

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS COMUNIDADES DE ARAÑAS ASOCIADAS AL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DE LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS, MÉXICO

Emmanuel F. Campuzano¹✉ y Guillermo Ibarra-Núñez²

¹CINVESTAV, Unidad Saltillo, Grupo de Sustentabilidad de Recursos Naturales y Energía, Av. Industria Metalúrgica 1062, Parque Industrial Ramos Arizpe, Ramos Arizpe, C. P. 25900, Coahuila, México.

²ECOSRUR, Unidad Tapachula, Carretera Antigua Aeropuerto km 2.5, Colonia Centro, Tapachula, C. P. 30700, Chiapas, México.

✉ Autor de correspondencia: efcampuzano@gmail.com

RESUMEN. Se analizó la variación espacial de las comunidades de arañas del suelo y sotobosque asociadas a tres localidades con bosque mesófilo de montaña (BMM) de la Sierra Madre de Chiapas. Los resultados demuestran una marcada segregación entre los diferentes estratos y localidades. El estrato del suelo fue más heterogéneo que el del sotobosque, contrario a lo reportado en otros hábitats templados y tropicales. Se observó un efecto de interacción significativo entre los estratos y las localidades, sugiriendo un posible efecto de escala-dependencia, similar a lo reportado en otros hábitats. Las variables incluidas en nuestro estudio explicaron de manera moderada la totalidad de la variación observada; por lo que, incluir un mayor número de variables en estudios futuros podría ayudar a dilucidar mejor la dinámica espacial de las comunidades. Incrementar el conocimiento ecológico de organismos clave (como las arañas) en hábitats de gran importancia ecológica (como el BMM) podría ser útil en la elaboración de futuros planes para su manejo y conservación.

Palabras clave: Araneae, escala-dependencia, estratificación, sotobosque, suelo

Spatial distribution of the spider communities associated with the cloud forests from the Sierra Madre de Chiapas, Mexico

ABSTRACT. The spatial variation of the spider communities of ground and understory strata in three localities from the tropical montane cloud forest at the Sierra Madre de Chiapas was analyzed. Important segregation among the different strata and localities were yielded by the results. The ground stratum was more heterogeneous than the undergrowth, contrary to the registered in other temperate and tropical habitats. A significant interaction effect between stratum and locality was showed, suggesting a possible scale-dependence effect similar to the one registered in other habitats. The variables included in this study explained moderately the whole variation observed. Therefore, to explore a higher number of variables in future studies could help to elucidate the spatial dynamics in the communities. Increasing the ecological knowledge of key organisms (as the spiders) in important habitats (such as the tropical montane cloud forests) may be useful for working out future conservation strategies on them.

Keywords: Araneae, ground, scale-dependence, stratification, understory

INTRODUCCIÓN

En México el bosque mesófilo de montaña (BMM) es uno de los ecosistemas terrestres con mayor diversidad biológica y número de endemismos. Al mismo tiempo, y pese su reducida extensión (menos del 1 % de la superficie del país), los BMM son de gran importancia para la captación de agua en los ciclos hidrológicos de las cuencas con las que se encuentran asociados. El cambio de uso de suelo es una de sus principales amenazas en nuestro país, incrementado su vulnerabilidad y convirtiéndolo en un ecosistema con alto riesgo de desaparecer, junto con el bosque tropical perennifolio (Acosta, 2004; CONABIO, 2008).

El estudio de la ecología de las comunidades de arañas (Araneae) para monitorear la calidad del hábitat ha sido empleado en diferentes ecosistemas (Ibarra-Núñez, 2014). Paradójicamente, el número de estudios que analizan los patrones ecológicos de las arañas en los BMM de México es escaso, y la información sobre los patrones espaciales entre sus diferentes localidades es prácticamente nulo (Ibarra-Núñez *et al.*, 2011; Maya-Morales *et al.*, 2012; Méndez-Castro y Rao 2014; Campuzano *et al.*, 2016; Campuzano *et al.*, 2019). El presente estudio analiza la variación espacial de las comunidades de arañas asociadas a tres localidades con BMM de la Sierra Madre de Chiapas (SMCh). Al tratarse de localidades con el mismo tipo de vegetación se espera que la estructura espacial de sus comunidades sea homogénea.

MATERIALES Y MÉTODO

Acorde a la metodología propuesta por Campuzano *et al.* (2019), se realizaron muestreos sistematizados para las arañas del suelo y sotobosque en tres localidades con BMM a lo largo de la SMCh: **a)** El Triunfo (15° 39'48.4" N, 92°48'18" W, 2066.5 msnm, año 2014), **b)** Cerro Boquerón (15°13'55.1" N, 92°18'21.6" W, 2371.8 msnm, año 2015) y **c)** Cerro Bola (16° 08'20.7" N, 93° 36'36.4" W, 1764.8 msnm, año 2016).

La estructura espacial de las comunidades (i.e. la distribución de las abundancias entre las especies para cada muestra) se estudió mediante un análisis de redundancia (RDA). Para visualizar los resultados se construyó un gráfico de ordenación con los valores de los sitios (sites scores); la distancia entre sitios (puntos en el gráfico) indica el grado de dependencia entre ellos. Para visualizar la heterogeneidad entre sitios y estratos se construyeron ordielipses con la covarianza a partir de los centroides de cada grupo; cuando las matrices de covarianza son similares, los ordielipses deberían tener la misma forma, y cuando presentan un mismo centroide deberían solaparse. Adicionalmente, se realizó un análisis de varianza permutacional para probar el efecto de los sitios y estratos sobre las comunidades estudiadas (sitios considerados como bloques). Para resolver el problema de las abundancias nulas en la optimización de la ordenación, los datos fueron sometidos a la transformación de Hellinger previo al RDA (Legendre y Gallanher, 2001). Adicionalmente, se construyó un dendrograma de disimilitud, empleando algoritmo de UPGMA y la distancia de Bray-Curtis, para analizar el recambio de especies entre los estratos de cada localidad. Los valores de disimilitud de Bray-Curtis van de 0, para sitios que tienen la misma composición, a 1 para sitios que no comparten alguna especie.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron un total de 22 414 ejemplares pertenecientes a 41 familias, 114 géneros y 287 especies. Cerro Bola y Cerro Boquerón presentaron la mayor y menor riqueza, con 189 y 122 especies respectivamente. Esta última localidad presentó la mayor abundancia (8 672 individuos), mientras que Cerro Boquerón presentó la menor (6 310 individuos). En todas las localidades se observó la mayor abundancia y riqueza en el estrato del sotobosque respecto al estrato del suelo (Figura 1). Tanto entre localidades como entre estratos, nuestros resultados indican una marcada diferencia espacial en la estructura de los ensambles de arañas analizados (Figura 2). Estudios previos realizados en la misma región han registrado una marcada estratificación vertical con diferencias en la riqueza y composición de especies entre un par de diferentes localidades (Ibarra *et al.*, 2011, Campuzano *et al.*, 2019), soportando nuestros resultados. Por otro lado, el gráfico de ordenación (Figura 2a) muestra una mayor heterogeneidad espacial en el estrato del suelo respecto al del sotobosque, contrastando con lo observado en estudios que analizan la estratificación vertical en hábitats templados (Larrivé y Budle,

2009; Pinzón *et al.*, 2011) y tropicales (Quijano-Cuervo *et al.*, 2019; Campuzano *et al.*, 2019), donde se registra la mayor heterogeneidad en estratos superiores (sotobosque y dosel) respecto al estrato del suelo. Un mayor número de especies únicas en el estrato del suelo pertenecientes a cada localidad estudiada podría explicar la mayor variación espacial observada en este estrato. Los resultados del dendrograma de similitud (Figura 2b) respaldan esta idea, mostrando los valores más bajos de similitud en el estrato del suelo que en el sotobosque. De manera similar, y dada la elevada heterogeneidad fenológico estructural que presentan los BMM de esta región (Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2014), las diferencias y similitudes entre las localidades analizadas también podrían estar asociadas con la variación en la estructura forestal de cada localidad. Asociaciones indirectas entre la variación espacial de la estructura forestal respecto a la estructura espacial de los ensamblajes de arañas en el sotobosque se han demostrado en BMM de ésta misma región (Campuzano *et al.*, 2016). Futuros estudios deberían incorporar elementos de la vegetación que permitan dilucidar estas asociaciones.

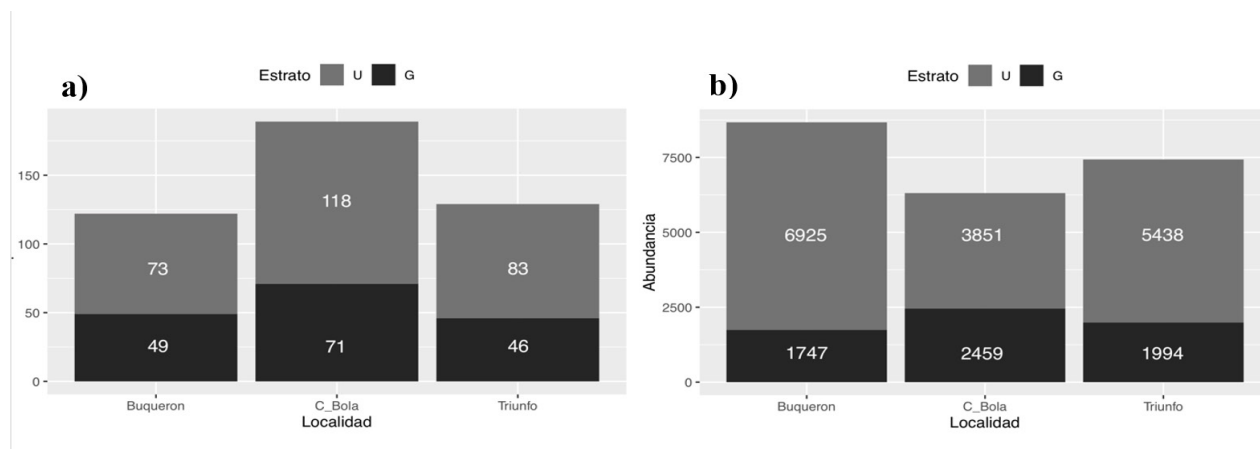


Figura 1. Distribución de la **a)** riqueza y **b)** abundancia para las comunidades de arañas del suelo (G) y sotobosque (U) en tres diferentes localidades con bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre de Chiapas.

Los resultados del análisis de varianza permutacional indican diferencias significativas para los efectos principales Localidad, $F(2,114) = 42.31$, $P < 0.01$, y Estrato $F(1,114) = 78.73$, $P < 0.01$; no obstante, también se observó un efecto de interacción significativo Localidad: Estrato $F(2,114) = 37.78$, $P < 0.01$, lo cual indica una dinámica espacial compleja, donde las comunidades de arañas son influenciadas tanto por el efecto de los estratos como de las localidades. Otros estudios en bosques templados del continente han demostrado un efecto de interacción similar entre el espacio vertical (estratos) y horizontal (localidades) como resultado de un efecto escala-dependiente (Shuldt *et al.*, 2008; Lariveé y Buddle, 2010), por lo que, al igual que en esos estudios, es muy probable que las comunidades de arañas de los BMM en la SMCh presenten un fenómeno similar.

El ajuste del modelo para el RDA alcanzó un valor intermedio (R^2 ajustada = 0.45), lo cual indica que las variables ambientales incluidas en el modelo explican moderadamente la variación observada. Estos resultados contrastan con los observados en otros estudios realizados en ambientes altamente diversos y que han documentado un mal ajuste en sus modelos de ordenación (Schuldt *et al.*, 2011; Rodrigues *et al.*, 2014; Campuzano *et al.*, 2016). La inclusión de un mayor número de variables determinantes para las comunidades de arañas (e.g. temperatura o humedad relativa) en futuros estudios podría generar un soporte estadístico más robusto.

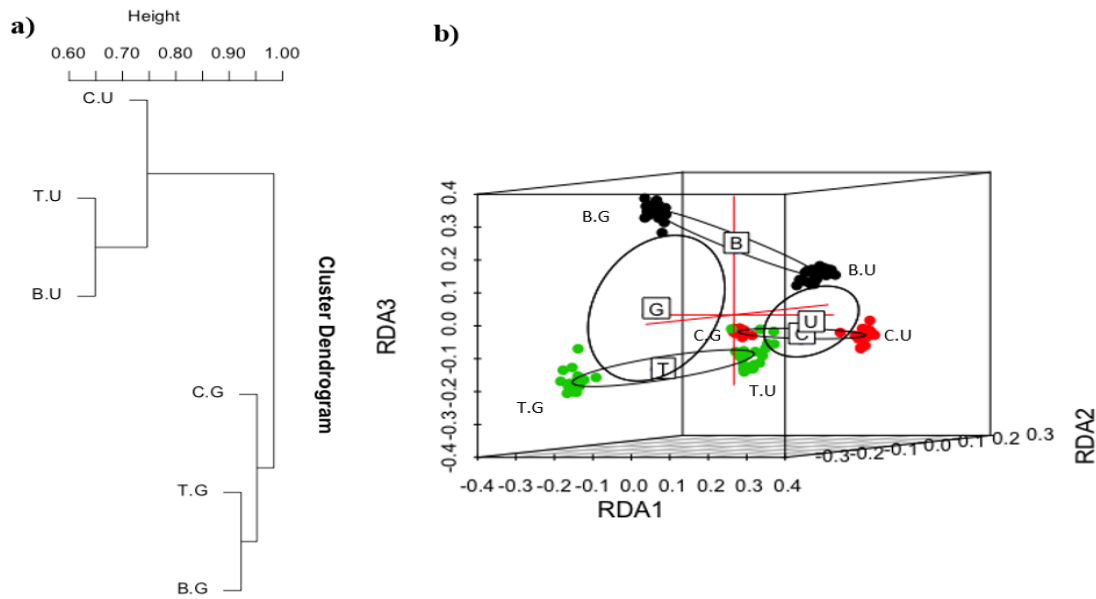


Figura 2. Relación espacial de las comunidades de arañas del suelo (G) y sotobosque (U) en las localidades de El Triunfo (T), Cerro Bola (B) y Cerro Boquerón (C). **a)** Dendrograma de similitud por el método de UPGMA y **b)** gráfico de ordenación por RDA. Diferentes colores indican diferentes localidades.

CONCLUSIONES

Las arañas del BMM de la SMCh presentan una marcada segregación espacial entre los diferentes estratos y localidades analizados.

Nuestros resultados develaron una intrincada dinámica espacial, que demuestra un efecto de interacción entre los estratos del bosque y las diferentes localidades estudiadas, sugiriendo un efecto de escala-dependencia similar lo reportado en otros estudios.

Las variables ambientales incluidas en nuestro estudio explican de manera moderada la variación de las comunidades estudiadas, por lo que es muy probable que otros elementos del hábitat, no incluidas en el análisis, tengan una fuerte influencia sobre la distribución espacial de estas comunidades.

Dado el potencial de las arañas como indicadores de calidad de hábitat, la importancia ecológica de los BMM, y el escaso conocimiento de la ecología de estos organismos en estos bosques, nuestros resultados servirán de base para futuros estudios que analicen la conservación del BMM empleando a estos organismos.

AGRADECIMIENTOS

La investigación realizada fue soportada con fondos del proyecto CONACYT/SEP 179476 y la beca de doctorado CONACYT (288838).

LITERATURA CITADA

Acosta, S. 2004. Afinidades de la flora genérica de algunos bosques mesófilos de montaña del nordeste, centro y sur de México: un enfoque fenético. *Annales del Instituto de Biología Serie Botánica*, 75: 61–72.

- Campuzano, E. F., Ibarra-Núñez, G., Chamé-Vázquez, E. R. and H. Montaña-Moreno. 2016. Understory spider assemblages from a cloud forest in Chiapas, Mexico, and their relationships to environmental variables. *Arthropod-Plant Interactions*, 10(3): 237–248. doi.org/10.1007/s11829-016-9426-z
- Campuzano, E. F., Ibarra-Núñez, G., Machkour-M'Rabet, S., Morón-Ríos, A. and M. L. Jiménez. 2019. Diversity and seasonal variation of ground and understory spiders from a tropical mountain cloud forest. *Insect Science*, 1744-7917.12693. https://doi.org/10.1111/1744-7917.12693
- CONABIO. 2008. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ciudad de México, México, 694 pp.
- Gual-Díaz, M., y A. Rendón-Correa. 2014. *Bosques mesófilos de montaña en México: diversidad, ecología y manejo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ciudad de México, México, 352 pp.
- Ibarra-Núñez, G. 2014. Arañas como bioindicadores. Pp. 273-290. In: C. A. González, A. Vallarino, J. C. Pérez, y A. M. Low (Eds.). *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental*. El Colegio de la Frontera Sur-Instituto de Ecología y Cambio Climático, San Cristóbal de las Casas, México.
- Ibarra-Núñez, G., Maya-Morales, J. y D. Chamé-Vázquez. 2011. Las arañas del bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 1183–1193. Recuperado de <http://www.revista.ib.unam.mx/index.php/bio>
- Larrivé, M. y C. N. Buddle. 2009. Diversity of canopy and understory spiders in north-temperate hardwood forests. *Agricultural and Forest Entomology*, 11(2): 225–237. Online ISSN:1461-9563
- Larrivé, M. y C. M. Buddle. 2010. Scale dependence of tree trunk spider diversity patterns in vertical and horizontal space. *Ecoscience*, 17(4): 400–410. <http://dx.doi.org/10.2980/17-4-3403>
- Legendre, P. and E. D. Gallagher. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, 129: 271–280. https://doi.org/10.1007/s004420100716
- Maya-Morales, J. Ibarra-Núñez, G., León-Cortés, J. L. y F. Infante. 2012. Understory spider diversity in two remnants of tropical montane cloud forest in Chiapas, Mexico. *Journal of Insect Conservation*, 16: 25–38. https://doi.org/10.1007/s10841-011-9391-x
- Méndez-Castro, F. E. and D. Rao. 2014. Spider diversity in epiphytes: Can shade coffee plantations promote the conservation of cloud forest assemblages? *Biodiversity and Conservation*, 23(10): 2561–2577. https://doi.org/10.1007/s10531-014-0739-x
- Pinzón, J., Spence, J. R. and D. W. Langor. 2011. Spider assemblages in the overstory, understory, and ground layers of managed stands in the western boreal mixedwood forest of Canada. *Environmental Entomology*, 40(4): 797–808. https://doi.org/10.1603/EN11081
- Quijano-Cuervo, L. G., Rangel Acosta, J., Martínez Hernández, N. y A. Sabogal Gonzalez. 2019. Estratificación vertical de arañas tejedoras (Araneae) en fragmentos de bosque seco tropical del Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 67: 224-242. https://doi.org/10.15517/rbt.v67i1.33168
- Rodrigues, E. N. L., Mendonça, M. J. D. S. and L. E. Costa-Schmidt. 2014. Spider diversity responds strongly to edge effects but weakly to vegetation structure in riparian forests of Southern Brazil. *Arthropod-Plant Interactions*, 8(2): 123–133. https://doi.org/10.1007/s11829-014-9294-3
- Schuldt, A., Fahrenholz, N., Brauns, M., Migge-Kleian, S., Platner, C. and M. Schaefer. 2008. Communities of ground-living spiders in deciduous forests: Does tree species diversity matter? *Biodiversity and Conservation*, 17(5): 1267–1284. https://doi.org/10.1007/s10531-008-9330-7
- Schuldt, A., Both, S., Bruelheide, H., Härdtle, W., Schmid, B., Zhou, H. and T. Assmann. 2011. Predator diversity and abundance provide little support for the enemies hypothesis in forests of high tree diversity. *PloS One*, 6(7): e22905. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022905