



**UNIVERSIDAD
MICHOCANA DE SAN
NICOLÁS DE
HIDALGO**



FACULTAD DE BIOLOGÍA

**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ÁREA TEMÁTICA:
Ecología y Conservación**

**Efecto de la perturbación antrópica
en la ecología de *Rhynchostele
cervantesii* (Orchidaceae) en Bosque
Mesófilo de Montaña, Tingambato,
Michoacán, México**

**Que para obtener el grado de maestra
en Ciencias Biológicas**

**Presenta:
Biól. Jocelyn Selene Cervantes Uribe**



**Tutora de la tesis:
Dra. Irene Ávila Díaz**

**Co-tutor de la tesis:
Dr. Roberto Garibay Orijel**

Marzo de 2018

Morelia, Michoacán, México.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a el programa CONACYT y al Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, de la UMSNH y a todos mis maestros, en especial a la Dra. Yvonne Herreras Diego, por estar siempre al pendiente de mi documentación.

A los miembros del comité tutorial, por todas sus sugerencias y apoyo durante estos dos años: Dra. Irene Ávila Díaz (Asesora), Dr. Roberto Garibay Orijel (Co-asesor), Dr. Eduardo Alberto Pérez García, Dr. Leonel López Toledo, Dra. Sylvia Patricia Fernández Pavía.

A la Dra. Irene Ávila Díaz, por su asesoría y la revisión minuciosa del manuscrito. También por la extracción de DNA y demás procesamiento de las muestras de los hongos en laboratorio para su determinación molecular.

Al Dr. Roberto Garibay Orijel agradezco por su revisión crítica y constructiva del manuscrito, sobre todo por la asesoría del capítulo 3, así como por la edición de las secuencias y determinación taxonómica de los hongos en base a estas.

A Dra. Noemí Matías Ferrer por su colaboración en el procesamiento de las muestras de los hongos en laboratorio para su determinación molecular.

A el Prof. Leonel Villanueva-Camacho, por acompañarme a todas las salidas a campo.

Al Dr. Diego Pérez Salicrup (UNAM campus Morelia) y al Dr. Alejandro Salinas Melgoza, por sus sugerencias en algunas dudas del diseño experimental.

Mat. Carlos Gómez Alonso (ISSSTE campus Morelia), por apoyarme en los análisis de los resultados.

Al Dr. Rodolfo Pérez Rodríguez, por ayudarme en algunas dudas sobre las secuencias de ADN.

A la CIC de la UMSNH por el apoyo otorgado mediante el proyecto Biología de la Conservación de Orquídeas Michoacanas, a Genaro, encargado del laboratorio del X, a la Dra. Sabina Irene Lara Cabrera, al Dr. Rafael Salgado Gaciglia, al Dr. Victor Rocha (UNAM campus Morelia), a la Dra. Sylvia Patricia Fernández Pavía, les agradezco por facilitarme el uso de sus instalaciones. Al M. en C. Gerardo Rodríguez Lozano, por apoyarme durante la instalación de la campana de flujo laminar.

A la Biol. Jazmín Almanza Álvarez, gracias por tus enseñanzas y apoyo en la transferencia de hongos. Biol. Karla Magaña, gracias por ayudarme a conseguir laboratorio, Biol. Ever Flores y Fabricio García, por ayudarme a la mudanza del laboratorio, y Biol. Rosa E. Magaña, gracias por prestarnos tu vehículo. A Ricardo Heras, Hugo Jiménez y mis compañeros del laboratorio (Tere, Jorge, Alejandro, Aldo) por acompañarme a campo.

A la MVZ. María Elena Cervantes Ramírez, gracias por apoyarme en la revisión del manuscrito.

DEDICATORIA

Hugo Jiménez, gracias por incentivarme a crecer, por ser mi mejor amigo, por siempre estar allí y por acompañarme en este viaje.

A mis padres Manuel y Selene por todo el apoyo que he recibido, a mi hermana hermosa Michelle, a mi hermano Manel y piraña.

A mis abuelos

A mi otra madre "Malenita" y a mi hermano Perverso que lo amo con todas sus locuras. A mi familia (Tío Melecio y Tía Mariaelena, Pepe, Tere, Tía Gela, Tía Leti, Angie, Mariana, Meli, Ule, Mario, Richi, Mario H., Memo, Maya, Lalo) y amigos (Carmen Vargas, Alma Velazco, Chistopher, Ariatna, Tona, Jessica, Alfonso, Pedro, Fernando, Orlando, Beti, Julio Vega, Meche y Memo).

A mis angelitos Alex y Frida.

A mi entrenador Ariel Hernández Cabello.

A mi familia de Panteras de Morelia (flag football), por que, cuando tenía miedo de no saber si el rumbo que decidí era el correcto, pero llegaron ustedes, y cada uno de ustedes apporto algo en mi vida (Kore, Yoali, Astro, Monito, Cin, Gabi, Lili, Fany H., Danny, Vanesa, Jarocha, Abril, la prima, Charli, Yuli, Aransa, Diana, Mariana C., Dinorah, Zulema, Jenny, Gema, Ivanna, Areli, Jael, Big. Chucho, Chucho, Toques, Gabriel...). Y en especial a papá Coach por todas las pláticas y por siempre estar al pendiente de mí y de todos. Al Coach Maki Jr. por ayudarme a enfrentar mis miedos.

A mi familia Calderón Arroyo, gracias por apoyarme y por todo el cariño que recibí.

A mi manada por todas las aventuras, paseos, pelis, tacos, juegos, canciones, discusiones, bullying y risas.

A mis nuevos amigos del 81 (Fabricio, Alex, Pepe Toño, Jazz, Mari y Luis, etc...). A los chicos de la maestría (Karla, Julio, Ever, Yeimi, Areli, Iris, Rosa...).

Gracias a todas las personas que estuvieron en este proceso de aprendizaje y crecimiento.

Contenido

I. RESUMEN GENERAL	1
II. SUMMARY	2
III. INTRODUCCIÓN GENERAL	3
IV. HIPÓTESIS GENERAL	6
V. OBJETIVO GENERAL	6
VI. RESULTADO GENERAL	7
VI.a CAPÍTULO 1	7
1) Resumen	7
2) Introducción.....	8
3) Materiales y métodos	10
3.1 Área de estudio	10
3.2 Selección de sitios de muestreo	11
3.3 Recolecta de datos.....	14
3.4 Análisis de datos	15
4) Resultados	17
4.1 Grado de perturbación antrópica	17
4.2 Especies arbóreas.....	18
5) Discusión	21
6) Conclusiones	23
7) Literatura citada	24
VI.b CAPÍTULO 2	27
1) Resumen	27
2) Introducción.....	28
3) Materiales y métodos	30
3.1 Selección de los sitios de muestreo	30
3.2 Recolecta de datos.....	30
3.3 Análisis de datos	31
4) Resultados	32
4.1 Forofitos de <i>R. cervantesii</i>	32
4.2 Población de <i>R. cervantesii</i>	34
5) Discusión	43

6) Conclusiones	46
7) Literatura citada.....	47
VI.c CAPÍTULO 3	49
1) Resumen	49
2) Introducción.....	50
3) Materiales y métodos.....	51
3.1 Selección de sitios de observación	51
3.2 Incidencia y grado de enfermedad de <i>R. cervantesii</i>	51
3.3 Submuestreo.....	51
3.4 Recolección de muestras	51
3.5 Aislamiento de hongos asociados a lesiones de <i>R. cervantesii</i>	52
3.6 Identificación molecular de hongos asociados a lesiones de <i>R. cervantesii</i> ..	52
3.7 Análisis de datos	53
4) Resultados	54
4.1 Incidencia de enfermedad de <i>R. cervantesii</i> observadas	54
4.2 Grado de enfermedad de <i>R. cervantesii</i> observadas	54
4.3 Resultados de submuestreo.....	55
4.4 Diversidad de hongos asociados a lesiones de <i>R. cervantesii</i>	58
4.5 Biología y ecología de hongos asociados a lesiones de <i>R. cervantesii</i>	65
5) Discusión.....	71
6) Conclusiones	73
7) Literatura citada	74
VII. DISCUSIÓN GENERAL	77
VIII. PERSPECTIVAS Y RECOMENDACIONES	78
IX. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA	79

I. RESUMEN GENERAL

Las orquídeas han creado tres tipos de estrategias adaptativas ante la perturbación, sin embargo, la perturbación antrópica actúa de manera continua a gran magnitud, transformando y reduciendo el área, lo que produce en los organismos procesos de adaptación y en casos extremos procesos de extinción. Entre el 50 y 60% de las orquídeas mexicanas se encuentran en Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), a pesar de ello, aproximadamente el 50% de la superficie original ha sido reemplazada por otros tipos de cobertura. El objetivo general de esta investigación fue conocer el efecto de la perturbación antrópica en la ecología de *Rhynchostele cervantesii* (Orchidaceae), orquídea epífita, endémica de México, en la categoría de amenazada (SEMARNAT, 2010). El trabajo se dividió en tres capítulos: en el Capítulo 1 se seleccionaron dos sitios: perturbado y poco perturbado, a través de valores categóricos a los diferentes tipos y grados de perturbación antrópica, se registró que el grado de perturbación influye en la estructura del BMM; en el Capítulo 2 se encontró que *R. cervantesii* a pesar de ser tolerante a la perturbación antrópica, esta influye negativamente en la abundancia, las especies de forofitos, la distribución horizontal y el tipo de sustrato; finalmente, en el Capítulo 3, la incidencia de enfermedad es alta, pero el grado de severidad de la enfermedad es bajo, por lo tanto, es probable que *R. cervantesii* interactúe con otros microorganismos que la protegen de enfermedades, se identificaron 70 taxa de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* y se registró que la diversidad es igual en cuanto al número de especies, sin embargo, las especies de hongos del sitio perturbado y poco perturbado son diferentes entre estos.

Palabras clave: perturbación antrópica, Bosque Mesófilo de Montaña, ecología, *R. cervantesii*, hongos asociados a lesiones.

II. SUMMARY

Orchids have created three types of adaptive strategies towards the disturbance, however, the anthropic disturbance acts continuously to a great extent, transforming and reducing the area, which produces adaptation processes in organisms and in extreme cases, extinction processes. Between 50 and 60% of Mexican orchids are found in Cloud Forest (CF). Despite, approximately 50% of the original surface has been replaced by other types of ground cover. The general objective of this investigation is to discover the effect of the anthropic disturbance, in the ecology of *Rhynchostele cervantesii* (Orchidaceae), an epiphytic orchid, endemic of Mexico, on the threatened category (SEMARNAT, 2010). The work is divided in three chapters: in Chapter 1, two sites were selected: disturbed and less disturbed, through categorical values to the different types and degrees of anthropogenic disturbance, where it is found that the degree of disturbance influences the structure of the CF. In Chapter 2, it is demonstrated that *R. cervantesii*, despite being tolerant to anthropic disturbance, it negatively influences in abundance species of phorophytes, horizontal distribution and type of substrate. Finally, in Chapter 3, it is stated that the incidence of disease is high, but the degree of severity of the disease is low, which means that it is likely that *R. cervantesii* interacts with other microorganisms who protect it from diseases, 70 taxa fungi associated with lesions of *R. cervantesii* were molecularly identified, and it was registered that the diversity is equal in the number of species, however, the fungal species of the disturbed and in the less disturbed site are different among these.

Keywords: anthropic disturbance, Cloud Forest, ecology, *R. cervantesii*, fungi associated with lesions.

III. INTRODUCCIÓN GENERAL

Las perturbaciones naturales (huracanes, sequías, inundaciones e incendios forestales causados por rayos) son puntuales en el tiempo y en el espacio, variables en frecuencia y magnitud, modifican los ecosistemas creando en los organismos procesos de adaptación y evolución; contrario a esto las perturbaciones antrópicas (deforestación, fragmentación, explotación de recursos, cambio de uso de suelo, contaminación de aguas y suelos, e incendios forestales causados por quemas agrícolas), actúan de manera continua, son de gran magnitud, transforman y reducen el área, lo que genera en los organismos procesos de adaptación o extinción. Aunque la mayoría de las veces ocurren ambos tipos de perturbación (Manson y Jardel-Peláez, 2009; García-Franco, 2017).

Dressler (1981), menciona que ante las perturbaciones las orquídeas tienen tres tipos de estrategias adaptativas:

- 1) *Ruderales* (R): se encuentran en sitios donde existe mucha perturbación y se ven favorecidas, entre los trabajos que encontramos, está el de Randall (2002) en el cual menciona más de 90 orquídeas que son malezas; posteriormente, Ackerman (2007) registra nueve orquídeas (*Arundina graminifolia*, *Dendrobium crumenatum*, *Epidendrum radicans*, *Oeceoclades maculata*, *Phaius tancarvilleae*, *Spathoglottis plicata*, *Vanilla planifolia*, *Vanilla pompona*, *Zeuxine strautemata*) tanto terrestres como epífitas que son invasivas en Puerto Rico, y las adaptaciones que han adquirido, como la presencia en sitios perturbados, son muy abundantes, las poblaciones tienen un grado de elasticidad; en cuanto a la reproducción, tienen semillas abundantes, dispersión a distancia, autogamia, apomixis y un rápido desarrollo. Díaz-Toribio (2009), indica que una orquídea terrestre (*Cyclopogon luteo-albus*) tiene una tolerancia alta a la perturbación, mientras que Orta-Pozo (2015) señala principalmente a dos especies de orquídeas epífitas (*Polystachya concreta* y *Prosthechea boothiana*) que se encuentran en sitios con una alta intervención de disturbios antrópicos.
- 2) *Resistentes al estrés* (S): son orquídeas que se encuentran en sitios donde un factor ambiental es inadecuado, Grime (1977), refiere que toda la familia Orchidaceae debería estar incluida en esta categoría por las adaptaciones morfológicas que presenta, similar a lo reportado por Williams-Linera *et al.* (1995), Flores-Palacios y García-Franco (2008), los cuales mencionan que las orquídeas epífitas pueden existir en hábitats fragmentados ya que presentan una alta tolerancia ecológica. Díaz-Toribio (2009) y Orta-Pozo (2015) reportan en sus investigaciones algunas orquídeas tolerantes a las perturbaciones.
- 3) *Competidoras* (C): se encuentran en sitios donde existe poca perturbación, y se ven afectadas. Díaz-Toribio (2009), hace referencia de ocho orquídeas terrestres que presentan un efecto negativo ante la perturbación (*Aspidogyne stictophylla*, *Cyclopogon comosus*, *Erythrodes lunifera*, *Erythrodes* sp., *Govenia praecox*, *Malaxis soulei*, *Malaxis* sp., *Sarcoglottis sceptrodes*). Sin embargo, existen más trabajos como el de

García-Franco (2017), en donde se presenta el efecto de la perturbación antrópica en las relaciones tanto intra-específicas como inter-específicas de la familia Orchidaceae en México.

Entre los trabajos en los que se ha estudiado la perturbación en las relaciones intra-específicas, se encuentra el reporte de Díaz-Toribio (2009) que evalúa la presencia y frecuencia de aparición en 16 orquídeas terrestres en Veracruz (*Aspidogyne stictophylla*, *Calanthe calanthoides*, *Cranichis* sp., *Cyclopogon comosus*, *Cyclopogon luteo-albus*, *Erythrodes lunifera*, *Erythrodes* sp., *Goodyera striata*, *Govenia praecox*, *Habenaria floribunda*, *Malaxis soulei*, *Malaxis* sp., *Pelexia funkiana*, *Prescottia stachyodes*, *Psilochilus macrophyllus*, *Sarcoglottis sceptrodes*), así como el de Orta-Pozo (2015) que analizó la abundancia y frecuencia de 19 orquídeas epífitas en Cuba (*Brassia caudata*, *Bulbophyllum pachyrhachis*, *Encyclia fucata*, *Ionopsis utricularioides*, *Broughtonia lindenii*, *Leochilus labiatus*, *Heterotaxis sessilis*, *Prosthechea cochleata*, *Encyclia plicata*, *Nidema ottonis*, *Tribulago tribuloides*, *Encyclia bipapularis*, *Epidendrum anceps*, *Trichocentrum undulatum*, *Prosthechea boothiana*, *Epidendrum nocturnum*, *Specklinia sertularioides*, *Polystachya concreta* y *Epidendrum rigidum*).

En cuanto a los trabajos que afectan las relaciones inter-específicas, algunos de los que se han reportado son: Parra-H y Nates-Parra (2007) trabajaron con abejas del género *Euglossini*, las cuales son polinizadoras de algunas orquídeas y encontraron que la frecuencia de especies polinizadoras disminuye cuando un sitio está más perturbado. Mejía-Rosero y Pino-Benítez (2010), identificaron la abundancia de orquídeas epífitas en relación con el forofito. Orta-Pozo (2015) analizó la diversidad, abundancia, distribución, el valor ecológico y comercial de forofitos. Downing (2016) investigó el efecto de la perturbación en la interacción de orquídeas con sus hongos micorrízicos.

En el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) se encuentran entre el 50 y 60% de las orquídeas mexicanas (Hágsater *et al.*, 1996), siendo este uno de los ecosistemas más amenazados, por lo tanto, es prioritario preservarlo para asimismo conservar a las orquídeas. En México varios trabajos de orquídeas en BMM se centran en el estado de Veracruz (Williams-Linera, *et al.*, 1995; Díaz-Toribio, 2009; García-Franco, 2017); no obstante, para el estado de Michoacán a pesar de que existen trabajos de perturbación en otros grupos de vegetación es necesario evaluar el efecto de la perturbación en esta familia, que tiene requerimientos especializados de hábitat (Williams-Linera *et al.*, 1995) y que presenta una presión por el cambio de uso de suelo diferente a lo que ocurre en el estado de Veracruz, para poder implementar estrategias específicas de conservación.

Por lo cual, el objetivo general de esta investigación fue determinar el efecto de la perturbación antrópica en la ecología de *Rhynchostele cervantesii* (Orchidaceae) orquídea epífita, endémica de México que se encuentra listada en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010 en la categoría de amenazada (SEMARNAT, 2010), además es una orquídea de importancia social, ya que sus flores son apreciadas como ornamentales. Domínguez-Gil (2015) reporta a *Rhynchostele cervantesii*, como la orquídea epífita más

abundante y de las más frecuentes en BMM en el Área de Conservación Voluntaria de la Comunidad Indígena de Santiago Tingambato, Michoacán, México.

Este trabajo se divide en tres capítulos, el **Capítulo 1**, en el cual el objetivo fue identificar sitios con diferente grado de perturbación a través de valores de los diferentes tipos de perturbación antrópica y el uso de las especies arbóreas como indicadores de perturbación; en el **Capítulo 2**, donde el objetivo fue analizar si la perturbación antrópica en el BMM, afecta la abundancia y los patrones de distribución de *Rhynchostele cervantesii*; y finalmente, en el **Capítulo 3**, el objetivo fue evaluar el efecto de la perturbación antrópica en la incidencia y grado de enfermedad, así como, en la diversidad de los hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*.

IV. HIPÓTESIS GENERAL

La perturbación antrópica tendrá un efecto negativo en la abundancia, los patrones de distribución, la incidencia, grado de enfermedad y en la diversidad de los hongos asociados a lesiones en la población de *Rhynchostele cervantesii* en Bosque Mesófilo de Montaña en el Área de Conservación Voluntaria de la Comunidad Indígena de Santiago Tingambato, Michoacán, México.

V. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la perturbación antrópica en la abundancia, los patrones de distribución, la incidencia, grado de enfermedad y en la diversidad de los hongos asociados a lesiones de *Rhynchostele cervantesii* en el Bosque Mesófilo de Montaña en el Área de Conservación Voluntaria de la Comunidad Indígena de Santiago Tingambato, Michoacán, México.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Seleccionar sitios con diferente grado de perturbación antrópica del BMM en el Área de Conservación Voluntaria de la Comunidad Indígena de Santiago Tingambato, Michoacán, México.
2. Evaluar el efecto de la perturbación antrópica en la abundancia, los patrones de distribución horizontal y vertical de la población de *R. cervantesii* en el BMM en Tingambato, Michoacán, México.
3. Analizar el efecto de la perturbación antrópica en la incidencia, grado de enfermedad y diversidad de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* en el BMM en Tingambato, Michoacán, México.

VI. RESULTADO GENERAL

VI.a CAPÍTULO 1

Evaluación del grado de perturbación antrópica en Bosque Mesófilo de Montaña en el Área de Conservación Voluntaria de la Comunidad Indígena de Santiago Tingambato, Michoacán, México

Cervantes-Uribe, Jocelyn Selene¹; Pérez-Salicrup, Diego²; López-Toledo, Leonel¹; Ávila-Díaz, Irene¹.

(1) Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología, (2) Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

1) Resumen

El Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) alberga la mayor diversidad de especies de flora y fauna en relación a su área. En México aproximadamente un 50% de la superficie original ha sido reemplazada por otros tipos de cobertura. El objetivo principal es seleccionar sitios con diferente grado de perturbación en el BMM, en el Área de Conservación Voluntaria de la Comunidad Indígena de Santiago Tingambato, Michoacán, México. Se hizo una evaluación del grado de perturbación antrópica tomando en cuenta perturbaciones antrópicas que amenazan la permanencia del BMM: como la distancia al asentamiento humano más cercano, a la carretera, a el área agrícola y el tamaño del área agrícola más cercana, también se realizó un estudio de las especie arbóreas, ya que la estructura vegetal puede tomarse también como un indicador de perturbación. Se encontraron dos sitios con diferente grado de perturbación en el BMM: perturbado y poco perturbado, además, la estructura vegetal del BMM depende del grado de perturbación, se identificaron tres especies arbóreas de mayor importancia ecológica: *Styrax argenteus*, *Ternstroemia lineata* y *Quercus rugosa* en ambos grados de perturbación.

2) Introducción

El Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) es un grupo de comunidades que poseen una estructura, afinidad florística y composición de especies diversas (CONABIO, 2010). Alberga la mayor diversidad de especies de flora y fauna en relación a su área (Challenger 1998).

En México se calcula que alrededor de 2500 especies de plantas vasculares habitan exclusiva y preferentemente en los BMM, los géneros de especies arbóreas que predominan son *Alfaroa*, *Alnus*, *Carpinus*, *Carya*, *Chiranthodendron*, *Cinnamomum*, *Clethra*, *Cleyera*, *Cornus*, *Dalbergia*, *Dendropanax*, *Fraxinus*, *Juglans*, *Liquidambar*, *Matudaea*, *Meliosma*, *Nyssa*, *Oecopetalum*, *Oreomunnea*, *Oreopanax*, *Persea*, *Prunus*, *Quercus*, *Styrax*, *Symplocos*, *Ternstroemia* y *Zinowiewia* (Rzedowski 1996). En las copas de los árboles abundan las epífitas de las familias Orchidaceae, Bromeliaceae, Piperaceae y Araceae (Challenger, 1998; Rzedowski, 1978 y 1996) (Fig. 1).



Figura 1. Distribución del Bosque Mesófilo de Montaña en México. Manchas verdes= BMM, círculo rojo= territorio de Uruapan a Pátzcuaro. Fuente: González-Espinosa *et al.*, (2012), modificado por Cervantes-Uribe.

Challenger, en (1998) estimó que entre el 0.5 a 1 % del territorio nacional está ocupado por vegetación primaria de BMM y aproximadamente un 50% de la superficie original ha sido reemplazada por otros tipos de cobertura, por lo tanto, no existe una evaluación reciente que permita determinar con exactitud el área que cubre el BMM en México.

La distribución naturalmente fragmentada de los BMM, el paisaje fuertemente accidentado que ocupan y su lenta capacidad para recuperarse de la perturbación, los convierten en ecosistemas particularmente frágiles, por lo tanto, es prioritario apoyar la conservación y restauración debido al papel vital que desempeñan en el mantenimiento de los ciclos hidrológicos y de nutrientes (CONABIO, 2010).

Algunos criterios que amenazan la permanencia de los BMM en México, son: cambio climático, densidad poblacional, densidad de caminos, conflictos por propiedad de la tierra, agricultura, ganadería entre otros, y algunos otros criterios que amenazan la

calidad del BMM, como la sobreexplotación de productos no maderables, tala selectiva ilegal, pastoreo, sobreexplotación de leña y cacería furtiva (CONABIO, 2010).

Williams-Linera *et al.*, 2002, evaluaron algunos disturbios antrópicos, como: el tamaño y distancia a los asentamientos humanos, los tipos de uso de suelo que rodea a los remanentes y las condiciones particulares de los fragmentos, con el objetivo de determinar el grado y patrón de fragmentación, y encontraron que solo el 10% del área son fragmentos no perturbados, mientras que el principal uso de suelo es pastizal.

Posteriormente, Williams-Linera (2015) presenta un reporte en el cual realiza un análisis detallado de muchos otros trabajos realizados en el BMM en México, y cómo estos han ido evolucionando en cuanto al tema que tratan, los primeros trabajos registrados son descriptivos, después vinieron trabajos sobre ecología y los más actuales tratan temas de perturbación.

En México, se han realizado estudios sobre el efecto de la perturbación en BMM, tanto en fauna (López-Arévalo, 2010; Ibarra-Núñez *et al.*, 2011) como en flora (Santiago-Pérez, 2006; Aguirre-Calderón, *et al.*, 2008; López-Pérez *et al.*, 2011; Carvajal-Hernández *et al.*, 2014), en los estados de Chiapas, Estado de México, Jalisco, Tamaulipas y Veracruz, en donde se ha evaluado la presencia, abundancia, riqueza y estructura de la población o comunidad.

El objetivo principal de este trabajo fue seleccionar sitios con diferente grado de perturbación del BMM en el Área de Conservación Voluntaria de la Comunidad Indígena de Santiago Tingambato, Michoacán, México. Para ello, se realizó una evaluación del grado de perturbación antrópica en el BMM y un estudio de las especies arbóreas, ya que *R. cervantesii*, al ser una orquídea epífita tiene una dependencia directa por el árbol hospedero (forofito), y las especies arbóreas pueden tomarse también como indicador florístico de perturbación (López-Pérez *et al.*, 2011).

Por lo tanto, en este estudio nos planteamos contestar las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son las perturbaciones antrópicas que se presentan en el BMM de esta comunidad?, ¿Existen sitios con mayor perturbación? y ¿Las especies arbóreas se ven influenciadas por la perturbación antrópica?

3) Materiales y métodos

3.1 Área de estudio

El estudio se realizó en el Área de Conservación Voluntaria de la Comunidad Indígena (CI) de Santiago Tingambato, localizado en el Predio de Tenderio, Municipio de Tingambato, en el Estado de Michoacán, México (Fig. 2).

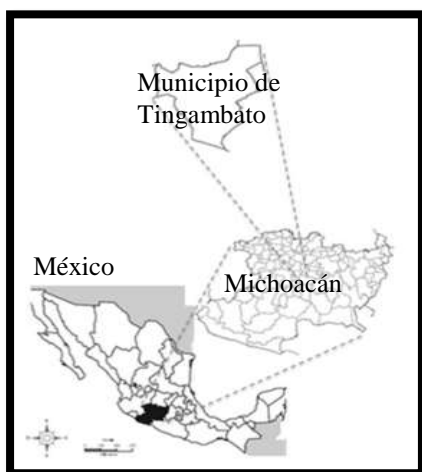


Figura 2. Municipio de Tingambato, Estado de Michoacán, México. Fuente: Domínguez-Gil (2015), modificado por Cervantes-Uribe.



Figura 3. Área de Conservación Voluntaria de la CI de Santiago Tingambato, Michoacán, México. Fuente: Domínguez-Gil (2015), modificado por Cervantes-Uribe.

El Área de Conservación Voluntaria de la CI de Santiago Tingambato, tiene una superficie de 150 Has (Fig. 3). En las coordenadas 19° 30' de latitud norte y 101° 50' de longitud oeste, a una altura de 2,200 a 2,400 msnm. Se encuentra ubicado en la sierra con roca ígnea extrusiva y suelos de tipo andosol, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2009a; INEGI, 2012). La vegetación reconocida es vegetación primaria de Bosque Mesófilo de Montaña por INEGI (2012), sin embargo, Domínguez-Gil (2015) registró tres tipos de vegetación Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), Bosque de *Quercus-Pinus* (BEP) y Bosque de *Pinus-Quercus* (BPE) para esta misma zona. Su uso está destinado primordialmente a la actividad forestal y en menor proporción a la agrícola y ganadera (INAFED, 2016; INEGI, 2012) (Fig. 4).

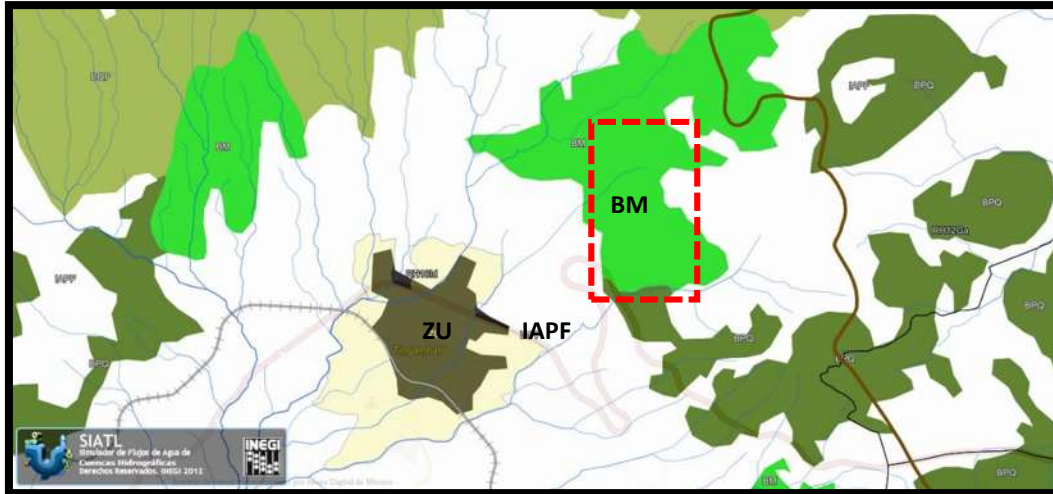


Figura 4. Vegetación del Área de Conservación Voluntaria de la CI y la Ciudad de Tingambato. BM= vegetación primaria de Bosque Mesófilo de Montaña; ZU= zona urbana (Ciudad de Tingambato); IAPF= información agrícola- pecuaria- forestal; área punteada roja= Área de Conservación Voluntaria de la CI. Fuente: INEGI (2009b) e INEGI (2012), modificado por Cervantes-Uribe.

3.2 Selección de sitios de muestreo

En el Área de Conservación Voluntaria se identificaron sitios con especies arbóreas que predominan en Bosque Mesófilo de Montaña en este sitio, según lo reportado en Domínguez-Gil (2015): *Quercus rugosa* Née., *Styrax argenteus* C.Presl. y *Ternstroemia lineata* DC (Figs. 5, 6 y 7).

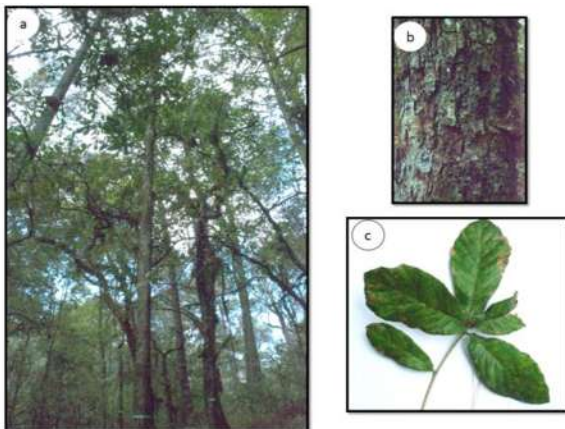


Figura 5. *Quercus rugosa* Née. a) árbol, b) corteza, c) hojas. Fotos: Cervantes-Uribe.

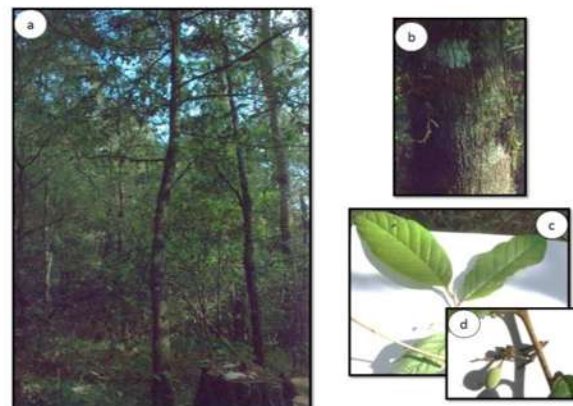


Figura 6. *Styrax argenteus* C.Presl. a) árbol, b) corteza, c) hojas, d) fruto. Fotos: Cervantes-Uribe.

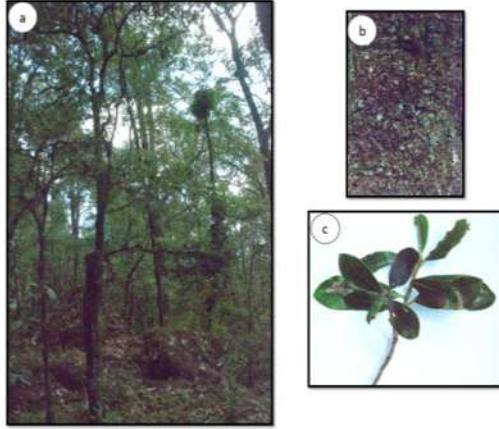


Figura 7. *Ternstroemia lineata* DC.
a) árbol, b) corteza, c) hojas. Fotos:
Cervantes-Uribe.

Consecutivamente se establecieron cuatro criterios principales para la selección de los sitios con diferente grado de perturbación, basados en la distancia a las perturbaciones antropogénicas de gran impacto, durante los meses de diciembre de 2015 y enero de 2016 (Figs. 8, 9 y 10):

- 1) dT: Distancia a la Ciudad de Tingambato, población 7,771 habitantes (SEDESOL, 2017),
- 2) dC: Distancia a la carretera libre “Pátzcuaro-Uruapan”,
- 3) dH: Distancia a el área agrícola más cercana, y
- 4) tH: Tamaño del área agrícola más cercana.

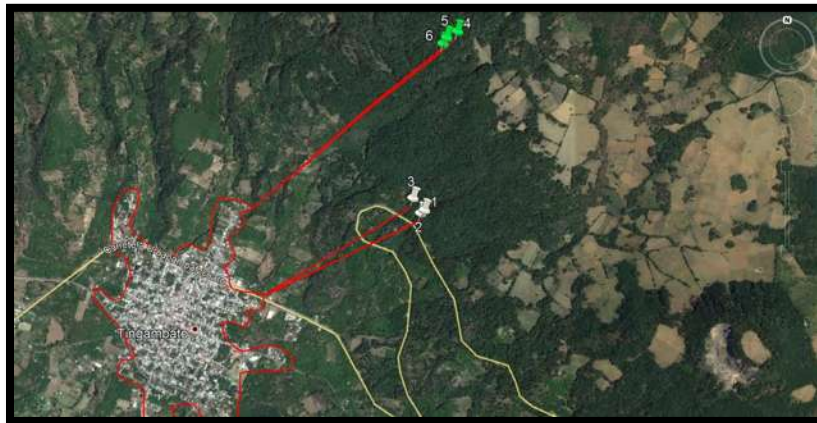


Figura 8. Distancia a la Ciudad de Tingambato. 1, 2 y 3= sitios cercanos a asentamiento humano; 3, 4 y 5= sitios alejados de asentamiento humano. Fuente: Google (2017), modificado por Cervantes-Uribe.

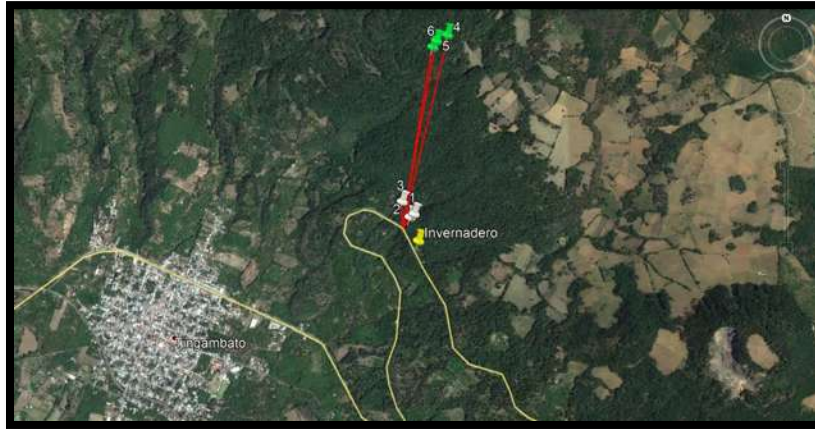


Figura 9. Distancia a la carretera libre “Pátzcuaro-Uruapan”. 1, 2 y 3= sitios cercanos a asentamiento humano; 3, 4 y 5= sitios alejados de asentamiento humano. Fuente: Google (2017), modificado por Cervantes-Uribe.

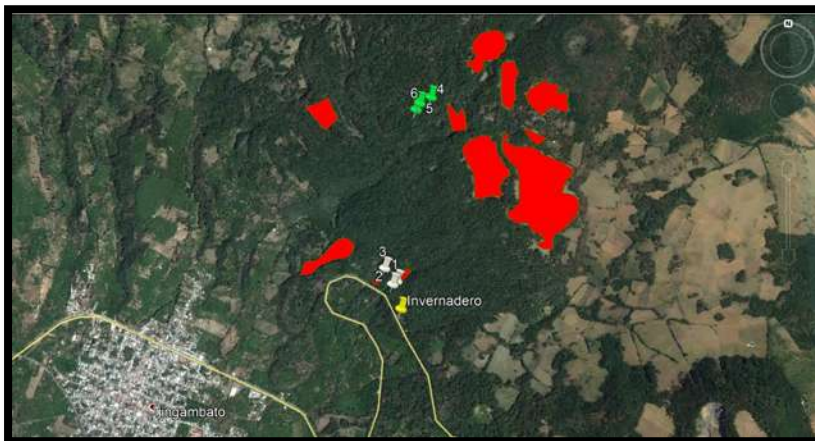


Figura 10. Distancia al área agrícola más cercana y tamaño aproximado del área agrícola más cercana. 1, 2 y 3= sitios cercanos a asentamiento humano; 3, 4 y 5= sitios alejados de asentamiento humano, áreas rojas= área agrícola. Fuente: Google (2017), modificado por Cervantes-Uribe.

Se identificaron dos sitios en BMM con diferente grado de perturbación y se seleccionaron al azar tres transectos de 25 x 12 m con orientación NE (Figs. 11 y 12).

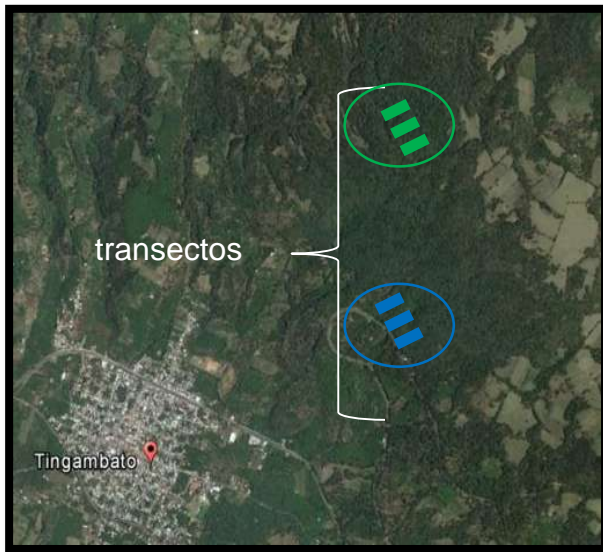


Figura 11. Transectos con diferente grado de perturbación. En azul= transectos cercanos a asentamiento humano; verde= transectos alejados de asentamiento humano.
Fuente: Google (2016), modificado por Cervantes-Uribe.

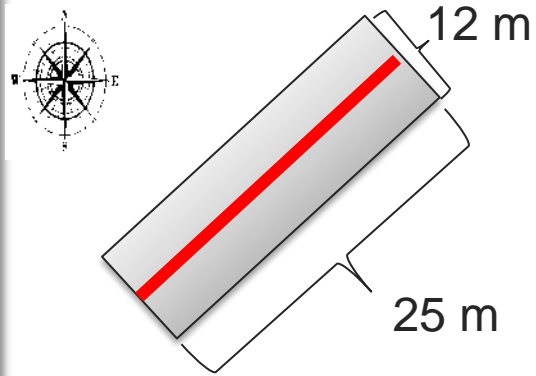


Figura 12. Tamaño y orientación del transecto.

3.3 Recolecta de datos

De cada transecto se registraron las siguientes características: altitud, coordenadas y las perturbaciones antrópicas dentro de los transectos: número de senderos (s), número de cercas (c) y número de troncos de pinos talados (tp) (Fig. 13).



Figura 13. Senderos y cercas dentro de los transectos. Foto: Cervantes-Uribe.

Se marcaron con listón los árboles que se encontraban en el interior de los transectos con DAP (Diámetro a la Altura de Pecho, a 1.30 m del suelo) mayor o igual a 2.5 cm. Y se tomaron los siguientes datos: número de árbol, especie y DAP (Fig. 14).

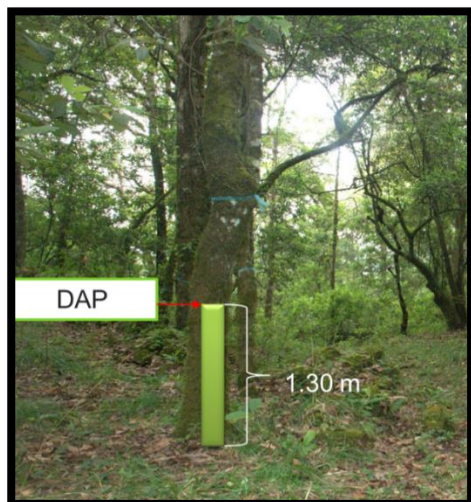


Figura 14. Medición de DAP.

Foto: Cervantes-Uribe.

3.4 Análisis de datos

3.4.1 Grado de perturbación antrópica

Para conocer el grado de perturbación antrópica en BMM en el Área de Conservación Voluntaria de la Comunidad Indígena de Santiago Tingambato, Michoacán, México, se emplearon cuatro criterios principales de perturbación antrópica: distancia a la Ciudad de Tingambato (dT), distancia a la carretera libre “Pátzcuaro-Uruapan” (dC), distancia a el área agrícola más cercana (dH) y tamaño del área agrícola más cercana (tH), a estos criterios se les asignó un valor de acuerdo a la intensidad de la perturbación antrópica dentro de los intervalos establecidos para cada criterio de la siguiente manera: 1 para los sitios con baja intensidad de perturbación, 2 para los sitios con moderada intensidad y 3 para los sitios con alta intensidad.

Para las perturbaciones antrópicas dentro de los transectos (número de senderos, número de cercas y número de troncos de pinos talados) que tienen menor intensidad de perturbación también fueron asignados valores: 0 para los que no presentaron esa perturbación, 1 para los sitios con baja intensidad de perturbación, 2 para los sitios con moderada intensidad y 3 para los sitios con alta intensidad.

Para conocer el grado de perturbación (GP) fueron sumados los valores obtenidos de los cuatro criterios de selección y los valores dentro de los transectos (número de senderos (s), número de cercas (c) y número de troncos de pinos talados (tp):

$$GP = (dT + dC + dH + tH) + (s + c + tp)$$

El valor máximo asignado para sitios muy perturbados fue de 21 y el valor mínimo para los sitios poco perturbados asignado fue 4, ya que no se encontró ningún sitio conservado. Se asignaron tres intervalos para agrupar los sitios semejantes en cuanto al grado de perturbación, de la siguiente manera:

- Muy perturbados= 21 a 16 puntos,
- Perturbados= 15 a 10 puntos, y
- Poco perturbados= 9 a 4 puntos.

3.4.2 Especies arbóreas

a) Abundancia de especies arbóreas

Se realizó un conteo de las especies arbóreas en cada transecto, posteriormente, se analizó estadísticamente con la prueba de χ^2 cuadrada, en el programa SPSS, la cifra estadísticamente significativa se determinó para los resultados que se asociaron a un P-valor < 0.05 .

b) Diversidad de especies arbóreas

Se calculó la diversidad a través del índice de Shannon y la dominancia a través del índice de Simpson.

Para conocer la similitud de especies entre ambos grados de perturbación se empleó el índice de Jaccard.

c) Índice de Valor de Importancia ecológica de especies arbóreas

Para conocer las especies arbóreas más importantes ecológicamente en el BMM, se analizó el Índice de Valor de Importancia conocido como IVI, el cual se obtuvo realizando la suma de la densidad relativa (D_r), la frecuencia relativa (F_r) y la cobertura relativa (C_r), la cobertura se tomó a partir del área basal (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

d) DAP de especies arbóreas

Se analizó a través de un análisis de U de Mann-Whitney el Diámetro a la Altura de Pecho (DAP) a 1.30 m del suelo, de las especies arbóreas con DAP mayor o igual a 2.5 cm de diámetro.

4) Resultados

4.1 Grado de perturbación antrópica

Se identificaron dos sitios en BMM con diferente grado y patrón de perturbación antrópica, en el primer sitio los valores de los transectos están dentro del intervalo de sitio “perturbado” (15 a 10 puntos), mientras que los valores de los otros tres transectos están dentro del intervalo de sitio “poco perturbado” (9 a 4 puntos) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de los transectos.

No. de transecto	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Altitud (msnm)	2,213	2,206	2,210	2,207	2,359	2,337
Latitud N	19° 30′	19° 30′	19° 30′	19° 31′	19° 31′	19° 31′
Longitud O	101° 50′	101° 50′	101° 50′	101° 49′	101° 49′	101° 49′
Perturbaciones antrópicas cerca de los transectos:						
Distancia a Ciudad de Tingambato	3	3	3	1	1	2
Distancia a carretera	3	3	3	1	1	1
Distancia a el área agrícola más cercana	3	2	3	2	1	1
Tamaño del área agrícola más cercana	1	1	1	3	3	3
Perturbaciones antrópicas dentro de los transectos:						
No. de senderos	1	1	1	0	0	0
No. de cercas	1	0	0	0	0	0
No. de troncos de pinos talados	0	0	0	1	1	0
TOTAL	12	10	11	8	7	7
Grado de perturbación	perturbado			poco perturbado		

Distancia a la Ciudad de Tingambato: 3=(1,000 a 1,500m), 2=(1,501 a 2,000m), 1=(2,001 a 2,500m); distancia a la carretera libre “Pátzcuaro-Uruapan”: 3=(1 a 500m), 2=(501 a 1,000m), 1=(1,001 a 1,500m); distancia a el área agrícola cercana: 3=(1 a 100m), 2=(101 a 200m), 1=(201 a 300m); tamaño del área agrícola más cercana: 3=(30,000 a 20,001m²), 2=(20,000 a 10,001m²), 1=(10,000 a 500 m²); para el número de senderos, cercas y troncos de pinos talados, se asignó: 3=(9 a 7), 2=(6 a 4) y 1=(3 a 1).

El sitio “perturbado” se encuentra a una altitud promedio de 2,210 msnm, además se encuentra más cercano a la Ciudad de Tingambato, a la carretera y a el área agrícola, principalmente a huertas de aguacate, por lo que el índice de Grado de Perturbación (GP) indica una mayor incidencia de perturbación ya que son más transitados, existe una presión grande por el cambio de uso de suelo a huertas de aguacate y es frecuente observar ganado en estas zonas (Cuadro 1 y Fig. 10).

El sitio “poco perturbado” se encuentra a una altitud promedio de 2,301 msnm, por otra parte, se encuentra más alejado a la Ciudad de Tingambato, a la carretera y a el área agrícola (Cuadro 1), sin embargo, se observa que la mayor afectación en el sitio es debido

al desmonte de pinos aproximadamente hace 10 años (Villanueva-Camacho, com. Pers., diciembre de 2015) (ver Fig. 10).

4.2 Especies arbóreas

a) Abundancia de especies arbóreas

Se contabilizaron un total de 212 árboles con DAP mayor o igual a 2.5 cm de diámetro, en ambos grados de perturbación en Bosque Mesófilo Montaña.

En el sitio perturbado la abundancia es menor (74 árboles) a la del sitio poco perturbado (138 árboles), se encontraron diferencias significativas ($\chi^2=19.321$, $gl=1$, $P=0.000$) entre el número de individuos presentes en cada grado de perturbación (Fig. 15).

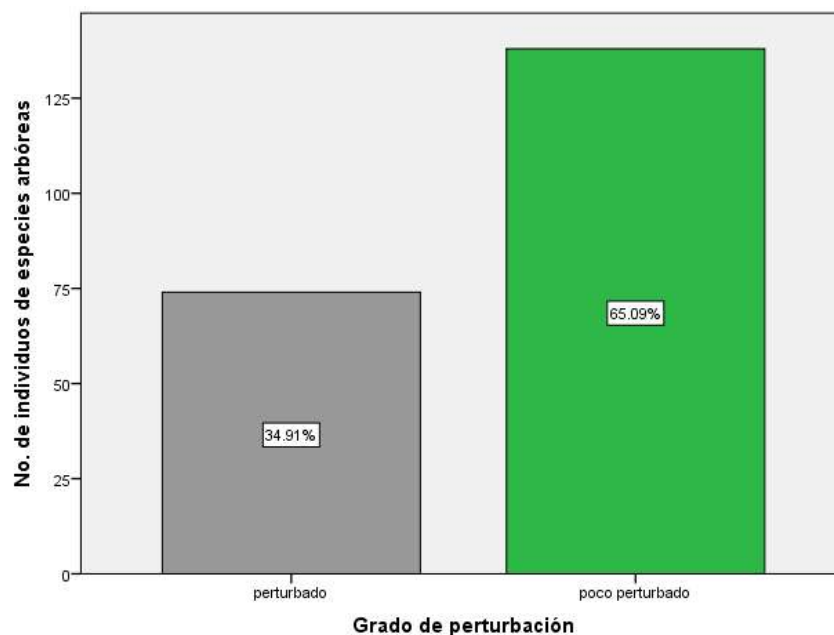


Figura 15. Abundancia de especies arbóreas en ambos grados de perturbación.

b) Diversidad de especies arbóreas

Se identificaron 17 especies arbóreas en ambos sitios (Araliaceae, *Clethra mexicana*, *Flacourtia* sp. 1, *Garrya laurifolia*, *Meliosma dentata*, *Pinus* sp. 1, *Quercus laurina*, *Quercus rugosa*, *Quercus* sp. 1, *Styrax argenteus*, Solanaceae, *Symplocos* sp. 1, *Ternstroemia lineata*, paroracua, bejuco, sp. 1, sp. 2.) (Ávila-Díaz *et al.*, en proceso), se encontraron diferencias significativas entre la densidad de estas especies ($X^2=64.420$, $gl=16$, $P=0.000$) en ambos grados de perturbación. En el sitio perturbado se identificaron 14 especies arbóreas y también se encontraron diferencias significativas entre la densidad de las especies de ese sitio ($X^2=231.351$, $gl=13$, $P=0.000$), mientras que para el sitio poco perturbado solo se registraron 10 especies arbóreas, así mismo se encontraron diferencias significativas ($X^2=331.275$, $gl=9$, $P=0.000$) (Cuadro 2, Fig. 16) en cuanto a la densidad de las especies.

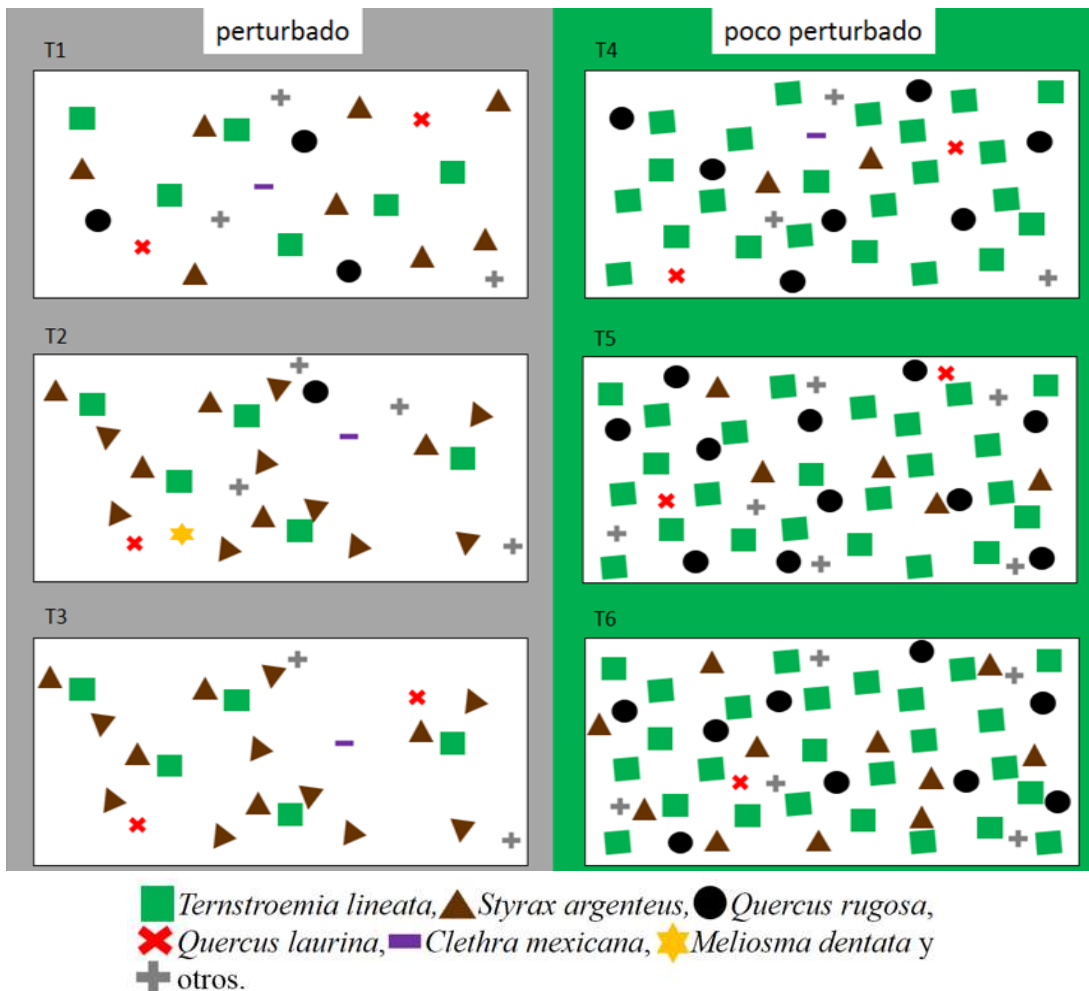


Figura 16. Esquema de distribución de especies arbóreas en ambos grados de perturbación en BMM.
 a) especies arbóreas en el sitio perturbado (T1, T2 y T3) y b) especies arbóreas en el área poco perturbada (T4, T5 y T6), T= transecto.

A través del índice de Simpson se obtuvo que ambos sitios presentan una dominancia baja ($D_p = 0.295$ y $D_{pp} = 0.340$) y una diversidad alta ($1-D_p = 0.705$ y $1-D_{pp} = 0.660$) en cuanto a las especies arbóreas, lo cual coincide con lo obtenido en el índice de Shannon de diversidad ($p = 0.605$, $pp = 0.507$ y $BMM = 0.598$). Sin embargo, en el sitio perturbado la diversidad de especies arbóreas es mayor a la diversidad del sitio poco perturbado, por lo tanto, en el sitio perturbado la dominancia de especies arbóreas es menor a la del sitio poco perturbado.

Se analizó la similitud entre el sitio perturbado y el sitio poco perturbado del BMM, y se obtuvo que son similares en el 41.17%.

c) Índice de Valor de Importancia ecológica de especies arbóreas

Se obtuvo que las especies arbóreas más importantes ecológicamente son *Styrax argenteus* (21.16%), *Ternstroemia lineata* (20.79%) y *Quercus rugosa* (12.23%).

Styrax argenteus registró el valor más alto, debido a que es la especie que ocupa mayor área basal por metro cuadrado (Cr), *Ternstroemia lineata*, presentó el valor más elevado en cuanto a la densidad relativa (Dr), esto quiere decir que fue la especie con más individuos en ambas condiciones de perturbación; mientras que en la frecuencia relativa (Fr) se obtuvo que siete especies se encontraron en ambos grados de perturbación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Índice de Valor de Importancia ecológica de las especies arbóreas.

Especies arbóreas	p	pp	Da	Dr	Fa	Fr	Ca	Cr	IVI al 100%
<i>Styrax argenteus</i>	36	18	54	25.472	2	8.333	2.705	29.704	21.170
<i>Ternstroemia lineata</i>	16	73	89	41.981	2	8.333	1.099	12.062	20.792
<i>Quercus rugosa</i>	4	27	31	14.623	2	8.333	1.253	13.753	12.236
<i>Pinus</i> sp.1	1	7	8	3.774	2	8.333	1.955	21.463	11.190
<i>Quercus laurina</i>	5	5	10	4.717	2	8.333	0.672	7.383	6.811
<i>Quercus</i> sp. 1	1	4	5	2.358	2	8.333	0.578	6.343	5.678
<i>Clethra mexicana</i>	3	1	4	1.887	2	8.333	0.513	5.635	5.285
<i>Meliosma dentata</i>	1		1	0.472	1	4.167	0.209	2.293	2.310
<i>Symplocos</i> sp. 1		1	1	0.472	1	4.167	0.062	0.677	1.772
Bejuco	2		2	0.943	1	4.167	0.003	0.030	1.713
sp. 1	1		1	0.472	1	4.167	0.024	0.264	1.634
sp. 2	1		1	0.472	1	4.167	0.020	0.218	1.619
Parorocua	1		1	0.472	1	4.167	0.006	0.064	1.567
Araliaceae	1		1	0.472	1	4.167	0.004	0.042	1.560
<i>Garrya laurifolia</i>		1	1	0.472	1	4.167	0.003	0.032	1.557
Solanaceae		1	1	0.472	1	4.167	0.002	0.025	1.555
<i>Flacourtia</i> sp. 1	1		1	0.472	1	4.167	0.001	0.013	1.550

IVI= Índice de Valor de Importancia, p= perturbado, pp= poco perturbado, Da= densidad absoluta, Dr= densidad relativa, Fa= frecuencia absoluta, Fr= frecuencia relativa, Ca= cobertura absoluta, Cr= cobertura relativa.

d) DAP de especies arbóreas

Se obtuvo que el valor de U de Mann-Whitney calculado es 2807.50 y el valor de P es 0.000, el P-valor menor a 0.05, indica que el DAP de las especies arbóreas es diferente entre el sitio perturbado y el sitio poco perturbado.

En cuanto a la media del DAP de las especies arbóreas, en el sitio perturbado ($x=23.05$ cm) es mayor a la media del DAP del sitio poco perturbado ($x=14.31$ cm).

5) Discusión

Los valores de latitud y longitud son muy similares entre los grados de perturbación y no se obtuvieron variaciones en la vegetación influenciadas por estas dos características. La altitud varía poco, un aproximado de 100 m entre el sitio perturbado y el poco perturbado, la estructura de la vegetación tampoco se ve influenciada por la diferencia de altitud.

El sitio perturbado enfrenta una mayor presión por el cambio de uso de suelo hacia áreas agrícolas, principalmente “huertas de aguacate”, ya que se encuentra en general a una menor altura, la cual coincide con los requerimientos de altitud para el cultivo de aguacate (Alcantar-Rocillo *et al.*, 1999). Además existen conflictos por la propiedad de la tierra, lo que se observa en la cercanía de las huertas e incluso existen huertas de aguacate dentro de esta área de conservación.

En cuanto a la abundancia de especies arbóreas se encontró que es menor en el sitio perturbado, lo que indica que existen más claros en este sitio, lo que a su vez genera cambios en las condiciones ambientales.

Se encontró que la diversidad de especies arbóreas en el sitio perturbado es mayor a la del sitio poco perturbado, lo cual coincide con el trabajo de López-Pérez *et al.*, (2011), debido a que las especies arbóreas que pertenecen a los estratos arbustivos y herbáceos se encuentran con mayor frecuencia en los sitios perturbados, y esto incrementa la riqueza de estos sitios.

El BMM del Área de Conservación de la CI de Santiago Tingambato, tiene una afinidad holártica por las especies arbóreas: *Meliosma dentata*, *Pinus* sp. 1, *Quercus laurina*, *Quercus rugosa*, *Quercus* sp.1. Sin embargo, también se identificaron a *Ternstroemia lineata* que tiene afinidad tropical, y a *Styrax argenteus* y *Clethra mexicana* que tienen afinidad subtropical (Diego-Pérez *et al.*, 2001; CONABIO, 2010).

En el sitio perturbado se observó una mayor abundancia de *Styrax argenteus* (48.6%) y *Ternstroemia lineata* (21.6%), mientras que en el sitio poco perturbado fue mayor la abundancia de *Ternstroemia lineata* (52.9%) y *Quercus rugosa* (19.6%). El sitio perturbado tiene una vegetación de BMM con especies arbóreas de importancia ecológica de afinidad subtropical (*Styrax argenteus*) y tropical (*Ternstroemia lineata*), mientras que el sitio poco perturbado tiene una vegetación de BMM con especies arbóreas de importancia ecológica de afinidad tropical (*Ternstroemia lineata*) y holártica (*Quercus rugosa*).

Styrax argenteus es una especie arbórea que puede emplearse como indicador de perturbación, debido a que fue la especie que se vio más favorecida por la perturbación en esta investigación, además de que Carranza-González, en (1993), menciona algunas variedades de esta especie en Michoacán que son tolerantes a perturbaciones de tala y sobrepastoreo, además algunas muestran poblaciones con buen nivel de regeneración ante la perturbación.

Ternstroemia lineata, es una especie en la que se han realizado pocos trabajos de ecología, sin embargo, Luna-Vega *et al.*, (2012) reportan que las poblaciones de esta especie se verán afectadas por el cambio climático, incluso pronostican que ante estos

cambios esta especie ascienda en cuanto al gradiente altitudinal, para adaptarse a las nuevas condiciones ambientales.

Quercus rugosa se ha sugerido como especie clave en la rehabilitación y restauración de bosques, pues aunque no se considera especie pionera, puede reclutarse en etapas tempranas de la sucesión secundaria, se considera importante formador de suelo, especie estabilizadora ya que controla la erosión y contribuye en la infiltración (Vázquez-Yanes, *et. at.*, 1999).

En cuanto al DAP, se encontró que es mayor en el sitio perturbado, debido a que en este sitio predomina *Styrax argenteus*, mientras que en el sitio poco perturbado se encuentra en otro proceso de regeneración en donde *Ternstroemia lineata* y *Quercus rugosa* se ven favorecidas, estas especies se pueden ver favorecidas por el desmonte de pino.

6) Conclusiones

- El índice de Grado de Perturbación empleado, al tener indicadores que amenazan la permanencia y calidad del BMM, nos ayudó a identificar dos sitios (perturbado y poco perturbado) con diferente grado y patrón de perturbación antrópica en BMM en el Área de Conservación Voluntaria de la Comunidad Indígena (CI) de Santiago Tingambato, localizado en el Predio de Tenderio, Municipio de Tingambato, en el Estado de Michoacán, México.
- El sitio perturbado se encuentra cercano a la Ciudad de Tingambato, a la carretera y a las huertas de aguacate, tiene mayor incidencia de perturbación ya que es transitado con mayor frecuencia, existe una fuerte presión para cambiar la cobertura del BMM a huertas de aguacate y es frecuente observar ganado en estas zonas.
- El sitio poco perturbado se encuentra más alejado a la Ciudad de Tingambato, a la carretera y a el área agrícola, sin embargo, se observa que la mayor afectación en el sitio es debido al desmonte de pinos aproximadamente hace 10 años.
- El grado de perturbación antrópica influye en la estructura vegetal del BMM.
- La afinidad de las especies arbóreas en el BMM de este sitio es diferente entre ambos grados de perturbación.
- En el sitio perturbado hay menor abundancia de árboles que en el sitio poco perturbado, mayor diversidad y mayor DAP.
- Las especies arbóreas más importantes ecológicamente son un buen indicador de perturbación. *Styrax argenteus* puede ser empleada como indicadora de sitios perturbados, en cambio, *Ternstroemia lineata* y *Quercus rugosa* como especies de sitios poco perturbados.
- El Índice de Valor de Importancia ecológica (IVI), es una buena herramienta para entender la composición florística, ya que se observan claramente las diferencias entre el sitio perturbado y el sitio poco perturbado, las cuales se obtuvieron mediante otros análisis realizados en el presente trabajo, debido a que agrupa varios elementos, como la abundancia, frecuencia y cobertura.
- En el BMM en estudio no se localizaron sitios conservados, aún aquellos sitios más alejados de la mancha urbana, tienen diversos factores de perturbación antrópica, como son agricultura, tala de árboles, entre otras.
- Se sugiere hacer más conciencia entre los poseedores de dicho bosque de la importancia de conservar este reservorio de alta biodiversidad a nivel mundial.

7) Literatura citada

- Aguirre-Calderón, O. A., J. Corral-Rivas, B. Vargas-Larreta y J. Jiménez-Pérez. 2008. **Evaluación de modelos de diversidad-abundancia del estrato arbóreo en un Bosque de Niebla.** *Revista Fitotecnia Mexicana* 31 (3): 281-289.
- Alcantar-Rocillo, J. J., J. Anguiano-Contreras, V. M. Coria-Ávalos, G. Hernández-Ruiz y J. A. Ruiz-Corral. 1999. **Áreas potenciales para cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) CV. Hass en el estado de Michoacán, México.** *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5:151-154.
- Carranza-González, E. 1993. **Styracaceae.** *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* 21: 1-14.
- Carvajal-Hernández, C. I., 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.
- Challenger, A. 1998. **Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro.** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Universidad Nacional Autónoma de México/Agrupación Sierra Madre, México. México. 847 pp.
- CONABIO, 2010. **El Bosque Mesófilo de Montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible.** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. D.F., México. 197 pp.
- Diego-Pérez, N., R. M. Fonseca y B. Ludlow-Wiechers. 2001. **Bosque Mesófilo de Montaña.** En: Diego-Pérez, N. y R. M. Fonseca (Eds.) **Estudios florísticos en Guerrero.** *El Jilguero* 11: 44 pp. Coordinación de Servicios Editoriales, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Domínguez-Gil, I. 2015. **Listado y caracterización ecológica de las orquídeas epifitas del predio de Tenderio, de la comunidad indígena de Santiago Tingambato, Michoacán, México.** Tesis de Licenciatura. Fac. de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 53 pp.
- González-Espinosa, M., J. A. Meave, N. Ramírez-Marcial, T. Toledo-Aceves, F. G. Lorea-Hernández y G. Ibarra-Manríquez. 2012. **Los bosques de niebla de México: conservación y restauración de su componente arbóreo.** *Ecosistemas* 21 (1-2): 36-52.
- Google. 2016. Google Earth. <http://www.google.com/earth/index.html> (Accesada en diciembre de 2016).
- Google. 2017. Google Earth. <http://www.google.com/earth/index.html> (Accesada en septiembre de 2017).
- Ibarra-Núñez G., J. Maya-Morales y D. Chamé-Vázquez. 2011. **Las arañas del bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná, Chiapas, México.** *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1183-1193.

- INAFED, 2016. **Tingambato**. En: *Enciclopedia de los Municipios de México Michoacán*. Gobierno del Estado de Michoacán. <http://www.inafed.gob.mx>. (Accesada en noviembre de 2016).
- INEGI, 2009a. **Tingambato, Michoacán de Ocampo. Clave geoestadística 16090**. En: *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. INEGI. México. 9 pp.
- INEGI, 2009b. **Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación, escala 1:250 000**. INEGI. 50 pp.
- INEGI, 2012. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL, Versión 2.1. http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/# (Accesada en diciembre de 2017).
- López-Arévalo, H. F. 2010. **Efecto de la pérdida de conectividad del Bosque Mesófilo de Montaña en la diversidad de mamíferos medianos en la cuenca Alta del Río La Antigua Veracruz**. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. 111 pp.
- López-Pérez, Y., J. D. Tejero-Díez, A. N. Torres-Díaz e I. Luna-Vega. 2011. **Flora del Bosque Mesófilo de Montaña y vegetación adyacente en Avándaro, Valle de Bravo, Estado de México, México**. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 88: 35-53. México.
- Luna-Vega, I., O. Alcántara-Ayala, R. Contreras-Medina y C. A. Ríos-Muñoz. 2012. **Ecological niche modeling on the effect of climatic change and conservation of *Ternstroemia lineata* DC. (Ternstroemiaceae) in Mesoamerica**. *Botany* 90: 637–650.
- Mostacedo, B. y T. Fredericksen. 2000. **Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal**. Manejo Forestal Sostenible en Bolivia (BOLFOR) Santa Cruz, Bolivia. 87 pp.
- Rzedowski, J. 1978. **Bosques Mesófilos de Montaña**. En: *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1996. **Análisis preliminar de la flora vascular de los Bosques Mesófilo de Montaña de México**. *Acta Botánica Mexicana* 35: 25-44.
- Santiago-Pérez, A. L. 2006. **Efecto de la fragmentación en la diversidad del Bosque Mesófilo de Montaña, Sierra de Manantlán, México**. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Zapopan, Jalisco. 79 pp.
- SEDESOL. 2017. Unidad de Microrregiones. Cédulas de Información Municipal. <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=pdzp&ent=16&mun=090> (Accesada en septiembre de 2017).
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. ***Quercus rugosa***. En: **Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación**. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM. pp. 124-127.

Williams-Linera, G., R. H. Manson y E. Isunza-Vera. 2002. **La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México.** *Madera y Bosques* 8 (1): 73-89.

Williams-Linera, G. 2015. **El bosque mesófilo de montaña, veinte años de investigación ecológica ¿qué hemos hecho y hacia dónde vamos?.** *Madera y Bosques* 21: 1-10.

VI.b CAPÍTULO 2

Efecto de la perturbación antrópica en la abundancia y los patrones de distribución de *Rhynchostele cervantesii* (Orchidaceae) en Bosque Mesófilo de Montaña, Santiago Tingambato, Michoacán, México

Cervantes-Uribe, Jocelyn Selene¹; Ávila-Díaz, Irene¹; Villanueva-Camacho, Leonel²; Gómez-Alonso, Carlos³; Pérez-García, Eduardo Alberto⁴.

⁽¹⁾Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología, ⁽²⁾Comunidad Indígena de Santiago Tingambato, ⁽³⁾Centro de Investigación Biomédica de Michoacán IMSS. ⁽⁴⁾Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias.

1) Resumen

La perturbación antrópica afecta principalmente a las poblaciones de las orquídeas epífitas en su dinámica poblacional, por lo que, el objetivo de este trabajo fue conocer el efecto de la perturbación antrópica en la abundancia y patrones de distribución de la población de *Rhynchostele cervantesii* bajo dos condiciones de perturbación en Bosque Mesófilo de Montaña en el Área de Conservación de la Comunidad Indígena de Santiago Tingambato, Michoacán, México. Previamente, se seleccionaron dos sitios con diferente grado de perturbación antrópica: perturbado y poco perturbado; en cada sitio se establecieron al azar tres transectos de 25 x 12 m con orientación NE, en los cuales se registraron los forofitos y propiedades de la población de orquídeas como la abundancia, la distribución horizontal, los patrones de distribución vertical en el forofito, el tipo de sustrato y las categorías de edad. Se encontró que *R. cervantesii* es una especie tolerante a la perturbación antrópica de moderada intensidad, ya que se encuentra presente en el sitio perturbado, sin embargo, la población de *R. cervantesii* sufre un efecto negativo, ya que en el sitio perturbado la abundancia de individuos se ve reducida, además, se observaron diferencias en cuanto a la preferencia de los forofitos dependiendo del grado de perturbación, en cuanto a la distribución horizontal se observó que la densidad es de 32.60/forofito en el sitio perturbado y en el sitio poco perturbado fue de 22.12/forofito, por lo tanto, en el sitio perturbado es más agregada. La perturbación antrópica también afecta el tipo de sustrato en el que se encuentra *R. cervantesii*, en el sitio perturbado se encuentra sobre musgo, mientras que en el sitio poco perturbado, una mayor cantidad de individuos se localizó en musgo y líquen.

2) Introducción

Las epífitas son plantas que viven sobre árboles, estos son llamados hospederos o forofitos (Granados-Sánchez, *et al.*, 2003). Uno de los primeros trabajos sobre ecología de epífitas es el trabajo de Johansson (1974), en África, quien marca ciertos patrones de distribución y su investigación actualmente es la base de los estudios de ecología de epífitas.

La distribución de orquídeas epífitas está influenciada principalmente por características del forofito; tales como: la especie, edad, condiciones microambientales (luz, humedad y temperatura), propiedades químicas (pH de la corteza, exudados y humus), propiedades físicas (altura y arquitectura), estructura de la corteza (textura, drenaje y aireación) e interacciones con otros organismos presentes en el forofito (Dressler, 1981; Hernández-Rosas y Carlsen, 2003; Hágsater *et al.*, 2005; Maldonado-Mijangos y Mondragón-Chaparro 2007).

A nivel mundial existen diversos trabajos sobre ecología de orquídeas epífitas, entre ellos: Mejía-Rosero y Pino-Benítez (2010), Rojas-Flórez y Sánchez-Montaño (2015) en Colombia, Hernández-Rosas y Carlsen (2003) en Venezuela, entre otros.

En México, también se han realizado varios trabajos sobre la distribución vertical, en el estado de Veracruz entre los que se encuentran: el trabajo de García-González y Damon (2013), donde analizan la abundancia y distribución en los forofitos de la orquídea *Telipogon helleri*. Rodríguez-Guerrero, *et al.*, (2013) analizaron la distribución vertical de varias orquídeas en Jalisco. Maldonado-Mijangos y Mondragón-Chaparro (2007) trabajaron con la orquídea *Erycina crista-galli* en el estado de Chiapas, en el mismo estado encontramos el trabajo de García-González, *et al.*, (2016) donde registraron la distribución circular de tres especies de orquídeas epífitas. Frasco-Pérez (2016) estudió la diversidad y distribución vertical de epífitas vasculares en el forofito de la especie *Ceiba pentandra* en el estado de Oaxaca. En Michoacán encontramos el trabajo de Rodríguez-Cedillo (2012) que analizó los patrones de distribución en la orquídea epífita *Prosthechea aff. karwinskii*.

Específicamente con la orquídea *Rhynchostele cervantesii* se han realizado dos investigaciones de ecología donde se observan algunos patrones de distribución, el primero es el trabajo de Domínguez-Gil (2015) que evaluó la distribución en el forofito para varias orquídeas epífitas en Bosque Mesófilo de Montaña, en el cual encontró que la orquídea epífita más abundante fue *R. cervantesii* y también fue de las más frecuentes en BMM, el segundo trabajo es el de Manzano-Hernández (2017) que trabajó con poblaciones de *R. cervantesii* en el estado de Morelos, donde registró la densidad poblacional, estadíos de desarrollo, floración, forofitos, orientación, vegetación acompañante y/o competidora.

El presente proyecto contribuirá a conocer el efecto de la perturbación antrópica en la población de *R. cervantesii*, es importante entender el papel de la perturbación del hábitat y las consecuencias en estas poblaciones, se conoce que la perturbación en las poblaciones de orquídeas epífitas tiene mayor afectación en cuanto a la densidad, distribución y dinámica poblacional, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la perturbación

en la abundancia y patrones de distribución de *R. cervantesii* en Bosque Mesófilo de Montaña en dos condiciones de perturbación.

3) Materiales y métodos

3.1 Selección de los sitios de muestreo

Previamente se seleccionaron dos sitios con diferente grado de perturbación (perturbado y poco perturbado) en BMM en el Área de Conservación Voluntaria de la CI de Santiago Tingambato, Michoacán, México. En cada sitio se establecieron al azar tres transectos de 25 x 12 m con orientación NE.

3.2 Recolección de datos

Para la población de *R. cervantesii*, se registraron las siguientes categorías:

3.2.1 Forofitos de *R. cervantesii*

Se marcaron los forofitos (árboles con presencia de *R. cervantesii*) de cada transecto con diámetro mayor o igual a 2.5 cm, y se tomaron los siguientes datos:

- Número de forofito,
- Especie,
- DAP (Diámetro a la Altura de Pecho) a 1.30 m del suelo,
- Número de *R. cervantesii* presentes.

3.2.2 Población de *R. cervantesii*

a) Abundancia de *R. cervantesii*

La observación del número de individuos de *R. cervantesii*, se realizó desde el nivel del suelo hasta los 5 m de altura, con ayuda de binoculares.

b) Distribución horizontal por forofito

Se evaluaron:

- Densidad y distribución de *R. cervantesii* por forofito
- Preferencia de *R. cervantesii* por la especie de forofito

c) Patrones de distribución vertical

Se evaluaron tres patrones de distribución vertical:

- Zona que ocupan en el forofito (T= tronco o C= copa),
- Sección que ocupa en la copa del forofito (A= parte interna, B= parte intermedia y C= parte distal) y
- Posición que ocupa sobre la rama (arriba, abajo, lateral, colgando).

d) Tipo de sustrato

Se registró el sustrato en el que se encontraba esta orquídea (corteza, helecho, líquen, musgo y otros).

e) Categorías de edad

Se seleccionaron tres categorías de edad:

- Plántula (un solo pseudobulbo menor o igual a 3 cm, sin evento reproductivo),
- Juvenil (uno o más pseudobulbos mayores a 3 cm, sin evento reproductivo) y
- Adulta (varios pseudobulbos con uno o varios eventos reproductivos).

3.3 Análisis de datos

3.3.1 Forofitos de *R. cervantesii*

Se realizó un análisis de los forofitos:

- Abundancia con la prueba de Xi- cuadrada,
- Diversidad con el índice de Shannon y la dominancia con el índice de Simpson, en cada grado de perturbación.
- Similitud entre el sitio perturbado y poco perturbado con el índice de Jaccard, y
- El valor de importancia ecológica, utilizando el índice IVI (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

3.3.2 Población de *R. cervantesii*

Se integraron en una base de datos todos los parámetros observados en campo mediante el programa Excel:

- a) Abundancia y frecuencia de *R. cervantesii*,
- b) Distribución horizontal (densidad y preferencia de forofito)
- c) Patrones de distribución vertical (zona que ocupan en el forofito, sección que ocupa en la copa del forofito y la posición que ocupa sobre la rama),
- d) Tipo de sustrato,
- e) Categorías de edad

Se analizaron estadísticamente con la prueba de Xi- cuadrada, en el programa SPSS, la cifra estadísticamente significativa se determinó para los resultados que se asociaron a un P-valor < 0.05.

4) Resultados

4.1 Forofitos de *R. cervantesii*

4.1.1 Abundancia de forofitos de *R. cervantesii*

De los 212 árboles registrados en ambas condiciones, solo 49 individuos (23.11%) tuvieron presencia de *R. cervantesii*, para diferenciarlos se les asignó el nombre de “forofitos”.

Se registró, que en el sitio perturbado *R. cervantesii* se distribuye en solo 15 forofitos de 74 árboles, lo que representa el 20.27%. En el sitio poco perturbado se distribuye en 34 forofitos de 138 árboles, equivalente al 24.60% del total en este sitio. Se obtuvieron diferencias significativas ($X^2=7.367$, $gl=1$, $P=0.007$) entre los forofitos del sitio perturbado y poco perturbado .

En el Índice de Simpson, para las especies de forofitos se obtuvo una dominancia y diversidad con valores muy cercanos a la media, sin embargo, para el sitio perturbado se observa que la dominancia es menor a la diversidad ($D= 0.440$ y $1-D= 0.596$), contrario a lo que ocurre con las especies de forofitos en el sitio poco perturbado, donde la dominancia es ligeramente mayor a la diversidad ($D= 0.569$ y $1-D= 0.431$). En el índice de Shannon, se obtuvo que la diversidad es mayor en el sitio perturbado que en el poco perturbado ($p= 0.593$, $pp= 0.391$ y $BMM= 0.645$).

4.1.2 Diversidad de forofitos de *R. cervantesii*

De las 17 especies arbóreas identificadas, solo fueron registradas seis especies de forofitos (35.29%), estas son: *Clethra mexicana*, *Meliosma dentata*, *Quercus laurina*, *Quercus rugosa*, *Styrax argenteus*, *Ternstroemia lineata*. Se obtuvieron diferencias significativas ($X^2=29.519$, $gl=5$, $P=0.000$) entre las especies de forofitos de *R. cervantesii*.

Para el sitio perturbado se reconocieron cuatro especies de forofitos (*Clethra mexicana*, *Meliosma dentata*, *Styrax argenteus* y *Ternstroemia lineata*) y para el sitio poco perturbado se registraron tres (*Quercus rugosa*, *Quercus laurina* y *Ternstroemia lineata*).

Se analizó la similitud entre el sitio perturbado y el sitio poco perturbado del BMM con el índice de Jaccard y se obtuvo que son similares en solo el 16.66%, ya que comparten solo una especie de forofito (*Ternstroemia lineata*) (Fig. 1).

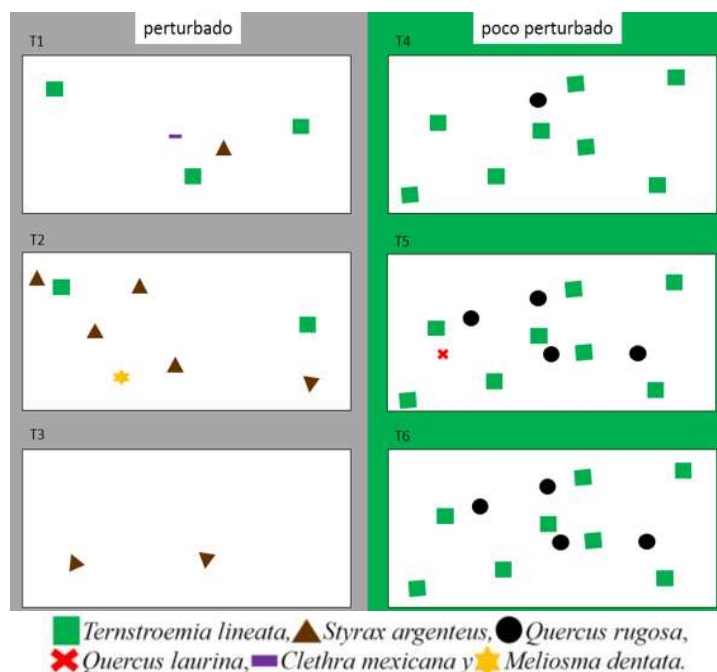


Figura 1. Esquema de distribución de forofitos en ambos grados de perturbación en BMM. a) especies de forofitos en el área perturbada (T1, T2 y T3) y b) especies de forofitos en el área poco perturbada (T4, T5 y T6), T= transecto.

4.1.3 Índice de Valor de Importancia ecológica de forofitos de *R. cervantesii*

Los forofitos más importantes ecológicamente en el BMM fueron *Ternstroemia lineata* (37.43%) y *Styrax argenteus* (27.22%).

En cuanto a la categoría de densidad relativa (Dr), al igual que en las especies arbóreas, *Ternstroemia lineata* obtuvo el valor más elevado en los forofitos, respecto a la frecuencia relativa (Fr), *Ternstroemia lineata* es la única especie de forofito que se encuentra en ambos grados de perturbación. En la cobertura relativa (Cr), de nueva cuenta *Styrax argenteus* presentó el valor más elevado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índice de Valor de Importancia ecológica los forofitos.

Forófitos	p	pp	Da	Dr	Fa	Fr	Ca	Cr	IVI al 100%
<i>Ternstroemia lineata</i>	5	24	29	59.184	2	28.571	0.636	24.562	37.439
<i>Styrax argenteus</i>	8		8	16.327	1	14.286	1.323	51.073	27.228
<i>Quercus rugosa</i>		9	9	18.367	1	14.286	0.369	14.253	15.635
<i>Meliosma dentata</i>	1		1	2.041	1	14.286	0.209	8.064	8.130
<i>Clethra mexicana</i>	1		1	2.041	1	14.286	0.039	1.506	5.944
<i>Quercus laurina</i>		1	1	2.041	1	14.286	0.014	0.542	5.623

IVI= Índice de Valor de Importancia, Da= densidad absoluta, Dr= densidad relativa, Fa= frecuencia absoluta, Fr= frecuencia relativa, Ca= cobertura absoluta, Cr= cobertura relativa, p= perturbado, pp= poco perturbado.

4.2 Población de *R. cervantesii*

a) Abundancia de *R. cervantesii*

Se registraron 1,241 individuos de *R. cervantesii* en ambos grados de perturbación en todos los transectos en el BMM, Santiago Tingambato, Michoacán, México.

En el sitio perturbado se encontraron 489 individuos y para el sitio poco perturbado 752, se encontraron diferencias significativas ($X^2=55.737$, $gl=1$, $P=0.000$) entre los dos grados de perturbación. Por lo tanto, ambos sitios se comportan de diferente manera, lo cual influye en la densidad de *R. cervantesii* (Fig. 2).

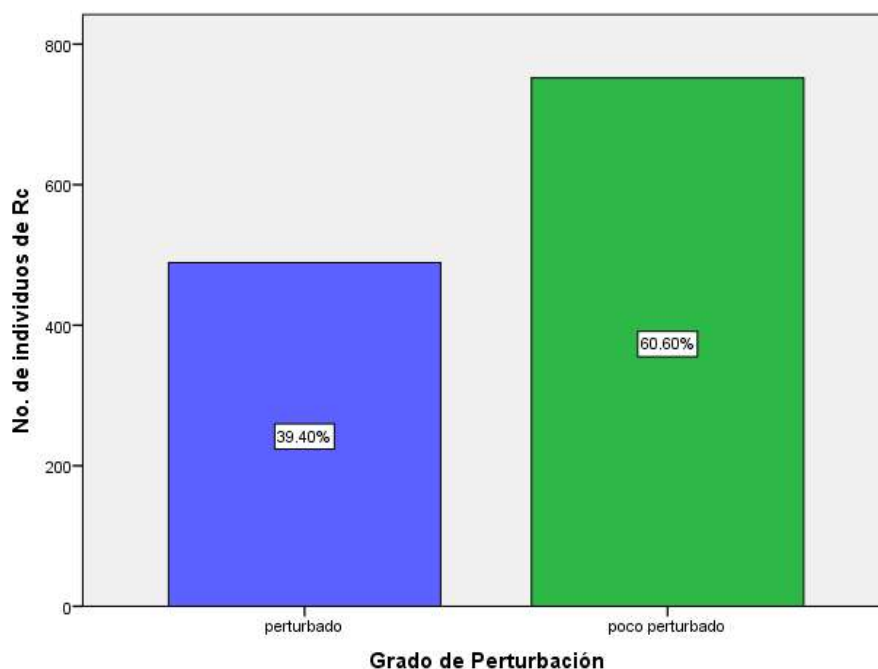


Figura 2. Abundancia de *R. cervantesii* en ambos grados de perturbación. *Rc*=*Rhynchostele cervantesii*

b) Distribución horizontal por forofito de *R. cervantesii*

– Densidad y distribución de *R. cervantesii* por forofito

La densidad de individuos de *R. cervantesii* por forofito para el sitio perturbado fue de 32.60/forofito y para el sitio poco perturbado 22.12/forofito.

Es importante señalar que en ambos sitios existen valores atípicos (que van de 70 a 85 individuos de *R. cervantesii* por forofito), no obstante, solo en el sitio perturbado se registra un dato como aberrante (outlier), donde un forofito tiene 120 individuos de *R. cervantesii*, lo que equivale al 24% de la población de *R. cervantesii* para el sitio perturbado (Fig. 3).

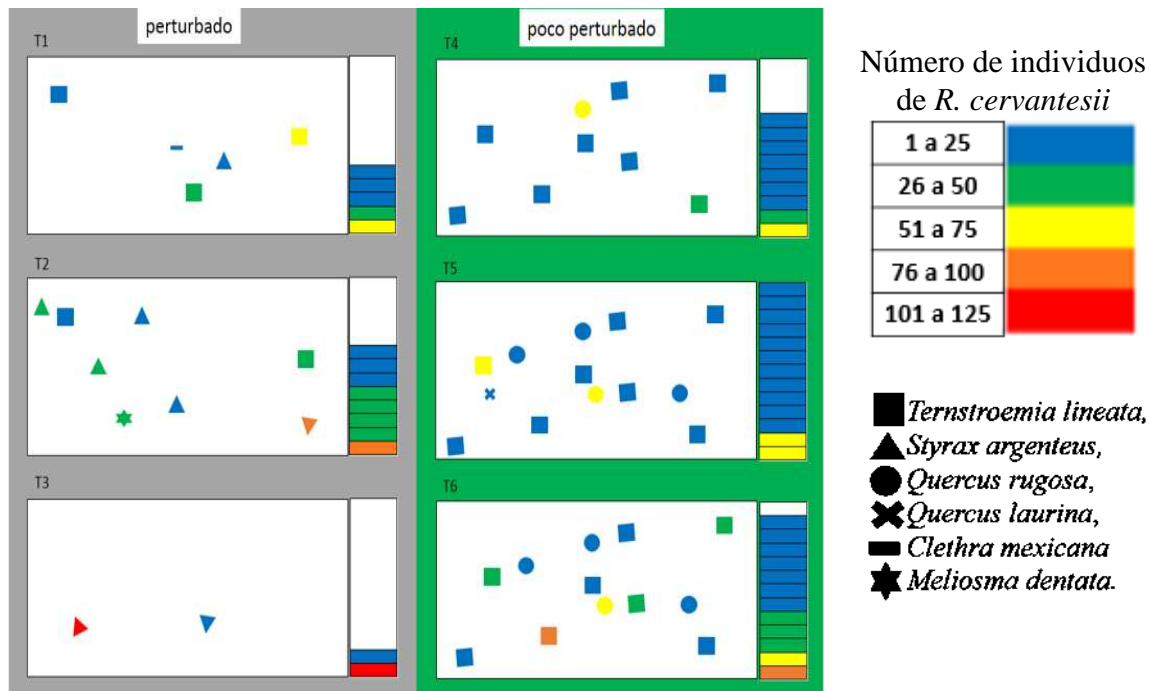


Figura 3. Esquema de densidad de *R. cervantesii* según la distribución de los forofitos en ambos grados de perturbación en BMM. a) densidad de *R. cervantesii* en especies de forofitos del área perturbada (T1, T2 y T3) y b) densidad de *R. cervantesii* en especies de forofitos del área poco perturbada (T4, T5 y T6), T= transecto.

– Preferencia de *R. cervantesii* por la especie de forofito

Entre las especies de forofitos en los cuales se localiza *R. cervantesii*, se encontraron diferencias significativas ($X^2=735.381$, $gl=5$, $P=0.000$) y se observa que tres especies de forofitos tienen mayor densidad, estos son: *Ternstroemia lineata* con 701 individuos (56.5%), seguido de *Styrax argenteus* con 308 (24.8%) y *Quercus rugosa* con 198 (16%) (Fig.4).

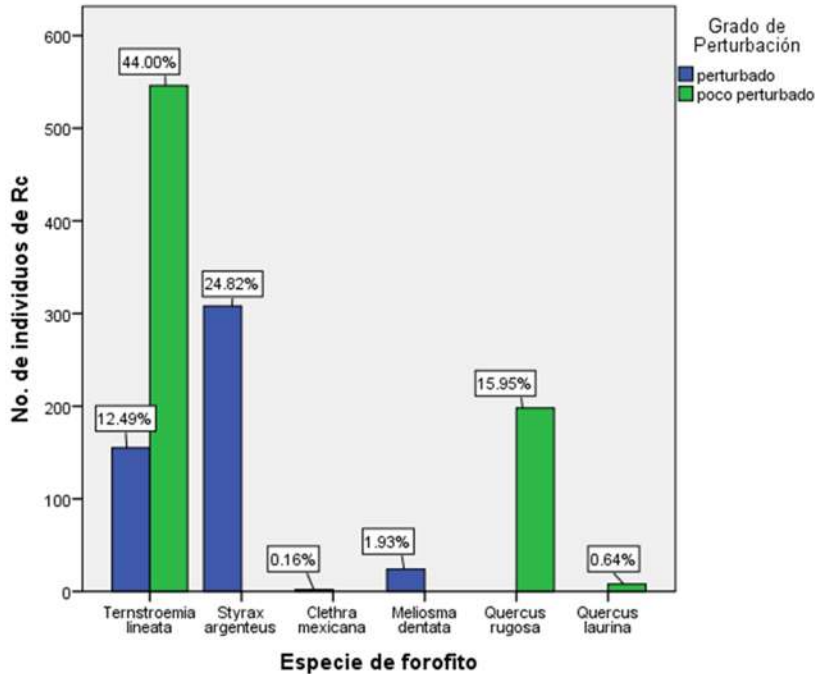


Figura 4. Preferencia de *R. cervantesii* por la especie de forofito en ambos grados de perturbación.
Rc=*Rhynchostele cervantesii*

Analizando por separado cada uno de los sitios, se observó que en el sitio perturbado *R. cervantesii* presenta una preferencia del 63% por *Styrax argenteus* y de 31.7% para *Ternstroemia lineata*, mientras que en el sitio poco perturbado la preferencia es de 72.6% por *Ternstroemia lineata* y 26.3% para *Quercus rugosa*. En ambos sitios se encontraron diferencias significativas entre las especies de forofitos en los cuales se encuentra *R. cervantesii*: sitio perturbado ($X^2=488.252$, $gl=3$, $P=0.000$) y sitio poco perturbado ($X^2=593.947$, $gl=2$, $P=0.000$).

c) Patrones de distribución vertical

– Zona que ocupan en el forofito

Se encontraron diferencias significativas ($X^2=28.410$, $gl=1$, $P=0.000$) de las zonas de tronco y copa en el que se encuentra *R. cervantesii* del forofito (Fig. 5).

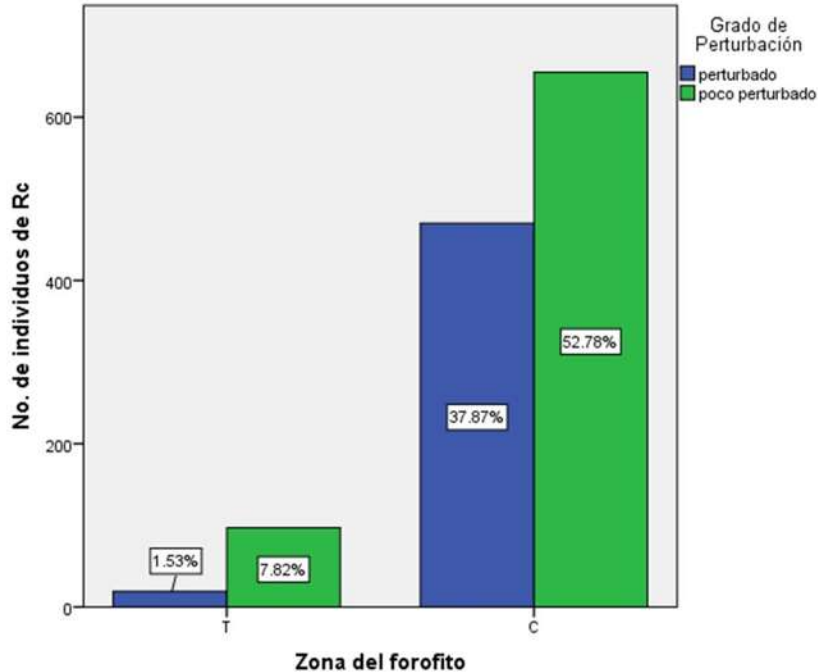


Figura 5. Zona que ocupa en el forofito *R. cervantesii* en ambos grados de perturbación. Rc=*Rhynchostele cervantesii*. T= tronco y C= copa.

En ambos grados de perturbación se observa una preferencia por la copa del forofito, en el sitio perturbado el 96.1% de los individuos de *R. cervantesii* se encuentra en la copa y en la zona del tronco es casi inexistente su presencia (3.9%), mientras que en el sitio poco perturbado en la copa se encuentra el 87.1% y en el tronco el 12.9%, ligeramente mayor en comparación con el sitio perturbado.

En los dos grados de perturbación se encontraron diferencias significativas, para el sitio perturbado ($X^2=415.953$, $gl=1$, $P=0.000$) y para el sitio poco perturbado ($X^2=414.048$, $gl=1$, $P=0.000$).

– Sección que ocupa en la copa del forofito

No se encontraron diferencias significativas ($X^2=0.115$, $gl=2$, $P=0.944$) entre las zonas interna (A), intermedia (B) y distal (C) de la copa del forofito en las que se distribuye *R. cervantesii* entre ambos grados de perturbación.

Al analizar los datos por separado para cada grado de perturbación se encontraron diferencias significativas respecto a la cantidad de individuos de *R. cervantesii* en las secciones de la copa en ambos sitios, para el sitio perturbado ($X^2=15.643$, $gl=2$, $P=0.000$) y para el sitio poco perturbado ($X^2=26.788$, $gl=2$, $P=0.000$).

En ambos sitios se registraron mayor número de individuos en la sección intermedia de la copa (B) con 40.9% para el sitio perturbado y 41.8% para el sitio poco perturbado; seguido de la sección distal de la copa (C) con 33.2% para el sitio perturbado y 32.8% para el sitio poco perturbado. Por último, la sección interna de la copa (A) con 26.0% para el sitio perturbado y 25.3% para el sitio poco perturbado (Figs. 6 y 7).

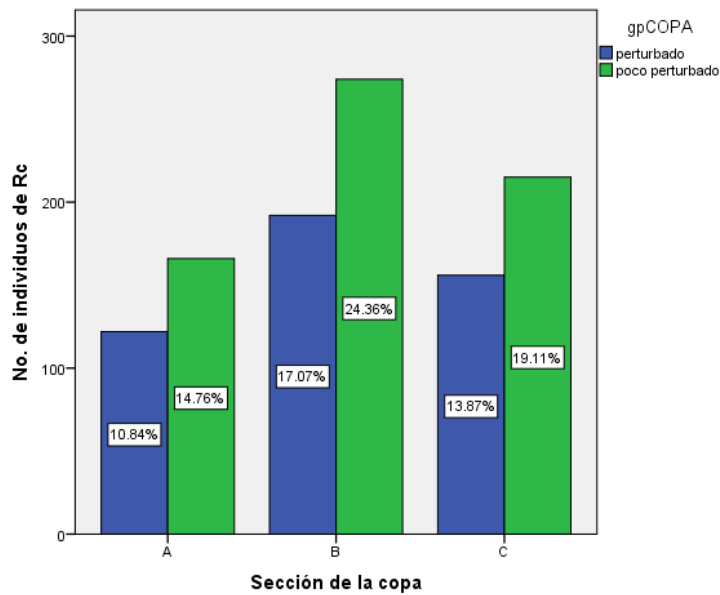


Figura 6. Sección de la copa del forofito en el que se ubica *R. cervantesii* en ambos grados de perturbación. Rc=*Rhynchostele cervantesii*, A= parte interna del forofito, B= parte intermedia y C= parte distal.

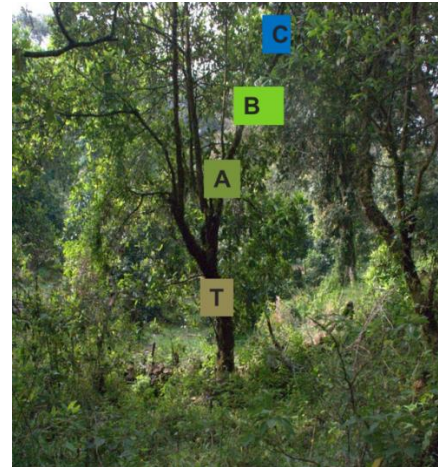


Figura 7. Distribución vertical en forofito. T= tronco, A= parte interna del forofito, B= parte intermedia y C= parte distal. Foto: Cervantes-Uribe.

– Parte que ocupa en la rama del forofito

Se encontraron diferencias significativas ($X^2=63.237$, $gl=3$, $P=0.000$) entre la parte de la rama (arriba, abajo, colgante y lateral) que ocupa *R. cervantesii* en el forofito.

La posición en la rama donde se encuentra *R. cervantesii* con mayor frecuencia es lateral con 59%, seguido de arriba de la rama con 18.6%, abajo con 16.9% y por último, se los individuos que se encontraban colgando con tan solo un 5.5%.

En el sitio perturbado las posiciones en la que más se encuentra *R. cervantesii* es lateral con 49.5% y abajo de la rama con 26.4%, mientras que para el sitio poco perturbado es de nuevo lateral con 65.2% y arriba de la rama con 19.9%. En ambos sitios se encontraron valores significativos, para el sitio perturbado ($X^2=191.041$, $gl=3$, $P=0.000$) y para el sitio poco perturbado ($X^2=684.819$, $gl= 3$, $P=0.000$) entre la posición que ocupa *R. cervantesii* en la rama de los forofitos (Figs. 8 y 9).

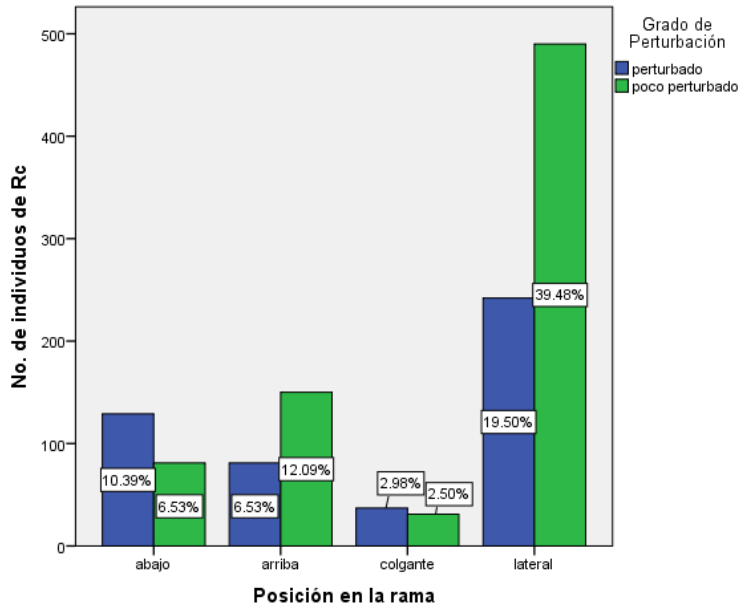


Figura 8. Posición en la rama del forofito en el que se ubica *R. cervantesii* en ambos grados de perturbación.
Rc=*Rhynchosstele cervantesii*

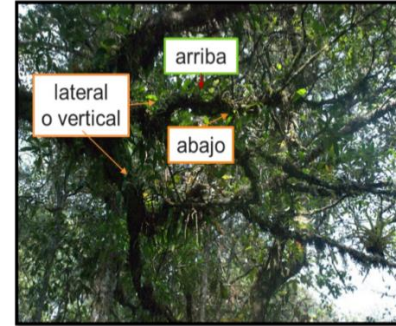


Figura 9. Sección de la rama. Foto: Cervantes-Uribe.

d) Tipo de sustrato

Se identificaron siete tipos de sustrato en el que se presenta *R. cervantesii*, entre ellos están: corteza, liquen, musgo, helecho, otras raíces, sp.1 (verdolaguilla) y *Toxicodendron radicans* (bembericua).

Sin embargo, en cuanto al tipo de sustrato que se registró, *R. cervantesii* se puede encontrar en un solo tipo de sustrato o hasta cuatro tipos, y se identificaron diferencias significativas entre los tipos de sustrato ($\chi^2=162.193$, $gl=3$, $P=0.000$), se observó una preferencia por dos sustratos de 47% y en un sustrato de 43.6% (Figs. 10 y 11).

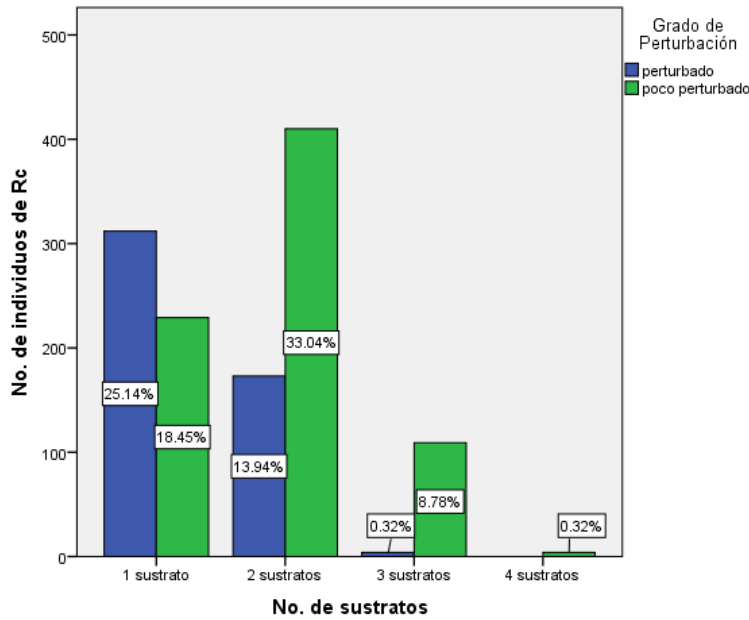


Figura 10. Número de sustratos en el que se ubica *R. cervantesii* en ambos grados de perturbación. Rc=*Rhynchostele cervantesii*

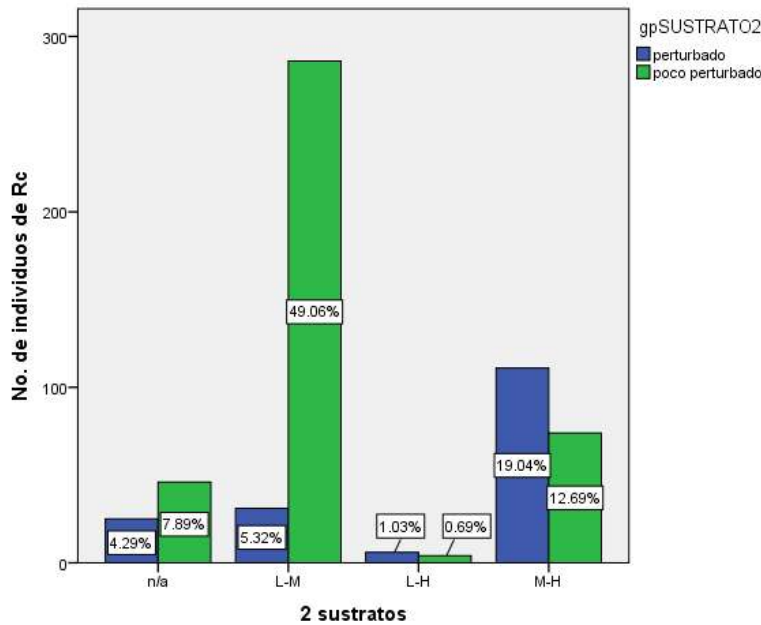


Figura 11. Interacciones de dos tipos de sustrato en el que se ubica *R. cervantesii* en ambos grados de perturbación. Rc=*Rhynchostele cervantesii*, n/a= otro tipo de sustrato, L-M= líquen y musgo, L-H= líquen y helecho, M-H= musgo y helecho.

Al analizar cada grado de perturbación por el número de sustratos, se registró que en el sitio perturbado existen diferencias significativas ($\chi^2=219.914$, $gl=2$, $P=0.000$), el 63.8% de los individuos se encuentra en un sustrato y el 35.4% en dos sustratos. En el sitio poco perturbado también se observan diferencias significativas ($\chi^2=484.372$, $gl=2$, $P=0.000$) y *R. cervantesii* se encuentra con mayor frecuencia en dos sustratos con el 54.5% y en uno con el 30.5%. En el sitio perturbado las principales asociaciones son musgo con helecho y en el sitio poco perturbado son musgo con líquen (Figs. 12 y 13).

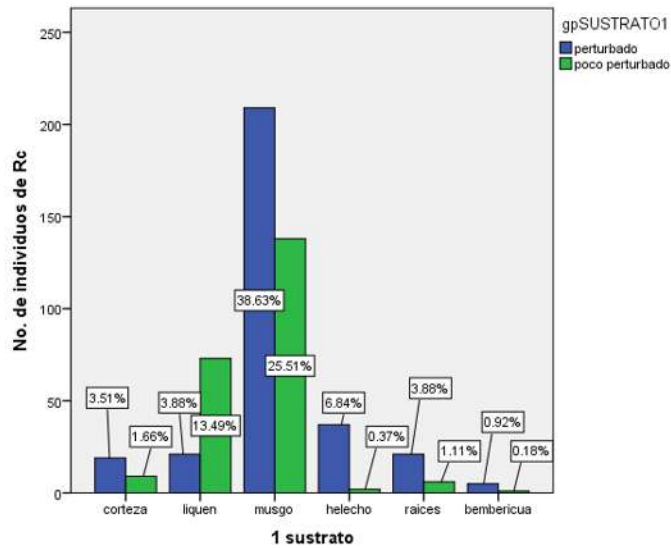


Figura 12. Sustrato en el que se ubica *R. cervantesii* en ambos grados de perturbación. Rc=*Rhynchostele cervantesii*

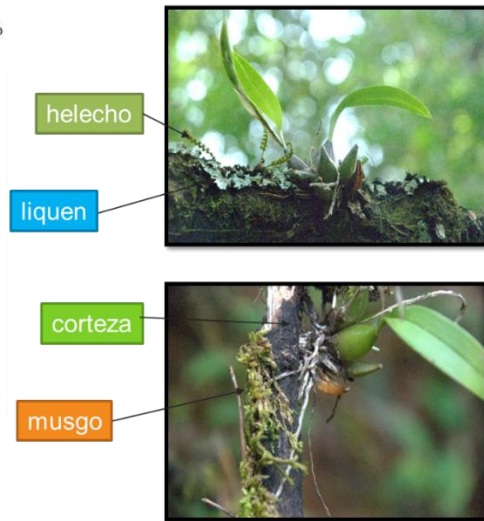


Figura 13. Tipo de sustrato. Fotos: Cervantes-Uribe.

e) Categorías de edad

No se encontraron diferencias significativas ($X^2=2.764$, $gl=2$, $P=0.251$) entre las categorías de edad: plántula, juvenil y adulta de *Rhynchostele cervantesii* en ambos grados de perturbación (Figs. 14 y 15).

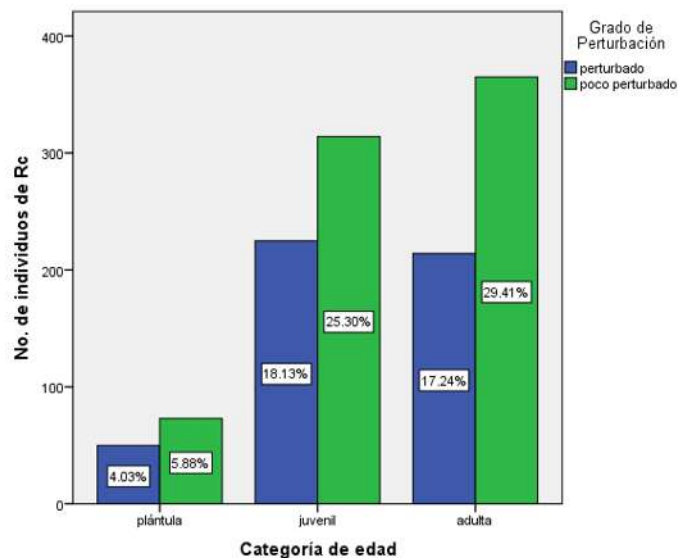


Figura 14. Categorías de edad de *R. cervantesii* en ambos grados de perturbación en BMM. Rc=*Rhynchostele cervantesii*

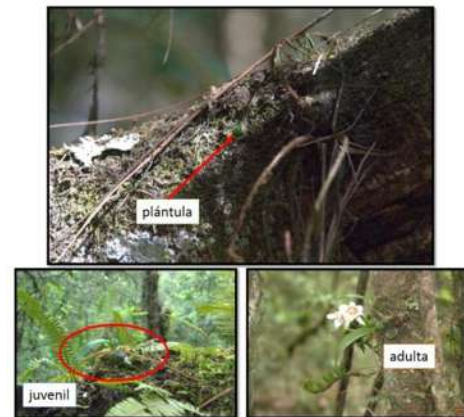


Figura 15. Plantas de *R. cervantesii* en las tres categorías de edad.

No obstante, al analizar por separado el grado de perturbación se observan diferencias significativas entre las categorías de edades de cada sitio. En el sitio perturbado ($X^2=117.877$, $gl=2$, $P=0.000$) las categorías de edad de *R. cervantesii* que más se presentan

son juvenil y adulta, con 46% y 43.8%, respectivamente. En el sitio poco perturbado ($X^2=194.077$, $gl=2$, $P=0.000$) las categorías de edad que más se presentan son adulta y juvenil, con 48.7% y 41.8%, en dicho orden.

También, se registró que el reclutamiento de plántulas de *R. cervantesii* en ambos grados de perturbación es bajo, para el sitio perturbado 10.2% y para el sitio poco perturbado 9.7%.

5) Discusión

En el sitio perturbado la abundancia de forofitos es menor a la del sitio poco perturbado, esto es muy similar a lo reportado en el Capítulo 1, para todas las especies arbóreas.

R. cervantesii no tiene especificidad por el forofito, en el presente trabajo se registraron seis forofitos (*Clethra mexicana*, *Meliosma dentata*, *Quercus laurina*, *Quercus rugosa*, *Styrax argenteus* y *Ternstroemia lineata*), Domínguez-Gil (2015), la reporta en nueve especies de forofitos en BMM y BEP (Bosque de Encino Pino) del mismo sitio [*Clethra mexicana* (jaboncillo), *Crataegus pubescens*, *Meliosma dentata* (haya), *Quercus rugosa* (encino negro), *Quercus* sp. (encino rojo), *Quercus* sp. (encino blanco), *Styrax argenteus* (aguacatillo), *Symplocos* sp. (ucaz) y *Ternstroemia lineata* (limoncillo) (Ávila-Díaz *et al.*, en proceso)], Correa-Soria (2012) identificó a *R. cervantesii* en un forofito (*Quercus laeta*) y Manzano-Hernández (2017) registró a *R. cervantesii* en cinco especies de forofitos identificadas (*Clethra mexicana*, *Cosmarostaphylis discolor*, *Monnina ciliolata*, *Buddleia perfoliata*, *Buddleia parviflora*, entre otras), sin embargo, solo *Clethra mexicana* coincide con las especies que se encontraron en el sitio de estudio aunque ambos están realizados en BMM presentan diferentes afinidades, en este trabajo la vegetación de BMM tiene afinidad holártica y en el trabajo de Manzano-Hernández (2017), realizado en Morelos, la vegetación de BMM parece tener afinidad subtropical (Diego-Pérez *et al.*, 2001).

Existen varias especies de orquídeas que no presentan una especificidad por el forofito como *Polystachya concreta* y *Prosthechea boothiana* (Orta-Pozo, 2015). En contraste, en el sitio de estudio Domínguez-Gil (2015) registró que la mayoría de las orquídeas, entre ellas: *Bulbophyllum nagelii*, *Epidendrum anisatum*, *Isochilus bracteatus*, *Ponera exilis*, *Prosthechea cretacea* y *Stelis retusa* prefieren el forofito *Quercus rugosa*.

La especie de forofito más importante para *R. cervantesii* fue *Ternstroemia lineata*, porque es la única que se encontró en ambas condiciones de perturbación y además es la que tiene mayor densidad de individuos. La preferencia de *R. cervantesii* por la especie de forofito cambia según el grado de perturbación, en el sitio perturbado se encuentra en *Styrax argenteus* y *Ternstroemia lineata*, mientras que en el sitio poco perturbado se presenta en *Ternstroemia lineata* y *Quercus rugosa*, lo que coincide con Domínguez-Gil (2015), el cual reporta una preferencia de *R. cervantesii* por *T. lineata* y *Q. rugosa* en el mismo sitio, porque esta es la que cuenta con mayor densidad de individuos y frecuencia en ambos grados de perturbación, sin embargo, también menciona que *R. cervantesii* se encuentra en *Quercus rugosa* y en menor cantidad en *Styrax argenteus*, lo cual se observa en este trabajo que depende del grado de perturbación. Sin embargo, se desconoce por qué al existir *Styrax argenteus* y *Quercus rugosa* tanto en el sitio perturbado como en el poco perturbado, estas especies arbóreas no tienen la función de forofitos de *R. cervantesii* en los dos sitios. Además, de que las especies arbóreas más importantes ecológicamente en cada sitio son igualmente los forofitos más importantes ecológicamente para *R. cervantesii*. Esto es importante reconocerlo, ya que Domínguez-Gil (2015), identificó que *Quercus rugosa*

es el forofito más importante para otras orquídeas epífitas en el sitio. Manzano-Hernández (2017) identifica una preferencia de *R. cervantesii* del 90% por *Clethra mexicana* en el estado de Morelos.

Manzano-Hernández y Luna-Rosales en (2015) reconocen que el promedio de la densidad por forofito en *R. cervantesii* en Parque Nacional el Tepozteco en Morelos es de 22 individuos por forofito, muy similar a lo obtenido en el sitio poco perturbado 22.64 de este trabajo. En el sitio perturbado la densidad de *R. cervantesii* fue mayor y esto se debe a que un forofito presenta 120 individuos de *R. cervantesii*, lo que incrementa la densidad para el sitio. Sin embargo, en el sitio perturbado se distribuye en menos forofitos que en el sitio poco perturbado, lo que indica, que la distribución en el sitio perturbado es agregada y en el sitio poco perturbado es más uniforme.

Es evidente que *R. cervantesii* en el Área de Conservación prefiere la copa de los forofitos (90.60%) al tronco (9.40%), en el sitio poco perturbado se encuentra en el tronco en mayor abundancia que en el sitio perturbado, esto se puede deber a que no existe una perturbación frecuente. Domínguez-Gil (2015) también reporta que la mayoría de individuos en este sitio se encuentran en la copa. Correa-Soria (2012) el único individuo que reporta de *R. cervantesii* en el municipio de Morelia, lo registra en la copa. Sin embargo, Manzano-Hernández (2017), registra que el 61% de los individuos de *R. cervantesii* en Morelos se encuentran en el tronco, cabe recalcar que los forofitos en los que reporta, son diferentes a los encontrados en este trabajo, por lo tanto es posible que *R. cervantesii* tenga un comportamiento diferente.

En la parte de la copa en donde se encontró *R. cervantesii* fue en la parte intermedia (B) y distal (C) igual a lo reportado por Domínguez-Gil (2015). No obstante, Manzano-Hernández (2017) y Correa-Soria (2012) registran a *R. cervantesii* en la parte interna de la copa.

R. cervantesii en el sitio perturbado se encuentra en la parte lateral y abajo de la rama, y en el sitio poco perturbado la posición que prefieren es lateral y arriba. Correa-Soria (2012) la registra en la parte de arriba.

Correa-Soria (2012) registró a *R. cervantesii* con musgo, Manzano-Hernández (2017) reporta que el sustrato en el que se encuentra principalmente son helechos, líquenes, musgo, similar a lo encontrado en el presente trabajo. El tipo de sustrato cambia entre el sitio perturbado y poco perturbado, ya que en el sitio perturbado se encuentran interacciones con varios tipos de sustrato, lo que puede ser beneficioso para su establecimiento.

En cuanto a la abundancia *R. cervantesii* es más abundante en sitios poco perturbados esto coincide con lo obtenido por Mejía-Rosero y Pino-Benítez (2010), para otras orquídeas.

R. cervantesii es una especie que presenta tolerancia a estos dos grados de perturbación antrópica, ya que en los seis transectos de BMM estuvo presente, esto mismo reporta Domínguez-Gil (2015) quien la registró en seis de los cuadrantes realizados en BMM.

Rhynchostele cervantesii es una orquídea epífita habituada a zonas húmedas que prefieren menor intensidad lumínica, contrario a lo encontrado en orquídeas epífitas que se ven favorecidas por la baja humedad y la alta intensidad lumínica provocada por la fragmentación del hábitat (García-Franco, 2017).

El 90% de los individuos de *R. cervantesii* se encontraron en las categorías de edad de juveniles y adultas, lo que coincide con lo obtenido por Manzano-Hernández (2017), que registró que el 91% de las plantas se encuentran en estas etapas, sin embargo, en su trabajo reporta diferencias entre estas dos categorías, encontrando que el 64% fueron adultas y el 27% fueron juveniles, situación que no se refleja en el presente trabajo. En cuanto al reclutamiento se obtuvieron valores casi iguales, 9.9% y Manzano-Hernández (2017) registra 8.7%.

6) Conclusiones

- *R. cervantesii* es una orquídea que presenta tolerancia a la perturbación antrópica de moderada intensidad en el BMM con diferente grado de perturbación, ya que se encontró presente tanto en el sitio perturbado como poco perturbado en el Área de Conservación Voluntaria de la CI de Santiago Tingambato, Michoacán, México.
- *R. cervantesii* no tiene especificidad por la especie de forofito, sin embargo *Ternstroemia lineata*, es el forofito más importante ecológicamente para *R. cervantesii*, al encontrarse en el sitio perturbado y poco perturbado.
- La abundancia, la distribución horizontal (densidad, distribución y preferencia por forofito) y el tipo de sustrato en el que se encuentra *R. cervantesii* se ven afectados por el grado de perturbación antrópica, mientras que los patrones de distribución vertical de *R. cervantesii* (zona del forofito, sección de la copa, parte de la rama) y las categorías de edad, al parecer no se ven afectados por el grado de perturbación antrópica.
- Se considera que esta investigación será una aportación valiosa en esta línea del conocimiento y contribuirá para elaborar programas de conservación de esta especie.

7) Literatura citada

- Correa-Soria, G. 2012. **Listado de orquídeas del área de Ichaqueo y San Miguel del Monte y una aproximación de caracterización ecológica en Bosque Mesófilo de Montaña**. Tesis de Licenciatura. Fac. de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 71 pp.
- Diego-Pérez, N., R. M. Fonseca y B. Ludlow-Wiechers. 2001. **Bosque Mesófilo de Montaña**. En: Diego-Pérez, N. y R. M. Fonseca (Eds.) **Estudios florísticos en Guerrero**. *El Jilguero* 11: 44 pp. Coordinación de Servicios Editoriales, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Domínguez-Gil, I. 2015. **Listado y caracterización ecológica de las orquídeas epífitas del predio de Tenderio, de la comunidad indígena de Santiago Tingambato, Michoacán, México**. Tesis de Licenciatura. Fac. de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 53 pp.
- Dressler, R. L. 1981. **The Orchids. Natural History and clasification**. Smithsonian Institution. Londres, Inglaterra. 332 pp.
- Frasco-Pérez, F. M. 2016. **Diversidad y distribución vertical de epífitas vasculares en forofitos aislados de *Ceiba pentandra* (Malvaceae) en una selva mediana subcaducifolia del sur de México**. Tesis de Licenciatura. Fac. de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 54 pp.
- García-Franco, J. G. 2017. **La fragmentación del bosque de niebla y su efecto en la comunidad de orquídeas (Orchidaceae)**. *Agroproductividad* 10 (6): 13-18.
- García-González, A. y A. Damon. 2013. **Abundancia, distribución en los forofitos y producción de frutos de la primera población de *Telipogon helleri* (Orchidaceae) descubierta en México**. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 894-900.
- García-González, A., A. Damon, F. B. Riverón-Giró e I. Ávila-Díaz. 2016. **Circular distribution of three species of epiphytic orchids in shade coffee plantations, in Soconusco, Chiapas, Mexico**. *Plant Ecology and Evolution* 149 (2): 189-198.
- Granados-Sánchez, D., G. F. López-Ríos, M. Á. Hernández-García y A. Sánchez-González. 2003. **Ecología de las plantas epífitas**. *Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 9 (2): 101-111.
- Hágsater, E., M. Á. Soto-Arenas, G. A. Salazar-Chávez, R. Jiménez-Machorro, M. A. López-Rosas y R. L. Dressler. 2005. **Las orquídeas de México**. Instituto Chinoín. D.F., México. 304 pp.
- Hernández-Rosas, J. I. y M. Carlsen. 2003. **Estructura de las sinusias de plantas del dorsel en un portador (*Eschweilera parviflora*, Lecythidaceae) del bosque húmedo tropical del alto Orinoco. Estado Amazonas, Venezuela**. *Ecotropicos* 16 (1): 1-10.
- Johansson, D. 1974. **Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest**. *Acta phytogeographica Suecica* 59: 1-136.

- Maldonado-Mijangos, C. y D. Mondragón-Chaparro. 2007. **Distribución de *Erycina crista-galli* (Orchidaceae) sobre arbustos de café.** *Naturaleza y Desarrollo* 5 (1): 5-10.
- Manzano-Hernández, P. C. y B. S. Luna-Rosales. 2015. **Estudio de *Rhynchostele cervantesii* (Orchidaceae) para su conservación en el Parque Nacional el Tepozteco.** En: I Congreso Internacional de Orquídeas Tropicales y III Encuentro Mexicano de Orquideología. México, Xalapa.
- Manzano-Hernández, P. C. 2017. **Estudio de *Rhynchostele cervantesii* (La Llave & Lex.) Soto-Arenas & Salazar (ORCHIDACEAE) *in situ* e *in vitro*.** Tesis de Licenciatura, Fac. de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 104 pp.
- Mostacedo, B. y T. Fredericksen. 2000. **Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal.** Manejo Forestal Sostenible en Bolivia (BOLFOR). Santa Cruz, Bolivia. 87 pp.
- Mejía-Rosero, H. y N. Pino-Benítez. 2010. **Diversidad de orquídeas epífitas en un Bosque Húmedo Tropical (bh-t) del departamento del Chocó, Colombia.** *Acta Biológica Colombiana* 15 (2): 37-45.
- Orta-Pozo, C. S. 2015. **Orquídeas epífitas como especies indicadoras de perturbaciones en el sector oeste de la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario.** *Revista Forestal Baracoa* 34 (1): 33-39.
- Rodríguez-Cedillo, L. L. 2012. **Patrones de distribución de la epífita endémica *Prosthechea* aff. *karwinskii* (Orchidaceae) en Michoacán, México.** Tesis de Licenciatura. Fac. de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México, Morelia. 49 pp.
- Rodríguez-Guerrero, C., R. Cuevas-Guzman, T. Kromer y J. G. García-Franco. 2013. **Composición y diversidad de epífitas vasculares en dos tipos de vegetación en la estación científica las Joyas, Jalisco.** En: XIX Congreso Mexicano de Botánica. México, Chiapas, Tuxtla Gutiérrez.
- Rojas-Flórez, C. B. y L. R. Sánchez-Montaño. 2015. **Estructura espacial de epífitas vasculares en dos localidades de bosque altoandino, pamplona, Colombia.** *Caldisia* 37 (1): 15-30.

VI.c CAPÍTULO 3

Efecto del grado de perturbación antrópica en la incidencia, grado de enfermedad y la diversidad de hongos asociados a lesiones de *Rhynchosstele cervantesii* (Orchidaceae) en Bosque Mesófilo de Montaña, Santiago Tingambato, Michoacán, México

Cervantes-Uribe, Jocelyn Selene¹; Garibay-Orijel, Roberto²; Ávila-Díaz, Irene¹; Fernández-Pavía, Sylvia Patricia¹.

⁽¹⁾Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología, ⁽²⁾Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

1) Resumen

Al perturbarse el entorno las intrincadas redes de interacciones biológicas que protegen a las plantas del ataque de patógenos están ausentes o se presentan de manera parcial. Por lo que al no existir antagonistas, los patógenos encuentran condiciones propicias para desarrollarse y poner en peligro la supervivencia de especies en estado silvestre. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de la perturbación antrópica en la incidencia, grado de enfermedad y la diversidad de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* en dos diferentes grados de perturbación. Para lo cual, se realizó la observación en tres transectos del sitio perturbado y tres del poco perturbado en Bosque Mesófilo de Montaña en el Área de Conservación de la Comunidad Indígena de Santiago Tingambato, Michoacán, México. De 1,278 individuos de *R. cervantesii* observados, se encontró que 62% en el sitio perturbado y el 71% en el sitio poco perturbado de los individuos presentan algún tipo de enfermedad o lesión. Sin embargo, tanto en el sitio perturbado (58%) como en el poco perturbado (63%), se registraron en la categoría de menor grado de enfermedad. Posteriormente, se eligieron un sitio de cada grado de perturbación y se escogieron al azar seis forofitos de *R. cervantesii*, en estos se seleccionaron individuos de *R. cervantesii* con lesiones en hojas y pseudobulbos. De los individuos se aislaron hongos asociados a las lesiones, las cepas se identificaron molecularmente. Se reconocieron 70 taxa de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*, de los cuales, solo ocho taxa se encuentran en ambos grados de perturbación, la diversidad es igual en cuanto al número de especies en ambos grados de perturbación, no obstante, las especies de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* son diferentes entre el sitio perturbado y poco perturbado. Se reconocieron 23 géneros de hongos asociados a lesiones en *R. cervantesii*.

2) Introducción

En los ecosistemas existen intrincadas redes de interacciones biológicas que protegen a las orquídeas del ataque de patógenos. Al perturbarse el entorno, estas redes están ausentes o se presentan de manera parcial. Por lo que, al no existir antagonistas los patógenos encuentran condiciones propicias para desarrollarse y poner en peligro la supervivencia de especies en estado silvestre (Alabouvette *et al.*, 1993 y Rivera-Coto y Corrales-Moreira, 2007).

Son escasos los trabajos que se han hecho para conocer los problemas fitosanitarios en las poblaciones silvestres, uno de ellos es el trabajo elaborado por Rivera-Coto y Corrales-Moreira (2007), en el cual reportan que el 75% de los patógenos encontrados en orquídeas de Costa Rica son hongos, Oomycetes y Mixomycetes, mientras que el 13% son bacterias, 6.89% virus y el 3.44% algas, que pueden afectar a la conservación de orquídeas silvestres en Costa Rica y algunas orquídeas cultivadas. Este trabajo es muy amplio se reportan 61 géneros de orquídeas afectados, de los cuales, en 53 se reporta la presencia de *Colletotrichum gloeosporioides* y en 22 la presencia de *Fusarium oxysporum*. Ambas especies son degenerativas, aunque no son letales. No obstante, también se registraron dos especies consideradas como letales, una especie de *Fusarium*, la cual no se logró identificar, y fue registrada en 14 géneros de orquídeas y la especie *Sclerotium rolfsii* registrada en solo 2 géneros. Esta última especie también es citada por Galmarini *et al.*, (2001), como patógeno de los géneros *Cattleya*, *Dendrobium* y *Vanda* en Argentina.

Otras investigaciones en donde se han reportado hongos fitopatógenos en especies de orquídeas se encuentran: el de Lee *et al.*, (2002), quienes evaluaron la ocurrencia de pudrición causada por *Fusarium* en la orquídea *Cymbidium* en Corea, también Kim *et al.*, en (2002) hace referencia de *Fusarium* como agente causal de pudrición en *Phalaenopsis*. Swett y Uchida en (2015) caracterizaron hongos del género *Fusarium* asociados a enfermedades de 29 géneros de orquídeas cultivadas en Hawái.

En México, se encuentran las investigaciones de: Adame-García *et al.*, (2009), que identificó hongos fitopatógenos del género *Fusarium* (*F. oxysporum*, *F. solani* y *F. moniliforme*) en cultivos de *Vanilla planifolia* en el estado de Veracruz. Moreno-Martínez *et al.*, (2012) identificaron a *Fusarium* como causante de marchitamiento en plántulas de *Acineta barkeri* cultivadas en invernadero también en el estado de Veracruz. Almanza-Álvarez *et al.*, (2017), en donde identificaron 10 taxa de hongos patógenos (*Aspergillus fumigatus*, *Colletotrichum boninense*, *C. karstii*, *Fusarium bactridioides*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*, *Fusarium sp.*, *Xylaria feejeensis* y un Ascomycete) en orquídeas del género *Laelia* en cultivo en Michoacán.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la perturbación antrópica en la incidencia, grado de enfermedad y la diversidad de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* en Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) en el Área de Conservación Voluntaria de la Comunidad Indígena (CI) de Santiago Tingambato, Michoacán, México.

3) Materiales y métodos

3.1 Selección de sitios de observación

Previamente se seleccionaron dos sitios con diferente grado de perturbación (perturbado y poco perturbado) y en cada sitio se establecieron al azar tres transectos de 25 x 12 m con orientación NE en BMM en el Área de Conservación Voluntaria de la CI de Santiago Tingambato, Michoacán, México.

3.2 Incidencia y grado de enfermedad de *R. cervantesii*

Se procedió a registrar todas las plantas de *R. cervantesii* presentes en ambos grados de perturbación, en cada planta se categorizaron la incidencia y grado de enfermedad.

Para la incidencia de enfermedad, de cada uno de los individuos de *R. cervantesii* observados, se registró:

- Presencia de enfermedad
- Ausencia de enfermedad

Para el grado de enfermedad, se establecieron cinco categorías:

- 1= de 1 a 25% de enfermedad,
- 2= de 26 a 50% de enfermedad,
- 3= de 51 a 75% de enfermedad,
- 4= de 76 a 99% de enfermedad, y
- 5= planta de *R. cervantesii* muerta.

3.3 Submuestreo

Se seleccionó un transecto del sitio perturbado y otro del sitio poco perturbado, de acuerdo a la uniformidad de los forofitos de *R. cervantesii* identificados previamente.

Posteriormente, se seleccionaron seis forofitos para cada grado de perturbación, seleccionando al azar tres forofitos de una misma especie, en el caso de encontrarse. Cada forofito fue dividido en cuatro secciones: T= tronco, A= parte interna de la copa, B= parte intermedia y C= parte distal; en cada sección del forofito de seleccionaron cinco individuos de *R. cervantesii* al azar, teniendo un total aproximado de 20 observaciones de *R. cervantesii* por forofito, de este submuestreo se identificaron las enfermedades o lesiones similares y se seleccionaron tres muestras con la misma lesión, en el caso de estar presentes en cada grado de perturbación.

3.4 Recolecta de muestras

Una vez identificadas las lesiones, se procedió a la recolecta de las muestras de hojas y pseudobulbos de *R. cervantesii*, durante los meses de enero y febrero de 2016.

Para las muestras que se encontraban accesibles, se utilizaron tijeras desinfectadas con alcohol y fuego. En el caso de las muestras que eran de difícil acceso, se empleó una escalera y una garrocha, la cual fue desinfectada de la misma manera.

Fueron colocadas en bolsas de papel y etiquetadas, para lo cual, se asignó un código de colecta:

(#pl) #t - #tv

#pl= número de planta

#t= número de transecto (# en romano)

#tv= número de tejido vegetal

Posteriormente, se depositaron en una hielera con papel secante, finalmente fueron llevadas al laboratorio para realizar el aislamiento.

3.5 Aislamiento de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*

El tejido vegetal recolectado se sometió a un proceso de desinfección superficial, usando el siguiente proceso de asepsia; enjuague con detergente Extrán al 15%, posteriormente se sumergieron en etanol al 70%, seguido de hipoclorito de sodio al 20% durante 1 minuto; posteriormente en la campana de flujo laminar, se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril (Ávila-Díaz *et al.* 2009, modificado). Se realizaron cortes de aproximadamente 0.5 cm² y se colocaron en las cajas de Petri con medio PDA. Tres segmentos de cada muestra se colocaron en cada caja Petri 100x15 mm, esto se realizó por duplicado. Una vez que comenzaron a desarrollarse los hongos, se transfirieron a una nueva caja Petri con medio PDA para favorecer su aislamiento.

Los explantes de cada muestra se colocaron en dos cajas Petri con medio AA, posteriormente, utilizando un bisturí esterilizado con alcohol y flama, se transfirió un bloque de medio de 0.5 mm³ con punta de hifa del micelio que surgió de cada explante a medio PDA.

3.6 Identificación molecular de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*

La identificación molecular se llevó a cabo en el Laboratorio de sistemática y ecología de micorrizas del IB de la UNAM a cargo del Dr. Roberto Garibay Orijel. Para la extracción de ADN, se utilizó el método de Extract-N-Amp Plant PCR Kit, el cual contiene los reactivos necesarios para una rápida extracción de DNA. El tejido se incubó con la solución de extracción (ES) a 65 °C por 10 min y 95 °C por 10 min. Después se agregó un volumen igual de la solución de dilución a las muestras para neutralizar sustancias inhibitoras. Este extracto puede usarse directamente en PCR. Para los hongos la región del ITS ha demostrado ser una región del genoma con una alta probabilidad de éxito para la identificación de un espectro amplio de hongos, por lo que esta región se utilizó en este trabajo con los primers ITS1F (Gardes y Bruns,1993) e ITS4 (White *et al.*, 1990). La reacción de PCR se hizo con el Kit de RubyTaq PCR Master Mix (Affymetrix) de acuerdo con las instrucciones del fabricante añadiendo 10 µL de Rubytaq, 7.5 µL de agua desionizada estéril y 0.25 µL de cada primer a 50 mM y 1 µL de ADN para cada reacción.

El programa de PCR fue el siguiente: desnaturalización inicial durante 1 min a 94°C, 34 ciclos de 1 min de desnaturalización a 94 °C, alineación del cebador durante 1 min a 51 °C, extensión durante 1 min a 72 °C; posteriormente una extracción final durante 8 min a 72 °C y finalmente un período indefinido a 4 °C. Los productos de PCR se examinaron en geles de agarosa al 1% con tampón TEB teñido con Gel Red (Biotium) a una concentración de 1 µL / 100 mL. Los productos con buena amplificación en la PCR, se purificaron con el reactivo Exo-SAP-IT (Affymetrix) siguiendo las instrucciones del fabricante. Los productos de PCR se secuenciaron con los mismos primers utilizados en la PCR (ITS1F e ITS4) sólo que a una dilución de 10 µM. La reacción de secuenciación se llevó a cabo con Big Dye Terminator Kit 3.1 (Applied Biosystems). Las secuencias de ADN se obtuvieron en un secuenciador ABI 3100 en el Laboratorio de Biología Molecular de la Biodiversidad y la Salud del Instituto de Biología (UNAM). Las secuencias de ADN de cada cepa se ensamblaron y editaron usando el software Geneious 7 (Biomatters) en el IB con la colaboración del Dr. Roberto Garibay. Las cepas se identificaron según su similitud nucleotídica con los registros en la base de datos GenBank (NCBI, 2013), mediante una búsqueda BLAST.

3.7 Análisis de datos

Para conocer la clasificación actual de los hongos identificados se empleó la página de Mycobank (IMA, 2016).

Se evaluó la similitud de especies entre el sitio perturbado y poco perturbado con el índice de Jaccard y se realizaron análisis cualitativos de la biología y ecología de los hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* (forofitos de *R. cervantesii* y la presencia de los taxa, tejido vegetal del cual se aisló el taxón y la ecología funcional de los taxa).

La incidencia de enfermedad y el porcentaje de enfermedad de todos los individuos de *R. cervantesii* se analizaron con la prueba de Xi- cuadrada, en el programa SPSS.

4) Resultados

4.1 Incidencia de enfermedad de *R. cervantesii* observadas

Se registraron 1,278 individuos de *R. cervantesii*, de estos el 67.8% presentaron algún tipo de lesión y 32.2% se encontraron sanas (Fig. 1.). Se encontraron diferencias significativas ($X^2=9.837$, $gl=1$, $P=0.002$) entre la presencia o ausencia lesiones en los individuos de *R. cervantesii* observados en ambos grados de perturbación.

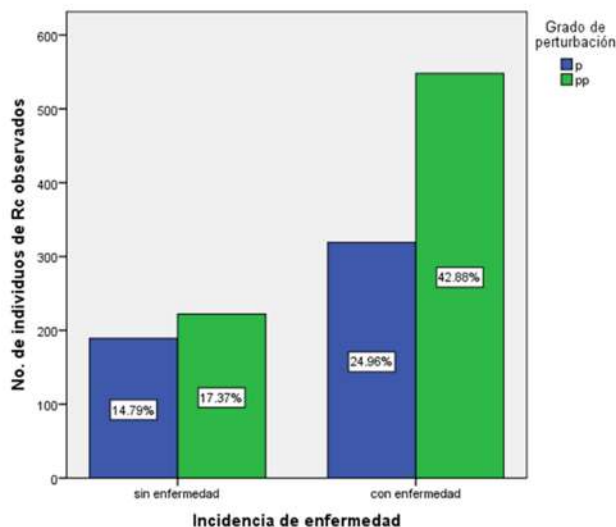


Figura 1. Incidencia de enfermedad y/o lesiones en individuos de *R. cervantesii* observados. p= perturbado y pp= poco perturbado, Rc= *R. cervantesii*.

Se analizaron por separado y se encontró que en el sitio perturbado el 62% de los individuos presentaron alguna lesión y el 37% no presentaron ninguna lesión, se observó también, que en el sitio poco perturbado, el 71% de los individuos mostraron alguna lesión y el 28% de los individuos se encontraban sanos.

4.2 Grado de enfermedad de *R. cervantesii* observadas

Se registraron diferencias significativas ($X^2=10.862$, $gl=4$, $P=0.028$) entre las categorías de enfermedad en ambos sitios, el 61% de los individuos se ubicaron en la categoría uno, de 1 a 25% de enfermedad, seguido de la categoría dos, que registro el 24% de los individuos con enfermedad de 26 a 50%, en la categoría tres, en donde se registró el 7% de los individuos con enfermedad del 51 al 75%, en la categoría cuatro se registró solo el 3% de *R. cervantesii* de 76 a 99% de enfermedad y finalmente, en la categoría cinco de planta muerta, se registró el 4% de individuos en ambos grados de perturbación (Fig. 2).

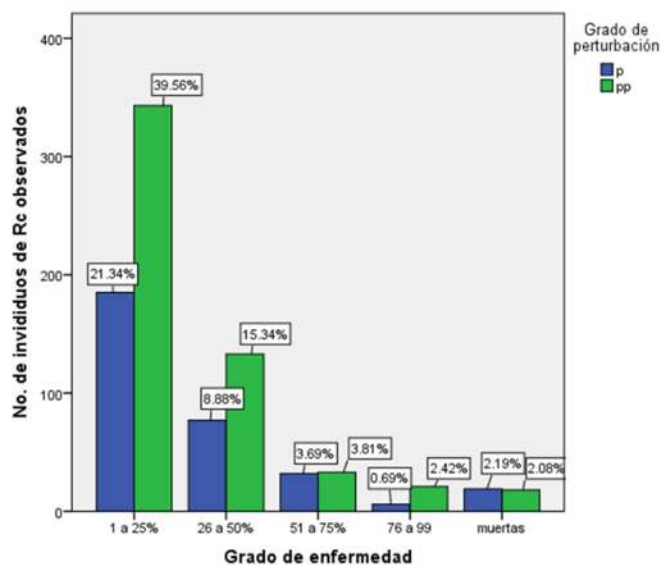


Figura 2. Grado de de enfermedad de individuos observados de *R. cervantesii*. p= perturbado y pp= poco perturbado, Rc= *R. cervantesii*.

Tanto en el sitio perturbado (58% individuos de *R. cervantesii*) como en el poco perturbado (63%) la mayoría de los individuos se ubicaron en la categoría uno de 1 a 25% de enfermedad, seguido de la categoría dos de 26 a 50%.

4.3 Resultados de submuestreo

Se encontraron 110 individuos de *R. cervantesii* en el submuestreo, 57 en el sitio perturbado y 53 en el sitio poco perturbado; del total de plantas observadas en el submuestreo se seleccionaron 24 plantas con lesiones, 14 en el sitio perturbado y 10 en el poco perturbado.

En el sitio perturbado se recolectaron 17 muestras de tejido vegetal (12 de hoja y 5 de pseudobulbo) y para el sitio poco perturbado se recolectaron 15 (11 de hoja y 4 de pseudobulbo) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Muestras de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*.

GP	# forofito	Forofito	Copa	GE	# planta	# transecto	# tejido	Tejido	Descripción de la lesión	# muestra de secuencia	#h
p	25	Md	C	1	1	II	1	h	mancha café opaca	41, 42, 43 y 44	4
p	25	Md	C	1	2	II	2	h	mancha café opaca	45 y 46	2
p	25	Md	B	1	7	II	7	h	mancha decolorada	50 y 51	2
							8	s	muerto	53 y 55	2
							9	s	antes muerto	56, 58 y 59	3
p	26	TI	T	1	12	II	12a	s	antes café	60 y 61	2
p	35	TI	A	1	17	II	18	h	amarilla c/puntos negros	(63 y 65) y 64	2
p	39	Sa	T	3	25	II	19	h	mancha café	66, 67, 69 y 169	4
p	39	Sa	B	1	30	II	23	s	amarillo	72, 73, 75, (74 y 75b) y (170 y 171)	5
							24	s	antes amarillo	77, 79, 80, 172	4
p	39	Sa	C	1	33	II	27	h	decolorada	(82 y 83), 84 y 85	3
p	39	Sa	C	1	34	II	28	h	mancha café c/ halo oscuro	86, 89 y 173	3
p	45	Sa	T	1	36	II	29	h	mancha transparente c/halo café	90, (91 y 95), 93 y 94	4
p	45	Sa	A	3	37	II	31	h	mancha negra opaca	96, 98, 99 y 100	4
p	45	Sa	A	1	39	II	32	h	mancha negra	101, 102, 103 y 104	4
p	45	Sa	B	1	41	II	33	h	mancha negra	105, 106, 107, (175, 176, 177, 178) y 179	5
p	45	Sa	C	3	45	II	35	h	mancha negra- café opaca	(108, 109) y 110	2
pp	168	TI	T	1	60	VI	37	h	mancha café (puntos rojos- morado)	112, (113 y 180), 150 y 151	4
pp	168	TI	A	2	62	VI	38	h	puntos rojos- morado	114, (115 y 116), 117 y 181	4
pp	168	TI	A	1	63	VI	39	h	mancha café c/halo transparente	118, 119 y 152	3
pp	168	TI	B	1	64	VI	40	h	mancha transparente c/ halo café	120, 121, 122, (123 y 124) y 125	5
							41	h	mancha transparente c/rayitas negras	126, 127, 128, 130 y 131	5
pp	168	TI	B	1	133	VI	42	h	mancha negra (puntos)	132, 133, 134, 163, 164, (165, 182 y 183)	6

Cuadro 1. (Continuación)

GP	# forofito	Forofito	Copa	GE	# planta	# transecto	# tejido	Tejido	Descripción de la lesión	# muestra de secuencia	#h
pp	181	Qr	A	2	68	VI	44	h	puntos negros	135	1
							45	s	amarillo	(136 y 185), 137 y 186	3
							46	s	antes amarillo	(167 y 187)	1
pp	181	Qr	B	3	72	VI	47	h	puntos rojos- morado	(138 y 154), 139, 153 y 155	4
pp	200	TI	A	1	86	VI	49	h	mancha negra	141, 143, 144, 156, 157 y 158	6
pp	204	Qr	A	2	93	VI	50	h	margen seco	(145, 146 y 188), 168	2
pp	211	TI	B	3	104	VI	51	h	puntos negros	160	1
							52	s	secos	149 y 190	2
							53	s	mancha negra y lesion naranja	(159 y 161)	1

GP= grado de perturbación, p= perturbado, pp= poco perturbado, copa= copa del forofito de *R. cervantesii*, II= transecto del sitio perturbado, VI= transecto del poco perturbado, #tejido= tejido vegetal, h= hoja, s= pseudobulbo ()= mismo taxa de hongo identificado y #h= número de taxa de hongos diferentes.

Se obtuvieron 192 explantes en total en ambos grados de perturbación, en los cuales se reconocieron bacterias y hongos, sin embargo, solo se aislaron las cepas de hongos. A pesar de que se aislaron solo cepas de hongos se obtuvo una gran diversidad de taxa por tejido vegetal, encontrando que de seis explantes posibles por muestra de tejido vegetal, se identificaron en dos muestras de tejido vegetal: (133) VI- 42 y (86) VI- 49 (Fig. 3), con seis taxas de hongos diferentes cada una. Y cuatro muestras más de tejido vegetal se encontraron con cinco taxas de hongos diferentes.



Fig. 3. Tejido vegetal con lesión. De la muestra: (86) VI- 49, mancha negra, del sitio poco perturbado.

En el sitio perturbado, se obtuvieron 102 explantes de los cuales se aislaron 82 cepas de hongos y se analizaron molecularmente 75 (debido a que algunas cepas fueron similares entre ellas se descartaron), se obtuvo la secuencia de 65, lo que equivale al 86.6%. De estas secuencias obtenidas se identificaron 35 taxa para el sitio perturbado.

En cuanto al sitio poco perturbado, se obtuvieron 90 explantes, se aislaron 62 cepas de hongos y todas se analizaron molecularmente, se obtuvo la secuencia de 59, equivalente al 95%. De igual manera al sitio perturbado, se identificaron 35 taxa en el sitio poco perturbado.

4.4 Diversidad de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*

En total, en ambos grados de perturbación se identificaron 70 taxa de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*, de estos, ocho taxa se encontraron en ambos grados de perturbación (*Colletotrichum* sp.1, *Colletotrichum* sp.2, *Colletotrichum* sp.3, Didymellaceae sp.1, Xylariaceae sp.2, *Xylaria curta-berteri*, *Xylaria* sp.7, *Xylaria* sp.8), por lo tanto, 62 taxa son diferentes, de los cuales un taxa se identificó solo a nivel de división (taxa #2= Ascomycete), otro a nivel de orden (taxa #41= Pleosporales), cuatro taxa a nivel de familia (taxa #18= Didymellaceae, tax #59, 50 y 51= Xylariaceae), 32 taxa a nivel de género, 16 taxa hasta nivel de especie y ocho taxa como especies afines (Cuadro 2).

Al aplicar el índice Jaccard, para conocer la similitud de la comunidad de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*, se encontró que el sitio perturbado y poco perturbado solo son similares en un 12.90%.

Cuadro 2. Hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* en sitio perturbado y poco perturbado de BMM.

#Taxa	Taxa	# muestra p	# muestra pp	#Acceso	%I	%C	E value	GeneBank
1	<i>Alternaria sp.1</i>	60, 90		KY814634	100	100	0	<i>Alternaria alternata</i>
				MF435094	100	100	0	<i>Alternaria sp.</i>
				KY609180	100	100	0	<i>Alternaria alternata</i>
2	<i>Ascomycete sp.1</i>		(136, 185), (167, 187)	DQ384608	95	63	3.00E-135	<i>Ascomycete sp.</i>
				DQ384608	95	63	3.00E-135	<i>Ascomycete sp.</i>
				KM104589	94	63	8.00E-132	<i>Ascomycota sp.</i>
3	<i>Biscogniauxia sp.1</i>	51		JQ761801	98	96	0	<i>Biscogniauxia sp.</i>
				KU683968	97	96	0	<i>Biscogniauxia sp.</i>
				KM215648	98	96	0	<i>Biscogniauxia atropunctata</i>
4	<i>Cladosporium sp.1</i>		118, 120	KY039309	100	100	0	<i>Cladosporium cladosporioides</i>
				KX938387	100	100	0	<i>Cladosporium sinuatum</i>
				KX839305	100	100	0	<i>Cladosporium sp.</i>
5	<i>Clonostachys rosea</i>	55		AJ876484	99	100	0	<i>Clonostachys rosea</i>
				HQ607798	99	100	0	<i>Clonostachys rosea</i>
				KT268975	99	100	0	<i>Clonostachys sp.</i>
6	<i>Colletotrichum sp.1</i>	84, 105	134	NR_120138	99	100	0	<i>Colletotrichum kahawae subsp. ciggaro</i>
				AJ301907	99	100	0	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
				NR_144787	99	99	0	<i>Colletotrichum kahawae</i>
7	<i>Colletotrichum sp.2</i>	60, (74, 75b), 86	144	AJ301972	100	100	0	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
				KC860043	100	98	0	<i>Colletotrichum godetiae</i>
				KU612886	99	99	0	<i>Colletotrichum godetiae</i>
8	<i>Colletotrichum sp.3</i>	(170, 171), (175, 176, 177, 178)	114	JX436792	100	100	0	<i>Colletotrichum boninense</i>
				EU822802	100	100	0	<i>Colletotrichum boninense</i>
				AJ301974	100	100	0	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
9	<i>Colletotrichum sp.4</i>		(113, 180), (115, 116)	KX306754	96	100	0	<i>Colletotrichum karstii</i>
				JX436792	96	100	0	<i>Colletotrichum boninense</i>
				AJ301974	96	100	0	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
10	<i>Colletotrichum sp.5</i>		(123, 124)	EU482211	99	100	0	<i>Colletotrichum sp.</i>
				KC860042	99	100	0	<i>Colletotrichum sp.</i>
				KR534671	99	98	0	<i>Colletotrichum boninense</i>
11	<i>Dactylonectria sp.1</i>		(159, 161)	NR_121497	97	100	0	<i>Dactylonectria estremocensis</i>
				JF735329	97	100	0	<i>Ilyonectria estremocensis</i>
				DQ093687	97	98	0	<i>Ilyonectria macrodidyma</i>
12	<i>Daldinia eschscholtzii</i>	(108, 109)		KU304335	99	100	0	<i>Daldinia eschscholtzii</i>
				JQ761025	99	91	0	<i>Daldinia eschscholtzii</i>
				KU204523	100	95	0	<i>Daldinia eschscholtzii</i>
13	<i>Daldinia sp.1</i>	58		JQ846042	96	100	0	<i>Daldinia fissa</i>
				AF176982	97	100	0	<i>Daldinia grandis</i>
				AM292038	96	100	0	<i>Daldinia fissa</i>

Cuadro 2. (Continuación)

#Taxa	Taxa	# muestra p	# muestra pp	#Acceso	%I	%C	E value	GeneBank
14	<i>Diaporthe aff. nothofagi</i>		128	GQ250218	98	100	0	<i>Phomopsis sp.</i>
				KR534694	98	99	0	<i>Diaporthe rudis</i>
				NR_137105	98	100	0	<i>Diaporthe nothofagi</i>
15	<i>Diaporthe sp.1</i>		181	KR534694	98	100	0	<i>Diaporthe rudis</i>
				GQ250218	98	100	0	<i>Phomopsis sp.</i>
				KC143199	98	100	0	<i>Diaporthe sp.</i>
16	<i>Diaporthe sp.2</i>	94		KC343206	99	100	0	<i>Diaporthe sp.</i>
				EU272530	98	100	0	<i>Diaporthe phaseolorum</i>
				KR534744	98	99	0	<i>Diaporthe passiflorae</i>
17	<i>Diaporthe sp.3</i>	72		KC343157	99	100	0	<i>Diaporthe novem</i>
				KJ590737	99	97	0	<i>Diaporthe novem</i>
				KR812221	99	100	0	<i>Diaporthe phaseolorum</i>
18	<i>Didymellaceae sp.1</i>	61, (91, 95)	(145, 146, 188)	GU566295	99	100	0	<i>Phoma sp.</i>
				EU167565	99	100	0	<i>Didymella pinodella</i>
				KY070283	99	99	0	<i>Didymella americana</i>
19	<i>Epicoccum nigrum</i>	73		KX869952	100	100	0	<i>Epicoccum nigrum</i>
				HQ630972	100	100	0	<i>Epicoccum sp.</i>
				AJ279486	100	100	0	<i>Epicoccum sp.</i>
20	<i>Fusarium aff. lateritium</i>	79		EF687911	95	100	0	<i>Fusarium sp.</i>
				FJ605248	95	100	0	<i>Fusarium sp.</i>
				DQ682580	94	100	0	<i>Fusarium sp.</i>
21	<i>Fusarium merismoides var. violaceum</i>		152	EU860060	100	100	0	<i>Fusarium merismoides var. violaceum</i>
				AB586997	99	100	0	<i>Fusarium merismoides</i>
				KC009084	94	99	0	<i>Fusarium merismoides</i>
22	<i>Hypoxylon aff. begae</i>	56		JN660820	96	95	0	<i>Hypoxylon begae</i>
				GU797135	95	92	0	<i>Hypoxylon sp.</i>
				KT224877	95	93	0	<i>Hypoxylon begae</i>
23	<i>Hypoxylon lividipigmentum</i>	179		KU604567	99	100	0	<i>Hypoxylon lividipigmentum</i>
				JN979433	90	100	5E-155	<i>Hypoxylon lividipigmentum</i>
				KX953433	93	65	6E-114	<i>Daldinia sp.</i>
24	<i>Hypoxylon sp.1</i>		(165, 182, 183)	EF026142	91	94	0	<i>Hypoxylon shearii var. minor</i>
				KU940156	91	93	5.00E-174	<i>Hypoxylon sp.</i>
				KC968936	93	95	2E-158	<i>Hypoxylon perforatum</i>
25	<i>Hypoxylon sp.2</i>		(122, 131)	EF026142	90	99	0	<i>Hypoxylon shearii var. minor</i>
				KU940156	90	99	0	<i>Hypoxylon sp.</i>
				JQ009306	88	99	0	<i>Hypoxylon perforatum</i>
26	<i>Hypoxylon sp.3</i>	85		JN660820	95	100	0	<i>Hypoxylon begae</i>
				KT224877	95	98	0	<i>Hypoxylon begae</i>
				GU797135	95	100	0	<i>Hypoxylon sp.</i>

Cuadro 2. (Continuación)

#Taxa	Taxa	# muestra p	# muestra pp	#Acceso	%I	%C	E value	GeneBank
27	<i>Hypoxylon sp.4</i>	46		EF026142	97	99	0	<i>Hypoxylon shearii var. minor</i>
				KU604564	89	100	0	<i>Hypoxylon perforatum</i>
				KJ957773	90	97	0	<i>Hypoxylon perforatum</i>
28	<i>Hypoxylon sp.5</i>		125	EF026142	93	99	0	<i>Hypoxylon shearii var. minor</i>
				JQ760786	90	99	0	<i>Hypoxylon rubiginosum</i>
				JQ009308	90	99	0	<i>Hypoxylon perforatum</i>
29	<i>Mycoleptodiscus aff. indicus</i>	172		KT224844	96	100	0	<i>Mycoleptodiscus indicus</i>
				KR154348	96	100	0	<i>Mycoleptodiscus indicus</i>
				KJ174442	96	100	0	<i>Mycoleptodiscus indicus</i>
30	<i>Nemania abortiva</i>		139, 160, 163, 190	GU292816	99	100	0	<i>Nemania abortiva</i>
				JQ760286	98	100	0	<i>Nemania abortiva</i>
				KR534710	98	99	0	<i>Nemania abortiva</i>
31	<i>Nemania diffusa 1</i>		119, 151	KT323181	100	100	0	<i>Nemania diffusa</i>
				LN714575	100	100	0	<i>Nemania diffusa</i>
				JQ761842	100	100	0	<i>Nemania diffusa</i>
32	<i>Nemania diffusa 2</i>	50		KP133219	99	100	0	<i>Nemania diffusa</i>
				AB625422	99	96	0	<i>Nemania diffusa</i>
				GU292817	97	96	0	<i>Nemania diffusa</i>
33	<i>Neofabraea brasiliensis</i>	173		KR107002	100	99	0	<i>Neofabraea brasiliensis</i>
				LC163529	99	100	0	<i>Neofabraea actinidiae</i>
				JQ846088	99	99	0	<i>Cryptosporiopsis actinidiae</i>
34	<i>Nigrospora oryzae</i>	(63, 65), (82, 83), 99, 102		JN207335	99	100	0	<i>Nigrospora sp.</i>
				HQ630982	99	100	0	<i>Nigrospora sp.</i>
				EU272499	99	98	0	<i>Nigrospora oryzae</i>
35	<i>Nigrospora sp.1</i>	41		JN207296	99	100	0	<i>Nigrospora sp.</i>
				KT966515	99	99	0	<i>Nigrospora sphaerica</i>
				HQ832835	99	99	0	<i>Nigrospora sp.</i>
36	<i>Nigrospora sp.2</i>	106		EU918714	99	99	0	<i>Nigrospora oryzae</i>
				EU272486	99	99	0	<i>Nigrospora oryzae</i>
				KX219599	99	95	0	<i>Nigrospora sp.</i>
37	<i>Nigrospora sphaerica</i>	75		JN207298	100	100	0	<i>Nigrospora sp.</i>
				HQ608063	100	99	0	<i>Nigrospora sphaerica</i>
				KF800115	99	100	0	-
38	<i>Paraconiothyrium sp.1</i>	69		JX496049	99	100	0	<i>Paraconiothyrium archidendri</i>
				KP050639	99	98	0	<i>Paraconiothyrium archidendri</i>
				KX065269	98	98	0	<i>Paraconiothyrium archidendri</i>
39	<i>Paraphaeosphaeria sp.1</i>	64		JX496038	99	100	0	<i>Paraphaeosphaeria neglecta</i>
				EU821483	99	100	0	<i>Paraconiothyrium sporulosum</i>
				JF340257	99	99	0	<i>Paraconiothyrium sporulosum</i>

Cuadro 2. (Continuación)

#Taxa	Taxa	# muestra p	# muestra pp	#Acceso	%I	%C	E value	GeneBank
40	<i>Penicillium expansum</i>	59		DQ339562	100	100	0	<i>Penicillium expansum</i>
				KP204878	100	97	0	<i>Penicillium expansum</i>
				FJ463031	100	97	0	<i>Penicillium expansum</i>
41	<i>Pleosporales sp.1</i>	77		JN198394	93	62	1E-130	<i>Dothideomycetes sp.</i>
				JX982419	92	62	1E-127	<i>Cylothyrium sp.</i>
				JX681086	92	70	1E-127	<i>Coniothyrium palmicola</i>
42	<i>Sydowia aff. polyspora</i>		186	EU715675	99	97	0	<i>Phaeosphaeria sp.</i>
				KF428668	99	91	0	<i>Pleosporales sp.</i>
				KF993419	96	94	0	<i>Sydowia polyspora</i>
43	<i>Thelonectria veuillotiana complex sp.1</i>		149	JQ403335	99	100	0	<i>Thelonectria veuillotiana</i>
				KJ022007	99	100	0	<i>Thelonectria veuillotiana</i>
				HM054146	99	100	0	<i>Neonectria veuillotiana</i>
44	<i>Trichoderma sp.1</i>		135	KX100403	100	100	0	<i>Trichoderma sp.</i>
				KT323132	100	100	0	<i>Trichoderma atroviride</i>
				NR_138447	100	100	0	<i>Trichoderma virilente</i>
45	<i>Xylaria aff. arbuscula</i>		153	FN689808	99	100	0	<i>Xylaria sp.</i>
				AM993147	98	99	0	<i>Xylaria arbuscula</i>
				FJ205469	94	97	0	<i>Xylaria arbuscula</i>
46	<i>Xylaria aff. castorea</i>		(138, 154)	JN225908	96	100	0	<i>Xylaria castorea</i>
				GU324751	96	100	0	<i>Xylaria castorea</i>
				JQ327858	96	96	0	<i>Xylaria castorea</i>
47	<i>Xylaria aff. grammica</i>		133	AB625421	97	100	0	<i>Xylaria grammica</i>
				JQ341087	97	99	0	<i>Xylaria grammica</i>
				AB524025	96	100	0	<i>Xylaria grammica</i>
48	<i>Xylariaceae sp.1</i>		130	FJ799948	98	100	0	<i>Xylaria sp.</i>
				EU010001	98	99	0	<i>Xylariaceae sp.</i>
				KU747662	99	92	0	<i>Xylariales sp.</i>
49	<i>Xylariaceae sp.2</i>	100, 104	156	KX067819	92	99	0	<i>Xylariaceae sp.</i>
				JN225909	92	99	0	<i>Xylaria sp.</i>
				AY315402	92	96	0	<i>Xylariaceae sp.</i>
50	<i>Xylariaceae sp.3</i>		117, 137	EU010001	100	100	0	<i>Xylariaceae sp.</i>
				EF423545	100	100	0	<i>Xylaria sp.</i>
				FJ799949	99	100	0	<i>Xylaria sp.</i>
51	<i>Xylaria cubensis</i>	53		GU373810	99	96	0	<i>Xylaria cubensis</i>
				JQ760948	99	92	0	<i>Xylaria cubensis</i>
				KU747660	99	92	0	<i>Xylariaceae sp.</i>
52	<i>Xylaria curta-berteri</i>	67, 98	141	EU715621	99	95	0	<i>Xylaria curta</i>
				GU324750	99	96	0	<i>Xylaria berteri</i>
				KP133344	98	100	0	<i>Xylaria berteri</i>

Cuadro 2. (Continuación)

#Taxa	Taxa	# muestra p	# muestra pp	#Acceso	%I	%C	E value	GeneBank
53	<i>Xylaria grammica</i>	42, 89, 101, 107, (110, 111)		JQ341087	98	99	0	<i>Xylaria grammica</i>
				AB625411	97	95	0	<i>Xylaria grammica</i>
				GU300097	97	95	0	<i>Xylaria grammica</i>
54	<i>Xylaria sp.1</i>		112	AB625414	89	100	1.00E-175	<i>Xylaria grammica</i>
				AB524025	88	100	5.00E-174	<i>Xylaria grammica</i>
				JQ341087	88	100	1.00E-171	<i>Xylaria grammica</i>
55	<i>Xylaria sp.2</i>		157	AB440100	89	99	2.00E-158	<i>Xylariaceae sp.</i>
				AB741611	89	99	1.00E-156	<i>Xylariaceae sp.</i>
				JF908806	91	88	4.00E-149	<i>Xylaria carpophila</i>
56	<i>Xylaria sp.3</i>		158	KF573972	97	99	0	<i>Xylaria sp.</i>
				FN689803	97	99	0	<i>Xylaria sp.</i>
				EU715679	92	99	0	<i>Xylaria sp.</i>
57	<i>Xylaria sp.4</i>		164	AB440122	89	99	6.00E-155	<i>Xylariaceae sp.</i>
				KF312440	89	95	7.00E-151	<i>Xylaria grammica</i>
				JQ341087	89	95	1.00E-148	<i>Xylaria grammica</i>
58	<i>Xylaria sp.5</i>		127, 132, 168	KT289545	99	100	0	-
				FN689802	96	89	0	<i>Xylaria sp.</i>
				EU686863	92	94	0	-
59	<i>Xylaria sp.6</i>	43		JN225908	94	100	0	<i>Xylaria castorea</i>
				KP133514	93	100	0	<i>Xylaria sp.</i>
				GU322458	94	96	0	<i>Xylaria scruposa</i>
60	<i>Xylaria sp.7</i>	44, 45, 80, 93, 96	121, 150	KT289545	99	98	0	-
				FN689803	97	83	0	<i>Xylaria sp.</i>
				EU715681	91	95	0	<i>Xylaria sp.</i>
61	<i>Xylaria sp.8</i>	103	126, 143	JQ341087	94	100	0	<i>Xylaria grammica</i>
				AB524025	94	98	0	<i>Xylaria grammica</i>
				KY204024	93	100	0	<i>Xylaria hypoxylon</i>
62	<i>Zasmidium sp.1</i>		155	EU041821	95	99	0	<i>Zasmidium cellare</i>
				KF420417	95	96	0	<i>Zasmidium sp.</i>
				FJ425199	90	98	4E-152	<i>Ramichloridium sp.</i>

#Taxa, Taxa= Nombre científico del Taxa, # de muestra= número de muestra secuenciada, p= perturbado, pp= poco perturbado (entre paréntesis= muestras de la misma planta), #Acceso= número de acceso, %I= porcentaje de identidad, %C= porcentaje de cobertura, E- value= error, GeneBank= nombre de referencia en GeneBank.

A nivel de orden el taxa más abundante en ambos grados de perturbación fue Xylariales (Fig. 4) y a nivel de familia fue Xylariaceae (Fig. 5).

Se identificaron 23 géneros en *R. cervantesii* en ambos grados de perturbación, estos son: *Alternaria*, *Biscogniauxia*, *Cladosporium*, *Clonostachys*, *Colletotrichum*, *Dactylonectria*, *Daldinia*, *Diaporthe*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Hypoxylon*, *Mycoleptodiscus*, *Nemania*, *Neofabraea*, *Nigrospora*, *Paraconiothyrium*, *Paraphaeosphaeria*, *Penicillium*, *Sydowia*, *Thelonectria*, *Trichoderma*, *Xylaria*, *Zasmidium*, y el género más abundante fue *Xylaria* (Fig. 6).

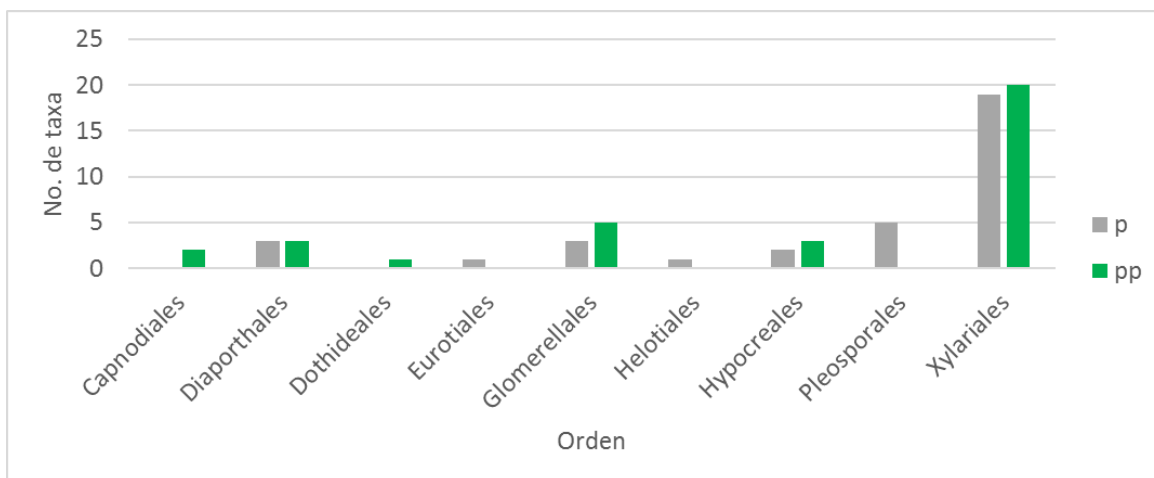


Figura 4. Taxa de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* a nivel de orden. p= perturbado y pp= poco perturbado.

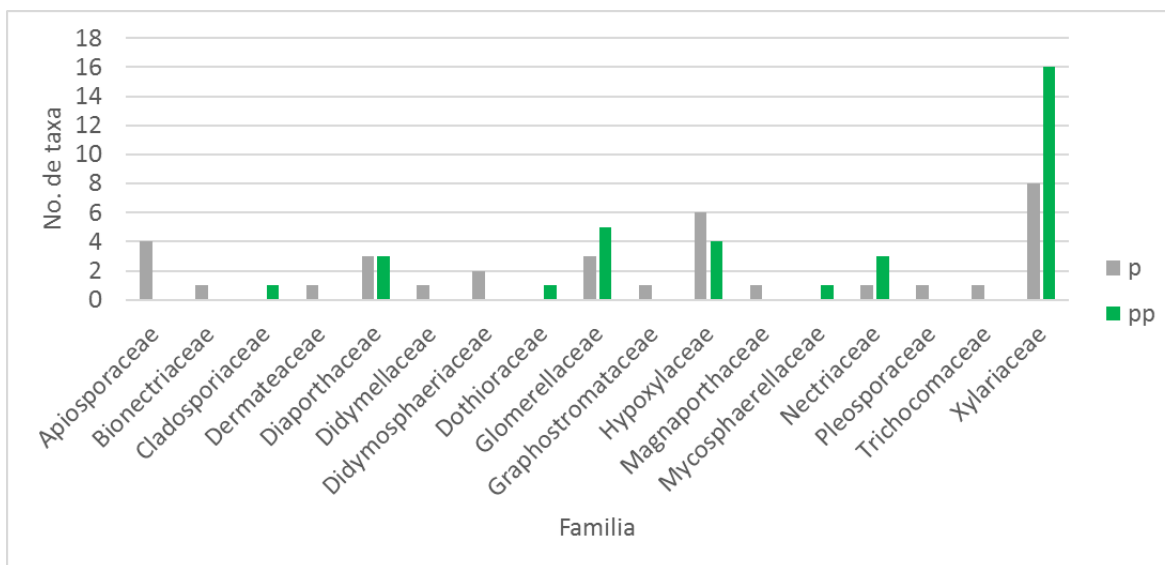


Figura 5. Taxa de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* a nivel de familia. p= perturbado y pp= poco perturbado.

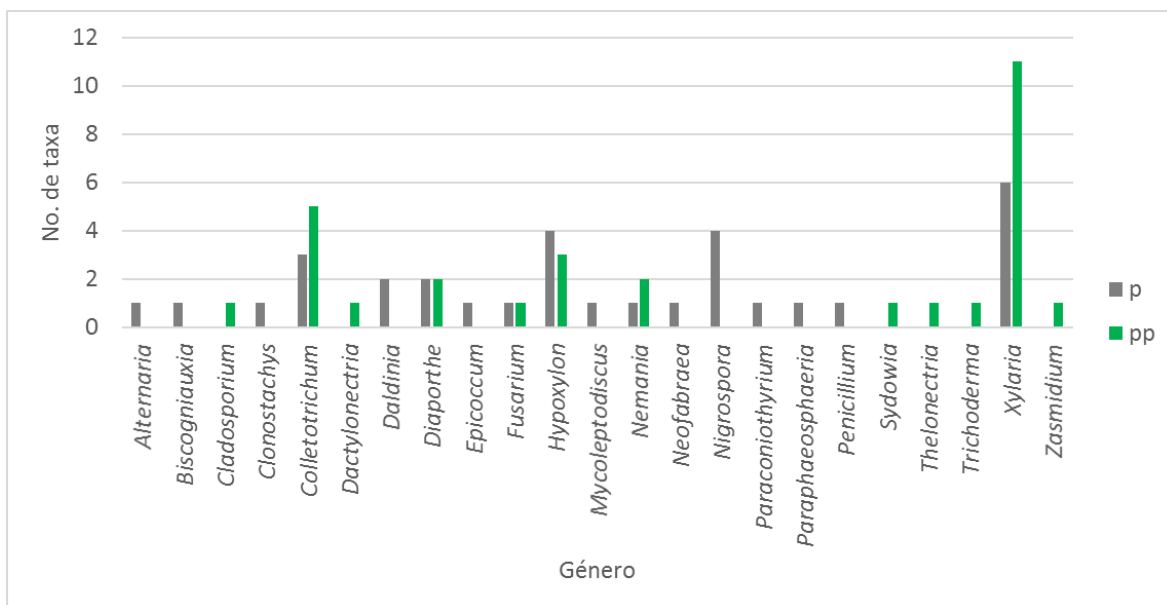


Figura 6. Taxa de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* a nivel de género. p= perturbado y pp= poco perturbado.

4.5 Biología y ecología de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*

a) Incidencia de hongos asociados a lesiones en individuos de *R. cervantesii*

Xylaria sp.7 fue el hongo asociado a lesiones de *R. cervantesii* con mayor incidencia en individuos de esta orquídea, se encontró en seis plantas del sitio perturbado y dos del sitio poco perturbado.

Xylaria grammica fue el segundo taxa con mayor incidencia, se ubicó en cinco plantas de *R. cervantesii* en el sitio perturbado y no se encontró en el sitio poco perturbado.

Colletotrichum sp.2, se identificó en tres individuos de *R. cervantesii* del sitio perturbado y solo uno del poco perturbado, mientras que *Nigrospora oryzae* se registró en cuatro plantas de *R. cervantesii* en el sitio perturbado y no se registró en el sitio poco perturbado.

Ocho taxa más se registraron en tres plantas de *R. cervantesii*: *Colletotrichum* sp.1 (dos plantas en sitio perturbado y una en poco perturbado), *Colletotrichum* sp.3 (dos en sitio perturbado y una en poco perturbado), Didymellaceae sp.1 (dos en sitio perturbado y una en poco perturbado), *Nemania abortiva* (en tres plantas del sitio poco perturbado), Xylariaceae sp.2 (dos en sitio perturbado y una en poco perturbado), *Xylaria curta-berteri* (dos en sitio perturbado y una en poco perturbado), *Xylaria* sp.5 (en tres plantas del sitio poco perturbado) y *Xylaria* sp.8 (una planta en sitio perturbado y dos en el sitio poco perturbado) (Cuadro 3).

b) Forofitos de *Rhynchoetele cervantesii* y presencia de hongos asociados a lesiones
 Se encontraron hongos asociados a lesiones en plantas de *R. cervantesii* ubicadas en los cuatro forofitos (*Meliosma dentata*, *Quercus rugosa*, *Styrax argenteus* y *Ternstroemia lineata*).

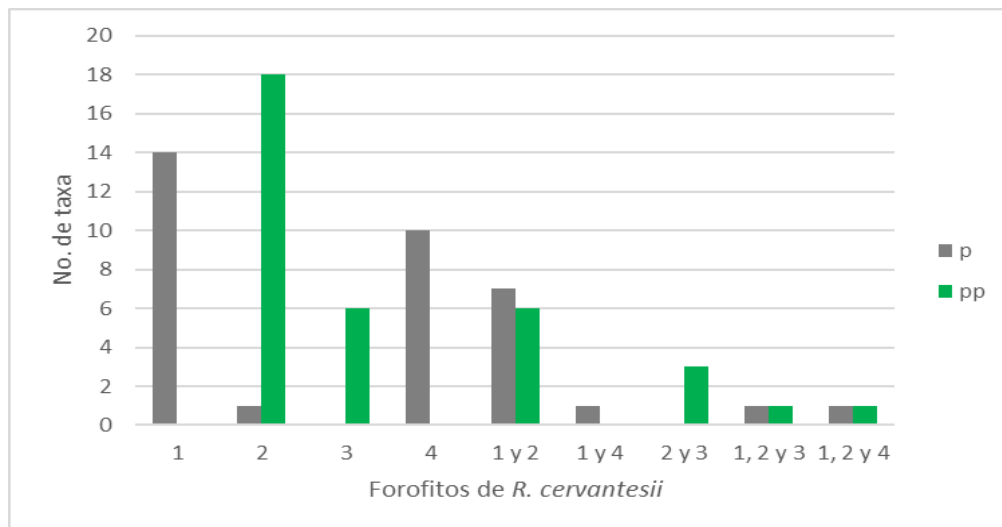


Figura 7. Taxa de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* sobre sus forofitos. p= perturbado y pp= poco perturbado, 1= *Styrax argenteus*, 2= *Ternstroemia lineata*, 3= *Quercus rugosa*, 4= *Meliosma dentata*.

La mayoría de los taxa únicos de hongos se ubican en individuos de *R. cervantesii* que se encuentran solo en el forofito *T. lineata* (19 taxa), seguido de *Styrax argenteus* (14), posteriormente *Meliosma dentata* (10) y finalmente *Quercus rugosa* (6), y el resto de los taxa (13) se encuentran en más de un forofito de *R. cervantesii*.

En el sitio perturbado, la mayoría de los taxa de hongos se encuentran en orquídeas de *R. cervantesii* que se ubican en los forofitos *S. argenteus* (14 taxa) y *Meliosma dentata* (10 taxa), mientras que en el sitio poco perturbado la mayor cantidad de taxa se encuentran en plantas de *R. cervantesii* que se ubican en los forofitos *T. lineata* (18 taxa) y *Quercus rugosa* (6). De los taxa que se encuentran en ambos grados de perturbación se observa una preferencia por *S. argenteus* y *T. lineata* (6 taxa) (Cuadro 3, Fig. 7).

Cuadro 3. Ecología de los hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*.

#Taxa	Taxa	Perturbación	Forofitos	Tejido	#pl	#m	Hábito
1	<i>Alternaria</i> sp.1	p	Sa	h	2	2	pa
2	Ascomycete sp.1	pp	Qr	s	1	2	e
3	<i>Biscogniauxia</i> sp.1	p	Md	h	1	1	e
4	<i>Cladosporium</i> sp.1	pp	TI	h	2	2	pa
5	<i>Clonostachys rosea</i>	p	Md	s	1	1	e
6	<i>Colletotrichum</i> sp.1	A	Sa y TI	h	3	3	e
7	<i>Colletotrichum</i> sp.2	A	Sa y TI	s y h	4	4	pa
8	<i>Colletotrichum</i> sp.3	A	Sa y TI	s y h	3	3	e
9	<i>Colletotrichum</i> sp.4	pp	TI	h	2	2	e
10	<i>Colletotrichum</i> sp.5	pp	TI	h	1	1	pa
11	<i>Dactylonectria</i> sp.1	pp	TI	s	1	1	pa
12	<i>Daldinia eschscholtzii</i>	p	Sa	h	1	1	e
13	<i>Daldinia</i> sp.1	p	Md	s	1	1	e
14	<i>Diaporthe</i> aff. <i>nothofagi</i>	pp	TI	h	1	1	e
15	<i>Diaporthe</i> sp.1	pp	TI	h	1	1	pa
16	<i>Diaporthe</i> sp.2	p	Sa	h	1	1	e
17	<i>Diaporthe</i> sp.3	p	Sa	s	1	1	pa
18	Didymellaceae sp.1	A	Sa, TI y Qr	s y h	3	3	pa
19	<i>Epicoccum nigrum</i>	p	Sa	s	1	1	e
20	<i>Fusarium</i> aff. <i>lateritium</i>	p	Sa	s	1	1	e
21	<i>Fusarium merismoides</i> var. <i>violaceum</i>	pp	TI	h	1	1	e
22	<i>Hypoxylon</i> aff. <i>begae</i>	p	Md	s	1	1	e
23	<i>Hypoxylon lividipigmentum</i>	p	Sa	h	1	1	m
24	<i>Hypoxylon</i> sp.1	pp	TI	h	1	1	e
25	<i>Hypoxylon</i> sp.2	pp	TI	h	1	2	e

Cuadro 3. (Continuación)

#Taxa	Taxa	Perturbación	Forofitos	Tejido	#pl	#m	Hábito
26	<i>Hypoxylon</i> sp.3	p	Sa	h	1	1	e
27	<i>Hypoxylon</i> sp.4	p	Md	h	1	1	e
28	<i>Hypoxylon</i> sp.5	pp	TI	h	1	1	e
29	<i>Mycoleptodiscus</i> aff. <i>indicus</i>	p	Sa	s	1	1	pa
30	<i>Nemania abortiva</i>	pp	TI y Qr	s y h	3	4	e
31	<i>Nemania diffusa</i> 1	pp	TI	h	2	2	e
32	<i>Nemania diffusa</i> 2	p	Md	h	1	1	e
33	<i>Neofabraea brasiliensis</i>	p	Sa	h	1	1	e
34	<i>Nigrospora oryzae</i>	p	Sa y TI	h	4	4	e
35	<i>Nigrospora</i> sp.1	p	Md	h	1	1	pa
36	<i>Nigrospora</i> sp.2	p	Sa	h	1	1	e
37	<i>Nigrospora sphaerica</i>	p	Sa	s	1	1	e
38	<i>Paraconiothyrium</i> sp.1	p	Sa	h	1	1	e
39	<i>Paraphaeosphaeria</i> sp.1	p	TI	h	1	1	e
40	<i>Penicillium expansum</i>	p	Md	h	1	1	pa
41	Pleosporales sp.1	p	Sa	s	1	1	e
42	<i>Sydowia</i> aff. <i>polyspora</i>	pp	Qr	s	1	1	e
43	<i>Theلونectria veuillotiana complex</i> sp.1	pp	TI	s	1	1	e
44	<i>Trichoderma</i> sp.1	pp	Qr	h	1	1	e
45	<i>Xylaria</i> aff. <i>arbuscula</i>	pp	Qr	h	1	1	e
46	<i>Xylaria</i> aff. <i>castorea</i>	pp	Qr	h	1	1	e
47	<i>Xylaria</i> aff. <i>grammica</i>	pp	TI	h	1	1	s
48	Xylariaceae sp.1	pp	TI	h	1	1	e
49	Xylariaceae sp.2	A	Sa y TI	h	3	3	e
50	Xylariaceae sp.3	pp	TI y Qr	s y h	2	2	pa

Cuadro 3. (Continuación)

#Taxa	Taxa	Perturbación	Forofitos	Tejido	#pl	#m	Hábito
51	<i>Xylaria cubensis</i>	p	Md	s	1	1	e
52	<i>Xylaria curta-berteri</i>	A	Sa y Tl	h	3	3	e
53	<i>Xylaria grammica</i>	p	Sa y Md	h	5	5	e
54	<i>Xylaria</i> sp.1	pp	Tl	h	1	1	s
55	<i>Xylaria</i> sp.2	pp	Tl	h	1	1	s
56	<i>Xylaria</i> sp.3	pp	Tl	h	1	1	e
57	<i>Xylaria</i> sp.4	pp	Tl	h	1	1	s
58	<i>Xylaria</i> sp.5	pp	Tl y Qr	h	3	3	e
59	<i>Xylaria</i> sp.6	p	Md	h	1	1	e
60	<i>Xylaria</i> sp.7	A	Sa, Tl y Md	s y h	8	8	e
61	<i>Xylaria</i> sp.8	A	Sa y Tl	h	3	3	s
62	<i>Zasmidium</i> sp.1	pp	Qr	h	1	1	pa

#Taxa= Número de taxa, Taxa= nombre científico del taxa, p= perturbado, pp= poco perturbado, A= ambos grados de perturbación, Sa= *Styrax argenteus*, Tl= *Ternstroemia lineata*, Qr= *Quercus rugosa*, Md= *Meliosma dentata*, h=hoja, s= seudobulbo, #pl= número de individuos de *R. cervantesii* en los que se encuentra presente el taxa, #m= número de muestras recolectadas, e=endófito, pa= patógeno, m= micorrízico y s= saprófito.

c) Tejido vegetal de *Rhynchosstele cervantesii* y presencia de hongos.

Se identificaron 42 taxa diferentes exclusivos de hoja, 14 de pseudobulbo y seis taxa en ambos tejidos vegetales (Cuadro 3).

En el sitio perturbado se registraron 21 taxa solo en hoja, diez en pseudobulbo y cuatro en ambos tejidos vegetales, no obstante, en el sitio poco perturbado se obtuvieron 25 exclusivos de hoja, cuatro en pseudobulbo y seis en ambos tejido vegetales (Fig. 8).

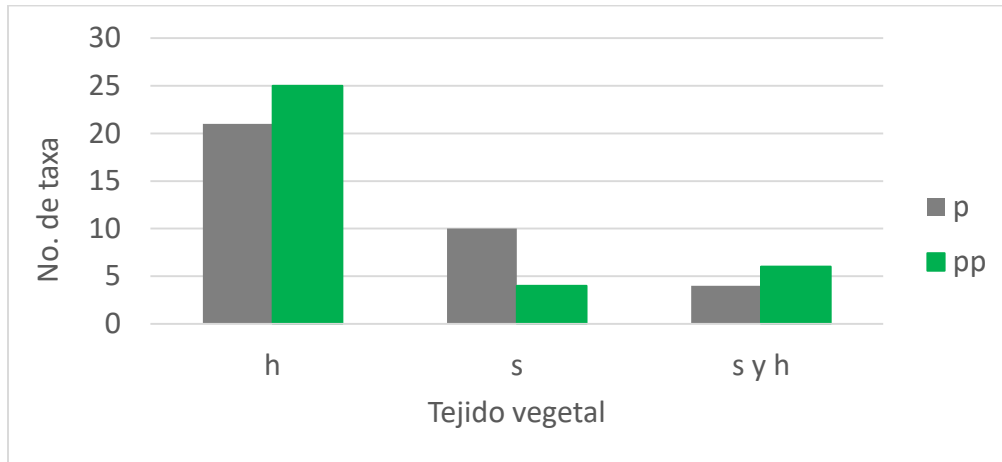


Figura 8. Tejido vegetal del que se realizó el explante de los taxa de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*. p= perturbado y pp= poco perturbado, h= hoja, s= pseudobulbo, s y h= pseudobulbo y hoja.

d) Ecología funcional de los hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*.

La mayoría de los hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* se identificaron como endófitos (43 taxa), seguido de los patógenos (13), saprófitos (5) y solo un micorrízico, (Cuadro 3).

En el sitio perturbado se registraron 26 endófitos, siete patógenos, un micorrízico y un saprófito, mientras que en el sitio poco perturbado 22 endófitos, ocho patógenos y cinco saprófitos (Fig. 9).

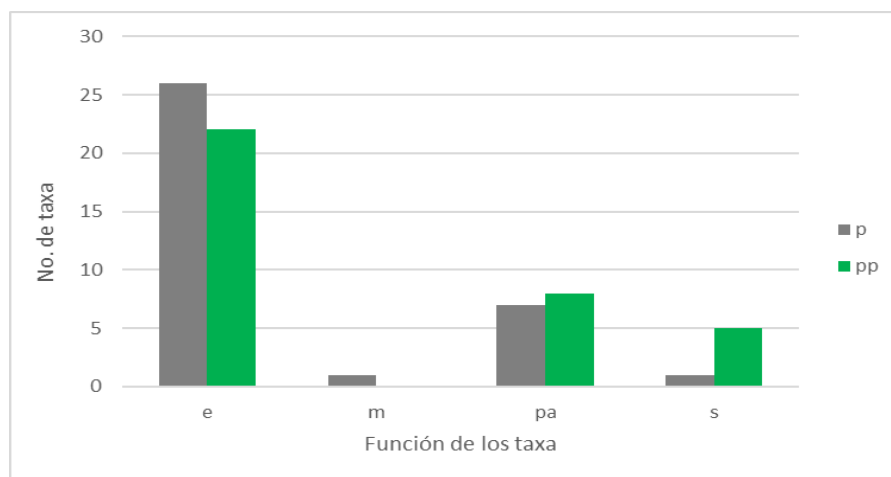


Figura 9. Ecología funcional de los taxa de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*. p= perturbado y pp= poco perturbado; e= endófitos, m= micorrízicos, pa= patógenos, s= pseudobulbos.

5) Discusión

En cuanto a la incidencia de enfermedad fue alta, sin embargo, las categorías de enfermedad en las que se registraron fue principalmente en la categoría uno, que es la de menor grado de enfermedad en ambos grados de perturbación, y esto se puede deber a que como lo mencionan Alabouvette *et al.*, (1993), las enfermedades de las plantas se suprimen de manera natural debido a la interacción de la microflora nativa, ya que la protegen del ataque de patógenos, al ocupar muchas veces el mismo nicho (Moreno-Martínez *et al.*, 2012).

La familia más dominante fue Xylariaceae similar a lo registrado por Chen *et al.*, (2013) en la orquídea del género *Dendrobium*.

Lizarazo-Medina *et al.*, (2014) y Govinda Rajulu *et al.*, (2016), también registran al género *Xylaria* como el más abundante en varias especies de orquídeas.

La mayoría de los géneros identificados en el presente trabajo se han identificado en investigaciones realizadas en la familia Orchidaceae: *Alternaria* (Xing *et al.*, 2011; Tan *et al.*, 2012; Govinda Rajulu *et al.*, 2016), *Biscogniauxia* (Petrini y Petrini, 1985), *Cladosporium* (Rivera-Coto y Corrales-Moreira, 2007; Xing *et al.*, 2011; Tan *et al.*, 2012; Lizarazo-Medina *et al.*, 2014; Govinda Rajulu *et al.*, 2016), *Clonostachys* (Tan *et al.*, 2012; Frericks, 2014; Tsutsumi *et al.*, 2016), *Colletotrichum* (Rivera-Coto y Corrales-Moreira, 2007; Xing *et al.*, 2011; Lizarazo-Medina *et al.*, 2014; Govinda Rajulu *et al.*, 2016), *Dactylonectria* (Downing, 2016), *Daldinia* (Petrini y Petrini, 1985; Chen *et al.*, 2013), *Diaporthe* (Frericks, 2014), *Epicoccum* (Xing *et al.*, 2011), *Fusarium* (Rivera-Coto y Corrales-Moreira, 2007; Xing *et al.*, 2011; Tan *et al.*, 2012; Lizarazo-Medina *et al.*, 2014; Downing, 2016; Govinda Rajulu *et al.*, 2016), *Hypoxylon* (Petrini y Petrini, 1985; Chen *et al.*, 2013), *Mycocleptodiscus* (Rivera-Coto y Corrales-Moreira, 2007), *Nemania* (Chen *et al.*, 2013), *Neofabraea* (anamorfo Cryptosporiopsis, Tan *et al.*, 2012), *Nigrospora* (Govinda Rajulu *et al.*, 2016), *Paraconiothyrium* (Tan *et al.*, 2012), *Paraphaeosphaeria* (Tsutsumi *et al.*, 2016), *Penicillium* (Frericks, 2014; Govinda Rajulu *et al.*, 2016), *Thelonectria* (Lee *et al.*, 2016), *Trichoderma* (Xing *et al.*, 2011; Frericks, 2014; Lizarazo-Medina *et al.*, 2014; Govinda Rajulu *et al.*, 2016; Tsutsumi *et al.*, 2016), *Xylaria* (Petrini y Petrini, 1985; Xing *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2013; Govinda Rajulu *et al.*, 2016).

Asimismo, en este trabajo se identificaron los géneros: *Sydowia* y *Zasmidium*, los cuales de acuerdo a nuestro conocimiento, no habían sido reportados anteriormente en orquídeas.

La mayoría de los taxa de hongos asociados a lesiones se ubican en individuos de *R. cervantesii* que se encuentran en los forofitos *T. lineata* y *Styrax argenteus*. No se encontraron otros trabajos donde se observe el forofito de alguna orquídea en la cual se registren los hongos asociados, debido a que la mayoría de los trabajos reportados son de orquídeas terrestres.

De los trabajos donde se han aislado hongos patógenos en cuanto al tejido vegetal son en la mayoría de hojas y raíces, debido a que las orquídeas estudiadas son de crecimiento

monopodial. Existen pocos trabajos donde se han aislado hongos patógenos de pseudobulbos, entre ellos se encuentran, el de Moreno-Martínez *et al.*, (2012), quienes identificaron al género *Fusarium* en pseudobulbos de *Acineta barkeri* y Almanza-Álvarez *et al.* (2017) registró a *Aspergillus fumigatus*, *Fusarium bactridioides*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum* y *F. sp.*, en pseudobulbos de *Laelias*. En cuanto a hoja, Almanza-Álvarez *et al.* (2017) identificaron a *Aspergillus fumigatus*, *Colletotrichum boninense*, *C. karstii*, *F. proliferatum*, *F. sp.* y un Ascomicete. La mayoría de los taxa identificados en el presente trabajo son exclusivos de hoja de *R. cervantesii*., no parece existir especificidad por algún tejido vegetal.

En cuanto a la función que desempeñan los hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*, se identificó que con base en la referencia molecular la mayoría son endófitos, seguidos de los patógenos y saprófitos en ambos grados de perturbación. Solo la secuencia de *Hypoxylon lividipigmentum* en sitio perturbado se asocia a la secuencia de hongos formadores de pelotones en vainilla (González- Chávez *et al.*, 2017). De los 13 taxa identificados como patógenos, solo de cinco géneros son citados como patógenos de orquídeas: *Alternaria* (Farr *et al.*, 1999), *Cladosporium* (Rivera-Coto y Corrales-Moreira, 2007), *Colletotrichum* (Farr *et al.*, 1999; Rivera-Coto y Corrales-Moreira, 2007; Almanza-Álvarez *et al.*, 2017), *Mycoleptodiscus* (Rivera-Coto y Corrales-Moreira, 2007), *Xylaria* (Almanza-Álvarez *et al.*, 2017). El género *Fusarium* fue reconocido como patógeno de orquídeas por otros autores (Farr *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2002; Rivera-Coto y Corrales-Moreira, 2007; Adame-García *et al.*, 2009; Latiffa *et al.*, 2009; Moreno-Martínez *et al.*, 2012; Swett y Uchida, 2015; Almanza-Álvarez *et al.*, 2017). Los cinco taxa identificados como saprófitos en este trabajo pertenecen al género *Xylaria*, este género es reconocido como patógeno y saprófito en otras plantas, no obstante, no se encontró ninguna referencia en donde se mencione como saprófito en orquídeas. Es difícil determinar cuál de los taxa asociados a lesiones de *R. cervantesii* es el causante de enfermedad, debido a que se identificaron hasta seis taxa de hongos por tejido vegetal.

Es importante mencionar que de los 12 taxa de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* considerados como los más frecuentes en esta orquídea, solo dos taxa: *Colletotrichum* sp.2 y Didymellaceae sp.1 son identificados como patógenos, mientras que el taxa *Xylaria* sp.8, es considerado como saprófito, y el resto de estos taxa son considerados como endófitos.

6) Conclusiones

- Es alta la presencia y diversidad de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*.
- El porcentaje de enfermedad es bajo en ambos grados de perturbación.
- La familia y el género más abundantes de los hongos asociados a lesiones de *Rhynchosstele cervantesii* fueron Xylariaceae y *Xylaria*.
- El sitio perturbado y el poco perturbado tienen la misma diversidad de hongos asociados a lesiones de *Rhynchosstele cervantesii*, sin embargo, ambos sitios solo son similares en cuanto a sus comunidades de hongos en un 13%, por lo tanto se puede observar que el grado de perturbación influye en la diversidad de hongos endófitos asociados a *R. cervantesii* en el Bosque Mesófilo de Montaña del Área de Conservación Voluntaria de Santiago Tingambato, Michoacán.
- Se encontraron ocho taxa de hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii* en ambos grados de perturbación (*Colletotrichum* sp.1, *Colletotrichum* sp.2, *Colletotrichum* sp.3, Didymellaceae sp.1, Xylariaceae sp.2, *Xylaria curta-berteri*, *Xylaria* sp.7, *Xylaria* sp.8).
- Se identificaron 62 taxa de hongos diferentes, de estos se reconocieron 23 géneros en *R. cervantesii* en ambos grados de perturbación.
- *Sydowia* y *Zasmidium*, de acuerdo a nuestro conocimiento, es la primera vez que se reportan en orquídeas.
- 12 taxa fueron los más frecuentes por encontrarse en más de tres individuos de *R. cervantesii* en BMM (*Colletotrichum* sp.1, *Colletotrichum* sp.2, *Colletotrichum* sp.3, Didymellaceae sp.1, *Nemania abortiva*, *Nigrospora oryzae*, Xylariaceae sp.2, *Xylaria curta-berteri*, *Xylaria grammica*, *Xylaria* sp.5, *Xylaria* sp.7 y *Xylaria* sp.8).
- Los hongos asociados a lesiones registrados en *R. cervantesii*, parecen no tener alguna especificidad por el tejido vegetal en donde se encuentran.
- Es difícil reconocer la función que tienen los hongos asociados a lesiones de *R. cervantesii*, ya que la diversidad de taxa por muestras de tejido vegetal obtenida es muy alta, y cuatro de las seis muestras con mayor diversidad (de cinco a seis taxa diferentes por tejido vegetal) se encuentran en el sitio poco perturbado.

7) Literatura citada

- Adame-García, J., M. Luna-Rodríguez y A. R. Trigos-Landa. 2009. **Bacterias antagonistas de hongos fitopatógenos asociadas a la raíz de *Vanilla planifolia* Andrews.** *Agricultura Sustentable* 6: 29-35.
- Alabouvette, C., P. Lemanceau y C. Steinberg. 1993. **Recent advances in the biological control of *Fusarium* Wilts.** *Pesticide Sciences* 37: 365-373.
- Almanza-Álvarez, J. 2014. **Hongos fitopatógenos más comunes en especies Michoacanas del género *Laelia* (Orchidaceae) en condiciones de invernadero.** Tesis de Licenciatura. Fac. de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México. 86 pp.
- Almanza-Álvarez, J., R. Garibay-Orijel, R. Salgado-Garciglia, S. P. Fernández-Pavía, P. Lappe-Oliveras, E. Arellano-Torres e I. Ávila-Díaz. 2017. **Identification and control of pathogenic fungi in neotropical valued orchids (*Laelia* spp.).** *Tropical Plant Pathology* 42 (5): 339-351.
- Ávila-Díaz, I., K. Oyama, C. González-Alonso y R. Salgado-Garciglia. 2009. **In vitro propagation of the endangered orchid *Laelia speciosa*.** *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 99: 335-343.
- Chen, J., Z. Li-Chun, X. Yong-Mei, W. Yun-Qiang, X. Xiao-Ke, Z. Da-Wei, L. Han-Qiao y G. Shun-Xing. 2013. **Diversity and taxonomy of endophytic Xylariaceous fungi from medicinal plants of *Dendrobium* (Orchidaceae).** *Plos one* 8 (3): 1-11.
- Downing, J. L. 2016. **Consequences of anthropogenic and global change on orchids: an emphasis on biotic interactions.** Tesis de Doctorado. Florida International University. Miami, Florida, EUA. 172 pp.
- Farr, D. F., G. F. Bills, G. P. Chamuris y A. Y. Rossman. 1999. **Fungi on plants and plant products in the United States.** APS Press, The American Phytopathological Society (APS) Press, St. Paul (Minnesota), USA.
- Frericks, J. 2014. **The effects of endophytic fungi of NZ terrestrial orchids: developing methods for conservation.** Tesis de Maestría. Victoria University of Wellington. Nueva Zelanda. 102 pp.
- Galmarini, M. R., M. G. Cabrera y E. Flachsland. 2001. ***Sclerotium rolfsii* nuevo patógeno de orquídeas para la República Argentina.** En: XXXIV Congreso Brasileiro y XI Congreso Latino- Americano de Fitopatología. Facultad de Ciencias Agropecuarias- UNNE. Brasil.
- Gardes, M. y T. D. Bruns. 1993. **ITS primers with enhanced specificity for Basidiomycetes - Application to the identification of mycorrhizae and rusts.** *Molecular Ecology* 2: 113-118.
- González-Chávez, M.C.C., T. L. Torres-Cruz, S. Albarran-Sanchez, A. Porrás-Alfaro, R. Carrillo-Gonzalez y L. M. Carrillo-Lopez. 2017. **Fungi involved in peloton colonization in *Vanilla* species from different cultivation systems.** https://unite.ut.ee/bl_forw.php?id=787271 (Accesada en enero de 2018).

- Govinda Rajulu, M. B., T. S. Suryanarayanan y S. Tangjang. 2016. **Endophytic fungi of orchids of Arunachal Pradesh, North Eastern India.** *Current Research in Environmental & Applied Mycology* 6 (4): 293–299.
- IMA, 2016. **Mycobank.** <http://www.mycobank.org/> (Accesada en enero de 2018).
- Kim, W. G., B. D. Lee, W. S. Kim y W. D. Cho. 2002. **Root rot of moth orchid caused by *Fusarium* spp.** *The Plant Pathology Journal* 18 (4) : 225-227.
- Lee, B . H., W. G. Kim, W. D. Cho y J. M. Sung. 2002. **Occurrence of dry rot on *Cymbidium* orchids caused by *Fusarium* spp. in Korea.** *Plant Pathology Journal* 18 (3): 156-160.
- Lee, B . H, D. Y. Kim, H. Park y A. H. Eom. 2016. **Notes on endophytic fungi isolated from roots of *Oreorchis patens* in Korea.** *The Korean Journal of Mycology* 44 (3): 184-187.
- Lizarazo-Medina, P. X., M. M. Mendoza-Salazar y A. I. Gutiérrez-Gallo. 2014. **Diversidad de la microbiota endófito de *Cattleya percivaliana* y *Cattleya trianaei* cultivadas en invernadero.** *Actualidades Biológicas* 37 (102): 307-318.
- Moreno-Martínez, D., M. P. Ortega-Larrocea y R. A. Menchaca-García. 2012. **Amenazas para la conservación de *Acineta barkeri* (Batem.) Lindl. (Orchidaceae), especie endémica y amenazada de México.** En: Téllez-Velasco, M. A. A. (Comp. y Ed.). **Conservación de orquídeas en México.** Instituto de Biología, UNAM. D.F., México. pp. 230-237.
- NCBI, 2013. **GenBank.** <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/> (Accesada en enero de 2018).
- Petrini, L. y O. Petrini. 1985. **Xylariaceous Fungi as Endophytes.** *Sydowia*. 38: 216-234.
- Rivera-Coto, G. y G. Corrales-Moreira. 2007. **Problemas fitosanitarios que amenazan la conservación de las orquídeas en Costa Rica.** *Lankesteriana* 7 (1-2): 347-352.
- Swett, C. S. y J. Y. Uchida. 2015. **Characterization of *Fusarium* diseases on commercially grown orchids in Hawaii.** *Plant Pathology* 64: 648-654.
- Tan, X. M., X. M. Chen, C. L. Wang, X. H. Jin, J. L. Cui, J. Chen, S. X. Guo y L. F. Zhao. 2012. **Isolation and identification of endophytic fungi in roots of nine *Holcoglossum* plants (Orchidaceae) collected from Yunnan, Guangxi, and Hainan Provinces of China.** *Current Microbiology* 64 (2): 7-140.
- Tsutsumi, C., A. Maeda, Y. Yamashita, T. Kurosawa, A. Uchida, T. Kuhara y T. Yukawa. 2016. **New Records of *Liparis purpureovittata* (Orchidaceae) and identification of its Mycorrhizal Fungi.** *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series B*, 42 (3): 95–102.
- White, T. J., T. D. Bruns, S. Lee, J. W. Taylor. 1990. **Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics.** En: M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. S. Sninsky, T. J. White (eds). **PCR protocols: a guide to methods and applications.** Academic, San Diego. pp 315-322.

Xing, Y. M., J. Chen, J. L. Cui, X. M. Chen y S. X. Guo. 2011. **Antimicrobial activity and biodiversity of endophytic fungi in *Dendrobium devonianum* and *Dendrobium thyrsiflorum* from Vietman.** *Current Microbiology* 62 (4): 1218-1224.

VII. DISCUSIÓN GENERAL

Las perturbaciones antrópicas son varias en el Área de conservación de la Comunidad Indígena de Santiago Tingambato, Michoacán, México. Y afectan la densidad y la estructura de las especies arbóreas en BMM.

Rhynchostele cervantesii, es una orquídea tolerante a la perturbación antrópica ya que es una orquídea abundante y frecuente en todos los transectos de BMM en el sitio muestreado, sin embargo, la perturbación antrópica tiene un efecto negativo en la población de la orquídea, debido a que el tamaño de la población se reduce en el sitio perturbado.

Existe una relación favorable con algunas especies de forofitos (*Quercus rugosa*, *Styrax argenteus* y *Ternstroemia lineata*) ya que permiten su establecimiento. En el sitio el forofito más importante para *R. cervantesii* es *Ternstroemia lineata*.

Se encontró que el 85% de los individuos de *R. cervantesii*, presentan algún tipo de lesión, aunque al parecer estas lesiones no afectan mucho a la condición fitosanitaria de la especie, ya que, el porcentaje de enfermedad es muy bajo.

En cuanto a la función que desempeñan los hongos asociados a lesiones, es difícil de determinarla, porque, la mayoría de los taxa se identificaron a nivel de género, además de que muchos de estos géneros han sido reportados como endófitos y no como patógenos, que era el resultado que se esperaba obtener. Se observa una diferencia en cuanto a la diversidad de hongos asociados entre los dos grados de perturbación, por lo tanto, se puede decir que el grado de perturbación influye en estos hongos asociados a lesiones.

Este trabajo nos ayudará a la implementación de programas de conservación de la especie, ya que se conoce cómo la perturbación antrópica influye en la distribución de la especie y la interacción con hongos asociados a lesiones.

VIII. PERSPECTIVAS Y RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar análisis más específicos de los factores bióticos como la apertura de dosel y las características de los forofitos, entre ellas: las propiedades químicas, propiedades físicas, estructura de la corteza e interacciones con otros organismos presentes en el forofito y factores abióticos, entre ellos: temperatura, humedad relativa, intensidad lumínica, precipitación, características físicas y químicas del suelo.
- Torres-Gómez *et al.*, (2017) indican que los hongos comestibles dependen de la composición vegetal y que se ven favorecidos por la presencia de hongos ectomicorrízicos que se encuentran en árboles nativos, por lo que sería interesante observar si existe alguna relación de los hongos presentes en los forofitos (ectomicorrízicos) y los hongos presentes en *R. cervantesii*.
- Ubicar geográficamente los forofitos de *R. cervantesii* y crear un modelo de distribución de la orquídea.
- Se sugiere realizar estudios donde se observe el impacto de la perturbación antrópica en la reproducción de *R. cervantesii*.
- Ya que *R. cervantesii* es importante socialmente para uso ornamental, se pueden aprovechar para reproducción, los genotipos de *R. cervantesii* del sitio perturbado, ya que son más resistentes a cambios en las condiciones ambientales.
- Se necesario investigar cuál es la función que desempeñan los ocho taxa de hongos endófitos de *R. cervantesii* que se encuentran en ambos grados de perturbación, podrían ser importantes en el establecimiento de la orquídea.
- También, es fundamental analizar los hongos endófitos de *R. cervantesii* presentes en el forofito es *T. lineata*, ya que es el único forofito que se encuentra en ambos grados de perturbación antrópica.

IX. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Ackerman, J. D. 2007. **Invasive orchids: weeds we hate to love?**. *Lankesteriana* 7 (1-2): 19-21.
- Díaz-Toribio, M. H. 2009. **Orquídeas terrestres como indicadoras de calidad ambiental en fragmentos de Bosque Mesófilo de Montaña**. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, A.C. Veracruz, México. 43 pp.
- Dressler, R. L. 1981. **The orchids: natural history and classification**. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts and London. 332 pp.
- 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.
- Grime, J. P. 1977. **Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory**. *The American Naturalist* 111 (982): 1169-1194.
- Hágsater, E. y V. Dumont (Eds.), A. M. Pridgeon (Comp.). 1996. **Orchids: Status survey and conservation action plan**. IUCN/SSC Orchid Specialist Group. Inglaterra, United Kingdom. 153 pp.
- Manson, R. H. y Jardel-Peláez, E. J. 2009. **Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico**. En: **Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio**. CONABIO. México. 3, pp. 131-184.
- Parra-H, A. y G. Nates-Parra. 2007. **Variación de la comunidad de abejas de las orquídeas (Hymenoptera: Apidae) en tres ambientes perturbados del piedemonte llanero colombiano**. *Revista de biología tropical* 55 (3-4): 931-941.
- Randall, R. P. 2002. **Global Compendium of Weeds**. Richardson, R. G. y F. G. Richardson. 906 pp. <http://www.hear.org/gcw/scientificnames/allscinames.htm> (Accesada en septiembre de 2017).
- SEMARNAT. 2010. **NOM-059-SEMARNAT-2010**. En: *Norma Oficial Mexicana* (2da ed.). Diario Oficial de la Federación. D.F., México.
- Torres-Gómez, M., R. Garibay-Orijel, A. Casas y D. R. Pérez-Salicrup. 2017. **Ectomycorrhizal trees intermingled within *Cupressus lusitanica* plantations sustain the diversity and availability of edible mushrooms**. *Agroforestry Systems*: 1-14.
- Williams-Linera, G., V. Sosa y T. Platas. 1995. **The fate of epiphytic orchids after fragmentation of a Mexican Cloud Forest**. *Selbyana* 16 (1): 36-40.

