
The Mexican Naturalist

Revista oficial del Curso de Campo

Ecología y Conservación del Bosque Tropical Húmedo



Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas

7 al 17 de Marzo 2013

Volumen 4

Coordinador:

Dr. Víctor Arroyo-Rodríguez

Profesores Invitados:

M. C. Arturo González-Zamora (Instituto de Ecología A.C., Xalapa, México)

Dra. Inara R. Leal (Universidad Federal de Pernambuco, Recife, Brasil)

Dr. Marcelo Tabarelli (Universidad Federal de Pernambuco, Recife, Brasil)

Dr. Felipe P. L. Melo (Universidad Federal de Pernambuco, Recife, Brasil)

Dr. Bráulio A. Santos (Universidad Federal de Paraíba, João Pessoa, Brasil)

Estudiantes:

Rodrigo Sierra Corona (lomogrande@hotmail.com)

Marisela Martínez Ruiz (marisela.martinez@ibunam2.ibiologia.unam.mx)

Rodrigo Isaias Leon Villegas (isaias191084@hotmail.com)

Francisco Javier Rendón Sandoval (frendon@cieco.unam.mx)

Alejandra López Valenzuela (biolalejandralv@gmail.com)

Samantha Solís Oberg (oberg_samantha@hotmail.com)

Lucía Díaz (lucia.diaz.vazquez@gmail.com)

Miguel Rivas Soto (miguelrivassoto@gmail.com)

Daiane Carreira (dai_ieq@hotmail.com)

Vitza Cabrera (vitza25@yahoo.com.mx)

Trabajos grupales

Líquenes folícolas en busca de luz. Cabrera V, Solís-Oberg S, Carreira D 1

Influencia de la estructura de la vegetación sobre la riqueza de aves en un bosque tropical húmedo. Díaz L, León-Villegas R, Martínez-Ruiz M, Sierra-Corona R 5

Efecto ladera vs. efecto pendiente: impacto relativo sobre la estructura de la vegetación en un bosque tropical húmedo. López-Valenzuela A, Rendón-Sandoval FJ, Rivas M 10



Líquenes folícolas en busca de luz

Vitza Cabrera¹, Samantha Solís-Oberg^{1*}, y Daiane Carreira²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología, México D.F.

²Universidad Federal de São Carlos, Araras, Brasil.

*Autor para la correspondencia: oberg_samantha@hotmail.com

Resumen: El establecimiento y crecimiento de epifilias sobre las hojas de plantas tropicales dependen de factores abióticos (e.g. temperatura, humedad) y la llegada de diásporas a la filósfera. Los factores abióticos pueden estar determinados por la cobertura del dosel, la orientación de la ladera, la altitud y la altura de la planta, y la llegada de diásporas puede estar relacionada con la presencia de fuentes dispersoras y el área foliar disponible para su establecimiento y crecimiento. Nosotras evaluamos el efecto relativo de estos factores sobre el porcentaje de cobertura de líquenes folícolas (PCLF) en hojas de la palma *Astrocaryum mexicanum*; un tema pobremente estudiado. El PCLF aumentó en las plantas más altas, siendo mínima en plantas de menor altura y más sombreadas. Estos hallazgos sugieren que la luz es el elemento más importante que determina el establecimiento y crecimiento de líquenes folícolas.

Palabras claves: Diásporas, efecto de ladera, factores abióticos, gradiente altitudinal, cobertura de epífilas

INTRODUCCIÓN

Los líquenes folícolas son muy diversos en bosques tropicales, y son particularmente abundantes en el sotobosque (Lücking 1995). Debido a su acelerado ciclo de vida y respuesta rápida a cambios ambientales, estos organismos podrían ser considerados como bioindicadores de zonación altitudinal, microclima y disturbios en los trópicos (Lücking 1997), por tanto, entender los factores que determinan su distribución y abundancia tiene implicaciones ecológicas y de conservación muy relevantes.

El establecimiento y reproducción de líquenes folícolas depende en gran medida de las condiciones microclimáticas (Pinokiyó *et al.* 2006). Además de ser afectados por la humedad local y la cantidad de precipitación en gradientes altitudinales, la disponibilidad de luz también puede determinar la distribución de estos organismos (Lücking 1997). Estas condiciones ambientales dependen de la altura de las plantas hospederas, la cobertura del dosel, así como de la altitud y orientación de la ladera en áreas montañosas (Hann 1866). En bosques tropicales solo el 0.83% del total de luz cruza el dosel y llega al sotobosque (Turnbull & Yates 1993). Por tanto, la incidencia de luz será mayor en plantas más altas, particularmente en aquellas ubicadas en áreas con menor cobertura de dosel. La región tropical de los Tuxtlas es muy montañosa, y las laderas orientadas al norte están expuestas a vientos provenientes del norte cargados de humedad, ya que provienen del Golfo de México y proporcionan cerca del 15% de la media anual de lluvias (Sedver 1993). De esta manera, en esta región la ladera norte es más húmeda que la ladera sur.

La teoría del “efecto de vecindario” sugiere que los patrones observados en un lugar determinado pueden depender de las características que lo rodean (Dunning *et al.* 1992). Estos líquenes se reproducen por medio de diásporas que son dispersadas por viento (Sanders & Lücking 2002), por tanto, el establecimiento y crecimiento de líquenes folícolas dependerá también de la disponibilidad de fuentes de propágulos alrededor de la planta hospedera. Por otro lado, con base en la teoría de biogeografía de islas (MacArthur & Wilson 1967) cabría esperar que hojas con un mayor área foliar tengan mayor

densidad de líquenes ya que estas hojas tienen una mayor probabilidad de ser colonizadas por propágulos en dispersión.

En este estudio evaluamos si existe una relación entre el porcentaje de cobertura de líquenes folícolas (PCLF) y la altitud, la orientación de la ladera, la cobertura del dosel, altura de la planta, área foliar, así como el número de individuos con líquenes folícolas en hojas de la palma *Astrocaryum mexicanum*. Seleccionamos la especie *Astrocaryum mexicanum* (Arecaceae) dada la elevada presencia de individuos observados en la reserva de la biósfera de los Tuxtlas y la marcada presencia de líquenes folícolas en sus hojas.

Se sabe que las condiciones ambientales, las características estructurales del árbol y la presencia de plantas con líquenes crean un microclima que afecta la abundancia de líquenes folícolas (Lücking 1997). Esperamos que las plantas que se localicen a una altitud mayor, sobre la ladera norte, con superficie foliar y altura mayor, así como la presencia de organismos con líquenes en el vecindario contiguo presenten mayor porcentaje de cobertura de líquenes folícolas.

MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en La Estación Biológica de Los Tuxtlas, en el estado de Veracruz, al sureste de México (18°30' y 18°40'N, 95°03' y 95°10'W). La temperatura media anual es de 27 °C, con una precipitación de 4900 mm. La estación está ubicada en una reserva de 640 ha de selva tropical húmeda.

Para el muestreo se seleccionó un sitio de selva alta perennifolia con altitud entre 181 m y 340 m, correspondiente a la vereda llamada “vigía 5” que recorre la cresta del cerro “El vigía”. El camino se encuentra entre dos laderas con orientación norte y sur. Comenzando por el punto más alto de la vereda se recorrió una distancia de 10 m en cada ladera y se seleccionó al individuo de *Astrocaryum mexicanum* más cercano a ese punto. Se colectó una hoja al azar de cada individuo (planta hospedera). Se midió la altura de cada individuo a partir del último anillo de crecimiento. La cobertura del dosel se estimó con un densiómetro. La altitud se

midió con un GPS. Además, se contó el número de individuos con líquenes en un radio de 2 m a partir de la planta hospedera focal. Se siguió el mismo procedimiento cada 50 metros hasta finalizar la vereda vigía 5 con lo que se obtuvieron 24 muestras (12 en la ladera sur y 12 en la ladera norte).

En laboratorio se midió el ancho y largo de las hojas y se estimó el porcentaje de área foliar cubierto por líquenes (PCLF). El PCLF se estimó como el promedio de tres cuadros de 10 cm² seleccionados al azar en cada hoja. Este porcentaje fue transformado a proporciones y se obtuvo la raíz cuadrada del arcoseno de dichas proporciones para normalizar la variable de respuesta. Para evaluar el factor [i.e. altura de la planta, área foliar, altitud, orientación de la laderas (norte o sur), número de palmas vecinas con líquenes y cobertura de dosel] con mayor impacto sobre el área foliar cubierto por líquenes se realizó un análisis de regresión múltiple con el programa R. Para evitar problemas de multicolinealidad se calculó el VIF (Variance Inflation Factor) entre las variables explicativas con la paquetería “car” de R. Siguiendo a Crawley (2007), el modelo de regresión más parsimonioso (modelo mínimo adecuado) se evaluó con una regresión por partes (backward stepwise regression). Para complementar el resultado del modelo de regresión, también se realizó un árbol de regresión con la paquetería “tree” de R.

RESULTADOS

El PCFL en las hojas de *Astrocaryum mexicanum* estuvo mayormente relacionada con la altura de la planta ($P = 0.06$), siendo mayor en plantas más altas (Tabla 1). Aunque el modelo obtenido no fue significativo, la inclusión de la cobertura del dosel en el modelo incrementó notablemente la varianza explicada ($R^2 = 0.16$; Tabla 1).

Tabla 1. Cambios en el porcentaje de cobertura de líquenes folícolas (PCLF) en hojas de *Astrocaryum mexicanum* en relación a la altura del árbol (m) y cobertura del dosel (%) en la reserva de Los Tuxtlas, México.

V.E ^a	Est	S.E	R ²	P	AIC
Intercept	0.79	0.40	0.16	0.06	9.06
Alt	0.326	0.13*			
CD	-0.008	0.006			

Únicamente se incluye el modelo mínimo adecuado.

^aV.E., variables explicativas: Alt= altura de la planta (m) y CD= cobertura del dosel (%). Se indican el estimador (Est) y error estándar (S.E) para cada variable, así como la R², P y Criterio de Información Akaike (AIC) del modelo. * $p = 0.06$.

De hecho, el árbol de regresión también seleccionó la cobertura del dosel como una variable importante que explicó el PCFL, con un impacto negativo (Figura 1). En particular, el PCFL fue mayor en plantas de mayor altura, pero cuando la altura fue menor a 1.25 m, el PCFL fue mayor cuando las hojas estaban menos sombreadas (i.e. con menor cobertura de dosel) (Figura 1).

DISCUSIÓN

Nuestros resultados apoyan parcialmente la hipótesis propuesta. La altura tuvo un efecto positivo mientras que la cobertura del dosel tuvo un efecto negativo sobre el PCLF de las hojas de *Astrocaryum mexicanum*. Esto indica que el establecimiento y crecimiento de líquenes folícolas se ven favorecidos en hojas expuestas a una mayor cantidad de luz. Este resultado es consistente con la idea de que estos organismos usan a las plantas para elevarse del suelo y alcanzar la luz sin invertir en producir sus propios tallos (Janzen 1975).

Contrario a lo esperado, la altitud, la orientación de la ladera y el número de organismos con líquenes en el vecindario contiguo no tuvieron un efecto significativo sobre la abundancia de líquenes folícolas. Esto podría deberse a que el gradiente altitudinal y la distancia entre las muestras de las laderas fueron pequeñas. La presencia de plantas con líquenes folícolas en el vecindario parece no tener ningún efecto sobre la abundancia de los líquenes folícolas en un determinado individuo. Esto podría explicarse con las técnicas de dispersión por viento de las diásporas de estos líquenes (Sanders & Lücking 2002), que podría resultar en una dispersión estocástica de estos organismos (Lücking 1998), es decir, que pueden dispersarse sin límites debido al tamaño diminuto de las diásporas.

Se sabe que las diferencias microclimáticas como la exposición a la luz del sol, al viento (magnitud y dirección), la temperatura y la cantidad de humedad influyen los procesos ecosistémicos (Whitaker 1975). Lücking (1997) encontró que los líquenes folícolas son susceptibles a factores microclimáticos y que, por lo tanto, este grupo podría ser un buen indicador de diferencias entre microclimas.

En el caso de la orientación de la ladera, al establecer una mayor distancia entre las muestras podría aumentar las diferencias entre factores abióticos de las laderas norte y sur y resultar en diferencias entre muestras. En relación con esto, la medición de la temperatura, la humedad, la incidencia de luz y la magnitud y dirección del viento podría revelar diferencias microclimáticas entre las laderas, las cuales probablemente tendrían un efecto sobre el porcentaje de cobertura de líquenes folícolas.

AGRADECIMIENTOS:

Queremos agradecer al Dr. Víctor Arroyo-Rodríguez por todo el apoyo durante el curso de Ecología y Conservación del Bosque Tropical Húmedo, por ayudarnos con el análisis estadístico, por el interés de enseñarnos lo que nadie te enseña. Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM por los fondos otorgados para el curso.

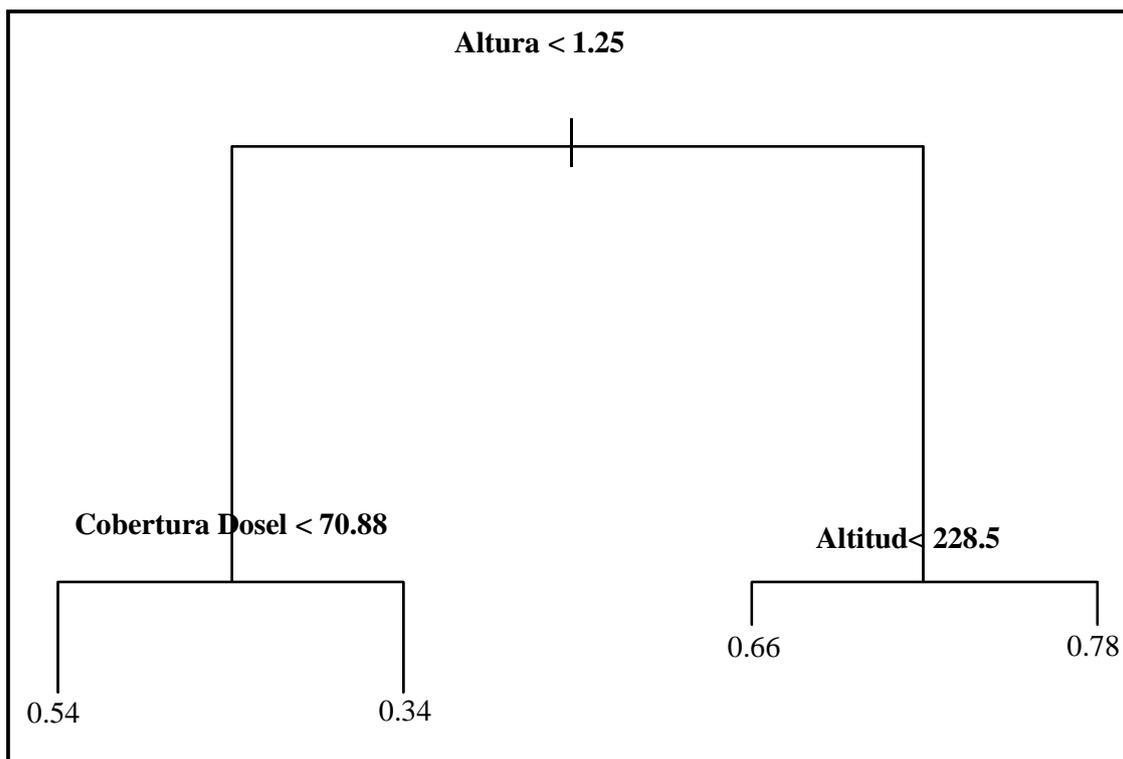


Figura 1. Árbol de regresión que relaciona el porcentaje de cobertura de líquenes folícolas (PCLF) en hojas de *Astrocaryum mexicanum* con la altura del árbol (m) y la cobertura del dosel (%) en la Estación de Los Tuxtlas, México. Las plantas con altura menor a 1.25 m presentaron un mayor PCLF (media 0.54) cuando la cobertura del dosel fue menor a 70.9% y cuando ésta era mayor tuvieron una media de 0.34. Las plantas con una altura mayor a 1.25 m presentaron más líquenes (media 0.78) cuando se encontraron a una altitud mayor a 228.5 m s.n.m. y menos líquenes (0.66) en altitudes menores a 228.5 m s.n.m.

LITERATURA CITADA

- CRAWLEY, M.J. 2007. *The R Book*. John Wiley and Sons, Sussex.
- DUNNING, J.B., DANIELSON, B.J., PULLIAM, R.H. 1992. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos* 65:169-175.
- HANN, J., 1866: Zur Frage über den Ursprung des Föhns. *Zeit. Oest. Gesell. Meteor.*, I, 257-263.
- JANZEN, D.H. 1975. *Ecology of plants in the tropics*. Edward Arnold, London, 66 pp.
- LÜCKING, R. 1995. Biodiversity and conservation of foliicolous lichens in Costa Rica. *Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft* 70:63-92.
- LÜCKING, R. 1997. The use of foliicolous lichens as bioindicators in the tropics, with special reference to the microclimate. *Abstracta Botanica* 21:99-116.
- LÜCKING, R. 1998. Ecology of foliicolous lichens at the "Botarrama" trail (Costa Rica), a neotropical rain forest. II. Patterns of diversity and area cover and their dependence on microclimate and phorophyte species. *Ecotropica* 4:1-24.
- MACARTHUR, R. H. & WILSON, E. O. 1967. The theory of island biogeography. *Princeton University Press* 1.
- PINOKIYO, A., SINGH, K., SINGH, J. 2006. Leaf-colonizing lichens: their diversity, ecology and future prospects. *Current science* 90:4-25.
- SANDERS, W. B. & LÜCKING, R. 2002. Reproductive strategies, relichenization and thallus development observed in situ in leaf-dwelling lichen communities. *New Phytologist* 155:425-435.
- SEDUVER. 1993. *Programa de Ordenamiento Urbano del Sistema de Ciudades de Los Tuxtlas*. Unidad de Planeación-SEDUVER. 149 pp.
- TURNBULL, M.H. & YATES, D.J. 1993. Seasonal variation in red/far-red ratio and photon flux density in an Australian Sub-Tropical Rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology* 64:111-127.
- WHITTAKER, R.H. 1975. *Communities and ecosystems*. Second Edition. MacMillan, U.S.A.

Influencia de la estructura de la vegetación sobre la riqueza de aves en un bosque tropical húmedo

Lucía Díaz^{1*}, Rodrigo León-Villegas², Marisela Martínez-Ruiz² y Rodrigo Sierra-Corona³

¹Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente, Ciudad de México.

²Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

³Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

*Autor para la correspondencia: lucia.diaz.vazquez@gmail.com

Resumen: Entender el impacto de la estructura del hábitat sobre la distribución y abundancia de los organismos es un objetivo clave en ecología y biología de la conservación. Para las aves, la estructura de la vegetación puede ser determinante, ya que interviene en la selección del hábitat, actividades de forrajeo y patrones de movimientos. Nosotros probamos esta hipótesis evaluando la relación entre la estructura de la vegetación y la riqueza de aves en 15 puntos de conteo en un área de bosque tropical húmedo en Los Tuxtlas, México. Aunque nuestros resultados no fueron concluyentes, encontramos una relación positiva entre el área basal de árboles y la riqueza de especies. Nuestros resultados sugieren que es necesario considerar otras variables del hábitat, como la composición florística y cobertura vegetal, para tener un mejor entendimiento de los factores que afectan la presencia de estos organismos.

Palabras claves: área basal, cobertura del dosel, avifauna, Los Tuxtlas.

INTRODUCCIÓN

El número de especies presentes en un área depende de distintos factores que actúan a diferentes escalas (Ricklefs 1987, Wiens 1991). A escala local, la estructura del hábitat (usualmente representada a través de la estructura de la vegetación), puede afectar la riqueza de especies de un gran número de organismos (Ricklefs 1987, Rotenberry & Wiens 1980). Para el caso particular de las aves, la estructura de la vegetación influye en la selección de hábitat, ya que puede limitar el movimiento y desplazamiento de estos organismos para forrajear (Brodman *et al.* 1997).

El deterioro de la estructura de la vegetación y del ambiente físico puede afectar negativamente a las especies nativas de un sitio. Por ejemplo, las áreas forestales transformadas a pastizales para la producción ganadera y agrícola pueden simplificar la estructura de la vegetación, promoviendo el reemplazo de especies nativas por invasoras (Fischer & Lindenmayer 2007).

El bosque tropical húmedo (BTH) cubre 7% de la superficie de la tierra y contiene más de la mitad de las especies descritas en el mundo (Wilson 1988). En este ecosistema, la pérdida de área forestal, traducida en modificación y pérdida del hábitat, es la principal amenaza para el mantenimiento de la biodiversidad (Fahrig 2003). La pérdida de áreas forestales puede resultar en modificaciones de la estructura de la vegetación (e.g. aumento en la mortalidad de árboles y desaparición de árboles grandes) (Laurance *et al.* 2002), provocando la reducción en las poblaciones e inclusive la extinción local de algunas especies de vertebrados (Brook *et al.* 2003, Harrison 2011).

En México, entre 1990 al 1995, el BTH disminuyó a una tasa anual de 630,574 ha por año (FAO 1997). En 1972, el BTH de la región de Los Tuxtlas ocupaba un área de 97,0150 ha. Para 1993 quedaban apenas 52,132 ha (53.7%) de BTH distribuido en fragmentos aislados por pastizales para ganadería (Guevara *et al.* 2004).

Nuestro objetivo fue evaluar el efecto de la estructura de la vegetación sobre la riqueza de aves tropicales dentro de la

Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, México. Dado que áreas con mayor cantidad de árboles grandes, mayor área basal y mayor cobertura pueden ofrecer mayor disponibilidad de recursos (e.g. percha, refugio, anidación, alimentación) para las aves, esperamos que la riqueza de especies sea mayor en áreas dominadas por un mayor número de árboles, mayor área basal y mayor cobertura de dosel.

MÉTODOS

Área de estudio

Llevamos a cabo este estudio en la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, una reserva de 640 ha (150 a 650 msnm, 18°8'18.45"N 94° 37'.95° 22' W) ubicada en el estado de Veracruz, México. Ésta presenta un clima cálido-húmedo con temperatura máxima entre los 30 y 36 °C durante el mes de mayo y mínima entre los 10 y 16 °C en enero; la precipitación media anual varía entre 1500 y 4500 mm (Soto & Gama 1997). El tipo de vegetación presente en el sitio es bosque tropical húmedo.

Muestreo de aves

Para estimar la riqueza de aves utilizamos el método de puntos de conteo (Bibby *et al.* 2002). Realizamos 15 puntos de conteo de radio fijo (20 m) separados cada 100 m. En cada punto, registramos todas las aves observadas en un periodo de 10 minutos. Los puntos se llevaron a cabo en áreas dentro del BTH y en zonas limítrofes con pastizales para ganadería (Figura 1). Las aves dentro de este radio fueron identificadas taxonómicamente mediante el uso de guías de aves de Howell & Webb (1995) y Peterson & Chalif (1989).

Estructura de la vegetación

Para cada punto de observación delimitamos un radio de 5 m, donde medimos cuatro variables de la estructura de la vegetación: (1) número de árboles (2) número de árboles con fruto (3) el diámetro a la altura del pecho (dap) con ayuda de una cinta métrica y (4) el porcentaje de cobertura del dosel, haciendo uso de un densiómetro esférico convexo. Para las variables número de árboles, número de árboles con frutos y dap sólo consideramos árboles con dap mayor a 4 cm.

Análisis estadístico

Primero evaluamos posibles problemas de multicolinealidad entre factores con base en el factor de inflación de la varianza (VIF). Dado que ninguna variable explicativa fue colinear (VIF < 4 en todos los casos), incluimos todas las variables en el modelo completo. Después, con un análisis de regresión por partes (backward stepwise regression), seleccionamos los factores con mayor impacto sobre la riqueza de aves usando el programa R. Una vez seleccionado el modelo mínimo (i.e. el modelo que incluye únicamente las variables que tienen un mayor impacto sobre la riqueza de aves), se probó la normalidad de la variable respuesta con la prueba Shapiro-Wilk. El test demostró que la variable de respuesta seguía una distribución normal (P = 0.59). También se exploró la distribución de los errores para estar seguros que no se violó la homocedasticidad de varianza. Como análisis complementario se realizó un árbol de regresión con la paquetería “tree” de R.

RESULTADOS

Durante el muestreo encontramos 45 especies de aves pertenecientes a 22 familias y 37 géneros. En algunos casos sólo se logró identificar a nivel de familia y género (Tabla 1).

El análisis de regresión por partes demostró que los factores que tuvieron un mayor impacto sobre la riqueza de aves fueron el área basal y la cobertura del dosel. El número de especies aumentó con el área basal (Figura 2), pero esta relación no fue significativa (R² = 0.05, P = 0.42). La cobertura del dosel se relacionó positivamente con la riqueza de especies, pero esta relación tampoco fue significativa (R² = 0.04, P = 0.53). El árbol de regresión también mostró que el número de especies dependió mayormente del área basal (i.e. rama más larga del árbol), y en segundo término de la cobertura (Figura 3). La diversidad promedio más alta se dio en puntos con mayor cobertura (7.4 especies), y en segundo lugar en puntos con baja cobertura y baja área basal (7.2 especies). La menor riqueza se observó en puntos con baja cobertura pero mayor área basal (4 especies) (Figura 3).

DISCUSIÓN

Ninguno de los atributos de la vegetación evaluados mostró una relación significativa con la riqueza de especies de aves presentes en el sitio de estudio. Nuestros resultados concuerdan con lo descrito por Bersier & Meyer (1995) y Bojorges-Baños (2006), quienes argumentan que los atributos estructurales de la vegetación, como la altura y número de árboles, no se correlacionan con variables avifaunísticas como la riqueza y la diversidad de especies. Esto puede deberse a que la riqueza y estructura de las comunidades es más dependiente de la composición florística (Rice *et al.* 1994), un atributo que no se probó en el presente estudio. Por tanto, estudios futuros deben

considerar incluir la composición de especies para probar esta hipótesis.

Tabla 1. Especies de aves registradas en 15 puntos de conteo dentro de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas.

Nombre científico	Nombre común
<i>Aimophila rufescens</i>	Sabanero rojizo
<i>Amazilia candida</i>	Colibrí pechi-blanco
<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente-blanca
<i>Amazona autumnalis</i>	Loro chachete amarillo
<i>Atlapetes sp.</i>	Gorrión sp.
<i>Basileuterus culicivorus</i>	Chipe corona dorada
<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorra roja
<i>Buteo magnirostris</i>	Aguiluilla caminera
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguiluilla negra menor
<i>Campylopterus excellens</i>	Colibrí cola larga
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura
<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>	Tángara oftálmica
<i>Campylopterus sp.</i>	Colibrí sp.
<i>Cyanerpes cyanaeus</i>	Mielero pata roja
<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde
<i>Dendroica sp.</i>	Chipe sp.
<i>Dives dives</i>	Tordo cantor
<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita común
<i>Glaucidium sp.</i>	Tecolote sp.
<i>Habia fuscicauda</i>	Tángara garganta roja
<i>Henicorhina leucostica</i>	Chivirín pecho blanco
<i>Icterus wagleri</i>	Bolsero de wagler
<i>Leptotila plumbeiceps</i>	Paloma cabecigris
<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste
<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario
<i>Nyctidromus sp.</i>	Tapacamino sp.
<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca vetula
<i>Piranga rubra</i>	Tángara roja
<i>Polioptila sp.</i>	Perlita sp.
<i>Psarcolius montezuma</i>	Oropendola de montezuma
<i>Psilorhinus morio</i>	Pepe
<i>Pteroglossus torquatus</i>	Tucan collarejo
<i>Ramphastos sulphuratus</i>	Tucán arcoiris
Parulidae 1	Reinita sp1.
Parulidae 2	Reinita sp2.
<i>Thraupis abbas</i>	Tángara ala amarilla
<i>Troglodytes aedon</i>	Chivirín salta pared
<i>Turdus assimilis</i>	Mirlo garganta blanca
<i>Turdus grayi</i>	Mirlo pardo
<i>Tytira semifasciata</i>	Titira enmascarada
<i>Vermivora sp.</i>	Chipe sp.
<i>Vireo sp.</i>	Vireo sp.
<i>Wilsonia pusilla</i>	Chipe corona negra
<i>Xyphorinchus flavigaster</i>	Trepatroncos sp.

Las áreas que presentan una matriz de potreros, pastizales y áreas conservadas pueden ser muy heterogéneas y brindar posibilidades de explotación diferencial del espacio, lo que promueve la riqueza y diversidad de especies de aves (Böhnig-Gaese 1997, Wilson 1974). Por ejemplo, los potreros y zonas con árboles en pie proporcionan sitios de percha y recursos alimenticios (Lynch 1989). También se ha documentado que la presencia de árboles de Acacia proporcionan hábitat de importancia para algunas aves migratorias como *Dendroica magnolia*, *D. virens* y *Polioptila caerulea* en paisajes fragmentados (Greenberg *et al.* 1997). Lo anterior concuerda con las observaciones realizadas en este muestreo, en donde especies migratorias del género *Dendroica* y *Polioptila* fueron registradas en puntos de observación donde la estructura de la vegetación fue más simple (zonas de borde).

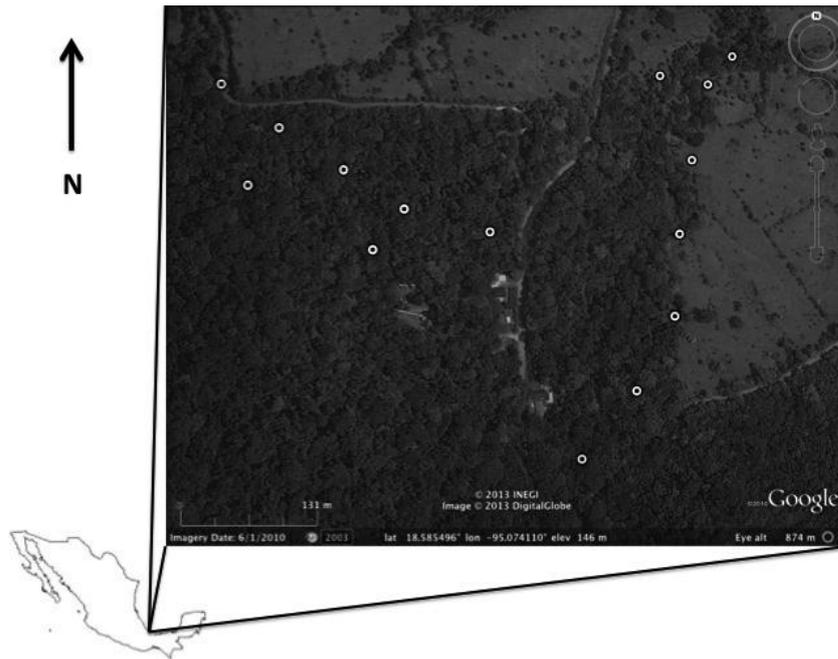


Figura 1. Mapa del área de estudio y puntos de conteo de aves dentro de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas.

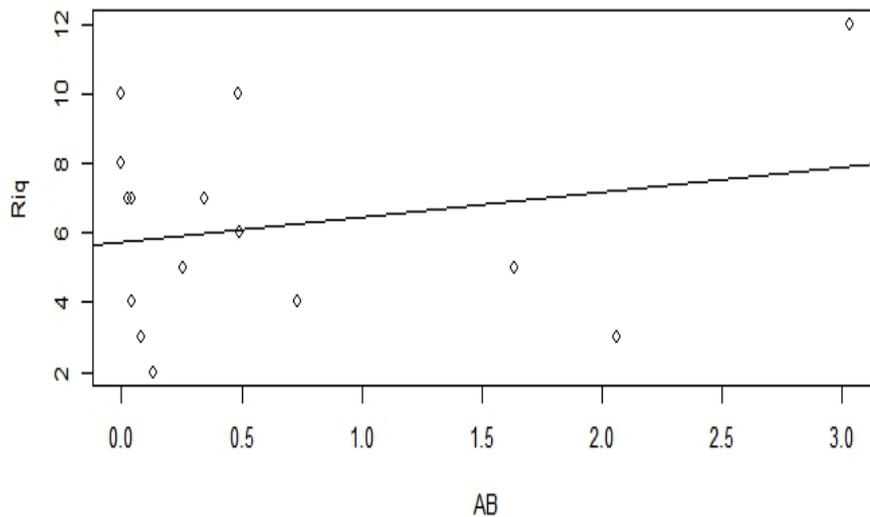


Figura 2. Relación entre la riqueza de especies de aves (Riq) versus el área basal (AB) de árboles en la Estación Los Tuxtlas, México.

Aunque sin considerar los cantos escuchados logramos registrar alrededor del 10% de las aves reportadas para la región de Los Tuxtlas, el número de puntos de muestreo fue muy pequeño en comparación con otros estudios publicados, por lo que consideramos importante incrementar el tamaño de muestra y considerar registros auditivos. A pesar de que nuestros datos no son concluyentes, nuestros datos sugieren que el tamaño de los árboles (i.e. área basal) y la cobertura de dosel pueden tener un papel particularmente importante para las aves.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Estación de Biología Los Tuxtlas de la Universidad Nacional Autónoma de México por las facilidades otorgadas para la elaboración del presente trabajo. Al Dr. Víctor Arroyo por su asesoría estadística y apoyo logístico. A nuestros compañeros del curso de ecología y conservación del bosque tropical húmedo de la UNAM.

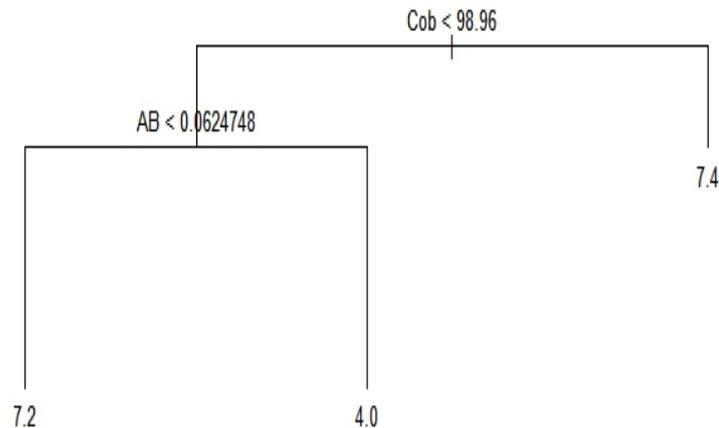


Figura 3. Árbol de regresión que muestra el número promedio de especies observadas bajo condiciones de alta (>0.06 m²) y baja (<0.06 m²) área basal de árboles, y alta (>99%) y baja (<99%) cobertura de dosel en Los Tuxtlas, México.

LITERATURA CITADA

- BENTON, T.G., VICKERY, J.A. & WILSON, J.D. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18:182-189.
- BERSIER, L. F. & MEYER, D. R. 1995. Relation between bird assemblages, vegetation structure, and floristic composition of mosaic patches in riparian forest. *Acta Oecologica* 15:561-576.
- BIBBY, C.J., BURGEES, N.D., HILL, D.A. & MUSTOE, S. 2000. *Bird census techniques*. Academic Press, Londres.
- BOJORGES-BAÑOS, J. & LÓPEZ-MATA, L. 2006. Asociación de la riqueza y diversidad de especies de aves y estructura de la vegetación en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77:235-249.
- BÖHNING-GAESE, K. 1997. Determinants of avian species richness at different spatial scales. *Journal of Biogeography* 24:49-60.
- BRODMANN, P.A., REYER, H.U. & BAUER, B. 1997. The relative importance of habitat structure and prey characteristics for the foraging success of Water Pipits (*Anthus spiniletta*). *Ethology* 103:222-235.
- BROOK, B.W., SODHI, N.S. & NG.P.K.L. 2003. Catastrophic extinctions follow deforestation in Singapore. *Nature* 424:420-423.
- FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34:487-515.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION). 1997. *State of the World Forest*. Roma.
- FISCHER, J. & LINDENMAYER, D.D. 2007. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography* 16: 265-280.
- GREENBERG, R., BICHER P. & STERLING J. 1997. Acacia, cattle, and migratory birds in southeastern México. *Biological Conservation* 80:235-247.
- GUEVARA, S.S., SANCHEZ-RIOS, G. & LANDGRAVE, R.R. 2004. La deforestación. Pp 85-108 en *Los Tuxtlas, el paisaje de la sierra*. Guevara, S.S., Laborde, J.D. & Sánchez-Rios, G. (eds.). Instituto de Ecología, A.C. Xalapa.
- HARRISON, R. D.2011. Emptying the forest: hunting and the extirpation of wildlife from tropical nature reserves. *Bioscience* 61:919-924.
- HOWELL, S.N.G. & WEBB, S. 1995. *A guide to the birds of Mexico, Northern and Central America*. Oxford University Press. 851 pp.
- LAURANCE, W. F., LOVEJOY, T. E., VASCONCELOS, H. L., BRUNA, E. M., DIDHAM, R. K., STOUFFER, P. C., et al. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* 16:605-618.
- LYNCH, J.F. 1989. Distribution of overwintering nearctic migrants in the Yucatan Peninsula: use of relative and human-modified vegetation. Pp 178-387 en Hagan J.M. & Johnston, D.W. (eds). *Ecology and conservation of neotropical migrante land birds*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- PETERSON, R. T. & CHALIF, E.L. 1995. *Mexican Birds*. National Audubon Society, The National Wildlife Federation, Boston. 298. pp
- RICE, R.D. J., ANDERSON, B.W. & OHMART, R.D.1994. Comparison of the importance of different habitat attributes to avian community organization. *Journal of Wildlife Management* 48:895-91.
- RICKLEFTS, R. E. 1987. Community diversity: relative roles of local and regional processes. *Science* 235:167-171.
- ROTBERRY, J.T. & WIENS, J.A. 1980. Habitat structure, patchiness and avian communities in North American steppe vegetation: a multivariate analysis. *Ecology* 61:1228-1250.
- SOTO, M. & GAMA, L. 1997. Climas. Pp 7-23. En E. Soriano G., R. Dirzo & R.C. Vogt, (Eds). *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- WIENS, J. A. 1991. Distribution: evolutionary biogeography. Pp. 156-174 en: Ricklefs, R. E. & Birkhead, J. (eds.). *The historical and geographical perspectives*. Cambridge University Press, Cambridge.
- WILSON, M.F. 1974. Avian community organization and habitat structure. *Ecology* 55:1029-1107.
- WILSON, E.O. 1988. The current state of biological diversity. Pp 3-18 en: Wilson, E.O. (ed.) *Biodiversity*. National Academic Press. Washington.

Efecto ladera vs. efecto pendiente: impacto relativo sobre la estructura de la vegetación en un bosque tropical húmedo

Alejandra López-Valenzuela¹, Francisco Javier Rendón-Sandoval² y Miguel Rivas^{3*}

¹ Ecología Fisiológica, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

² Laboratorio de Biogeografía y Conservación, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia.

³ Laboratorio de Análisis Espaciales, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

*Autor para la correspondencia: miguelrivassoto@gmail.com

Resumen: En los bosques tropicales del Golfo de México, los vientos del norte cargados de humedad (denominados “nortes”) pueden alterar la estructura de la vegetación, particularmente en laderas con mayor pendiente. Nosotros probamos esta hipótesis en el bosque tropical húmedo de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, México, una región montañosa que durante el invierno es impactada por numerosos “nortes”. En particular, evaluamos la influencia de la pendiente sobre la cantidad de hojarasca, la apertura del dosel, el área basal de los árboles y el número de árboles y lianas presentes en laderas con orientación norte y sur. Sólo el número de lianas estuvo negativamente relacionado con la pendiente de las laderas, pero esta relación fue similar en ambas orientaciones. Por tanto, nuestro estudio sugiere que la estructura de la vegetación obedece más a la pendiente que a la orientación de la ladera.

Palabras clave: apertura del dosel, lianas, vegetación leñosa, viento.

INTRODUCCIÓN

La orientación de la ladera afecta el paisaje y la estructura de la vegetación en el hemisferio norte. En estas latitudes, las laderas orientadas al sur reciben mayor radiación solar que las orientadas al norte, representando, por tanto, un entorno más cálido y cambiante (Auslander & Inbar 2003). Este efecto de ladera determina la distribución y estructura de las comunidades de plantas en áreas montañosas, particularmente en laderas con mayor pendiente (Bianchini *et al.* 2010). Sin embargo, en regiones tropicales el efecto ladera y el efecto pendiente han sido menos estudiados.

Aunque se espera que en latitudes tropicales la incidencia de luz sea similar en las laderas norte y sur, el efecto ladera puede tener un gran impacto sobre la vegetación cuando existen grandes diferencias entre laderas en la incidencia del viento y la disponibilidad de humedad (Soto 2006). Este es el caso de la región de Los Tuxtlas, en el Golfo de México, donde los vientos del norte cargados de humedad impactan fuertemente las laderas orientadas al norte (Ibarra-Manríquez *et al.* 1991). Este fenómeno puede alterar la estructura de la vegetación al incrementar potencialmente la caída de árboles (Laurance *et al.* 2001), particularmente cuando la pendiente es mayor.

Nosotros probamos la hipótesis de que el efecto ladera es evidente en latitudes tropicales a través de indicadores en la vegetación relacionados con la pendiente. Por esta razón evaluamos las diferencias entre las laderas norte y sur en el Cerro el Vigía dentro de la Estación de Biología Tropical de Los Tuxtlas, México. En particular, esperamos que la ladera norte presente un mayor número de elementos leñosos, pero con menor área basal y mayor apertura del dosel. Así mismo, predecimos que habrá una mayor cantidad de hojarasca en la ladera sur debido a que se encuentra resguardada de los vientos del norte.

MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Estación de Biología Tropical (EBT) de la UNAM (18°34'-36'N y 95°04'-09'W) dentro de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz, México. La región presenta un clima cálido-húmedo con una precipitación promedio anual de 4725 mm, y una temperatura media anual de 23.2 °C (Ibarra-Manríquez & Sinaca 1995). El tipo de vegetación predominante es la selva alta perennifolia (Miranda & Hernández-X. 1963).

Dentro de la estación, en las laderas norte y sur del cerro del Vigía, establecimos 10 parcelas de 10 x 10 m, 5 en la ladera norte y 5 en la sur. Cada parcela se ubicó a la misma altitud y estuvieron separadas entre sí por una distancia de 100 m. En cada parcela registramos el número de árboles y lianas, de cada árbol registramos el diámetro a la altura del pecho (dap) \geq 25 mm, empleando una cinta métrica y a partir del dap de cada individuo, obtuvimos el área basal de los árboles. Además, en cada parcela evaluamos la cobertura del dosel con un densiómetro y el espesor de la hojarasca fue evaluado con una regla de 30 cm de longitud en 20 puntos al azar dentro de cada parcela. Estos puntos también fueron utilizados para evaluar la inclinación de la pendiente empleando un clinómetro electrónico.

Para determinar si la relación de las variables fisiográficas (pendiente y ladera) explicaban las variables ecológicas (i.e. cantidad de hojarasca, apertura del dosel, área basal, número de árboles y número de lianas) de cada parcela, empleamos un análisis de covarianza (ANCOVA). Utilizamos modelos completos para evaluar el efecto relativo de cada factor sobre nuestras variables, e hicimos regresiones por partes (stepwise regression) para identificar los factores con mayor impacto sobre cada una de las variables biológicas consideradas. Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico R. Las gráficas las obtuvimos utilizando SPSS v20.

RESULTADOS

Los resultados de ANCOVA mostraron que las variables número de árboles, área basal, espesor hojarasca y cobertura de dosel no estuvieron relacionadas con la pendiente, ni con la orientación de la ladera. Únicamente el número de lianas estuvo negativamente relacionado con la pendiente (Tabla 1; Figura 1), pero la relación fue similar en ambas laderas. Aunque no fue significativo ($P = 0.08$), el número de lianas tendió a ser mayor en la ladera norte que en la sur (Figura 2).

DISCUSIÓN

Nuestros resultados sugieren que el efecto pendiente es más importante que el efecto ladera en el bosque tropical húmedo

de la Estación Los Tuxtlas. Sin embargo, esta hipótesis sólo fue sustentada para las lianas, ya que la única variable que estuvo significativamente relacionada con la pendiente fue el número de lianas.

Las lianas fueron más abundantes en sitios con menor pendiente. Este resultado puede estar relacionado con que los árboles tendieron a ser menos abundantes en lugares con pendiente mayor (relación no significativa), limitando así la disponibilidad de soportes para las lianas. Es conocido que el incremento en la pendiente puede hacer a los árboles más susceptibles de ser derribados por el viento, reduciendo el establecimiento y desarrollo de las lianas (Martínez-Ramos 1985).

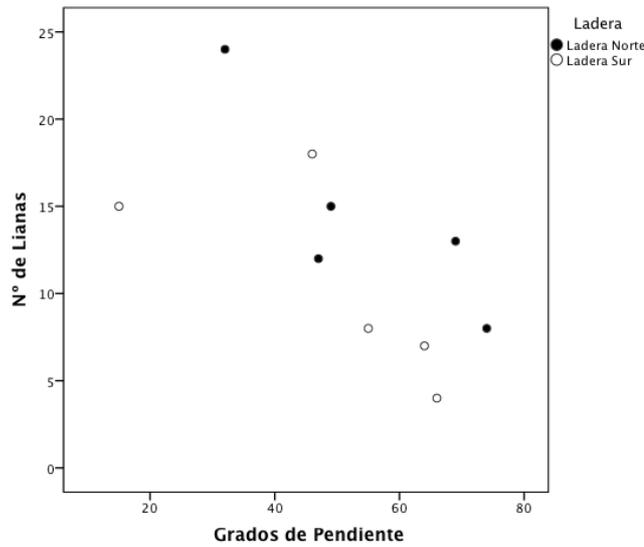


Figura 1. Relación entre el número de lianas y la pendiente en laderas orientadas al norte y sur del cerro El Vigía, Los Tuxtlas, México.

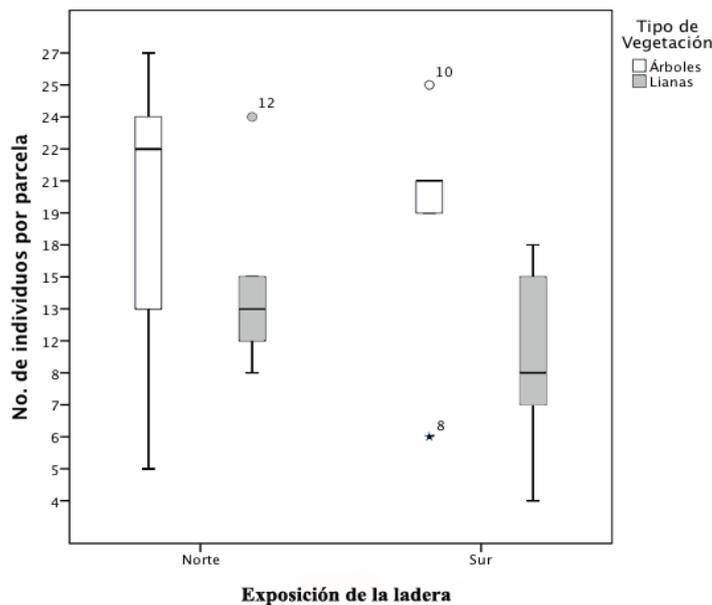


Figura 2. Número de lianas por cuadrante en las laderas norte y sur del cerro El Vigía, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz.

Tabla 1. Impacto de la pendiente, la orientación de la ladera y la interacción sobre diferentes características de la estructura de la vegetación en Los Tuxtlas, México. Se muestran los estimadores para cada factor (errores estándar entre paréntesis), la R² ajustada de cada modelo, y la P para el modelo completo y el modelo mínimo (i.e. seleccionado con stepwise regression).

Variable Respuesta	Modelo	Intercepto	Pendiente	Ladera	Pendiente*Ladera	R ² aj	P
Árboles	Completo	34.38 (±13.84)	-0.29 (± 0.25)	-13.50 (±17.51)	0.24 (± 0.32)	-0.19	0.68 ns
	Mínimo	26.02 (± 7.69)	-0.14 (± 0.14)	-	-	0.01	0.32 ns
Lianas	Completo	30.27 (±6.82)	-0.29 (±0.12)	-9.73 (±8.63)	0.08 (± 0.16)	0.50	0.06 ns
	mínimo	27.48 (±4.36)	-0.24 (± 0.07)	-5.20 (± 2.53)	-	0.55	0.02 **
Área Basal	Completo	0.33 (±0.69)	0.00 (±0.01)	0.08 (±0.88)	0.00 (± 0.02)	-0.30	0.82 ns
	mínimo	0.41 (±0.17)	-	0.22 (± 0.24)	-	-0.01	0.37 ns
Cobertura	Completo	1.13 (±0.03)	-0.00 (± 0.00)	-0.03 (±0.04)	0.00 (± 0.00)	-0.18	0.67 ns
	mínimo	1.11 (± 0.01)	-	0.00 (± 0.00)	-	-0.09	0.66 ns
Hojarasca	Completo	76.98 (± 6.47)	0.110 (± 0.11)	7.835 (± 8.19)	-0.119 (± 0.15)	-0.24	0.74 ns
	mínimo	82.98 (±1.65)	-	1.413 (± 2.32)	-	-0.07	0.56 ns

** P<0.05; ns P>0.05.

El número de lianas tendió a ser mayor en la ladera norte que en la sur. Esto podría estar relacionado con el incremento en la mortalidad de árboles y la apertura de claros en esta ladera, como consecuencia de los vientos del norte, que pueden alcanzar hasta 80 km/h (Soto 2006). Otros estudios han demostrado que la creación de claros en la vegetación puede favorecer el establecimiento de lianas, ya que son plantas demandantes de luz que proliferan bien en sitios alterados (Schnitzer & Bongers 2002).

El hecho de que la mayoría de las variables que estudiamos no mostró una relación significativa con la pendiente y la ladera, pudo ser consecuencia del diseño experimental, y más particularmente del pequeño tamaño de muestra. Además, las parcelas estuvieron muy cercanas entre sí (separadas por 20 m), lo que pudo reducir el contraste entre laderas. Consideramos que un estudio más amplio que compare un área con mayor independencia entre las laderas y distinta inclinación en las pendientes demostrará de mejor forma la influencia de las variables fisiográficas sobre la estructura vegetal.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la EBT Los Tuxtlas, por facilitar las instalaciones y los recursos logísticos para realizar este estudio. Al posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM y al CONACYT por las becas otorgadas para cursar los estudios de posgrado.

LITERATURA CITADA

AUSLANDER, M., NEVO, E., & INBAR, M. 2003. The effects of slope orientation on plant growth, developmental

instability and susceptibility to herbivores. *Journal of Arid Environments* 55:405-416.

BIANCHINI, E., GARCIA, C. C., PIMENTA, J. A., & TOREZAN, J. 2010. Slope variation and population structure of tree species from different ecological groups in South Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 82:643-652.

IBARRA-MANRÍQUEZ, G., SÁNCHEZ-GARFIAS, B. & GONZÁLEZ-GARCÍA, L. 1991. Fenología de lianas y árboles anemócoros en una selva cálido-húmeda de México. *Biotropica* 23:242-254.

IBARRA-MANRÍQUEZ, G. & SINACA, S. 1995. Lista florística comentada de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas", Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* 43:75-115.

MARTÍNEZ-RAMOS, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. Pp. 191-240 en Gómez-Pompa, A. & Del Amo, S. (eds.). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos-Alhambra Mexicana, D.F.

MIRANDA, F., & XOLOCOTZI, E.H. 1963. *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos Colegio de Postgraduados. Chapingo. 178 pp.

SCHNITZER, S.A. & BONGERS, F. 2002. The ecology of lianas and their role in forest. *Trends in Ecology and Evolution* 17:223-230.

SOTO, M. 2006. El Clima. Pp. 195-199 en Guevara, S., Laborde, J. & Sánchez-Ríos, G. (eds.) *Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra*. Instituto de Ecología, A.C. y Unión Europea. Xalapa.

IBARRA-MANRÍQUEZ, G., SÁNCHEZ-GARFIAS, B. & GONZÁLEZ-GARCÍA, L. 1991. Fenología de lianas y

árboles anemócoros en una selva cálido-húmeda de México. *Biotropica* 23: 242–254.
LAURANCE, W.F., D. PÉREZ-SALICRUP, P. DELAMÓNICA, P.M. FEARNSIDE, S. D'ANGELO, A.

JEROZOLINSKI, L. POHL & LOVEJOY, T.E. 2001. Rain forest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities. *Ecology* 82:105–111.





El contenido de cada artículo es responsabilidad de los autores, ya que no siempre refleja la opinión de todos los profesores y estudiantes del curso. El contenido de esta revista puede reproducirse siempre que se citen la fuente y el autor.

Financiamiento: Este proyecto no podría haberse realizado sin el apoyo del Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM y el Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM.

Agradecimientos especiales:

A los profesores invitados del curso, gracias por compartirnos toda su experiencia y sabiduría sobre la ecología y conservación de estos bosques!

A todos los estudiantes del curso. Espero que hayan disfrutado del curso y que se conviertan en ecólogos y biólogos de la conservación de bosques tropicales!

Edición: Esta publicación fue editada por el Dr. Víctor Arroyo-Rodríguez. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM campus Morelia, Michoacán, México. E-mail: arroyo@cieco.unam.mx

©Laboratorio de Ecología de Paisajes Fragmentados, CIEco, UNAM

<http://www.oikos.unam.mx/paisajes/>