



El Colegio de la Frontera Sur

**Orquídeas como indicadores de conservación de bosque
mesófilo de montaña del Soconusco, Chiapas, México**

TESIS

**Presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**

Por

Carlos Mario Almeida-Cerino

2014

Acuérdense de dirigir la vista a las estrellas en vez de mirarse los pies. Busquen entender lo que ven y lo que le da existencia al Universo. Sean curiosos. Y por muy difícil que pueda parecerles la vida, piensen que siempre hay algo que pueden hacer bien. Lo importante es no darse por vencidos.

Stephen William Hawking (físico, cosmólogo y divulgador científico británico).

Un hombre con una idea nueva es un loco hasta que la idea triunfa.

Mark Twain (escritor y orador estadounidense).

No somos ni inferiores ni superiores a ninguna raza humana, todos somos parte del Gran Misterio;

Somos parte viviente de la raza amerindia y aborígenes del continente Abya Yala (las Américas), y no hemos llegado, como sostiene la ciencia occidental moderna, del exterior (Asia o Polinesia);

Estamos orgullosos de ser lo que somos y no necesitamos que nos construyan ninguna identidad nacional ni supranacional;

Nuestra Madre Patria es el continente Abya Yala (las Américas);

Hemos conformado pueblos-naciones confederados miles de años antes que los actuales Estados-naciones neo-coloniales modernos;

Ha llegado el momento de despertar y sacudirnos del desprecio a si-mismo al que nos ha sometido el espíritu occidental moderno durante cinco siglos;

Tenemos un hogar común para toda la Humanidad: nuestra Madre Tierra, que hay que proteger de la destrucción del occidental moderno y de sus mascotas occidentalizadas (portadores del mismo espíritu maligno que animó traiciones y deslealtades contra sus propios milenarios pueblos-naciones).

Intisunqu Waman

Dedicatoria

A la grandiosidad, a la constante sorpresa y enigma de la vida... No hay más Dios que los Majestuosos Universos paralelos, en acelerada expansión (energía oscura de repulsión), y sus constantes cuerdas en vibraciones.

Más que a nadie, a mí estimado, querido y amado hijo Pablo Al-Majid Lau: deseo que mi esfuerzo en esta investigación sea inspiración de superación para ti.

A mis orígenes: mis abuelitos maternos (*luz de mis ojos*) LAC (D.E.P.) y CCÁ (D.E.P.), por enseñarme el valor de la humildad. A mi madre Sebastiana Almeida Cerino (*corazón mío*), por heredarme su fortaleza y su carácter.

A *Persea xiacuitenses* (*sucesión de pequeños milagros*): estoy en deuda contigo; aprecio lo que eres y conservo inmensa gratitud a tu persona. No tengo palabras para agradecerte lo mucho que me empujaste hacia arriba; hasta luego, y donde estés y con quien estés, que seas siempre muy feliz.

A la Dra. Ofelia Castillo Acosta (*mi maestra y mentora*): mujer sabía quién me enseñó que los valores más importantes son la honestidad y la dignidad.

A los Anónimos de nuestro ECOSUR Tapachula (*expresión del lenguaje de la cordialidad y solidaridad*): Los Sres. vigilantes: Francisco, Damián, Gonzalo y Roberto; al Sr. Jardinero: Eleobardo; las Sras. de la limpieza: Macrina, Ana, Margarita, Magdalena, Gabriela, Flor, Paty, y los Sres. Sergio y Rodolfo; a las personas de “Los Huacaleros”; a todos personal administrativo de ECOSUR Tapachula; a las responsables de mi biblioteca: Pedag. Margarita y Lic. Ana María, por su atención, el trato, el interés y su compromiso con los estudiantes de posgrados.

A mis días en la calurosa, lluviosa, verde y espléndida Ciudad de Tapachula, Chiapas, México.

A todas las revoluciones obreras, proletarias, campesinas y de los pueblos originarios de mi amada Abya Yala: ¡Hasta la Victoria Siempre!

Para aquellos interesados en el estudio de la ecología en sitios poco accesibles.

Agradecimientos

Los dos años de trabajo dedicados a la elaboración de esta tesis de maestría me han dado nuevamente la oportunidad de sumergirme en el fascinante y seductor universo de las Orquídeas y explorar algunos sitios maravillosos casi inaccesibles como son los barrancos profundos del gran Volcán Tacaná. La verdad, no fue una tarea fácil, pero sí inmensamente enriquecedora. Ahora bien, está claro que esta fascinante aventura no habría podido llegar a buen término sin la colaboración de muchas personas e instituciones a la que me gustaría agradecer su ayuda:

A El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) por darme la oportunidad de ser uno de sus estudiantes; por ser parte muy importante en mi formación académica y profesional; por todas las facilidades prestadas durante el desarrollo de mi investigación; por el uso de sus instalaciones (biblioteca, cubículos de estudiantes y laboratorios); por los recursos y equipos; y por concederme la llave para abrir las puertas de la suma de la educación: sabiduría, conocimiento, capacidad de juicio y buen gusto.

En cuanto al apoyo económico (beca de manutención): Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por otorgarme la beca de maestría.

Doy las gracias, muy especialmente, a la Dra. Annie Damon (*sabiduría en capsulada*) por aceptarme como su estudiante e invitarme a descender a los pocos estudiados barrancos del Soconusco; por proveer el material necesario para la realización del trabajo de campo; apoyarme en la determinación de los ejemplares de orquídeas, y ser un guía en la planeación y escritura de mi tesis y artículo de maestría. Gracias, le agradezco su paciencia en todo momento, y su apoyo en los malos momentos.

A todos los profesores de nuestro ECOSUR que me impartieron clases en el transcurso de la maestría. GRACIAS.

A los doctores que conformaron mi comité tutorial: Dr. Gerald Alexander Islebe y Dr. Vincenzo Bertolini, por sus comentarios y la dedicación a mi escrito de investigación, a su tiempo invertido.

A los doctores sinodales: Dr. Daniel Sánchez Guillen, Dr. Guillermo Ibarra Núñez y Dr. Cristian Tovilla Hernández.

A mis compañeros de maestría, ECOSUR-Tapachula, generación 2011-2012: M. en C. Libertad Silva; M. en C. Roció Gómez; Oceanóloga Esmeralda Mendoza; IBT Ángeles Palomeque; LRC Valentina Vaca; M. en C. Rosby Cruz; M. en C. Cindy Yajaira Martínez Santacruz; M. en C. Flórida López; IBT Norma Cruz; M. en C. Marco Chayes; Psicólogo Social José Bernal; Biólogo Carlos Tercero (D.E.P); M. en C. Carlos Juárez; M. en C. Samuel Cruz y M en C. Salvador Flores; y a todas y todos los compañeros de las diferentes generaciones y unidades, con las que tuve la oportunidad de desvelarme hasta el alba; convivir, discutir, dialogar y reflexionar. PROFUNDAMENTE MUCHAS GRACIAS POR SU COMPAÑERISMO Y AMISTAD.

Muy especialmente a mis amigos, deseo llamarles HUMANISMO, SOLIDARIDAD, EMPATIA (*que siempre estén dispuesto a ayudar*): Bióloga Laura Jiménez Bautista; M. en C. Libertad Silva; Biólogo Carlos Tercero (*Requiescat in pace*); M. en C. Felipe Bosa; M en C. Salvador Flores; M. en C. Edwin Ramírez; M. en C. Emilio Romero y M. en C. Salvador Santamaría (*cámaradas de vivencias callejeras, compinches en la búsqueda*); M. en C. Miguel Ángel Vázquez López; M en C. Javier de la Rosa Cancino; IBT Will de la Rosa Cancino y Sra. Macrina García Méndez. ¡Los llevo en mi corazón, mis palabras y mi mente! ¡Assalam alaikun!

A el Ingeniero agrónomo Víctor Velasco López, y al Técnico en arboricultura Luis Reyes Zarate, por su valiosísima ayuda en las salidas de campo, y siendo unos excelentes compañeros y un apoyo fundamental en el descenso a los barrancos.

A el Técnico de ECOSUR-Unidad Tapachula, Nelson Pérez Miguel, habitante del Ejido Benito Juárez el Plan, por su hospitalidad, atención y excelente compañía en los recorridos de campo; al Técnicos José Higinio López Urbina (del laboratorio de LAIGE), por su apoyo en la elaboración de los mapas de la zona de estudio y al Biólogo José Rubén García Alfaro, por su apoyo en la determinación de la mayor parte de las especies del bosque mesófilo de montaña del Volcán Tacana.

Saliéndome del mundo académico, le agradezco a los ejidatarios de las comunidades ejido Chiquihuites (Unión Juárez), ejido Benito Juárez El Plan y Ejido Agua Caliente (Cacahoatán) por permitirme realizar mi trabajo de investigación, y en especial a los excelente guías de campo, Sres. Agustín Velásquez del León (habitante de Chiquihuites), Selbín Gómez Pérez y Rolando Salas Bravo (habitantes del Ejido Benito Juárez El Plan) y Benjamín Zacarías Bravo (habitante del ejido Agua Caliente) por su gran apoyo en los recorridos de campo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
Sierra Madre de Chiapas.....	2
Bosques Mesófilos de Montaña.....	4
Familia Orchidaceae.....	6
Indicadores.....	7
Orquídeas y otras epífitas como indicadoras.....	8
Otros grupos indicadores.....	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
OBJETIVOS GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
HIPÓTESIS.....	13
CAPÍTULO II	14
Manuscrito del artículo sometido a la Revista Biodiversity and Conservation.....	14
Ravines as refuges for orchids in the southeast of Mexico.....	15
Abstract	16
Introduction	16
Methods	18
Study area.....	18
Study sites.....	19
Characterization of the ravines.....	19
Sampling techniques.....	20
Data analysis.....	20
Results	21
Characterization of the ravines.....	21
Orchid inventory and diversity.....	22
Comparison of True Diversity values of orchid species in ravines and ravine transects.....	23
Accumulation curves of orchid species for the combined sample sites.....	23

Most frequent species, threatened and endemic species and new registers.....	24
Life forms and substrates.....	25
Discussion.....	25
Acknowledgements.....	28
References.....	29
Figure captions.....	33
Artwork.....	34
Tables.....	39
CAPITULO III.....	45
Conclusiones generales.....	45
ASPECTOS ETICOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	49
LITERATURA CITADA.....	50
Anexo.....	58
Confirmación de artículo sometido a Biodiversity and Conservation.....	58

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El corredor biológico Tacaná-Boquerón, que incluye la Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná y forma parte de la Sierra Madre de Chiapas en el sureste de México, es un área rica en biodiversidad y endemismos. El paisaje está constituido por valles y cañones con caras escarpadas, o peñascos y bordes abruptos que proporcionan una diversidad de microhábitats únicos para las plantas. La zona abarca una diversidad de ecosistemas como son: selvas tropicales perennifolia húmeda, subcaducifolia y caducifolia, bosques de coníferas y bosque mesófilo de montaña, éste último es el de mayor extensión en toda Mesoamérica Norte (Espejo et al., 2005; González-Espinosa et al., 2012; Rodríguez y Asquith, 2004; TNC, 2000).

El bosque mesófilo de montaña (BMM) se caracteriza por tener una gran diversidad de epífitas, siendo las orquídeas una de las familias mejor representadas (Rzedowski, 1996). Debido a las características particulares de la carismática familia Orchidaceae, se han realizado diversos estudios taxonómicos, florísticos y ecológicos. Destaca la importancia de algunas especies [*Cischweinfia cf suarezii* Dodson, *Oliveriana brevilabia* (C. Schweinf.) Dressler & N.H. William, *Pleurothallis cauliflora* Lindl., *Aspidogyne stictophylla* (Schltr.) Garay, *Erythrodes lunifera* (Schltr.) Ames y *Psilochilus macrophyllus* (Lindl.) Ames] con requerimientos específicos y la relación que existe entre la alteración de paisajes naturales y los cambios en la composición y estructura de las poblaciones de este grupo (Díaz-Toribio, 2009; Garnica, 2007; Krömer et al., 2007; Richter y Moreira-Muñoz, 2005; San Martín et al., 2008; Turner et al., 1994). No obstante, no se ha realizado estudio alguno de la diversidad de orquídeas en peñascos.

En esta investigación se ha planteado el primer estudio de orquídeas en peñascos, el uso de orquídeas como especies indicadoras, a pesar de la escasa información al respecto y una contribución al conocimiento de la diversidad de orquídeas del bosque mesófilo de montaña del Soconusco.

El presente documento se divide en tres capítulos, el primero es el introductorio y aborda aspectos generales de la biogeografía del área de estudio, características del bosque mesófilo de montaña, generalidades de la familia Orchidaceae y el concepto de indicadores. El capítulo II presenta el desarrollo de esta investigación y los resultados obtenidos en el formato de un artículo científico sometido a la revista *Biodiversity and Conservation*. El capítulo III presenta conclusiones generales de este estudio.

Sierra Madre de Chiapas

La Sierra Madre de Chiapas forma parte de la extensión del corredor Biológico Mesoamericano (Fig. 1) abarcando áreas ecológicamente importantes. Es una zona de transición entre especies de las regiones biogeográficas Neoártica y Neotropical, donde la flora y fauna local es enriquecida por la amplia distribución de muchas especies septentrionales y meridionales del continente americano (Rodríguez y Asquith, 2004; TNC, 2000).

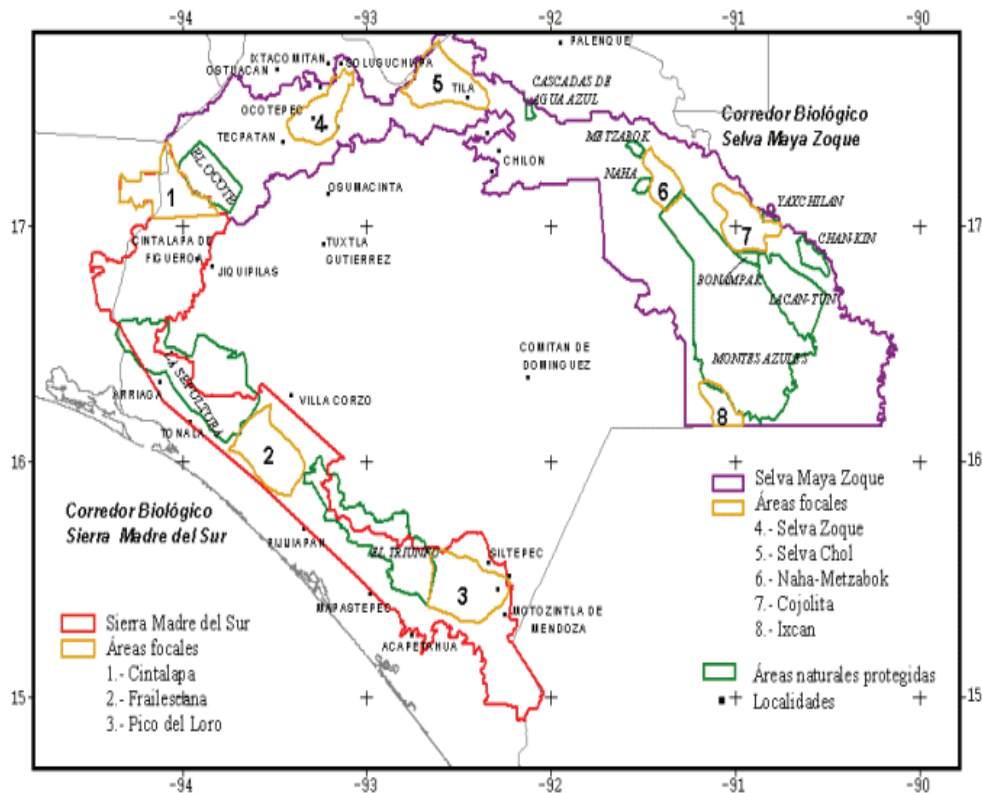


Fig. 1. Localización del Corredor Biológico Mesoamericano-México en el Estado de Chiapas (Fuente: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/doctos/chiapas.html>).

En términos geográficos, la región es una cadena montañosa con presencia del fenómeno geológico-geomorfológico que origina relieves de tipo tectónico-erosiva y volcánico-erosiva. Forma parte de un conjunto montañoso más amplio llamado Núcleo Centroamericano, que se extiende desde el sureste del Istmo de Tehuantepec hasta la depresión Nicaragüense y funcionó como Refugio Primario del Pleistoceno. La composición biológica evolucionó *in situ* a partir de importantes elementos antiguos sudamericanos y septentrionales (Morales, 2008; Reyes-Castillo, 2003), por lo que es un centro de alta biodiversidad y endemismos donde muchas especies sobrevivieron los cambios climáticos y extinciones (Castro, 2007).

Biogeográficamente el volcán Tacaná es considerado como una isla climatológica que mantiene organismos relictuales que denotan la intensa relación que existió en el pasado pleistocénico con las tierras altas de Centroamérica y con la región septentrional de los Andes. Además, es una zona volcánica de gran diversidad altitudinal aislada de otras regiones volcánicas de México y presenta elevadas precipitaciones anuales de 3400 mm hasta de 5000 mm (Arriaga et al., 2000; JICA, 1999).

Bosques Mesófilos de Montaña

Los bosques mesófilos de montaña (BMM) son complejos de vegetación difíciles de definir, sin embargo en México se ha utilizado para englobar una serie de comunidades vegetales estructuralmente diferentes (Rzedowski, 1996). Se encuentran en zonas caracterizadas por la presencia persistente de nubes en movimiento (Hamilton, 2001), por lo cual también se les aplica el nombre de bosque de neblina. En Latinoamérica y el Caribe, se reconoce que las causas de la gran gama de nichos ecológicos de los BMM son la persistente nubosidad, neblina interceptada por la vegetación (lluvia horizontal), rangos amplios de precipitación, variaciones altitudinales, orientación de las laderas, incremento de la frecuencia e intensidad de los vientos, humedad atmosférica, oscilaciones diurnas de temperatura y los disturbios naturales a gran escala (Kappelle y Brown, 2001).

En México, el BMM ocupa menos del 1% del territorio nacional y se localiza en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Norte de Oaxaca, la Sierra Madre del Sur, las montañas del norte de Chiapas y la Sierra Madre de Chiapas (González-Espinosa et al., 2012). Es el ecosistema que alberga la mayor diversidad de especies de flora y fauna en relación

a su área (Challenger, 1998; CONABIO, 2010; Ortega y Castillo, 1996). En términos de biomasa destaca la abundancia y diversidad de epifitas, trepadoras leñosas y pteridofitas, y florísticamente la familia con más número de géneros es la Orchidaceae, que es dos veces más diversa que las Asteraceae y cerca de 4 veces más numerosa que las Leguminosae en este ecosistema (Rzedowski, 1996). Así también, la riqueza florística del BMM podría contener entre 4000 y 5000 especies de plantas vasculares (Villaseñor, 2010).

Los BMM de Chiapas actualmente ocupan una extensión de 27,526 hectáreas, siendo el segundo estado con mayor superficie con este tipo de bosque y. en la región Tacaná-Boquerón se distribuyen entre los 1500 y 2500 msnm, aunque pueden alcanzar a más de 3000 m de altitud en las faldas del Volcán Tacaná (Challenger et al., 2010); sin embargo, un rasgo particular del BMM es que se localizan por arriba de las selvas tropicales de tierras bajas y por debajo de los bosques templados de regiones montañosas. Es por esto que en ellos convergen especies de ambos ecosistemas, donde la combinación de altitud, humedad y temperatura propicia una coexistencia única y una elevada heterogeneidad tanto fisonómico, florística como estructural, lo que dificulta su delimitación clara con respecto a otros tipos de vegetación (Villaseñor, 2010).

El patrón de distribución actual del BMM es marcadamente fragmentado, debido en mayor medida a la ampliación de la frontera agrícola y a los cambios de uso del suelo para cultivos anuales, plantaciones de café y ganadería extensiva, y en menor grado por las afectaciones causadas por la deforestación, ganadería extensa, derrumbes y la construcción de carreteras. El café tradicional se considera como el cultivo más compatible con la conservación de la biodiversidad de los BMM, ya que

requiere del mantenimiento de al menos un estrato superior de vegetación (Castro, 2007; Godínez-Ibarra et al., 2012; Ortega y Castillo, 1996). Otros factores como los incendios forestales, la cacería y la introducción de especies exóticas también afectan los BMM, además de que son particularmente sensibles a la contaminación atmosférica, ya que están en frecuente contacto con las nubes que los cubren (Brown y Kappelle, 2001; Hamilton, 2001).

El BMM no sólo es importante por la rica biodiversidad que albergan, sino también por los servicios hidrológicos que aportan, el mantenimiento de los ciclos de nutrientes, el desarrollo de los suelos, el control de la erosión y el azolve de los ríos; sin embargo, paradójicamente es el ecosistema terrestre más severamente amenazado en México (Challenger, 1998; CONABIO, 2010).

Familia Orchidaceae

La familia Orchidaceae constituye uno de los grupos de plantas con flores más diversos y el más rico en especies dentro de las monocotiledóneas, son plantas herbáceas que poseen singulares características de formas de vida, que habitan en una amplia variedad de ambientes, y se las encuentra creciendo sobre piedras (litofíticas), sobre árboles (epifitas), debajo de la tierra (subterráneas) y encima de la tierra (terrestres) (Sánchez y Calderón, 2010).

A nivel mundial, se han registrado aproximadamente 25,000 especies de orquídeas, agrupadas en 650 a 900 géneros, lo que representa el 10 % de todas las plantas superiores. La distribución geográfica mundial de las orquídeas es amplia y sus centros de distribución principales son la región Indo-Malayo y América tropical (IUCN/SSC Orchid Specialist Group 1996; Soto-Arenas y Salazar, 2004).

En México, la familia Orchidaceae está ampliamente representada en los bosques húmedos tropicales, y muestra una gran concentración en los BMM , entre el 50 y el 60% del total de las orquídeas viven en este tipo de hábitat (Espejo-Serna et. al., 2005; IUCN/SSC Orchid Specialist Group 1996; Rzedowski, 1996). El Corredor Biológico Tacaná-Boquerón es la segunda región con mayor riqueza de orquídeas, con 307 especies registradas, atrás de El Mormón-Las Margaritas-Montebello, con 333 especies registradas (Damon, actualización de la Base de Datos de las Orquídeas del Soconusco, 2013; Solano et al. en revisión; Soto-Arenas, 2001; Soto-Arena y Salazar, 2004).

Las orquídeas se pueden agrupar en gremios, según su forma de crecimiento sobre diferentes sustratos y preferencia de microhábitat. En este caso los gremios se definen como grupos de especies que explotan la misma clase de recurso del ambiente de forma similar, sin considerar la posición taxonómica (Root, 1967).

Indicadores

Un indicador se define como un elemento, proceso o propiedad de un sistema que permite, por medio de un monitoreo, medir, estimar, estudiar, evaluar, cuantificar y describir de manera precisa y sencilla, los cambios en el funcionamiento o la condición del mismo (Carignan y Villard, 2002; Noss, 1990; Rodríguez y Brooks, 2007).

Los indicadores ecológicos son herramientas biológicas, como las especies, los grupos taxonómicos, los procesos y paisajes con diversas etapas seriales, que permiten evaluar total o parcialmente a los ecosistemas, en términos de la biodiversidad, la integridad ecológica o la salud de un ecosistema. Estas herramientas pueden ser utilizadas en diferentes niveles jerárquicos como gen, célula, individuo, especie,

población, comunidad y paisaje (Carignan y Villard, 2002; Dale y Beyeler, 2001; Niemi y McDonald, 2004; Noss, 1990).

El indicador más utilizado ha sido el de las especies indicadoras ecológicas, seleccionados por sus atributos biológicos particulares y a la sensibilidad a cambios de algún componente del sistema donde habitan. Las especies seleccionadas como indicadoras deben de cumplir con ciertos requisitos: contar con distribución geográfica amplia y en diversos tipos de hábitat, ser bien delimitada taxonómicamente, ser accesible y fácil de documentar, ser potencialmente abundante y responder a las perturbaciones de una manera rápida, predecible, sensitiva y analizable. El estado de salud, abundancia y distribución de la especie seleccionada puede: a) reflejar el estado biótico o abiótico del medio ambiente, o b) estimar las variaciones y atributos de otras especies, taxa, o comunidades dentro de un área con las que se hayan en simpatria (Canterbury et al., 2000; Caro, 2000; Kremen, 1992; McGeoch, 1998; Niemi y McDonald, 2004; Noss, 1990; Sparrow et al., 1994).

Orquídeas y otras epífitas como indicadoras

Varios autores han evaluado la estructura de los hábitats considerando gremios de especies epífitas, por ejemplo, Valdivia (1977) agrupó a las especies epífitas en: a) epífitas del tronco o esciofíticas, siendo especies que aprovechan la escasa luz en los lugares sombreados, y b) epífitas de las ramas o heliófilas, especies adaptadas a intensas radiaciones solares. Basándose en las observaciones sobre zonificación vertical y horizontal, Brown (1990) agrupó a las epífitas en cinco categorías: a) especies umbrófilas y soportes gruesos, son especies que la luz directa produce su marchitamiento y se desarrollan sobre una capa humífera espesa, b) especies

umbrófilas y soportes finos, aquellas especies que la luz directa produce su marchitamiento y se localizan en los troncos y ramas de árboles del estrato arbóreo inferior, c) especie de luz moderada y soporte grueso a medio, especies que poseen adaptaciones de resistencia a la sequía y dependen de minerales y materiales orgánicos acumulados en los “suelos suspendidos”, d) especies de elevada intensidad de luz y soporte fino, aquellas especies con características claramente xerofíticas y e) especies de muy alta intensidad de luz y soporte muy fino, son especies que se desarrollan en las condiciones más adversas. Cambios en la composición y proporción relativa de estos gremios podría indicar perturbación y otros cambios que están afectando el estado de conservación de los sitios evaluados.

En Ecuador, Richter y Moreira-Muñoz (2005) utilizaron algunas especies de orquídeas epífitas como indicadores de las condiciones hídricas en ambientes primarios. En Guatemala, Garnica (2007) observó que las orquídeas se distribuyen con mayor cantidad en los lugares mejor conservados. En Bolivia, Krömer et al. (2007) encontraron que la diversidad de epífitas mostró una marcada reducción en bosques secundarios en comparación con los primarios, sobre todo en el caso de las Orchidaceae, Bromeliaceae, Hymenophyllaceae y Grammitidaceae. En Chile, San Martín et al. (2008), analizaron la flora epífita vascular de los bosques templados y su relación con la perturbación del hábitat, y concluyeron que la vegetación epífita vascular prefiere los hábitats más húmedos, como las partes media y baja de las laderas.

La mayoría de las especies de orquídeas se distribuye en ambientes primarios o con poca perturbación. En México, en fragmentos de BMM, Díaz-Toribio (2009) encontró 16 especies de orquídeas terrestres, de las cuales sólo una especie había

podido resistir plenamente el proceso de perturbación, mientras que un grupo de siete especies eran exclusivas de zonas no perturbadas. En contraste, algunas especies parecen ser pioneras, pues son las primeras en aparecer después de una perturbación. Tal es el caso en Europa, donde Janečková et al. (2006) utilizando los datos de 5 años para estudiar los factores que afectan a cinco poblaciones de *Dactylorhiza majalis* (Rchb.) P.F. Hunt & Summerh, concluyeron que esta especie tolera los ambientes perturbados y se beneficia de los disturbios antropogénicos. Coates et al. (2006) utilizaron datos de 12 años para estudiar factores que afectan a las poblaciones de la orquídea terrestre *Prasophyllum correctum* D.L. Jones, y concluyeron que la quema frecuente las beneficia. Sletvold et al. (2010) usaron datos de 16 años para estudiar cómo afecta la actividad agrícola a la dinámica de dos poblaciones de la orquídea terrestre *Dactylorhiza lapponica* (Laest. ex Hartm.) Soo, y concluyeron que el uso tradicional de la tierra favorece a estas poblaciones.

Se podría proponer que las orquídeas fueran a menudo los primeros indicadores biológicos de la decadencia y el colapso del ecosistema (Roberts y Dixon, 2008), como resultado de sus complejas interacciones ecológicas con los polinizadores y los hongos micorrízicos. Además, en el dosel, las orquídeas epífitas forman parte de una compleja red de interacciones con los árboles anfitriones y otras epífitas, que a su vez puede verse afectada de diferentes maneras por los cambios en la disponibilidad de luz, nutrientes y humedad (Seaton et al., 2010). En general, estas plantas necesitan niveles de humedad relativa altos y constantes y acumulación de materia orgánica (Catling y Lefkovitch, 1989; Hietz, 1999; Nadkarni y Metelson, 1989; Nadkarni, 2000).

La compleja dependencia de las orquídeas de la presencia de polinizadores para su reproducción sexual (Damon y Valle-Mora, 2008) se podría utilizar para proporcionar

información sobre las comunidades de los insectos y colibrís polinizadores en el área. Sin embargo, las bajas tasas de polinización de muchas especies de orquídeas haría muy difícil el empleo de este parámetro como indicador de la salud general y condición del sitio. Las semillas de las orquídeas son diminutas y contienen poco almacenamientos de reservas de alimentos, la colonización por un hongo compatible es esencial para la germinación y/o el inicio del desarrollo de plántulas en o sobre el sustrato (Newman et al., 2007; Seaton et. al., 2010; Smith y Read, 1997). El monitoreo de la presencia de los hongos que funcionan como simbiosis de las orquídeas podría proporcionar información sobre la salud y condición del sitio, Sin embargo, por ahora, no existe suficiente información y claridad sobre estas interacciones para poder emplearlas en el contexto de indicadores.

Otros grupos indicadores

Algunos estudios sobre riqueza de especies en vegetación primaria con distintos tipos de manejos y en cafetales se han hecho con abejas (Hedström et al., 2006; Rasmussen, 2009). En otros casos, se han propuesto arañas (Maelfait y Hendrickx, 1998), artrópodos (Cavanzón, 2011), anfibios y reptiles (Calderón-Mandujano, 2006), especies claves (George, 2006), larvas de odonatos (Gómez, 2008) y aves (Hausner et al., 2003) como indicadores de determinados factores en sus respectivos hábitats.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se sabe muy poco sobre el estado de conservación y la ecología de las orquídeas silvestres en el sureste de México, tanto epífitas como terrestres y considerando que el corredor biológico Tacaná-Boquerón es la segunda región con mayor biodiversidad de orquídeas en México, y que hasta el momento cuenta con 307 especies, es un sitio ideal para el estudio de estas plantas. Por su topografía, también representa una excelente oportunidad para estudiar la importancia de sitios de difícil acceso, como los peñascos, para la conservación de las orquídeas.

Por este motivo, en esta investigación se determinó la diversidad de la comunidad de orquídeas de peñascos y se comparó con los alrededores de varios sitios del corredor biológico Tacaná-Boquerón, y se evaluó su potencial como posibles refugios para la conservación de orquídeas. Se identificaron especies o gremios de orquídeas que podrían servir en estudios a futuro, como indicadores del estado de conservación de los ecosistemas de la zona. Lo anterior es importante para diseñar estrategias bien planteadas para la conservación de las orquídeas a nivel local. En este trabajo se busca responder a las preguntas ¿En el corredor biológico Tacaná-Boquerón existen especies o gremios de orquídeas que puedan indicar el estado de conservación del bosque mesófilo de montaña? ¿Son los peñascos refugios importantes para especies o gremios de orquídeas?

OBJETIVO GENERAL

Conocer la diversidad de las orquídeas presentes en los peñascos para sugerir especies o gremios de orquídeas que podrían servir como indicadoras del estado de conservación del bosque mesófilo de montaña y evaluar la importancia de los peñascos como refugios para las orquídeas de la región.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar el sub-hábitat peñascos del bosque mesófilo de montaña en el corredor biológico Tacaná-Boquerón.

2. Registrar la diversidad de las especies de orquídeas de los peñascos y compararla con los alrededores, en áreas de bosque mesófilo de montaña en el corredor biológico Tacaná-Boquerón.

3. Identificar especies o gremios de especies de orquídeas que podrían servir de indicadoras del estado de conservación del bosque mesófilo de montaña en el corredor biológico Tacaná-Boquerón.

HIPÓTESIS

1. Si el área de estudio cuenta con una alta diversidad de orquídeas, entonces la mayor diversidad de especies de orquídeas se presenta en los peñascos y es menor en las áreas de los alrededores de los peñascos.

2. Existen gremios o especies de orquídeas que únicamente aparecen en bosque mesófilo de montaña en perfecto estado de conservación, en los peñascos o los alrededores y así pueden servir como indicadoras de conservación a futuro.

CAPÍTULO II

Manuscrito del artículo sometido a la Revista Biodiversity and Conservation

Title Page

Carlos Almeida-Cerino, Anne Damon and Vincenzo Bertolini.

Ravines as refuges for orchids in the southeast of Mexico

C. Almeida-Cerino, A. Damon, V. Bertolini

Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula. Carr. Antigua
Aeropuerto km 2.5, Tapachula, Chiapas 30700, México

Corresponding author:

A. Damon

E-mail: adamon@ecosur.mx; telephone (962) 628 9800 Ext.5300; fax (962) 628 9806

Abstract We analyzed and compared the diversity of orchid species in ravines and accessible surrounding areas, in cloud forests in the region of Soconusco, southeast Mexico, and the potential of ravines as refuges for orchids in the region. At altitudes of 1442 to 2358 m in the buffer zone of the Tacaná Volcano Biosphere Reserve, we registered 86 species of orchids from 35 genera, of which 14 species (16.25%) were exclusive to ravines, 47 (54.6%) were exclusive to the surrounding area and 25 (29%) colonized both areas. The ecosystem Tropical Mountain Cloud Forest (TMCF) was distributed in the areas surrounding the ravines and in some sites extended into the ravines themselves. The presence of Evergreen Mountain Scrub Forest (EMSF), which was only found in the ravines, made an important contribution to the species richness of orchids in the area, with eight species exclusive to this ecosystem. Two microhabitats were unique to the ravines but, in this study, were not seen to be substrates for rare or specialized orchid species and various factors such as altitude, orientation and ecosystem (TMCF and EMSF) were seen to influence orchid species richness in ravines. Some negative environmental characteristics were observed in the ravines, such as the instability of the “soils” on steep slopes, and occasional landslides, which, however, mostly depend upon the management of the surrounding areas, and epiphytes inhabiting ravines and the surrounding areas share similar risks of whole tree and branch fall. The predictions given by the Linear Dependency and Clench models gave similar predictions of the total number of species to be found in the ravines and surrounding areas, although, as shown by our results, the species composition would be different. We demonstrate the potential of various species of orchids to adapt to the resources available in ravines and the potential, therefore, that ravines can serve as refuges for a variety of orchid species and contribute to conservation efforts in areas subject to negative human impact.

Keywords Tacaná Volcano Biosphere Reserve; Soconusco; True Diversity^{qD}; Tropical Mountain Cloud Forest; Evergreen Mountain Scrub Forest

Introduction

The Sierra Madre mountain range in Chiapas forms part of the Mesoamerican Biological Corridor and is an ecologically important transition zone between the neartic and neotropical biogeographic regions (The Nature Conservancy 2000; Rodríguez and Asquith 2004), forming a center of high biodiversity and endemism wherein

many species survived periods of climate change and extinctions (Castro 2007). Furthermore, it is an altitudinally diverse volcanic zone isolated from other volcanic regions in Mexico, and with particularly high levels of precipitation (Arraiga et al. 2000). The region is characterized by a diversity of forest ecosystems of which Tropical Mountain Cloud Forest (TMCF) (Equivalent to “bosque mesófilo de montaña” in Mexico) predominates (Espejo et al. 2005), with the greatest extension of this kind of forest in northern Mesoamerica (Rodríguez and Asquith 2004). The TMCF in the region are generally distributed between 1500 and 2500 m, although they extend up to 3000 m on the slopes of the Tacaná Volcano (Challenger et al. 2010).

The TMCF are unique plant communities which in Latin America and the Caribbean are characterized by persistent cloud cover in contact with the vegetation (horizontal rain), high levels of precipitation, steep slopes and high atmospheric humidity (Challenger 1998; Kappelle and Brown 2001; Hamilton 2001). In Mexico, despite the fact that TMCF occupies less than 1% of Mexican territory, it is the ecosystem with the greatest diversity of flora and fauna in relation to area (Ortega and Castillo 1996; Challenger 1998; CONABIO 2010) and in terms of biomass the abundance of epiphytes, lianas and ferns is notorious (Rzedowski 1996). The TMCF provides important ecological services, contributing to hydrological and nutrient cycles, soil development, and the control of erosion and sedimentation of rivers (Challenger 1998; CONABIO 2010). However, the TMCF is now one of the most threatened ecosystems in the world, due to fires, logging, the non-sustainable extraction of species and the introduction of exotic species, as well as their heightened sensitivity to atmospheric contamination (Brown and Kappelle 2001; Hamilton 2001). In Mexico, the distribution of TMCF is highly fragmented due to the continuing extension of the agricultural frontier and changes of land use for annual crops, coffee plantations and extensive cattle ranching, and to a lesser extent due to landslides and road construction. Navarrete et al. (2010) explained how, in a period of only 26 years (1974-2000), the Sierra Madre mountain range in Chiapas has suffered an increase in deforestation from 1.1 a 12.9%.

Ravines are steep mountain slopes which create abrupt borders in the landscape and can provide a diversity of unique microhabitats for plants and other organisms. Because ravines are inaccessible to most people, they are perhaps one of the most conserved habitats within the forest landscape and can serve as important refuges for a variety of organisms from the original ecosystems. Hylander and Hedderson (2007) suggested that precipitation, summer temperature and the permanence and extension of cloud cover are the factors that determine the diversity and abundance of bryophyte communities in ravines. Analysis of mountain vegetation communities suggest that ravines present heterogeneous environments and novel microhabitats not available in the surrounding areas (Ogata et

al. 1996; Shaolin et al. 2008), of which altitudinal differences are an important component (Halffrer and Pineda 2005).

The relatively low temperatures and cloud cover are considered to limit photosynthesis and thereby the growth, final height and biomass of trees found in TMCF habitats (Ash 1987; Cordero 1999, Onoda and Anten 2011). Other factors that may be counter indicative for the development of tall or large plants include the thin soils, slopes and winds, as well as the abundant rainfall that may propitiate landslides (Luna et al 2001).

In Mexico, between 50 and 60% of Orchidaceae are to be found in the TMCF (IUCN/SSC Orchid Specialist Group 1996; Rzedowski 1996; Espejo-Serna et al. 2005; Hágsater et al. 2005). The biological corridor Tacaná-Boquerón (Arriaga et al. 2000), in the state of Chiapas, is the second richest region for orchid species in Mexico, with 307 species registered, behind El Mormón-Las Margaritas-Montebello, also in the state Chiapas, with 333 species (Soto-Arenas 2001; Soto-Arenas and Salazar 2004; Damon 2013). Of that total, 37 species are classified as threatened and are included in the “Norma Oficial Mexicana-059” (SEMARNAT-2010).

Various floristic studies have been carried out in the southeast of Mexico, and some have focused on orchids (Breedlove 1986; Soto-Arenas 1986; Long and Heath 1991; Bachem and Rojas 1994; Soto-Arenas 1994; Castillo 1996; Soto-Arenas 2001; Damon and Colín-Martínez 2004; Levy et al. 2006; Martínez-Meléndez et al. 2008; Pérez-Farrera et al. 2008; Damon 2010), but none have studied the floral communities of the ravine component of the landscape. For that reason the objective of this study was to determine and compare the diversity of the orchid communities in ravines with inventories for the accessible surrounding areas, in various sites within the Tacaná Volcano Biosphere Reserve in the region of Soconusco, in southeast Mexico, and thereby evaluate the importance of ravines as refuges for the conservation of the region’s orchids.

Methods

Study area

The study was carried out in three localities situated in the buffer zone of the Volcán Tacaná Biosphere Reserve, in the region of Soconusco, in the state of Chiapas in southeast Mexico: Chiquihuites (Municipality of Unión Juárez),

Benito Juárez El Plan and Agua Caliente (Municipality of Cacahoatán). This area forms part of the biological corridor Tacaná-Boquerón, which in turn is integrated into the Mesoamerica-Mexico biological corridor (Fig.1).

The TMCF is restricted to areas with abrupt topography and slopes protected from exposure and where cloud cover is almost constant. Forest structure reaches 10 to 25 m with abundant climbing plants and epiphytes, and evergreen species of trees (for detailed habitat description refer to: Provisional Management Plan for the Volcán Tacaná Biosphere Reserve 2008 and Godínez-Ibarra et al. 2012, unpublished data).

Study sites

Chiquihuites (CH) is situated within the coordinates 15° 05' 13.6" North and 92° 05' 36.7" West, with an altitude of 2092 m. The climate is temperate humid with annual precipitation of 2000 a 2500 mm in summer, and mean annual temperatures below 18°C (JICA 1999).

Benito Juárez El Plan (BJ) is localized within the coordinates 15° 03' 18" North and 92° 11' 28" West, with an altitude of 1459 m. The climate is warm with annual precipitation of 4500 to 5000 mm in summer, and mean annual temperatures below 24°C (JICA 1999).

Agua Caliente (AC), is situated within the coordinates 15° 09' 49" North and 92° 09' 18" West, with an altitude of 1594 m. The climate is temperate humid with annual precipitation of 1500 a 2000 mm in summer, and mean annual temperatures below 18°C (JICA 1999).

Characterization of the ravines

In each of the three localities, two or three ravines with pronounced 45 a 90° slopes were selected. A representative section of each ravine was sampled, establishing a total of 6 transects per locality, giving a total of 18. Slope was expressed as the percentage inclination of the terrain, calculated using cartography (contour maps) and corroborated in the field using a GPS (Global Positioning System, Garmin eTrex Vista). The altitude, orientation and vegetation of each ravine were noted along with the general characteristics of the soil and topography.

Sampling techniques

Two types of surveys were carried out: A. In the ravines, each transect consisted of a 40m line divided into 4 sampling sites at intervals of 10 m, which were accessed using modified alpine climbing equipment (Perry 1978). The orchids present within reach in each sampling site were registered. The dominant components of the vegetation of each ravine in general and each transect in particular were also noted. B. A general inventory of the orchid species present in accessible areas as close as possible to the ravines within each locality was drawn up, covering an area approximately equivalent to 1 to 2 hectares, but highly variable depending upon the terrain. Binoculars were used to identify orchids in the tree crowns. For both surveys, data were taken of the life forms and the substrates colonized by the orchids.

Orchid plants without flowers that could not be identified were collected and maintained in the living collection managed by the project, to be identified at a later date. Meanwhile, unidentified plants were grouped according to morphological characteristics into morphospecies (Kremen et al. 1993; Derraik et al. 2002) and included in the analysis.

Data analysis

Due to the impossibility of standardizing the sampling areas in the surrounding areas, statistical analysis to compare orchid species richness in the ravines with that of the surrounding areas was not carried out. To compare orchid species richness between the ravines we used True Diversity analysis. The ecological interpretation of other diversity indices can be confusing and the more recently developed True Diversity, qD , has the advantage that the units measured are the species (Jost 2006; Moreno et al. 2011; Jost and González-Oreja 2012). The application of qD gives the magnitude of the difference between the diversity of 2 or more communities, which is not possible to determine with the indices of Shannon-Wiener (Jost 2006; Moreno et al. 2011).

The analysis of True Diversity involves the following expressions:

$q=0$, 0D is equivalent to the number of species observed in the community (species richness).

$q=1$, 1D is the exponential function of the Shannon-Wiener index H' , so that ${}^1D = f(x) = e^{H'}$ in which species is weighted according to its proportional abundance.

$q=2$, 2D is the reciprocal of the Simpson index (D) described above, such that ${}^2D = \frac{1}{D} = \frac{1}{\sum_{i=1}^s P_i^2}$ giving the effective

number of species obtained when the weighted arithmetic mean is used to quantify average proportional abundance.

To estimate the representativity of the orchid species richness in the sampling sites, we used the program EstimateS 87.5 (Colwell 2006) to elaborate accumulation curves, using the Linear Dependence and Clench models (Jiménez-Valverde y Hortal 2003), which are recommended for the analysis of small data sets although with a tendency to overestimate the potential number of species and the sampling effort required to reach the asymptote (López-Gómez and Williams Linera 2006).

Results

Characterization of the ravines

The ravines were situated within an altitudinal range of 1442 to 2358 m, with slopes that varied between 38° and 90°, and depths of 90 to 300 m, distributed as shown in Table 1. All the ravines had rocky outcrops and abundant organic material and on extreme slopes, where water runoff displaces the organic material, the rocks are instead covered by abundant bryophytes. Terracing was observed in various sites, promoting the accumulation of organic matter, and on the vertical walls there were various species of bromeliads, Adiantaceae, Begoniaceae and Selaginellaceae.

Twelve of the transects were orientated towards the east, exposed to sunlight during the early hours of the morning, and six were orientated towards the west, exposed to sunlight in the late afternoon (Table 1).

In the ravines there were two basic types of forest vegetation, Tropical Mountain Cloud Forest (TMCF), as expected, but also Evergreen Mountain Scrub Forest (EMSF) (equivalent to “matorral perennifolio de neblina” in Mexico), only found in the ravines and which did not overlap with the TMCF. The EMSF consisted of dwarf trees and shrubs of the families Ericaceae, Rosaceae, Caprifoliaceae, Theaceae, Betulaceae, Lauraceae, Araliaceae and Fagaceae, measuring 4 – 15 m in height, with twisted trunks and branches, and a diversity of epiphytic ferns, orchids and bromeliads. The herbaceous stratum consisted of species of Asteraceae, Urticaceae, Melastomataceae, Schrophularaceae and Rubiaceae.

Within the ravines of two localities (CH and BJ), 6 transects had EMSF, although the surrounding areas always consisted of TMCF. By contrast, all the transects in the locality AC, four in BJ and two in CH consisted of TMCF (Table 1) with heights of 15 to 25 m, and associated with tree ferns of the family Cyathaceae, and the communities were dominated by tree species of the families Theaceae, Rubiaceae, Pinaceae, Fagaceae, Betulaceae and Lauraceae. The shrub layer reached altitudes of between 1 to 12 m, and consisted of plants from the families Myrtaceae, Ericaceae, Arecaceae, Melastomataceae, Clusiaceae and Rubiaceae. Both trees and shrubs were host to a variety of epiphytic species of ferns, orchids and bromeliads. The herbaceous layer had plants from the families Acanthaceae, Asteraceae, Arecaceae and Urticaceae.

Orchid inventory and diversity

A total of 86 species and 35 genera of orchids were registered in the ravines and surrounding areas (Table 2), equivalent to 26.2 % of the species registered in the region of Soconusco and 11.2% of the orchids found in the biodiverse state of Chiapas. Of those, 12 species could only be identified to genus and there were 15 clearly distinct species without flowers that could not be identified and were assigned to morphospecies so as to be included in the analysis.

The locality with the greatest species richness was BJ with 56 species (65.8%) divided between 29 genera, followed by AC with 40 species (47%) and 17 genera, and CH with 26 species (30.5%) and 13 genera. In general, orchid species richness in the TMCF in the ravines was lower than the same ecosystem of the surrounding areas and also lower than species richness in the EMSF in the ravines. There were 8 orchid species exclusive to EMSF in this study (*Coelia* sp., *Epidendrum parkinsonianum*, *Macroclinium bicolor*, *Rhynchostele uroskinneri*, *Trichopilia tortilis*, and 3 morphospecies).

As explained previously, a direct statistical comparison of the orchid species diversity in the ravines and the surrounding areas was not possible, they were compared numerically and by means of accumulation curves. Orchid species richness was greater in the surrounding areas than in the ravines, with 72 species (75.5%) compared to 39 species (48.8%), respectively. Considering all the species registered in this study, 14 species (16.2%) were exclusive to the ravines, 47 species (54.6%) were exclusive to the surrounding areas, and 25 species (29%) were found in both

habitats. Comparing the three localities, in CH, BJ and AC, of the 26, 56 and 40 orchid species registered, 6, 13 and 4 species were exclusive to the ravines, respectively (Table 3).

As shown in Fig. 2, there was a slight tendency towards greater orchid species richness in the transects at the lower altitudes ($R^2=0.1611$); however, the study was carried out within a limited altitude range (1442 to 2358 m). Slope had no statistically significant effect upon the number of orchids present in the sampling sites in the ravine transects ($R^2=0.0002$), although the three highest counts of orchids were found in the sampling sites with the most pronounced slopes.

Comparison of True Diversity values of orchid species in ravines and ravine transects

Observed species richness ($q=0$) was highest in ravine 2 of the locality BJ, with transect 6, of that ravine, with the EMSF ecosystem and facing east-northeast, having the highest number of species (13). However, the parameter $q=1$, weighted according to the proportional abundance of each species, the highest value (8.99) was for transect 5 of BJ ravine 2 (EMSF, east-northeast) and transect 4 of AC ravine 2 (TMCF, west-southwest). The highest values for $q=2$ were similar although transect 4 of the AC ravine 2 was placed below transect 5 of BJ ravine 2 (Table 4a and b).

The lowest values for observed species richness ($q=0$) were found in CH transect 5 (TMCF; southwest) and BJ transect 3 (TMCF; west-southwest) and supported by the $q=1$ and $q=2$ values (Table 4a and b).

In the ravines of the localities CH and BJ, the most species rich transects were those facing towards the east, but in the locality AC, this situation was reversed. In these two localities there was a tendency towards higher orchid species richness in the transects with the EMSF ecosystem (in AC there were no transects with EMSF) (Table 4a and b).

Accumulation curves of orchid species for the combined sample sites

With a sample effort of 18 ravine transects and 10 surveys of the surrounding areas involving a similar period of time, a total of 86 species of orchids were found. For the ravines, the Linear Dependence model estimates the asymptote can be achieved with 29 sampling sites, reaching 75 species, whereas the Clench model predicts the asymptote with 313 sampling sites and 130 species (Table 5. Fig. 4a and b).

For the surrounding areas, the Linear Dependence model predicts 87 species with 17 sampling sites, values which are very close to those of the study. However, the Clench model predicted a total of 130 species in 154 sites sampled (Table 5. Fig. 4a and b).

Most frequent species, threatened and endemic species and new registers

A total of 15 orchid species (17.4%) were registered five or more times, whereas, the majority (71; 82.5%) were registered only one to four times. *Sobralia macrantha*, *Dichaea suaveolens* and *Stelis hymenantha* were the most frequent orchid species in the three localities in this study. However, previous studies in the region as a whole indicate that even those species are relatively restricted in their range. The frequent and flexible *Anathallis dolichopus* was the only species found in the surrounding areas of all three localities studied, but this species was absent from the ravines.

Of the total of 86 orchid species registered, seven are considered threatened species (*Cuitlauzina candida*, *Cyrtochiloides ochmatochila*, *Epidendrum alticola*, *Epidendrum cnemidophorum*, *Oncidium stuttonii*, *Pleurothallis nelsonii*, *Restrepia trichoglossa*, *Rhynchochilus cordata* and *Scelochilus tuerckheimii*) and two, *Rhynchochilus uroskinneri* and *Rossioglossum grande*, are in danger of extinction (SEMARNAT-2010). Only two of these species were found in the ravines; there was one register of *Oncidium stuttonii* in a ravine and four in the surrounding areas and the only register of *Rhynchochilus uroskinneri* was in the ravine habitat.

The distribution of these threatened species between the three localities did not follow the tendency shown by the analysis of species richness in general, with 2 species in CH (*Pleurothallis nelsonii* and *Rhynchochilus uroskinneri*), 4 species in BJ (*Pleurothallis nelsonii*, *Restrepia trichoglossa* and *Scelochilus tuerckheimii*) and 5 species in AC (*Cuitlauzina candida*, *Epidendrum alticola*, *Rhynchochilus cordata*, *Oncidium stuttonii* and *Rossioglossum grande*). Of these species, *Pleurothallis nelsonii*, although restricted in geographical range is relatively abundant in the region and shows resistance to habitat deterioration.

Epidendrum alticola and *Stelis tacanensis* are endemic to the region and were found distributed both in ravines and the surrounding areas.

We report a first time register in the region for *Epidendrum clowesii*, found in areas surrounding the ravines, and *Epidendrum trianthum* which was found both in ravines and the surrounding areas.

Life forms and substrates

Most of the orchid species registered were epiphytes (69; 80.2%), a few were lithophytes (6; 6.9%), and only 2 species (2.3%) were terrestrial. There were 9 species (10.4%) with an indistinct life form.

The majority of the orchid species were epiphytes found on the trunks and branches of the trees and shrubs, or were generalists and capable of colonizing a variety of substrates or microhabitats. We observed fewer trunks and branches available for colonization in the ravines, and the analysis showed that there were two microhabitats unique to the ravines, rocks covered in vegetation and bare rocks (Fig. 5). Four orchid species, with generalist behavior, were found growing in these two unique microhabitats, *Dichaea suaveolens* and *Prosthechea varicosa* on rocks with vegetation and *Epidendrum clowesii* and *Sobralia macrantha* on bare rocks, but of those, only *E. clowesii* could be considered rare in the region.

Discussion

In the selected sites in the Tacaná Volcano Biosphere Reserve we found 11.4% of the approximately 750 species of orchids that inhabit the TMCF ecosystem in Mexico (Espejo et al. 2005; Hágsater et al. 2005) and 25.9 % of the species registered for the region of Soconusco (Damon 2013).

It should be stressed that small and scattered populations are characteristic of many orchid species (Koopowitz 2001) and should not necessarily be interpreted as a conservation problem, although it poses difficulties for objective analysis of orchid frequency and diversity. Furthermore, in this study, heterogeneity was notable between the different localities and between transects of the same ravines which also causes problems for objective and statistical analysis and highlights the need for extensive surveys in order to guarantee representativity and a positive impact for conservation efforts derived from the results of those surveys.

Our eighteen ravine transects and general surveys of surrounding areas could be considered as a limited but representative sample of the TMCF ecosystem in the region, and according to the Linear Dependency model we could expect to find 36 more species with 11 more transects in the ravines, and 15 more species with 7 more surveys in the areas surrounding the ravines. However, the Clench model indicates that there are 91 species still to be found

with 295 more transects in the ravines, and 58 more species to be found with 144 more surveys in the surrounding area. Both these models are recommended for studies with relatively few data and given the notable heterogeneity of the TMCF observed in the region (Godínez Ibarra and Damon, unpublished information), we would logically expect to significantly increase the number of species registered with an increased sampling effort. However, the Clench model prediction is clearly excessive and the reality probably lies between the two estimates and closer to the prediction given by the Linear Dependency model. Notably, both models gave similar predictions of the total number of species to be found in the ravines and surrounding areas, although, as shown by our results, the species composition is likely to be different.

Rhynchostele uroskinneri is almost extinct in Mexico, due to unsustainable exploitation and restricted habitat preference, and in this study one individual was found in a ravine. The colonization of difficult to access areas could be important for the protection of *R. uroskinneri* as the other few sites registered for this species are all relatively easily accessed and the species has been collected to near extinction. Other threatened species, *Epidendrum alticola* and *Oncidium suttonii*, were also found in the ravines, as well as in the surrounding areas, however, in total, more threatened species were found in the surrounding areas than in the ravines (*Cyrtochiloides ochmatochila*, *Epidendrum cnemidophorum*, *Pleurothallis nelsonii*, *Rhynchostele cordata*, *Rossioglossum grande* and *Scelochilus tuerckheimii*).

The ravines were situated at varying altitudes offering different microclimates (Halffrer and Pineda 2005), and two substrates, or microhabitats were only present in ravines, which, however, were mainly colonized by common generalist orchid species, and in general, ravine vegetation offered fewer branches and trunks for colonization than the surrounding areas. There were nine common orchid species that were only found in the ravines in this study, as well as various unidentified individuals. All but one of these were only found in the Evergreen Mountain Scrub Forest (EMSF), indicating the importance of this ecosystem, which in the study zone is only found in the ravines. However, seven of those species have also been reported in other types of vegetation in the Sierra Madre of Chiapas (Long and Heath 1991; Martínez- Meléndez et al. 2008; Provisional Management Plan for the Volcán Tacaná Biosphere Reserve 2008, unpublished information).

The greater species richness of orchids in the surrounding areas could simply be due to the greater sampling intensity as compared with the ravines, but the greater availability of trunks and branches to colonize could also be a factor. The absence of terrestrial orchids could be explained by the instability of the “soils” in the ravines and human

impact in the surrounding areas. In the case of EMSF, the structural characteristics of this ecosystem offer a distinct advantage due to the greater retention of humidity, retention of organic matter and protection from the sun, due to the low, dense, contorted and tangled branches. Gómez (2010) made a similar observation relating to studies in Cerro El Triunfo and Tres Picos, also situated in the Sierra Madre of Chiapas, who also noted the relatively lower temperatures in the EMSF cloud forest ecosystem.

In this study, within the limited range in this study, altitude had a limited effect upon the orchid species richness observed in the ravines and surrounding areas. A more pronounced effect has been reported in other studies in Mexico, for example Ceja-Romero et al. (2010) found the greatest concentration of species at altitudes between 1250 and 2250 m, and Wolf and Flamenco (2003) registered most species between 500 and 2000 m. It has been reported that the temperature descends 0.56 °C per 100 m increase in altitude and above a certain altitude, that varies with latitude, no trees are found. Similarly, precipitation declines above 2000 m (JICA 1999), producing not only a cooler but also a drier climate, which is less conducive to orchid development. Ravines at lower altitudes, therefore, will have greater impact and relevance as refuges for the conservation of orchids.

In temperate zones, such as mountains, orientation is an important factor determining the structure of plant communities (Killeen et al. 1990) particularly the development and persistence of the TMCF ecosystem (Luna et al. 2001). In this study, ravines orientated towards the east which received sunlight in the morning tended to have greater species richness. Ravines orientated towards the west received sunlight in the afternoon but which was frequently interrupted by the thick clouds present at that hour.

The slopes of the four sampling sites within each transect were varied and statistical analysis of the relation between slope and orchid species richness in the individual sample sites showed no significant relation, although the three sites with greatest species richness were those with the highest altitude in this study. The slope of a ravine affects the retention of material precipitated from above, derived from both within and the surrounding area of ravine and in the case of the EMSF ecosystem, the compact, dense tangles structure of permits the retention of a greater proportion of that material than the more open structure of the TMCF. In the study sites, ravines with slopes greater than 50° had terraces upon which abundant organic material collected potentially forming an ideal habitat for terrestrial and lithophytic orchids. None the less, these “soils” are prone to collapse due to rain, wind or run-off which may explain the unexpectedly few terrestrial orchid species.

Despite the difficulties implicit in working in the ravines, and that only one or few individuals were found of most of the species and also the heterogeneity at all levels, especially between the three localities and within the TMCF, we can say that within the study zone we found a representative sample of orchids, amounting to 25.9 % of the species registered for the Soconusco region (Damon 2013). It is important to mention that an inventory is never completed (Jiménez-Valverde and Hortal 2003), and the total number of species depends upon the scale of the survey in space and time. The analysis of the accumulation curves was, however, a useful tool for comparing sampling effort, predicting the number of species present in the study areas and comparing the ravine habitat as a potential refuge for orchids (Halffter et al. 2001), which in this case were shown to have a potentially similar species richness to the surrounding areas.

We propose that ravines within cloud forest ecosystems should be included within conservation strategies for orchids, as sites inaccessible to the vast majority of the human population and which offer a variety of substrates and microhabitats. However, conservation efforts in accessible areas remain the priority if the conservation of all orchid species, many of which are not found in the ravine habitat, is to be achieved. Ravines at intermediate altitudes, facing east and with Evergreen Mountain Scrub Forest (EMSF) may be particularly valuable as refuges for a variety of orchid species in the Soconusco region of southeast Mexico.

Acknowledgements We thank the specialists Víctor Velasco López and Luis Reyes Zarate for training us in rappel techniques and for accompanying and guiding us throughout this study. We are grateful to Nelson Pérez Miguel and the inhabitants of the localities selected for study, for the long hours dedicated to helping us with the field work. Javier Valle-Mora gave vital assistance in the statistical analysis of the results. Anne Damon was granted permission by the officials of the Tacaná Volcano Biosphere Reserve to carry out the study within the reserve and Carlos Almeida-Cerino received a grant from the Mexican “Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología” (CONACYT).

References

- Arriaga L, Espinoza JM, Aguilar C, Martínez E, Gómez L, Loa E (2000) Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO)
- Ash J (1987) Stunted cloud forest in Taveuni, Fiji. *Pacific Science* 41:191-199

- Bachem U, Rojas R (1994) Contribución al estudio ecológico de la vegetación en la región de “La Fraylesca”, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Breedlove DE (1986) Listados Florísticos de México. IV. Flora de Chiapas. D.F: Instituto de Biología-UNAM
- Brown AD, Kappelle M (2001) Introducción a los bosques nublado del neotrópico: una síntesis regional. In: Kappelle M, Brow AD (eds) Bosques nublados del neotrópico. Santo Domingo de Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), pp 25-40
- Castillo JJ (1996) Vegetación de la Reserva de la Biósfera: “La Sepultura”, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Castro HJC (2007) Reserva de la Biosfera El Triunfo, participación social en la cafecultura sustentable, México. In: Rosas PA, Clüsener-Godt M (eds) Reservas de la Biosfera. Un espacio para la integración de conservación y desarrollo. Valente Ltda, Chile, pp 155-162
- Ceja-Romero J, Mendoza-Ruiz A, López-Ferrari AR, Espejo-Serna A, Pérez-García B, García-Cruz J (2010) Las epífitas vasculares del estado de Hidalgo, México: Diversidad y distribución. Acta Botánica Mexicana 93:1-39
- Challenger A (1998) Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado. Presente y futuro. D.F: Comisión Nacional para la Conservación y uso de la Biodiversidad (CONABIO), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Agrupación Sierra Madre, S.C., México
- Challenger A, Golicher D, González EM, Marc MI, Ramírez MN, Vidal RRM (2010) Sierra del Sur de Chiapas. In: CONABIO (ed) El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible. D.F: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), pp 124-133
- Colwell RK (2006) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 8.7.5. <http://purl.oclc.org/estimates>
- Colwell RK, Coddington JA. (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophical Transactions of the Royal Society (London B) 345:101-118
- CONABIO (2010) El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. D.F: CONABIO

- Cordero RA (1999) Ecophysiology of *Cecropia schreberiana* saplings in two wind regimes in an elfin cloud forest: growth, gas change, architecture and stem biomechanics. *Tree Physiology* 19:53-163
- Damon A, Colín-Martínez H (2004) El estado actual de las poblaciones de orquídeas en la región del Soconusco, Chiapas. *Amaranto* 17:2-16
- Damon A (2010) Diversidad y conservación de las orquídeas del corredor biológico Tacaná-Boquerón. Final Report. Fondos Mixtos-Chiapas CHIS-2006-C06-45802.
- Damon A (2013). Data base of the Orchids of Soconusco. Final report. CONABIO JM061.
- Derraik JGB, Closs GP, Dickinson KJM, Philip S, Barratt BIP, Patrick BH (2002) Arthropod morphospecies versus taxonomic species: A case study with Araneae, Coleoptera, and Lepidoptera. *Conservation Biology* 16:1015–1023
- Espejo SA, López-Ferrari AR, Jiménez MR, Sánchez SL (2005) Las orquídeas de los cafetales en México: Una opción para el uso sostenible de ecosistemas tropicales. *Revista de Biología Tropical* 53:73-84
- Gómez DH (2010) La selva baja perennifolia de los cerros El Triunfo y Tres Picos, Chiapas. In: Pérez FMA, Tejeda CC, Silva SE (eds) Los bosques mesófilos de montaña en Chiapas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, pp 101-119
- Hágsater E, Soto-Arenas MA, Salazar GA, Jiménez R, López MA, Dressler RL (2005) Las Orquídeas de México. D.F: Instituto Chinoín
- Halfpeter SG, Moreno CE, Pineda EO (2001) Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. Zaragoza: M & T-Manuales y Tesis SEA
- Halfpeter SG, Pineda E (2005) Relaciones entre la fragmentación del bosque de niebla y la diversidad de ranas en un paisaje de montaña de México. In: Halfpeter G, Soberon J, Koleff P, Melic A (eds) Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. Zaragoza: SEA, CONABIO, CONACyT y Diversitas, pp 165-176
- Hamilton LS, (2001) Una campaña por los bosques nublados: ecosistemas únicos y valiosos en peligro. In: Kappelle M, Brow AD (eds) Bosques nublados del neotrópico. Santo Domingo de Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), pp 41-49

- Hylander K, Hedderson TAJ (2007) Does the width of isolated ravine forests influence moss and liverwort diversity and composition?—A study of temperate forests in South Africa. [Biodiversity and Conservation](#) 16:1441-1458
- IUCN/SSC Orchid specialist Group (1996) Orchids status survey and conservation action plan. Switzerland and Cambridge: IUCN (International Union for Conservation of Nature)
- JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón) (1999) El estudio de desarrollo integral de Agricultura, Ganadería y Desarrollo rural de la región del Soconusco (distrito de desarrollo rural No.8, Tapachula) en Chiapas, los Estados Unidos Mexicanos. Reporte final.
- Jiménez-Valverde A, Hortal J (2003) Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios. *Revista Ibérica de Aracnología* 8:151-161
- Jost L (2006) Entropy and diversity. *Oikos* 113:363-375
- Jost L, González-Oreja JA (2012) Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta Zoológica Lilloana* 56:3-14
- Kappelle M, Brown AD (2001) Bosques nublados del neotrópico. Santo Domingo de Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio)
- Killeen TJ, Louman BT, Grimwood T (1990) La ecología paisajística de la región de Concepción y lomerio en la Provincia de Nuflo de Chávez, Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 16:1-45
- Koopowitz H (2001) Orchids and their conservation. BT Batsford Ltd, London.
- Kremen C, Colwell RK, Erwin TL, Murphy DD, Noss RF, Sanjayan MA (1993) Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation Biology* 7:796–808
- Levy SI, Aguirre JR, García JD, Martínez MM, (2006) Aspectos florísticos de Lacanhá Chansayab, Selva Lacandona, Chiapas. *Acta Botánica Mexicana* 77:68-98
- Long A, Heath M (1991) Flora of the Triunfo Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico: A preliminary floristic inventory and the plant communities of Polygon I. *Anales del Instituto de Biología (serie Botánica)* 62:133-172
- López-Gómez AM, Williams-Linera G (2006) Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana* 78: 7-15
- Luna I, Velázquez A, Velázquez E (2001) México. In: Kappelle M, Brow AD (eds) Bosques nublados del neotrópico. Santo Domingo de Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), pp 183-299

- Martínez-Meléndez J, Pérez-Farrera MA, Farrera-Sarmiento O (2008) Inventario florístico del cerro el cebú y zonas Adyacentes en la reserva de la biosfera el triunfo (polígono v), Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 82:21-40
- Moreno CE, Barragán F, Pineda E, Pavón NP (2011) Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1249-1261
- Navarrete D, Méndez D, Flamenco A, Patrocinio A (2010) Situación actual, fragmentación, áreas prioritarias de conservación y principales amenazas del bosque mesófilo en Chiapas. In: Pérez FMA, Tejeda CC, Silva SE (eds) *Los bosques mesófilos de montaña en Chiapas*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutierrez, pp 295-326
- Ogata N, Rico-Gray V, Nestel D (1996) Abundance, Richness, and Diversity of Myxomycetes in a Neotropical Forest Ravine. *Biotropica* 28:627-635
- Onoda Y, Anten NPR (2011) Challenges to understand plant responses to wind. *Plant Signaling & Behavior* 6:1057-1059
- Ortega F, Castillo G (1996) El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias* 43:32-39
- Pérez-Farrera MA, Martínez-Camilo R, Meléndez-López E, Farrera-Sarmiento O, Gómez-Domínguez H (2006) Inventario florístico de La Frailescana (zona focal), Chiapas, México. Informe final del proyecto Y012. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. pp 1-27
- Perry DR (1978) A method of access into the crowns of emergent and canopy trees. *Biotropica* 10:155-157
- Rodríguez OC, Asquith N (2004) Perfil de ecosistema para Mesoamérica Norte. Arlington: Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF)
- Rzedowski J (1996) Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botanica Mexicana* 35:25-44
- Shaolin P, Furong L, Ting Z, Leifu Ch, Baoming Ch, Hua P, (2008) Special ecological effects of ravines in Danxia Landform, China. *Acta Ecologica Sinica* 28:2947-2953
- SEMARNAT (2010) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 6 de marzo de 2002. México. <http://www.biodiversidad.gob.mx/pdf/NOM-059-ECOL-2001.pdf> (Acceso 17 de octubre de 2013)

- Soto-Arenas MA (1986) Orquídeas de Bonampak, Chiapas. *Orquídea* (Mexico City), 10, pp 117-122
- Soto-Arenas MA (1994) Lista de orquídeas de la Lacandona, Chiapas. In: Martínez E, Ramos A, Chiang F (eds) *Lista florística de La Lacandona, Chiapas*. *Bol Soc Bot Mex* 54: 99-117
- Soto-Arenas MA (2001) Diversidad de orquídeas en la región El Momón-Las Margaritas-Montebello. Informe final del Proyecto R-225. D.F: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
- Soto-Arenas MA, Salazar GA (2004) Orquídeas. In: García-Mendoza AJ, Ordóñez MJ, Briones-Salas M (eds) *Biodiversidad de Oaxaca*. D.F: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WorldWildlifeFund, pp 1-27
- The Nature Conservancy. (2000) El Triunfo Biosphere Reserve, pp 1-6
http://WWW.rmportal.net/library/content/nric/1244.doc/at_download/file (Acceso 20 noviembre 2013)
- Wolf JHD, Flamenco A (2003) Patterns in species richness and distribution of vascular epiphytes in Chiapas, Mexico. *Journal of Biogeography* 30:1689-1707

Figure captions

Fig. 1 Localization of the Tacaná Volcano Biosphere Reserve and the study areas

Fig. 2 Relation between orchid species richness and altitude, combining data taken from the ravines and surrounding areas, in three localities in the Tacaná Volcano Biosphere Reserve, southeast of Mexico

Fig. 3 Relation between the number of orchid species registered and the slope of the sampling site, in ravines in three localities in the Tacaná Volcano Biosphere Reserve, southeast of Mexico

Fig. 4a and b Accumulation curves for orchid species registered in a. ravines and b. surrounding areas, considering three localities in the Tacaná Volcano Biosphere Reserve, southeast México

Fig. 5 Number of orchid species per guild, defined as substrate type, comparing ravines with the surrounding areas, in three localities in the Tacaná Volcano Biosphere Reserve, southeast of Mexico. Guilds: Terr - Terrestrial; Rb - Bare rocks (Rocks without vegetation); Rv - Rocks with vegetation; Rw - Rocks with water; Tr - Trunks of trees or bushes; Br - Branches of trees or bushes; Tw - Twigs; Gn - Generalists

Rav - Ravine; Surr - Surrounding area

Rav - Ravine; Surr - Surrounding area

Artwork

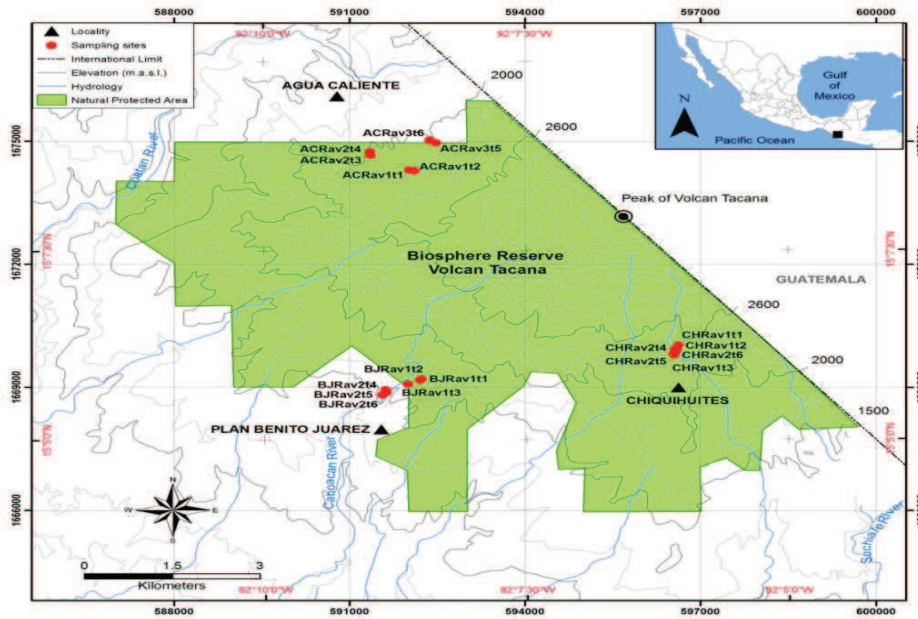


Fig. 1

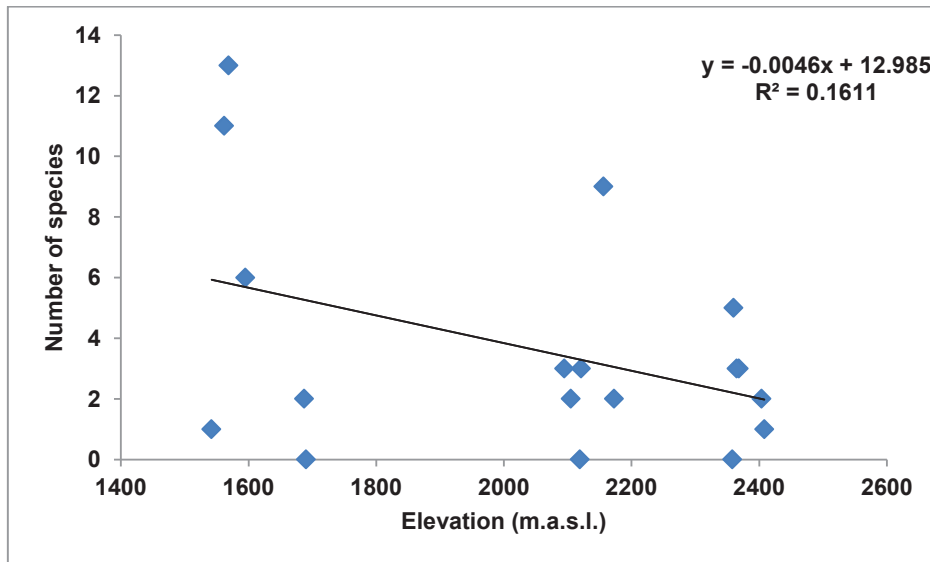


Fig. 2

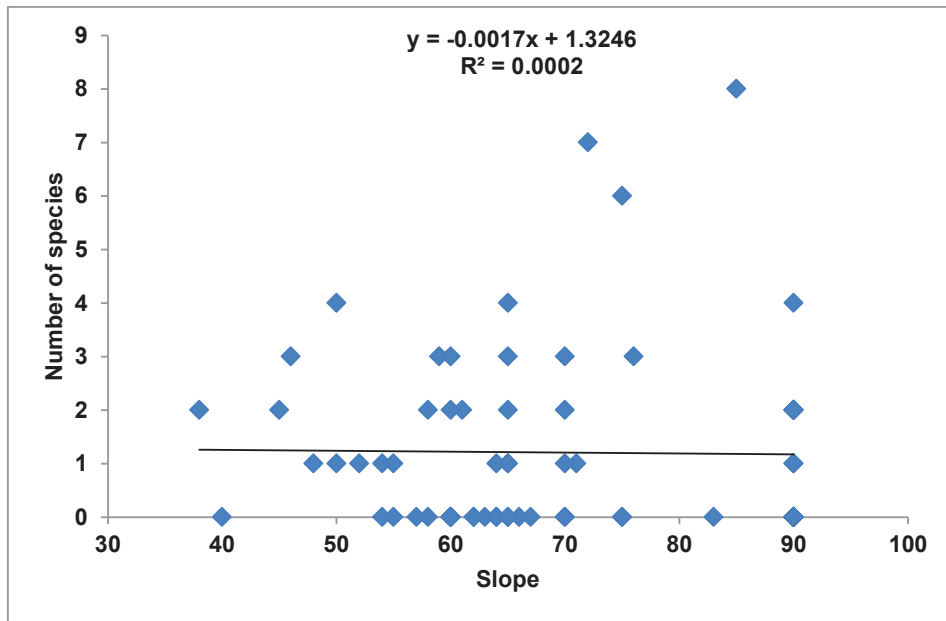


Fig. 3

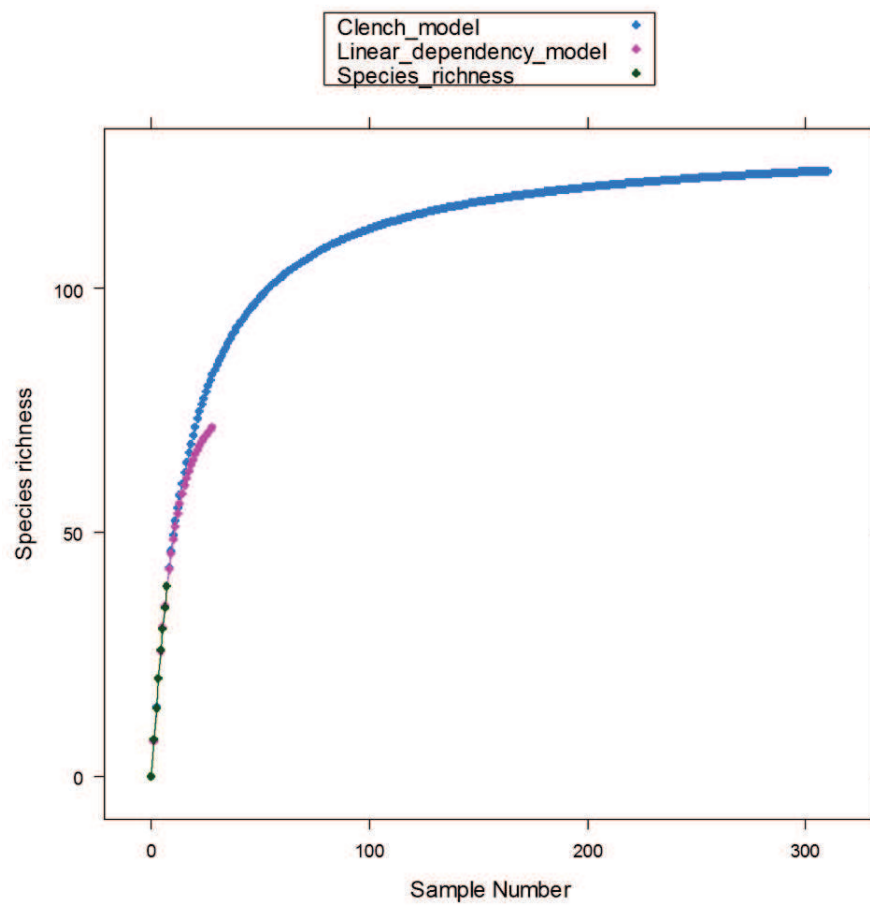


Fig. 4a. Ravines

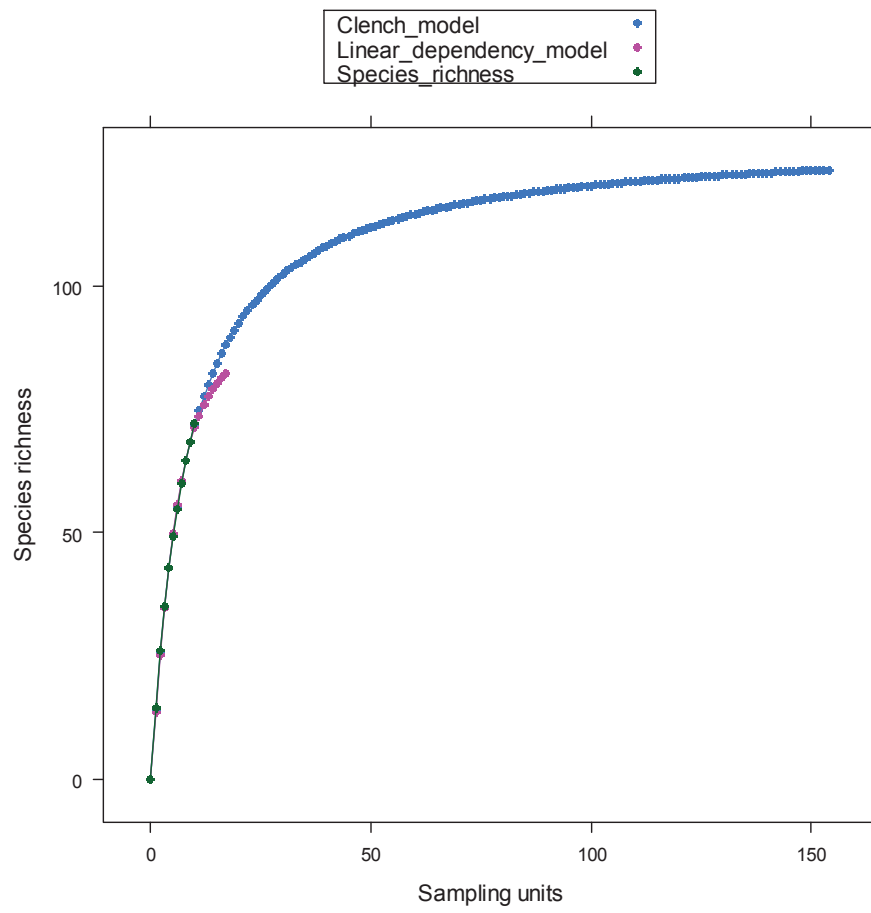


Fig. 4b. Surrounding areas

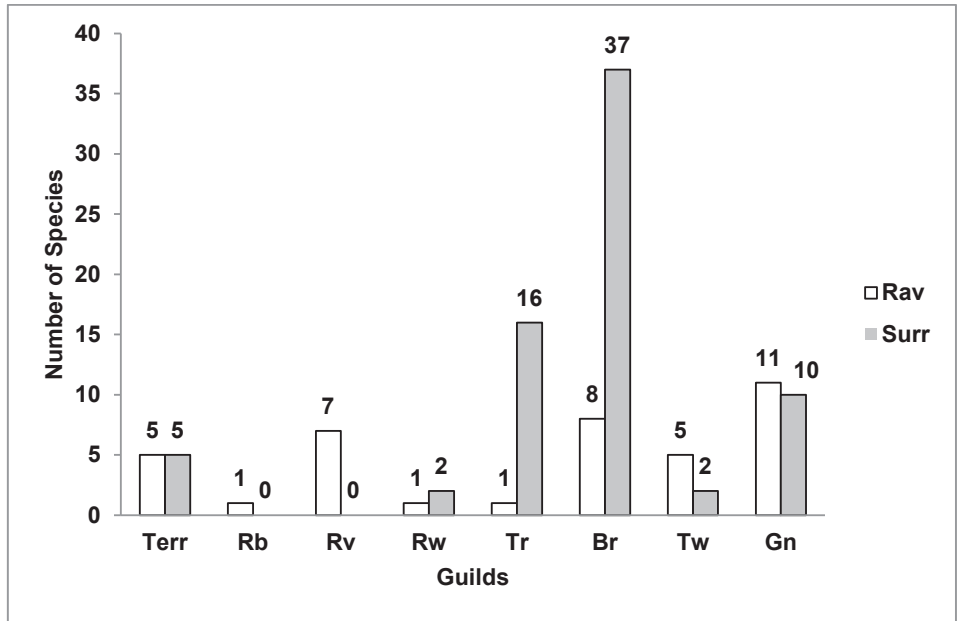


Fig. 5

Tables

Table 1 Characteristics of the transects sampled in the ravines in three localities in the Tacaná Volcano Biosphere Reserve, southeast Mexico

Transect	Orientation	No. of species	Altitude (m)	Depth (m)	Slope	Vegetation
CH						
t1	E-SE	3	2368	120	64-75°	EMSF
t2	E-NE	3	2365	120	55-90°	EMSF
t3	NE	5	2360	150	46-90°	EMSF
t4	S-SE	2	2404	120	61-90°	EMSF
t5	SW	1	2408	120	54-71°	TMCF
t6	E-SE	0	2358	130	58-90°	TMCF
BJ						
t1	W-SW	2	1687	200	45-90°	TMCF
t2	W-SW	0	1690	200	57-67°	TMCF
t3	W-SW	1	1542	180	50-90°	TMCF
t4	E-NE	6	1595	300	38-90°	TMCF
t5	E-NE	11	1562	300	54-85°	EMSF
t6	E-NE	13	1569	300	65-72°	EMSF
AC						
t1	E-NE	3	2095	100	64-75°	TMCF
t2	W-SW	3	2121	90	70-90°	TMCF
t3	E-NE	2	2173	150	48-59°	TMCF
t4	W-SW	9	2156	150	40-90°	TMCF
t5	E-SE	0	2119	120	60-70°	TMCF
t6	E-SE	2	2105	150	60-90°	TMCF

Shaded lines indicate transects facing west

CH – Chiquihuites; BJ – Benito Juárez El Plan; AC – Agua Caliente

TMCF – Tropical Mountain Cloud Forest

EMSF – Evergreen Mountain Scrub Forest

Table 2 Inventory of orchid species registered in ravines and surrounding areas in three locations in the Tacaná Volcano Biosphere Reserve, southeast of Mexico

Orchid species	Habitats		Both habitats	Type of vegetation	
	Rav	Surr		TMCF	EMSF
<i>Anathallis dolichopus</i> (Schltr.) Pridgeon & M.W. Chase		+		+	
<i>Arpophyllum medium</i> Rchb. f.			+	+	+
<i>Brassia verrucosa</i> Lindl.			+	+	+
<i>Camaridium hagsaterianum</i> (Soto Arenas) M. A. Blanco			+	+	+
<i>Campylocentrum microphyllum</i> Ames & Correll			+	+	+
<i>Coelia</i> sp.	+				+
<i>Cuitlauzina candida</i> (Lindl.) Dressler & N.H. Williams		+		+	
<i>Cyrtochiloides ochmatochila</i> (Rchb. f.) N.H. Williams & M.W. Chase		+		+	
<i>Dichaea glauca</i> (Sw.) Lindl.		+		+	
<i>Dichaea muricatoides</i> Hamer & Garay			+	+	+
<i>Dichaea suaveolens</i> Kraenzl.			+	+	+
<i>Dichaea</i> sp.		+		+	
<i>Elleanthus cynarocephalus</i> (Rchb. f.) Rchb. f.			+	+	+
<i>Epidendrum alticola</i> Ames & Correll			+	+	
<i>Epidendrum cnemidophorum</i> Lindl.		+		+	
<i>Epidendrum eximium</i> L.O. Williams		+		+	
<i>Epidendrum parkinsonianum</i> Hook.	+				+
<i>Epidendrum polychromum</i> Hágsater		+		+	
<i>Epidendrum polyanthum</i> Lindl.			+	+	
<i>Epidendrum ramosum</i> Jacq.		+		+	
<i>Epidendrum verrucosum</i> Sw.			+	+	+
<i>Epidendrum clowesii</i> Bateman ex Lindl.			+	+	
<i>Epidendrum trianthum</i> Schltr.		+		+	
<i>Gongora cassidea</i> Rchb. f.		+		+	
<i>Isochilus alatus</i> Schltr.			+	+	+
<i>Isochilus aurantiacus</i> Hamer & Garay		+		+	
<i>Isochilus chiriquensis</i> Schltr.		+		+	
<i>Jacquinella cobanensis</i> (Ames & Schltr.) Dressler			+	+	+
<i>Lepanthes oreocharis</i> Schltr.		+		+	
<i>Lockhartia verrucosa</i> Lindl. ex Rchb. f.		+		+	
<i>Macroclinium bicolor</i> (Lindl.) Dodson	+				+
<i>Masdevallia tuerckheimii</i> Ames		+		+	
<i>Maxillaria ringens</i> Rchb. f.		+		+	
<i>Maxillaria</i> sp.		+		+	
<i>Maxillaria</i> sp.1	+			+	
<i>Maxillaria</i> sp.2	+			+	

Maxillariella houtteana (Rchb. f.) M. A. Blanco & Carnevali	+		+	
Maxillariella variabilis (Bateman ex Lindl.) M. A. Blanco & Carnevali	+		+	
<i>Nemaconia striata</i> (Lindl.) Van den Berg, Salazar & Soto Arenas	+		+	
<i>Oncidium aff. laeve</i> (Lindl.) Beer	+		+	
<i>Oncidium suttonii</i> Bateman ex Lindl.		+	+	
<i>Oncidium</i> sp.	+		+	
<i>Platystele ovatilabia</i> (Ames & C. Schweinf.) Garay	+		+	
<i>Platystele stenostachya</i> (Rchb. f.) Garay	+		+	
<i>Pleurothallis leucantha</i> Schltr.	+		+	
<i>Pleurothallis matudana</i> C. Schweinf.		+	+	
<i>Pleurothallis nelsonii</i> Ames	+		+	
<i>Pleurothallis</i> sp.	+		+	
<i>Pleurothallis</i> sp.1	+		+	
<i>Prosthechea varicosa</i> (Bateman ex Lindl.) W.E. Higgins		+	+	+
<i>Restrepia trichoglossa</i> F. Lehm. ex Sander	+		+	
<i>Rhynchostele bictoniensis</i> (Bateman) Soto Arenas & Salazar		+	+	+
<i>Rhynchostele cordata</i> (Lindl.) Soto Arenas & Salazar	+		+	
<i>Rhynchostele stellata</i> (Lindl.) Soto Arenas & Salazar	+		+	
<i>Rhynchostele uroskinneri</i> (Lindl.) Soto Arenas & Salazar	+			+
<i>Rossioglossum grande</i> (Lindl.) Garay & G.C. Kenn.	+		+	
<i>Scelochilus tuerckheimii</i> Schltr.	+		+	
<i>Sobralia macrantha</i> Lindl.		+	+	+
<i>Specklinia segregatifolia</i> (Ames & C. Schweinf.) Solano & Soto Arenas	+		+	
<i>Specklinia tribuloides</i> (Sw.) Pridgeon & M.W. Chase	+		+	
<i>Specklinia</i> sp.	+		+	
<i>Stanhopea graveolens</i> Lindl.	+		+	+
<i>Stanhopea</i> sp.		+	+	
<i>Stelis hymenantha</i> Schltr.		+	+	+
<i>Stelis megachlamys</i> (Schltr.) Pupulin		+	+	+
<i>Stelis ovatilabia</i> Schltr.	+		+	
<i>Stelis tacanensis</i> R. Solano & Soto Arenas		+	+	+
<i>Stelis</i> sp.		+	+	
<i>Trichopilia tortilis</i> Lindl.	+			+
<i>Trichocentrum bicallosum</i> (Lindl.) M.W. Chase & N.H. Williams	+		+	
<i>Trichocentrum</i> sp.	+		+	
Morphospecies1	+		+	
Morphospecies2	+		+	
Morphospecies 3	+			+
Morphospecies 4		+	+	+
Morphospecies 5	+		+	
Morphospecies 6	+		+	
Morphospecies 7	+		+	

Morphospecies 8	+		+	
Morphospecies 9	+			+
Morphospecies 10			+	+
Morphospecies 11			+	+
Morphospecies 12	+			+
Morphospecies 13			+	+
Morphospecies 14		+		+
Morphospecies 15	+			+

Rav – Ravines; Surr - Surrounding area

TMCF – Tropical Mountain Cloud Forest

EMSF – Evergreen Mountain Scrub Forest

Table 3 Distribution of orchid species in ravines, surrounding areas and both habitats, in the Tacaná Volcano

Biosphere Reserve in southeast Mexico

No. orchid species present	CH	BJ	AC
Ravines	6	13	4
Both Habitats	6	12	11
Surrounding Areas	14	31	25
Total	26	56	40

Table 4a and b True diversity analysis for orchids in ravines, in three locations in the Tacaná Volcano Biosphere Reserve, southeast Mexico. a. Ravines; b. Transects of ravines

a. Ravines	True diversity		
	q=0	q=1	q=2
CH 1	9	7.5836908	6.43
CH 2	3	3.0011634	3
BJ 1	3	2.829217	2.67
BJ 2	23	18.522755	14.29
AC 1	5	4.3710358	3.77
AC 2	10	7.322853	5
AC 3	2	1.8908	1.8

b. Transects			
	CH		
1 EMSF	3	2.829217	2.67
2 EMSF	3	2.829217	2.67
3 EMSF	5	4.7114702	4.46
4 EMSF	2	1.9997057	2
5	1	1	1
	BJ		
1	2	1.9997057	2
3	1	1	1
4	6	5.743105	5.44
5 EMSF	11	8.997979	7.05
6 EMSF	13	12.3419	11.64
	AC		
1	3	2.829217	2.67
2	3	3.0011634	3
3	2	1.5698813	1.38
4	9	8.997979	9
6	2	1.8908	1.8

EMSF – Evergreen Mountain Scrub Forest (all others are TMCF). Locality: CH = Chiquihuites; BJ = Benito Juárez El Plan; AC = Agua Caliente. There were no orchids registered in Transects: CH 5, BJ 2 and AC 5

q=0: species richness; q=1: exponential of the Shannon Index; q=2: Inverse of the Simpson Index

Table 5 Observed and predicted values for species richness of orchids in ravines and surrounding areas

Habitat	Species richness	Sample number	No. of species predicted by the Clench Model	Sampling effort (95% of the asymptote)	No. of species predicted by the Linear Dependency Model	Sampling effort (95% of the asymptote)
Ravines	39	7	130	313	75	29
Surrounding Area	72	10	130	154	87	17

CAPÍTULO III

Conclusiones generales

El presente estudio presenta por vez primera una lista de especies de orquídeas encontradas en peñascos en tres localidades en la Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná, en el sureste de México. Se comparó la riqueza de especies de orquídeas en los peñascos con un inventario de los alrededores, se caracterizó el hábitat de los peñascos y se evaluó su importancia como refugio para las orquídeas de la región. Así se cumplieron con dos de los tres objetivos específicos de este trabajo: 1. Caracterizar el sub-hábitat peñascos del bosque mesófilo de montaña en el corredor biológico Tacaná-Boquerón; 2. Registrar la diversidad de las especies de orquídeas de los peñascos y compararla con los alrededores, en áreas de bosque mesófilo de montaña en el corredor biológico Tacaná-Boquerón; y con los resultados generados se elaboró el artículo titulado “Ravines as refuges for orchids in the southeast of Mexico”.

Las características tan heterogéneas de los sitios trabajados, la falta de disponibilidad de sitios perturbados que hubieran podido servir como testigos, la falta de claridad referente a exactamente cuales parámetros nos indicarían un buen estado de conservación de los BMM y la baja frecuencia de las orquídeas, no permitieron diseñar y efectuar una metodología adecuada para evaluar las orquídeas como indicadoras del estado de conservación del BMM en la zona de estudio. Así, aunque no se logró cumplir con uno de los Objetivos Específicos; 3. Identificar especies o gremios de especies de orquídeas que podrían servir de indicadoras del estado de conservación del bosque mesófilo de montaña en el corredor biológico Tacaná-Boquerón; y la Hipótesis 2 (“Existen gremios o especies de orquídeas que únicamente aparecen en

bosque de mesófilo de montaña en perfecto estado de conservación, en los peñascos o los alrededores y así pueden servir como indicadores de conservación a futuro”) se ha logrado una evaluación preliminar de la problemática del uso de las orquídeas como indicadores.

Se evaluaron las características del ambiente en los peñascos, y se confirma que el BMM es la vegetación que se distribuye en los alrededores de los peñascos en el sitio de estudio y que en algunos sitios se prolonga hasta los peñascos, pero también se resaltó la importancia de otro ecosistema, el matorral perennifolio nuboso (MPN), que sólo se observó en los peñascos.

La neblina es el factor clave que determina la composición y persistencia de las comunidades vegetales en los ecosistemas boscosos que dependen de los altos niveles de humedad proporcionados por estas “lluvias” horizontales. En este estudio las localidades seleccionadas se ubicaron dentro de la franja altitudinal bañada en neblina durante parte del día, y los peñascos presentaron una variedad de topografía y condiciones ambientales relacionados con otros factores también como la orientación, pendiente, profundidad y ecosistema. En algunos sitios, en las paredes de los peñascos se forman terrazas escalonadas, con suelos con alto contenido de humus que representan un recurso importante para la colonización y desarrollo de varias especies de orquídeas. En el entorno de los peñascos existe un marcado dinamismo de sucesión natural debido a aperturas de claros por la caída de árboles y ramas, además del desprendimiento de rocas. También, los peñascos se alimentan constantemente de materia orgánica proveniente de los alrededores. Aun así, por su condición de inaccesibles, los peñascos funcionan claramente como reservorios o refugios para varias especies de orquídeas.

En las tres localidades de estudio, en sitios con BMM, la más alta riqueza de especies de orquídeas se encontró en los alrededores, y no en los peñascos mismos. Así que se rechazó la Hipótesis 1: “Si el área de estudio cuenta con una alta diversidad de orquídeas, entonces la mayor diversidad de especies de orquídeas se presenta en los peñascos y es menor en las áreas de los alrededores de los peñascos”.

Sin embargo, los peñascos con MPN fueron los que registraron la mayor riqueza de especies de orquídeas (MPN no se encontró en los alrededores). No se encontró una relación estadísticamente significativa entre la riqueza especies de orquídeas y la pendiente, aunque los sitios de muestreo con los tres valores de riqueza mayores se encontraron en las pendientes más pronunciados. Asimismo, dentro del rango de altitudes estudiado (1442 a 2358 m), hubo sólo una débil relación entre la altitud y la riqueza de orquídeas en los sitios muestreados.

En este estudio se encontraron 86 especies de orquídeas, que representa 11.4% de las aproximadamente 750 especies de orquídeas que habitan el BMM en México (Espejo et al. 2005; Hágsater et al. 2005) y 25.9% de las especies registradas para la región del Soconusco (Damon 2013). Las 86 especies se repartieron entre los peñascos y los alrededores, el BMM y MPN y entre ocho gremios según el sustrato, o microhábitat ocupado. En total, 14 especies (16.25%) fueron exclusivas a los peñascos, 47 (54.6%) fueron exclusivas a los alrededores y 25 (29%) colonizaron ambos hábitats.

Se esperaba descubrir evidencia de la importancia de los peñascos como refugio para las orquídeas y se encontraron 14 especies exclusivas a este hábitat (*Epidendrum parkinsonianum*, *Macroclinium bicolor*, *Rhynchostele uroskinneri*, *Trichopolia tortilis*, *Coelia* sp., 2 x *Maxillaria* sp., *Specklinia* sp. y 5 morfoespecies) de las cuales 8 especies, a su vez, fueron exclusivas al MPN (*Coelia* sp., *Epidendrum parkinsonianum*,

Macroclinium bicolor, *Rhyncho스테le uroskinneri*, *Trichopilia tortilis* y 3 morfoespecies). Sin embargo, 8 de estas especies no fueron completamente determinadas debido a la falta de inflorescencias. *Epidendrum parkinsonianum* y *T. tortilis* son especies frecuentes en diversos hábitats y en diversos grados de conservación en la zona de estudio y su exclusividad a los peñascos en este estudio es más bien una casualidad. *Macroclinium bicolor* es una especie muy rara y con una distribución restringida en la zona, pero con un solo individuo encontrado la interpretación de este hallazgo es difícil. También se encontró un solo individuo de *Rhyncho스테le uroskinneri* en los peñascos, que es una especie en peligro de extinción con las únicas pequeñas poblaciones en México en la región del estudio. Otras poblaciones, por encontrarse en sitios accesibles han sido saqueadas casi a la extinción, haciendo este hallazgo de suma importancia y es de esperarse que existan más ejemplares de esta importante, bella y rara especie en los peñascos de la región. Otras especies amenazadas fueron encontradas en los peñascos, pero por lo general había mayor incidencia de orquídeas amenazadas en los alrededores.

Se ha hecho un primer paso hacia la formulación de una propuesta de alguna especie, género, grupo funcional o gremio de orquídeas como indicador del estado de conservación de los BMM. Sin embargo, la mayoría de las especies de orquídeas mantienen poblaciones pequeñas y dispersas, y con tasas bajas de polinización y reclutamiento de nuevas generaciones aun en óptimas condiciones ecológicas, y estas características pueden dificultar la selección de especies que podrían servir como indicadores. Se cuentan con datos de la distribución de las orquídeas en tres localidades claves en la Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná, y la repartición de éstas especies entre los peñascos y los alrededores y diferentes sustratos en la zona.

Para poder proponer el uso de las orquídeas como indicadores se tendría que definir precisamente cuales son los factores que indican un “buen estado de conservación de los BMM”, elegir sitios con y sin estos factores y muestrear las orquídeas para averiguar cuales especies o grupos de ellas coinciden en los sitios conservados y que estén ausentes en los sitios definidos como “no conservados”.

Finalmente, es necesario dar seguimiento a los estudios ecológicos de orquídeas en sitios de difícil acceso como los peñascos para conocer el alcance de la importancia de estos sitios como refugios que podrían contribuir a la conservación de las orquídeas en Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) en el sureste de México y otras regiones del mundo.

ASPECTOS ETICOS EN LA INVESTIGACIÓN

Las colectas de los ejemplares de orquídeas que no se lograron identificar *in situ*, se efectuaron bajo el aviso para efectuar colectas científicas en el oficio No. SGPA/DGGFS/712/O526/12.

LITERATURA CITADA (del capítulo I y el capítulo III)

- Arriaga, L., Espinoza, J.M., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez, L., Loa, E., 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala de trabajo 1:1 000 000. México, D.F: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO).
<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Tmapa.html>
(Aceso 25 abril 2013).
- Brown, A.D., 1990. El epifitismo en las selvas montanas del Parque Nacional "El Rey", Argentina: Composición florística y patrón de distribución. *Revista de Biología Tropical* 38(2), 155-166.
- Brown, A.D., Kappelle, M., 2001. Introducción a los bosques nublados del neotrópico: una síntesis regional. In: Kappelle, M., Brown, A.D. (Eds.), *Bosques nublados del neotrópico*. Santo Domingo de Heredia, pp.25-40.
- Calderón-Mandujano, R.R., 2006. Anfibios y reptiles como potenciales indicadores del estado de conservación del hábitat, en tres sitios del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) en México. Tesis de Maestría. ECOSUR.
- Canterbury, G.E., Martin, T.E., Petit, D.R., Petit, L.J., Bradford, D.F., 2000. Bird communities and habitat as ecological indicators of forest condition in regional monitoring. *Conservation Biology* 14, 544-558.
- Carignan, V., Villard, M., 2002. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: A review. *Environmental Monitoring Assessment* 78, 45-61.
- Caro, T.M., 2000. Focal species. *Conservation Biology* 14, 1569-1570.
- Catling, P.M., Lefkovitch, L.P., 1989. Associations of vascular epiphytes in a Guatemalan cloud forest. *Biotropica* 21, 35-40.

- Castro, H.J.C., 2007. Reserva de la Biosfera El Triunfo, participación social en la cafecultura sustentable, México. In: Rosas, P.A., Clüsener-Godt, M. (Eds.), Reservas de la Biosfera. Un espacio para la integración de conservación y desarrollo. Chile: Valente Ltda, pp.155-162.
- Cavanzón, L.E., 2011. Biodiversidad y selección de artrópodos bioindicadores de tres tipos de manejo forestal en el sur de Quintana Roo. Tesis de Maestría. ECOSUR.
- Challenger, A., 1998. La zona ecológica templada húmeda (bosque mesófilo de montaña). In: Challenger, A.(Ed.), Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado. Presente y futuro. D.F., pp. 443-518.
- Challenger, A., Golicher, D., González, E.M., Marc, M.I., Ramírez, M.N., Vidal, R.R.M., 2010. Sierra del Sur de Chiapas. In: CONABIO (Ed.), El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible. D.F: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), pp.124-133.
- Coates, F., Lunt, I.D., Tremblay, R.L., 2006. Effects of disturbance on population dynamics of the threatened orchid *Prasophyllumcorrectum* D.L. Jones and implications for grassland management insouth-eastern Australia. Biological Conservation 129, 59-69.
- CONABIO, 2010. El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. México, D.F: CONABIO. 19 p.
- Damon, A., Valle-Mora, J., 2008. Retrospective spatial analysis of the pollination of two miniature epiphytic orchids with different pollination strategies in a coffee plantation

in Soconusco, Chiapas, Mexico. *Botanical Journal of the Linnean Society* 158, 448–459.

Damon A (2013). Data base of the Orchids of Soconusco. Final report. CONABIO JM061.

Dale, V.H., Beyeler, S.C., 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1, 3-10.

Díaz-Toribio, M.H., 2009. Orquídeas terrestres como indicadoras de calidad ambiental en fragmentos de bosques mesófilo de montaña. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología A.C.

Espejo, S.A., López-Ferrari, A.R., Jiménez, M.R., Sánchez, S.L., 2005. Las orquídeas de los cafetales en México: Una opción para el uso sostenible de ecosistemas tropicales. *Revista de Biología Tropical* 53, 73-84.

Garnica, R., 2007. Distribución de epifitas en clases vegetales definidas por el uso Local de la Tierra en la Zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá. Listado de Informes finales de investigación EDC.

http://sitios.usac.edu.gt/wp_edc/wp-content/uploads/2012/07/Roberto-Garnica-PIMEL.pdf (Acesso 26 abril 2013).

George, A., 2006. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica. Tesis de Maestría. CATIE.

Godínez-Ibarra, O., Damon, A., García, A.R., 2012. Estructura y diversidad de árboles en un fragmento conservado de Selva Alta Perennifolia y Bosque Mesófilo de Montaña en el Soconusco, Chiapas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* (en prensa).

- Gómez, J.A., 2008. Ecología de los ensamblajes de larvas de Odonatos y su uso potencial como indicadores de Calidad Ecológica en la Sierra de Coacomán, México. Tesis de Maestría. UAEH.
- González-Espinosa, M., Meave, J.A., Ramírez-Marcial, N., Toledo-Aceves, T., Lorea-Hernández, F.G., Ibarra-Manríquez, G., 2012. Los bosques de niebla de México: conservación y restauración de su componente arbóreo. *Ecosistemas* 21(1-2), 36-54.
- Hágsater, E.; Soto-Arenas, M.A., Salazar, G.A., Jiménez, R., López, M.A., Dressler, R.L., 2005. *Las Orquídeas de México*. D.F: Instituto Chinoín.
- Hamilton, L.S., 2001. Una campaña por los bosques nublados: ecosistemas únicos y valiosos en peligro. In: Kappelle, M., Brow, A.D. (Eds.), *Bosques nublados del neotrópico*. Santo Domingo de Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), pp.41-49.
- Hausner, V.H., Yoccoz, N.G. Ims, R., 2003. Selecting indicator traits for monitoring land use impacts: Birds in Northern coastal birch forests. *Ecological Applications*, 13, 999–1012.
- Hedström, I., Denzel, A., Owens, G., 2006. Orchid bees as bio-indicators for organic coffee farms in Costa Rica: Does farm size affect their abundance? *Revista de Biología Tropical* 54 (3), 965-969.
- Hietz, P., 1999. Diversity and conservation of epiphytes in a changing environment. *Pure Applied Chemistry* 70, 2114.
- IUCN/SSC Orchid specialist Group, 1996. *Orchids status survey and conservation action plan*. Switzerland and Cambridge: IUCN (International Union for Conservation of Nature).

- Janečková, P., Wotavová, K., Schödelbauerová, I., Jersáková, J., Kindlmann, P., 2006. Relative effects of management and environmental conditions on performance and survival of populations of a terrestrial orchid, *Dactylorhizamajalis*. *Biological Conservation* 129, 40-49.
- JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón), 1999. El estudio de desarrollo integral de Agricultura, Ganadería y Desarrollo rural de la región del Soconusco (distrito de desarrollo rural No.8, Tapachula) en Chiapas, los Estados Unidos Mexicanos. Reporte final. Anexos. JICA.
- Kappelle, M., Brow, A.D., 2001. Bosques nublados del neotrópico. Santo Domingo de Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). 659 p.
- Kremen, C., 1992. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecological applications* 2(2), 203-217.
- Krömer, T., Gradstein, S.R., Acebey, A., 2007. Diversidad y ecología de epífitas vasculares en bosques montanos primarios y secundarios de Bolivia. *Ecología en Bolivia* 42, 23-33.
- Maelfait, J.-P., Hendrickx, F., 1998. Spiders as bio-indicators of anthropogenic stress in natural and semi-natural habitats in Flanders (Belgium): some recent developments. En: P. A. Selden (ed.), *Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology*, Edinburgh 1997.
- McGeoch, M.A., 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Review* 73, 181-201.
- Morales, I.H., 2008. Aspectos Físicos-Naturales. In: Vasquez, S.M.A (Ed.), *Zonas afectadas por el huracán Stan en las regiones Istmo-Costa, Sierra y Soconusco*

(Investigación para el ordenamiento). Fray Bartolomé de las Casas, AC, Chiapas, pp.15-44.

Nadkarni, N.M., Matelson, T.J., 1989. Bird use of epiphyte resources in neotropical trees. *The Condor* 91, 891-907.

Nadkarni, N.M., 2000. Colonization of stripped branch surfaces by epiphytes in a lower montane cloud forest, Monteverde, Costa Rica. *Biotropica* 32, 358-363.

Newman, B.J., Ladd, P., Batty, A., Dixon, K., 2007. Ecology of orchids in urban bushland reserves – can orchids be used as indicators of vegetation condition? *Lankesteriana* 7(1-2), 313-315.

Niemi, G.J., McDonald, M.E., 2004. Application of ecological indicators. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35, 89-111.

Noss, R.F., 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4(4), 355-364.

Ortega, F., Castillo, G., 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias* 43, 32-39.

Rasmussen, C. 2009. Diversity and Abundance of Orchid Bees (Hymenoptera: Apidae, Euglossini) in a Tropical Rainforest Succession. *Neotropical Entomology* 38(1), 66-73.

REBIVTA, 2008. Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera Volcan Tacana. Mexico, D.F: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 149 p.

Reyes-Castillo, P., 2003. Las ideas Biogeográficas de Gonzalo Halffter: Importancia e impacto. In: Morrone, J.J., Llorente, B.J. (Eds.), *Una perspectiva latinoamericana*

de la biogeografía. D.F: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), pp.99-108.

Richter, M., Moreira-Muñoz, A., 2005. Heterogeneidad climática y diversidad de la vegetación en el sur de Ecuador: un método de fitoindicación. *Revista Peruana de Biología* 12, 217-238.

Roberts, D.L., Dixon, K.W., 2008. Orchids. *Current Biology* 18, 325–329.

Rodríguez, O.C., Asquith, N., 2004. Perfil de ecosistema para Mesoamérica Norte. Arlington: Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF).

Rodríguez, A.S.L., Brooks, T.M., 2007. Shortcuts for biodiversity conservation planning: The effectiveness of surrogates. *Annual Review of Ecology Evolution, and Systematics* 38, 713-737.

Root, R., 1967. The niche exploitation pattern of the bluegray gnatcatcher. *Ecological Monographs* 37, 317-350.

Rzedowski, J., 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botanica Mexicana* 35, 25–44.

Sánchez, R.M., Abelardo Calderón, R.A., 2010. Evaluación preliminar de Orquídeas en el Parque Nacional Cutervo, Cajamarca-Perú. *Ecología Aplicada* 9(1),1-7.

San Martín, J., Espinosa, A., Zanetti, S., Hauenstein, E., Ojeda, N., Arriagada, C., 2008. Composición y estructura de la vegetación epífita vascular en un bosque primario de Olivillo (*Aextoxicon punctatum* Ruiz & Pav.) en el sur de Chile. *Ecología Austral* 18, 1-11.

Seaton, P.T., Hu, H., Perner, H., Pritchard, H.W., 2010. Ex Situ Conservation of Orchids in a Warming World. *Botanical Review* 76, 193–203.

- Sletvold, N., Øien, D.I., Moen, A., 2010. Long-term influence of mowing on population dynamics in the rare orchid *Dactylorhiza lapponica*: The importance of recruitment and seed production. *Biological Conservation* 143, 747–755.
- Smith, S.E., Read, D.J., 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic, New York.
- Soto-Arenas, M. A., 2001. Diversidad de orquídeas en la región El Momón-Las Margaritas-Montebello. Informe final del Proyecto R-225. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, pp1-84.
- Soto-Arenas, M.A., Salazar, G.A., 2004. Orquídeas. In: García-Mendoza, A.J., Ordóñez, M.J., Briones-Salas, M. (Eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. D.F: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WorldWildlifeFund, pp1-27.
- Sparrow, H.R., Sisk, T.D., Ehrlich, P.R., Murphy, D.D., 1994. Techniques and guidelines for monitoring neotropical butterflies. *Conservation Biology* 8 (3), 800-809.
- The Nature Conservancy. (2000) El Triunfo Biosphere Reserve, pp 1-6.
http://WWW.rmportal.net/library/content/nric/1244.doc/at_download/file (Acceso 20 noviembre 2013).
- Turner, T.H., Tan, H.T.W., Wee, Y.C., Ibrahim, A.B., Chew, P.T., Corlett, R.T., 1994. A study of plant species extinction in Singapore: lessons for the conservation of tropical biodiversity. *Conserv Biol* 8, 705–712.
- Valdivia, P.E., 1977. Estudio botánico y ecológico de la región del río Uxpanapa, Veracruz. No.4: Las Epifitas. *Biótica* 2(1), 8-13.
- Villaseñor, J.L., 2010. El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: Catálogo florístico-taxonómico. México, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 38 p.

Anexo

Confirmación de artículo sometido a Biodiversity and Conservation

Rm: BIOC - Submission Confirmation

De: "Biodiversity and Conservation (BIOC)" <renuka.nidhi@springer.com>

Para: "Anne Damon" <adamon@ecosur.mx>

Fecha: 06/12/2013 04:30 p.m.

Asunto: BIOC - Submission Confirmation

Enviado por: em.bioc.0.379ec3.e00eb787@editorialmanager.com

Dear Dr. Anne Damon,

Thank you for submitting your manuscript, Ravine as refuges for orchids in the southeast of Mexico, to Biodiversity and Conservation.

During the review process, you can keep track of the status of your manuscript by accessing the following web site:

<http://bioc.edmgr.com/>

Your username is: adamon

Your password is: damon748475

Should you require any further assistance please feel free to e-mail the Editorial Office by clicking on "Contact Us" in the menu bar at the top of the screen.

With kind regards,

Springer Journals Editorial Office

Biodiversity and Conservation

Now that your article will undergo the editorial and peer review process, it is the right time to think about publishing your article as open access. With open access your article will become freely available to anyone worldwide and you will easily comply with open access mandates. Springer's open access offering for this journal is called Open Choice (find more information on www.springer.com/openchoice). Once your article is accepted, you will be offered the option to publish through open access. So you might want to talk to your institution and funder now to see how payment could be organized; for an overview of available open access funding please go to www.springer.com/oafunding.

Although for now you don't have to do anything, we would like to let you know about your upcoming options.