitas en un bosque tropical de los Andes en Bolivia (Krömer *et al*. 2007b).

Como es de esperarse, el mayor grado de perturbación en la vegetación de acahual disminuye notablemente la riqueza de epífitas (Barthlott *et al*. 2001, Krömer *et al.* 2007b, Köster *et al*. 2009). La disminución de especies en los sitios de acahual puede atribuirse a factores ambientales como la cantidad de insolación y la falta de humedad, ya que al encontrarse en fragmentos más abiertos las condiciones microclimaticos son más seco, provocando que la colonización de epífitas sea más lenta como se ha señalado en otros estudios de epífitas realizados por Benzing (1990), Cardelús (2006), Krömer *et al*. (2007b), Pérez-Peña (2007) y Gómez-Díaz (2010).

La familia Orchidaceae predominó en los acahuales con nueve especies. Esto se explica por las adaptaciones ecológicas de algunas orquídeas a ambientes cálidos o perturbados, tales como sus estructuras anatómicas de almacenamiento de agua y nutrientes llamados pseudobulbos o raíces modificadas para una mayor fijación y absorción de nutrientes (Nieder *et al*. 2000, García-Franco y Toledo-Aceves 2008). Este grupo de plantas que crece en casi todos los tipos de vegetación, está adaptada a vivir en condiciones de escasos recursos como agua y nutrientes (Díaz-Toribio *et al.* 2013).

Las aráceas fueron la segunda familia más diversa en el acahual con cuatro especies de las seis que se registraron en total. Su distribución es mayor en tierras bajas debido a su condición netamente neotropical, disminuyendo su riqueza y

abundancia a medida que la altitud aumenta (Krömer et al. 2005, Acebey y Krömer 2008).

Krömer *et al*. (2007b) registraron a las aráceas como la familia con mayor riqueza en un bosque tropical secundario, ya que sus hábitos hemiepífitos les permite tener mayor acceso al agua y su adaptación a vegetación secundaria.

Cabe señalar que en el acahual se registró a la orquídea *Prostechea mariae*, la cual se encuentra catalogada bajo estatus de protección, por lo tanto, debe considerarse a este tipo de vegetación como un elemento para la conservación, ya que los acahuales pueden albergar especies exclusivas, permitiendo caracterizar el estado de regeneración del bosque intervenido o secundario (Triana-Moreno *et al.* 2003).

En el acahual se observó una disminución de especies de helechos, lo cual indica que algunos helechos son susceptibles a los cambios ambientales, ya que prefieren zonas de montaña con clima húmedo y están relacionadas con condiciones de alta humedad (Carvajal-Hernández *et al.* 2014).

Sin embargo, Krömer *et al.* (2014) mencionan que algunos helechos de los géneros *Pleopeltis* y *Polypodium* (Polypodiaceae) y algunas bromelias tolerantes a la sequía, pueden proliferar en ambientes perturbados, en este caso se encontró una especie de helecho (*Polypodium polypodioides*) y dos bromelias (*Tillandsia juncea* y *Aechmea bracteata*) en el acahual.

8.2. Curvas de acumulación de especies

Los valores que se alcanzaron en las curvas de acumulación de especies oscilan entre el 80 % y 90 %, el cual es constante en estudios con metodologías similares realizados por Pérez-Peña (2007), Viccon-Esquivel (2009) y Gómez-Díaz (2010).

Con base en lo establecido por Colwell y Coddington (1994), la suficiencia de muestreo se alcanza cuando se obtiene el 80 %, es decir, que los muestreos realizados para este estudio son confiables y suficientes.

8.2. Similitud entre los tipos de vegetación

Las similitudes florísticas entre los tres tipos de vegetación estudiados fueron menores en este estudio (41.4 %, 40.7 % y 23.8 %). Comparando con estudios afines en acahuales y bosque tropical perennifolio de Pérez-Peña (2007), quien encontró el 66 % de similitud en vegetación de bosque tropical perennifolio y acahual, sin embargo, se muestra una gran afinidad florística entre estos dos tipos de vegetación. Gómez-Díaz (2010) menciona que estas afinidades pueden deberse a que las especies epífitas del bosque tropical perennifolio ya están adaptadas de manera natural a sequias, por lo que colonizan el acahual, cuyo microclima no es tan diferente al del ambiente primario, ya que este último es un remanente del bosque tropical perennifolio.

Gómez-Díaz (2010), comparó el bosque mesófilo con acahuales adyacentes encontrando el 50 %. Las diferencias pueden estar relacionadas con la conectividad entre la vegetación, como se señala en los estudios de Viccon-Esquivel (2009) y Gómez-Díaz (2010), donde a mayor distancia que se encontraron los bosques comparados, menor fue el número de especies compartidas, lo cual podría explicar las bajas similitudes encontradas en este estudio.

En este caso, los sitios de muestreo en los acahuales se localizan en altitudes desde los 300 a 600 msnm, mientras que el bosque mesófilo de montaña se encuentra desde los 800 a 1320 msnm. Por lo tanto, los acahuales muestreados se encuentran totalmente separados del bosque mesófilo de montaña.

Las epífitas que se encontraron solamente una vez en el bosque tropical perennifolio (*Huperzia dichotoma* y *H. pithyoides)* y en el bosque mesófilo de montaña (*Elaphoglossum guatemalense*), pueden ser clasificadas como especies raras. Además, pueden ser catalogadas como epífitas bioindicadoras que al adaptarse a un ambiente específico generan una respuesta cuando se alteran las condiciones del ambiente en que se encuentran, cambiando sus funciones vitales o reduciendo sus poblaciones (Gómez-Díaz, 2010, Krömer *et al.* 2014).

8.4. Distribución por estratos verticales y preferencia de hospedero

Las zonas verticales que presentaron mayor riqueza de especies (zonas 3 y 4) pertenecen al dosel, lo cual corresponde con los estudios de Nieder *et al.* (1999) y Krömer *et al*. (2007a), debido a que en esta zona es donde se concentra mayor humedad y materia orgánica sobre las ramas horizontales. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas con respecto a la distribución en el hospedero, ya que las ocurrencias fueron similares entre el fuste (zonas 1 y 2) y el dosel (zonas 3, 4 y 5).

Basándose en la clasificación ecológica de las epífitas según la preferencia de estrato (Martínez-Meléndez *et al.* 2008), se encontró que en los tres tipos de vegetación las especies presentaron hábitos generalistas es decir, que se encontraron en todos los estratos.

Se encontró que el tronco presento mayor diversidad, lo cual se explica por la presencia de aráceas con hábitos hemiepífitos, permitiéndoles tener mayor acceso al agua y su adaptación a vegetación secundaria (Krömer *et al.* 2007b).

Zotz y Vollrath (2002), realizaron un estudio de preferencia de hospedero de bromelias epífitas en un bosque tropical de Panamá, en el que encontraron que el mayor número de plantas se establecieron en la base del tronco (zona 1) y en el dosel superior (zona 4), mientras que en la zona media (zona 3) el número de plantas fue más bajo. En este estudio las bromelias del género *Tillandsia* se

presentaron principalmente en el dosel, aunque también fueron generalistas al encontrarse en todos los estratos.

Vittarea lineata se registró en el dosel en el BTP, mientras que en el BMM no tuvo preferencia por algún estrato en particular, ya que los helechos se adaptan mejor a las condiciones de humedad del bosque mesófilo. Estos patrones de distribución se relacionan con estudios en regiones tropicales, donde las epífitas vasculares parecen tener una fuerte relación con el gradiente de humedad (Pincheira-Ulbrich 2010).

Con base en las observaciones anteriores, se nota que la distribución de epífitas presenta patrones específicos de estratificación vertical sobre el forófito para algunas especies (Krömer *et al*. 2007a). Esto está relacionado con las condiciones ambientales y microclimáticas de cada sitio muestreado, como son: las condiciones de luz, humedad y adaptaciones ecofisiológicas (Johansson 1974, Martínez-Meléndez *et al*. 2008).

Zotz *et al*. (1999) y Zotz y Andrade (2002), mencionan que las epífitas presentan diferencias según el árbol hospedero que se trate, ya que algunos son un buen estrato para su establecimiento, por lo que existen “buenos hospederos” y “malos hospederos”, sin embargo, no todos los árboles hospederos albergan una especie de epífita.

La preferencia de hospedero de las epífitas de la Sierra de Otontepec no presentó diferencias significativas de manera general. Sin embargo, de las 17 especies analizadas cuatro especies mostraron preferencia por algún hospedero (*Polypodium plebeium* en *Brosimun alicastrum*, *Monstera acuminata* en Monumento, *Syngonium podophyllum* en *Lysiloma auritum* y *Peperomia glabella* en *Ficus obtusifolia)*, lo cual confirma la rareza de la especificidad de hospederos documentado en otros estudios (Benzing 1990).

Martínez-Meléndez *et al*. (2008) menciona que hay una tendencia débil por la preferencia de hospederos en un estudio de epífitas vasculares de un bosque nublado de Chiapas, por lo que los resultados de este estudio concuerdan al mostrar baja preferencia.

Esta baja preferencia de las epífitas en las parcelas estudiadas sugiere que los hospederos pueden presentar condiciones como la edad del árbol, su estructura, corteza, disponibilidad de agua y nutrientes (Krömer *et al*. 2007b, Martínez-Meléndez *et al.,* 2008), que limitan el establecimiento de epífitas, sin embargo, esta hipótesis deberá ser aprobada con nuevos datos.

8.5. Especies bajo estatus de protección

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010, las especies en riesgo son aquellas cuyas poblaciones han ido disminuyendo debido a actividades humanas como la transformación de su hábitat, sobrexplotación, interacciones con especies invasoras o efectos de la contaminación, al punto que se considera necesario protegerlas (DOF 30 diciembre 2010). En este caso *Prosthechea mariae* y *Huperzia dichotoma* están catalogadas como especies Amenazadas, esto significa que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo.

Prosthechea mariae es una orquídea endémica, es decir conocida únicamente de México, restringida a la vertiente del Golfo en los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz (en el municipio de Huayacocotla) (Puig 1983, García-Cruz *et al*. 2003, Soto-Arenas y Solano-Gómez 2007). Para la región de la Sierra de Otontepec Flores-Martínez (2008), Muñoz-Arteaga y Rosales Cárdenas (2008) y Alanís-Méndez (2012), la mencionan en sus inventarios realizados.

También se tiene registrada en las Reservas de la Biósfera de la Sierra Gorda (Querétaro), en la Reserva de El Cielo (Tamaulipas) y en la Región Prioritaria de los Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental, donde es un elemento raro y en consecuencia vulnerable a la extinción (Soto-Arenas y Solano-Gómez 2007).

El factor de riesgo más importante en las zonas donde se ha registrado es la destrucción de su hábitat. La extracción de plantas de esta especie parece haber disminuido grandemente en los últimos años debido a los mecanismos de regulación ambiental que se han establecido, sin embargo, grandes volúmenes, del orden de muchos miles de plantas, fueron extraídos para diferentes usos durante más de 50 años, especialmente de las localidades norteñas (Soto-Arenas y Solano-Gómez 2007).

El género *Huperzia* (nombre actual: *Phlegmariurus*) ha sido estudiado por Armenta-Montero *et al.* (2015), quienes hacen un análisis de la distribución de las nueve especies del género en el estado de Veracruz, para determinar su estado de conservación y distribución actual.

La distribución de *H. dichotoma* en Veracruz está reportada principalmente para las regiones central montañosa en Los Tuxtlas y Uxpanapa, donde se encuentra en bosques montanos húmedos y bosques húmedos tropicales. Debido a que sus poblaciones son reducidas, se ha catalogado como vulnerable ante la perdida y transformación de su hábitat (Armenta-Montero *et al.* 2015).

En la Sierra de Otontepec esta especie se observó en fragmentos de acahual derivado de bosque tropical perennifolio. Sus poblaciones son muy reducidas, ya que se limitan a dos o tres individuos por árbol hospedero.

Desde el punto de vista de conservación, los ecosistemas de la Sierra de Otontepec se encuentran amenazados por la tala de bosque y extracción de especies. Sin embargo, albergan una gran cantidad de especies de plantas y animales bajo estatus de protección con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010, que deben sujetarse a atención especial para su conservación (Castillo-Campos y Medina-Abreo 1996; SEDESMA 2007).

Algunas de las especies de plantas que se han registrado bajo algún estatus de protección son: *Nephelea mexicana* (helecho), *Diospyros riojae* (zapote) y *Chamaedora elegans* (palma), *Tillandsia festucoides* (bromelia), *Litsea glaucescens* (laurel), *Crusea hispida (no determinado)*, *Ceratozamia mexicana* (palma) (Castillo-Campos y Medina-Abreo 1996; SEDESMA 2007), y *Stanhopea occulata* (Muñoz-Arteaga y Rosales Cárdenas 2008).

IX. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS DEL TRABAJO

Este estudio incremento 30 especies (30.6 %) al nuevo total de 98 registros de epífitas vasculares para la Sierra de Otontepec y para la región. Sin embargo, la riqueza de epífitas es relativamente baja en comparación con otros sitios del centro y sur del estado de Veracruz debido a las condiciones microclimáticas y al grado de perturbación por la influencia humana.

Las familias más diversas en este estudio coinciden con estudios similares en bosques tropicales, donde las orquídeas, aráceas y bromelias fueron las más representativas, aunque el grupo de pteridofitas puede superar las orquídeas. Sin embargo, la riqueza de géneros y especies por familia es baja.

La vegetación de bosque mesófilo de montaña fue menos diversa que el bosque tropical perennifolio, lo cual no es común en este tipo de vegetación, ya que la abundancia y riqueza de epífitas es una de sus características. Por lo tanto, para tener un dato exacto que determina la baja diversidad de este grupo de plantas, que puede ser causado por las mismas características de los hospederos, las condiciones microclimáticas, entre otros, es necesario realizar estudios más detallados de su ecología en esta zona.

La fuerte disminución de especies en los fragmentos de acahuales es un indicativo del efecto de perturbación sobre su riqueza, por lo que las epífitas pueden ser un

buen indicador del estado de conservación de los bosques de la Sierra de Otontepec.

Aunque no se tuvieron diferencias significativas en la distribución por estratos verticales de Johansson y preferencia de hospedero de las epífitas vasculares de la Sierra de Otontepec, es necesario realizar estudios más específicos para que den respuesta a estos resultados, los cuales pueden estar relacionados con la diversidad funcional de este grupo de plantas.

La conservación de especies de plantas bajo algún estatus de protección, ya sea epífita o terrestre, es de gran relevancia para la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec, por lo que se necesita formular esquemas de conservación que resulten efectivas para evitar la extinción local de estas especies. Estas acciones son: proyectos locales de restauración, rescate y propagación de especies en peligro, estudios detallados del conocimiento de la flora local, proyectos de educación ambiental, usos locales, entre otros.

Uno de los objetivos que ha venido planteando la CONABIO es el uso y el conocimiento de la biodiversidad junto con la industria y el comercio, ya que son fundamentales para el desarrollo de un país. Por esta razón, la biodiversidad debe ser conservada y aprovechada adecuadamente, de tal manera que ambos procesos desarrollo y conservación se encuentren estrechamente vinculados.

En este sentido, la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec, ubicada en el norte del estado de Veracruz, se decreta bajo el esquema de aprovechamiento sustentable, donde la población ubicada dentro del área podrá realizar actividades orientadas a la conservación, preservación y restauración de sus ecosistemas y elementos, a la investigación, educación ambiental y el ecoturismo. Así mismo, se limitarán los aprovechamientos que alteren o destruyan los recursos naturales (Gaceta Oficial del Estado, 2005).

Sin embargo, debido a la problemática ambiental que se tiene actualmente en la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec, algunas instituciones públicas e iniciativas privadas, realizan esfuerzos enfocados al conocimiento de su biodiversidad (inventarios faunísticos y florísticos, monitoreos de fauna) y a la conservación de los recursos naturales (pago por Servicios Ambientales, jardín botánico de la región), entre otros.

Aunado a lo anterior, el presente proyecto se encuentra inserto dentro de las acciones de conservación y manejo que se están realizando para la Reserva.

XI. BIBLIOGRAFÍA

Acebey, A, M. Kessler, B. L. Maass y T. Krömer. 2006. Aráceas y bromeliáceas de Bolivia. En: Moraes R., M., Øllgaard, B., Kvist, L.P., Borchsenius, F. y Balslev, H. (eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. pp. 434-448

Aguirre-León, E. 1992. Vascular epiphytes of Mexico: a preliminary inventory. Selbyana 13: 72-76.

Alanís-Méndez, J. L., F. O. Muñoz A., M. López O., L. Cuervo L. y B. E. Raya C. 2007. Aportes al conocimiento de las epífitas (Bromeliaceae, Cactaceae y Orchidaceae) en dos tipos de vegetación del Municipio de Pánuco, Veracruz, México. Revista Científica UDO Agrícola 7(1): 160-174.

Alanís, M. J. L. 2012. Distribución espacial de las orquídeas silvestres de la Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec “Veracruz, México. Tesis Doctoral. Universidad de Xalapa. 264 p.

Armenta-Montero, S., C. I. Carvajal-Hernández, E. A. Ellis y T. Krömer. 2015. Distribution and conservation status of *Phlegmariurus* (Lycopodiaceae) in the state of Veracruz, Mexico. Tropical Conservation Science 8(1): 114-137.

Barthlott, W., V. Schmit-Neuerburg, J. Nieder y S. Engwald. 2001. Diversity and abundance of vascular epiphytes: a comparison of secondary vegetation and primary montane rain forest in the Venezuelan Andes. Plant Ecology 152: 145-156.

Benzing, D. H. 1990. Vascular epiphytes. Cambridge University Press, Reino Unido. p 354.

Benzing, D. H. 1995. The physical mosaic and plant variety in forest canopies. Selbyana 16: 159-168.

Bianchi, J. S. y R. A. Kersten. 2014. Edge effect on vascular vpiphytes in a Subtropical Atlantic Forest. Acta Botanica Brasilica 28: 120-126.

Carvajal-Hernández, C., T. Krömer y M. Vázquez-Torres. 2014. Riqueza y composición florística de pteridobiontes en bosque mesófilo de montaña y ambientes asociados en el centro de Veracruz, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85: 491-501.

Castillo-Campos, G. y M. E. Medina A. 1996, La vegetación de la Sierra de Tantima Otontepec, Veracruz, México. La Ciencia y El Hombre 24: 45-67.

Castillo–Campos, G., M. E. Medina A., P. D. Dávila A. y J. A. Zavala H. 2005. Contribución al conocimiento del endemismo de la flora vascular en Veracruz, México. Acta Botánica Mexicana 73: 19–57.

Ceja-Romero, J., A. Espejo-Serna, A. R. López-Ferrari, J. García-Cruz, A. Mendoza-Ruiz y B. Pérez García. 2008. Las plantas epífitas, su diversidad e importancia. Departamento de Biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

Colwell, R. K. 2014. EstimateS: Statical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Persistent URL <purl.ocle.org/estimates>.

Colwell, R. K. y J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophical Transactions de la Royal Society (Serie B) 345:101-11

Espejo-Serna, A., A. R. López-Ferrari, R. Jiménez-Machorr y L. Sánchez-Saldaña. 2005. Las orquídeas de los cafetales en México: una opción para el uso sostenible de ecosistemas tropicales. Revista de Biología Tropical 53: 73-84.

Espejo-Serna, A. 2014. Las plantas vasculares de los bosques mesófilos de montaña en México. En: M. Gual-Díaz y A. Rendón-Correa (comps.), Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D. F., pp.189-195.

Flores-Martínez, E. 2008. Contribución al conocimiento de las orquídeas de la Sierra de Otontepec. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México. 58 p.

Flores-Palacios, A. y J. G. García-Franco. 2001. Sampling methods for vascular epiphytes: their effectiveness in recording species richness and frequency. Selbyana 22: 181-191.

Flores-Palacios, A. y J. G. García-Franco. 2008. Habitat isolation changes the beta diversity of the vascular epiphyte community in lower montane forest, Veracruz, Mexico. Biodiversity and Conservation 17: 191-207.

Flores-Palacios, A. y S. Valencia-Diaz. 2007. Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. Biological Conservation 136: 372-387.

Flores-Palacios, A., J. G. García-Franco, S. Valencia-Díaz, L. Solís-Montero y A. Cruz-Angón. 2011. Diversidad y conservación de plantas epífitas vasculares en el Centro del Estado. En: La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado, vol. I, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp. 493-501.

Gaceta Oficial del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Decreto por el que se declara Reserva Ecológica con categoría de Reserva Ecológica el área que

conforma la Sierra de Otontepec. Gobierno del Estado de Veracruz. 2 de marzo de 2005.

García, E. 1990. “Climas”, 1: 4000 000. IV.4.10 (A). Atlas Nacional de México. Vol. II. Instituto de Geografía, UNAM. México.

García-Cruz, J., L. Sánchez-Saldaña, R. Jiménez y R. Solano-Gómez. 2003. Familia Orchidaceae: Tribu Epidendreae. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 119: 64-66.

García-Franco, J. G. y T. Toledo-Aceves. 2008. Capítulo 5. Epífitas vasculares (bromelias y orquídeas). En: Manson, R. H., V. Hernández–Ortiz, S. Gallina y K. Mehltreter (eds.). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz. Biodiversidad, Manejo y Conservación. Instituto Nacional de Ecología e Instituto de Ecología A.C. México, D.F. pp. 69–82.

Geissert-Kientz, D. 1999. Regionalización geomorfológica del estado de Veracruz. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM, No 40: 23-47.

Gentry, A. H. y C. H. Dodson. 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. Annals of the Missouri Botanical 74: 205-233.

Gómez-Pompa, A., R. Castro-Cortés y T. Krömer. 2010. Atlas de la Flora de Veracruz: Un patrimonio Natural en Peligro. Secretaría de Educación de Veracruz. Gobierno del Estado de Veracruz. 528 pp.

Gradstein, S. R., N. M. Nadkarni, T. Krömer, I. Holz y N. Nöske. 2003. A protocol for rapid and representative sampling of vascular and non-vascular epiphyte diversity in tropical rain forests. Selbyana 24: 105-111.

Granados-Sánchez, D., López-Ríos, G. F., Hernández-García, M. Á. y A. Sánchez-González 2003. Ecología de las plantas epífitas. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente 9(2): 101-111.

Haeckel, I. B. 2008. The “arco floral”: ethnobotany of *Tillandsia* and *Dasylirion* spp. in a Mexican religious adornment. Economic Botany 62: 90-95.

Hietz, P. 2005. Conservation of vascular epiphyte diversity in Mexican coffee plantations. Conservation Biology 19: 391-399.

Hietz, P. 2010. Ecology and ecophysiology of epiphytes in tropical montane cloud forests. En: L. A. Bruijnzeel, F. N. Scatena y L. S. Hamilton, editores. Tropical montane cloud forests. Science for conservation and management. Cambridge University Press, Cambridge. pp 67-76

Hietz, P. y O. Briones. 1998. Correlation between water relations and within-canopy distribution of epiphytic ferns in a Mexican cloud forest. Oecologia 114: 305-316.

Hietz, P. y U. Hietz-Seifert. 1994. Epífitas de Veracruz, Guía Ilustrada para las Regiones de Xalapa y los Tuxtlas, Veracruz. Instituto de Ecología, AC. México. 236 pp.

Hofstede, R. G. M., J. H. D. Wolf y D. H. Benzing. 1993. Epiphytic biomass and nutrient status of a Colombian upper montane rain forest. Selbyana 14: 37-45.

Hornung-Leoni, C. T. 2011. Avances sobre usos etnobotánicos de las Bromeliaceae en Latinoamérica. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 10(4): 297-314.

INEGI, 2012. Simulador de Flujos de Agua Versión 2.1. Disponible en: http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#

Johansson, D. R. 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. Acta Phytogeografica Suecica 59: 1-136.

Kelly, D. L., E. V. J. Tanner, E. M. Nic Lughadha y V. Kapos. 1994. Floristics and biogeography of a rain forest in the Venezuelan Andes. Journal of Biogeography 21: 421-440.

Kersten, R. A. y J. L. Waechter. 2011. Métodos quantitativos no estudo de comunidades epifíticas. En: Felfili-Fagg, J.M. Eisenlohr, P.V. Melo, M.M.R.F. Andrade, L.A. y Meira Neto, J.A.A. (Eds.). Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso. v.1. Viçosa, Editora UFV. pp. 231-254.

Kersten, R. A. y S. M. Silva. 2001. Composição florística e estrutura do componente epifítico vascular em floresta da planície litorânea na Ilha do Mel, Paraná, Brasil. Brazilian Journal of Botany 24(2): 213-226.

Köster, N., K. Friedrich, N. Nieder y W. Barthlott. 2009. Conservation of epiphyte diversity in an Andean landscape transformed by human land use. Conservation Biology 25: 911-919.

Kovach, W. L. 1999. MVSP-A multivariate statistical package for Windows version. 3.1. Kovach.

Kress, W. J. 1986. The systematic distribution of vascular epiphytes: an update. Selbyana 9: 2-22.

Krömer, T., A. R. Acebey, J. Kluge y M. Kessler. 2013. Effects of altitude and climate in determining elevational plant species richness patterns: a case study from Los Tuxtlas, México. Flora 208(3): 197-210.

Krömer, T., J. G. García-Franco y T. Toledo-Aceves. 2014. Epífitas vasculares como bioindicadores de la calidad forestal: impacto antrópico sobre su diversidad y

composición. En: González-Zuarth C.A., A. Vallarino, J.C. Pérez-Jimenez y A.M. Low-Pfeng (eds.). Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) – El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), México, D. F. y Campeche. Pp. 606-623.

Krömer, T., M. Kessler y S. R. Gradstein. 2007a. Vertical stratification of vascular epiphytes in submontane and montane forest of the Bolivian Andes: the importance of the understory. Plant Ecology 189: 261-278.

Krömer, T., M. Kessler, S. R. Gradstein y A. Acebey. 2005. Diversity patterns of vascular epiphytes along an elevational gradient in the Andes. Journal of Biogeography 32: 1799-1809.

Krömer, T., S. R. Gradstein y A. Acebey. 2007b. Diversidad y ecología de epífitas vasculares en bosques montanos primarios y secundarios de Bolivia. Ecología en Bolivia 42(1): 23-33.

Martínez-Meléndez, C. R., Pérez F. M. A. y Martínez M. J. 2011. Las epífitas de la Reserva El Triunfo, Chiapas. Guía ilustrada de las especies más notables. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. 2011. 208 p.

Martínez-Meléndez, N., M., A. Farrera y A. Flores-Palacios. 2008. Estratificación vertical y preferencia de hospederos de las epífitas vasculares en un bosque nublado de Chiapas, México. Revista de Biología Tropical 56: 2068-2086.

McCune, B. and J. B. Grace. 2002. Analysis of Ecological Communities. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA (www.pcord.com) 304 pp.

Mickel, J. T. y A. R. Smith. 2004. The Pteridophytes of Mexico. Memoirs of The New York Botanical Garden. Vol. 88. The New York Botanical Garden. USA. 1054 pp.

Miranda, F. y E. Hernández. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28: 29-179.

Mondragón, D. y D. M. Villa-Guzmán. 2008. Estudio etnobotánico de las bromelias epífitas en la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, México. Polibotánica 26: 175-191.

Nadkarni, N. M. 1994. Diversity of species and interactions in the upper tree canopy of forest ecosystems. American Zoologist 34: 70-78.

Nolasco-Cuellar H. 2012. Evaluación de la diversidad y distribución de epífitas vasculares en Juana Moza, Municipio de Tuxpan, Veracruz. Facultad de ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México. 61 p.

Perry, D. R. 1978. A method of access into the crowns of emergent and canopy trees. Biotropica 10: 155-157.

Puig, H. 1976. Vegetation de La Huasteca, Mexique. Mission Archeologique et Ethnoilogique Francaise Au Mexique. Mexico. D.F.

Puig, H. 1983. Composición florística y estructura del bosque mesófilo en Gómez Farías, Tamaulipas, México. Biotica 8(4): 339-359.

Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. Acta Botánica Mexicana 35: 25-44.

Salazar-Rojas, V., B. E. Herrera-Cabrera, A. Flores-Palacios y I. Ocampo-Fletes, 2007. Traditional use and conservation of the “calaverita” *Laelia anceps* ssp. *dawsonii f. chilapensis* Soto-Arenas at Chilapa, Guerrero, Mexico. Lankesteriana 7(1-2): 368-370.

SEDESMA (Secretaria de Desarrollo Social y Medio Ambiente). 2007. Programa de Manejo de la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec. Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente. Gobierno del Estado de Veracruz. pp 213.

SEMARNAT (Secretaria de Médio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/nom_fauna.aspx

Servicio Meteorológico Nacional. 2010. http://smn.cna.gob.mx

Solano-Gómez, R., Cruz-Lustre, G. y Martínez-Feria, A. Luicita. 2010. Plantas utilizadas en la celebración de la Semana Santa en Zaachila, Oaxaca, México. Polibotánica (): 263-279.

Soto-Arenas, M. A. y A. R. Solano-Gómez. 2007. Ficha técnica de *Euchile mariae*. En: Soto-Arenas, M. A. (compilador). Información actualizada sobre las especies de orquídeas del PROY-NOM-059-ECOL-2000. Instituto Chinoin A.C., Herbario de la Asociación Mexicana de Orquideología A.C. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W029. México, D.F.

Sutton, S. L., T. C. Whitmore y A. C. Chadwich. 1983. Tropical rain forest: ecology and management. Oxford. British Ecological Society.

Tejero-Díez, J. D y J. T. Mickel. 2004. Las Pteridofitas. En: A. J. García Mendoza, M.J. Ordóñez Díaz y M.A. Briones Salas (eds.) Biodiversidad de Oaxaca, Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza y WWF, México, pp. 121-139.

Tejero-Díez, J. D. 2007. La riqueza florística del Estado de México: licopodios y helechos. Adumbrationes ad summae editione. Pp 27: 1-32.

Tejero-Díez, J. D., Torres-Díaz A. y M. Gual-Díaz. 2014. Licopodios y helechos en el bosque mesófilo de montaña en México. En: Gual-Díaz M. y Rendón-Correa A. (Comps.): Bosques mesófilos de montaña de México, diversidad, ecología

y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pp. 199-220.

Ter Steege H. y C. Cornelissen. 1989. Distribution and ecology of vascular epiphytes in lowland rain forest of Guyana. Biotropica 21: 331-339.

The Global Biodiversity Information Facility: GBIF Backbone Taxonomy, 2013-07-01. Accessed via http://www.gbif.org/species/2793976 on 2014-06-22.

Toledo-Aceves, T., J. G. García-Franco, A. Hernández-Rojas y K. MacMillan. 2012. Recolonization of vascular epiphytes in a shaded coffee agroecosystem. Applied Vegetation Science 15: 99-107.

Triana-Moreno, L. A., N. J. Garzón-Venegas, J. Sánchez-Zambrano y O. Vargas. 2003. Epífitas vasculares como indicadores de regeneración en bosques intervenidos de la Amazonía Colombiana. Acta Biológica Colombiana 8(2): 31-42.

Turner, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forests: A review of the evidence. Journal Applied Ecology 33: 200-209.

Viccon-Esquivel, J. 2009. Riqueza y composición florística de las epífitas vasculares del Bosque Mesófilo de Montaña de las localidades de Atzalan y Zongolica, Veracruz. Tesis de licenciatura en Biología. Universidad Veracruzana. México.

Villavicencio-Nieto, M. A. y B. E. Pérez-Escandón. 2005. Guía de la flora útil de la Huasteca y la zona Otomí-Tepehua, Hidalgo I**.** Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Centro de Investigaciones Biológicas. Hidalgo, México. 171 pp.

Waechter, J. L. 1998. Epifitismo vascular em uma floresta de restinga do Brasil subtropical. Ciência e Natura 20: 43-66.

Wolf, J. H. D. 2005. The response of epiphytes to anthropogenic disturbance of pine oak forests in the highlands of Chiapas, Mexico. Forest Ecology and Management 212: 376-393.

Wolf, J. H. D., S. R. Gradstein y N. M. Nadkarni. 2009. A protocol for sampling of vascular epiphyte richness and abundance. Journal of Tropical Ecology 25: 107-121.

Wolf, J. H. D. y A. Flamenco. 2003. Patterns in species richness and distribution of vascular epiphytes in Chiapas, Mexico. Journal of Biogeography 30: 1689-1707.

Wolf, J. H. y A. Flamenco. 2005. Distribución y riqueza de epífitas de Chiapas. En: M. González-Espinoza, N. Ramírez-Marcial y L. Ruiz-Montoya. Diversidad Biológica de Chiapas. Plaza y Valdés/ ECOSUR/COCYTECH, México, Distrito Federal, México. Pp. 127-162.

Zotz, G. 2005. Vascular epiphytes in the temperate zones – a review. Plant Ecology 176: 173-183.

Zotz, G. 2007. Johansson revisited: the spatial structure of epiphyte assemblages. Journal of Vegetation Science 18: 123-130.

Zotz, G. 2013. The systematic distribution of vascular epiphytes – a critical update. Botanical Journal of the Linnean Society 171: 453-48.

Zotz, G. y Hietz, P. 2001. The physiological ecology of vascular epiphytes: current knowledge, open questions. Journal of Experimental Botany 52: 2067-2078.

Zotz, G. y J. Andrade. 2002. La ecología y fisiología de las epífitas y hemiepífitas. En M. R. Guariguata y G. H. Kattan, editores. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional del Instituto Tecnológico de Costa Rica, San José. pp 271-296

XII. ANEXOS

Anexo 1. Formato de campo para muestreo por parcela

MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE
Estado actual de la flora epífita vascular en bosques intervenidos
del Área Natural Protegida "Sierra de Otontepec

FECHA: _____

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL SITIO.

MUNICIPIO: _____ LOCALIDAD: _____ SITIO No.: _____ PARCELA No._____

2. INFORMACIÓN DEL SITIO.

Ubicación geográfica: LN: ° ' " LW: ° ' " Altitud (m.s.n.m.)_____ Pendiente _____

Tipo de vegetación_____ Uso actual del suelo_____

3. MUESTREO FLORISTICO

Sub-cuadrante	Datos de forofito					Inventario			Zonas verticales					No. individuos o colonias	OBSERVACIONES
	Forma de vida	N. común	N. científico	h (m)	DAP (cm)	No.	N. común	N. científico	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5		

Interpretaciones: h=altura, dap= diámetro a la altura del pecho, posición, Abundancia Ma= muy abundante, Ab= abundante, Es= escasa, Ra= rara. Zonas verticales Johansson: 1 (ZJ1), 2 (ZJ2) 3 (ZJ3); 4 (ZJ4) y 5 (ZJ5)

OBSERVACIONES GENERALES

_____

_____

Anexo 2. Listado general de epífitas vasculares de la Sierra de Otontepec registrado por varios autores y en este estudio.

Familia	Nombre científico	Nom-059	Endemismo	Castillo-Campos y Medina-Abreo, 1996	SEDESMA, 2007	Alanís-Méndez *et al.*, 2007	Flores-Martínez 2008	Muñoz-Arteaga y Rosales Cárdenas, 2008	Alanís-Méndez, 2012	Este estudio
Araceae	*Anthurium pentaphyllum* (Aubl.) G. Don			0	0	0	0	0	0	1
Araceae	*Monstera acuminata* K. Koch			0	0	0	0	0	0	1
Araceae	*Monstera sp.*			1	0	0	0	0	0	0
Araceae	*Philodendron hederaceum* (Willd.) Schott y Endl.			0	0	0	0	0	0	1
Araceae	*Philodendron radiatum* Schott			1	0	0	0	0	0	1
Araceae	*Syngonium neglectum* Schott			1	1	0	0	0	0	1
Araceae	*Syngonium podophyllum* Schott			0	0	0	0	0	0	1
Aspleniaceae	*Asplenium sphaerosporum* A. R. Sm., Amer Fer J.			0	0	0	0	0	0	1
Bromeliaceae	*Achmea bracteata (*Sw.) Griseb.			1	1	0	0	0	0	1
Bromeliaceae	*Tillandsia botteri* E. Morren ex Baker			0	0	0	0	0	0	1
Bromeliacea	*Tillandsia deppeana* Steudel.			1	1	0	0	0	0	1
Bromeliacea	*Tillandsia fasciculata*			0	0	1	0	0	0	0
Bromeliacea	*Tillandsia festucoides*	Pr	NE	1	1	0	0	0	0	0
Bromeliacea	*Tillandsia ionantha*			0	0	1	0	0	0	0
Bromeliacea	*Tillandsia junceae* (Ruíz Lopez & Pavón) Poiret.			0	0	1	0	0	0	1
Bromeliacea	*Tillandsia polystachia*			0	0	1	0	0	0	0
Bromeliacea	*Tillandsia recurvata*			0	0	1	0	0	0	0
Bromeliacea	*Tillandsia schiedeana*			0	0	1	0	0	0	0

Familia	Nombre científico	Nom-059	Endemismo	Castillo-Campos y Medina-Abreo, 1996	SEDESMA, 2007	Alanís-Méndez *et al.*, 2007	Flores-Martínez 2008	Muñoz-Arteaga y Rosales Cárdenas, 2008	Alanís-Méndez, 2012	Este estudio
Bromeliacea	*Tillandsia sp.*			1	1	0	0	0	0	0
Bromeliacea	*Tillandsia sp. 01*			0	0	0	0	0	0	1
Bromeliacea	*Tillandsia sp. 02*			0	0	0	0	0	0	1
Bromeliacea	*Tillandsia sp. 03*			0	0	0	0	0	0	1
Bromeliacea	*Tillandsia usneoides* L.			1	1	1	0	0	0	1
Bromeliaceae	*Tillandsia viridiflora* Beer (Baker).			1	1	0	0	0	0	1
Cactaceae	*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose			1	1	1	0	0	0	1
Cactaceae	*Rhipsalis baccifera* (Mill.) Stearn)			0	0	0	0	0	0	1
Cactaceae	*Selenicereus grandiflorus*			0	0	1	0	0	0	0
Dryopteridaceae	*Elaphoglossum guatemalense* (Klotzsch) T. Moore			0	0	0	0	0	0	1
Hymenophyllaceae	*Trichomanes radicans* Sw., J. Bot. (Schrader)			0	0	0	0	0	0	1
Lycopodiuaceae	*Huperzia dichotoma (*Jacq.) Trevis.	A	NE	0	0	0	0	0	0	1
Lycopodiuaceae	*Huperzia pithyoides* (Schldtl. & cham.) Holub			0	0	0	0	0	0	1
Orchidaceae	*Acianthera angustifolia* (Lindl.) Luer			0	0	0	0	0	0	1
Orchidaceae	*Brasavola cucullata*			0	0	0	0	1	1	1
Orchidaceae	*Campylocentrum micranthum*			0	0	0	1	1	1	0
Orchidaceae	*Catasetum integerrimum* Hook.			0	0	0	1	1	1	1
Orchidaceae	*Cycnoches egertonianum*			0	0	0	0	1	1	0
Orchidaceae	*Dichaea glauca*			0	0	0	0	1	1	0
Orchidaceae	*Dichaea muricata*			1	1	0	0	0	0	0
Orchidaceae	*Dichaea neglecta* Schltr.			0	0	0	0	1	1	1
Orchidaceae	*Encyclia adenocarpa*			0	0	0	0	1	1	0

Familia	Nombre científico	Nom-059	Endemismo	Castillo-Campos y Medina-Abreo, 1996	SEDESMA, 2007	Alanís-Méndez *et al.*, 2007	Flores-Martínez 2008	Muñoz-Arteaga y Rosales Cárdenas, 2008	Alanís-Méndez, 2012	Este estudio
Orchidaceae	*Encyclia guatemalensis*			0	0	0	0	1	1	0
Orchidaceae	*Encyclia parviflora* (Regel) Withner			0	0	0	0	0	0	1
Orchidaceae	*Epidendrum cardiochilum*			0	0	0	0	1	0	0
Orchidaceae	*Epidendrum cardiophorum*			0	0	0	0	0	1	0
Orchidaceae	*Epidendrum chlorocorymbos*			0	0	0	0	1	1	0
Orchidaceae	*Epidendrum ciliare* Jacq.			0	0	0	0	1	1	1
Orchidaceae	*Epidendrum diffusa* Sw.			0	0	0	0	0	0	1
Orchidaceae	*Epidendrum polyanthum* Lindl.			0	0	0	1	1	1	1
Orchidaceae	*Epidendrum sp.*			1	1	0	0	0	0	0
Orchidaceae	*Erythrodes sp.*			1	1	0	0	0	0	0
Orchidaceae	*Isochilus sp.*			1	1	0	1	0	0	0
Orchidaceae	*Isochilus unilateralis* B.L. Rob.			0	0	0	0	1	1	1
Orchidaceae	*Lycaste aromatica* (Graham) Lindl.			1	1	0	1	1	1	1
Orchidaceae	*Lycaste consobrina*			0	0	0	0	1	1	0
Orchidaceae	*Maxillaria tenuifolia*			0	0	0	0	1	1	0
Orchidaceae	*Maxillaria variabilis*			1	1	0	1	1	1	0
Orchidaceae	*Myrmecophila grandiflora*			0	0	1	0	1	1	0
Orchidaceae	*Myrmecophila tibicinis*			0	0	0	1	0	0	0
Orchidaceae	*Nidema boothii*			0	0	0	0	1	1	0
Orchidaceae	*Notylia barkeri* Lindl.			0	0	0	0	1	1	1
Orchidaceae	*Oncidium ascendens*			0	0	0	1	0	0	0
Orchidaceae	*Oncidium cosymbephorum*			0	0	0	1	0	0	0
Orchidaceae	*Oncidium luridum*			0	0	0	1	0	0	0

Familia	Nombre científico	Nom-059	Endemismo	Castillo-Campos y Medina-Abreo, 1996	SEDESMA, 2007	Alanís-Méndez *et al.*, 2007	Flores-Martínez 2008	Muñoz-Arteaga y Rosales Cárdenas, 2008	Alanís-Méndez, 2012	Este estudio
Orchidaceae	*Oncidium sphacelatum*			0	0	1	1	1	1	0
Orchidaceae	*Pleurothalis angustifolia*			0	0	0	0	1	1	0
Orchidaceae	*Pleurothalis carioi*			1	0	0	0	0	0	0
Orchidaceae	*Pleurothalis tribuloides*			0	0	0	0	1	1	0
Orchidaceae	*Prosthechea cochleata* (L.) W.E. Higgins			0	0	0	0	1	1	1
Orchidaceae	*Prosthechea lívida* (L.) W.E. Higgins			0	0	0	0	1	1	1
Orchidaceae	*Prosthechea mariae (*Ames) W.E. Higgins	A	NE	0	0	0	1	1	1	1
Orchidaceae	*Prosthechea sp.*			0	0	0	0	0	0	1
Orchidaceae	*Restrepiella ophiocephala*			0	0	0	0	1	1	0
Orchidaceae	*Stanhopea occulata*	A	NE	0	0	0	0	1	1	0
Orchidaceae	*Trichocentrum ascendens*			0	0	0	0	1	1	0
Orchidaceae	*Trichocentrum cosymbephorum*			0	0	0	0	1	0	0
Orchidaceae	*Trichocentrum luridum*			0	0	0	0	1	0	0
Orchidaceae	*Tropidia polystachya*			1	0	0	0	0	0	0
Piperaceae	*Peperomia aff. amalago*			0	1	0	0	0	0	0
Piperaceae	*Peperomia berlandieri* Miq.			0	0	0	0	0	0	1
Piperaceae	*Peperomia glabella* (Sw.) A. Dietr.			1	1	0	0	0	0	1
Piperaceae	*Peperomia magnolifolia (*Jacq.) A. Dietr.			0	0	0	0	0	0	1
Piperaceae	*Peperomia obtusifolia*			1	1	0	0	0	0	0
Piperaceae	*Peperomia pringleii* C. DC.			0	0	0	0	0	0	1
Piperaceae	*Peperomia sanjoseana* C. DC.			0	0	0	0	0	0	1
Piperaceae	*Peperomia sp.*			1	0	0	0	0	0	0

Familia	Nombre científico	Nom-059	Endemismo	Castillo-Campos y Medina-Abreo, 1996	SEDESMA, 2007	Alanís-Méndez *et al.*, 2007	Flores-Martínez 2008	Muñoz-Arteaga y Rosales Cárdenas, 2008	Alanís-Méndez, 2012	Este estudio
Polypodiaceae	*Campyloneurum angustifolium* (Sw.) Fée			0	0	0	0	0	0	1
Polypodiaceae	*Campyloneurum brevifolium* (Lodd. ex Link) Link			0	0	0	0	0	0	1
Polypodiaceae	*Pecluma sursumcurrens* (Copel.) M.G. Price			0	0	0	0	0	0	1
Polypodiaceae	*Phlebodium areolatum* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) J. Sm.			0	0	0	0	0	0	1
Polypodiaceae	*Pleopeltis polylepis* (Roemer ex Kunze) T. Moore			0	0	0	0	0	0	1
Polypodiaceae	*Polypodium* cf. *alfredii*			1	1	0	0	0	0	0
Polypodiaceae	*Polypodium aureum*			1	1	0	0	0	0	0
Polypodiaceae	*Polypodium falcaria* Kunze Linnaea			0	0	0	0	0	0	1
Polypodiaceae	*Polypodium plebeium* Schltdl. y Cham.			1	1	0	0	0	0	1
Polypodiaceae	*Polypodium plesiosorum* Kunze			1	0	0	0	0	0	0
Polypodiaceae	*Polypodium polypodioides*			0	0	0	0	0	0	1
Polypodiaceae	*Polypodium sp.*			1	1	0	0	0	0	0
Vittariaceae	*Vittaria lineata* (L.) Sm.			0	0	0	0	0	0	1
				26	21	11	12	31	29	53