



Diversidad de arañas en ecosistemas forestales como indicadoras de altitud y disturbio

Diversity of spiders in forest ecosystems as elevation and disturbance indicators

Indira Reta-Heredia¹, Enrique Jurado^{1*}, Marisela Pando-Moreno¹, Humberto González-Rodríguez¹, Arturo Mora-Olivo² y Eduardo Estrada-Castillón¹

Abstract:

Spiders are ideal predators for studies of environmental variation and disturbance due to their small size and ease of collection. In two major mountains of northeastern Mexico: *Cerro El Potosí* (in Southern Nuevo León) and *Peña Nevada* (in Southern Tamaulipas), 45 spider communities were studied. Human activity, vegetation type, disturbance, livestock, and land degradation were measured. As a hypothesis, it was anticipated finding low spider diversity in highly degraded sites. 541 individuals from 23 families were found. The most abundant families were Lycosidae, Anyphaenidae and Gnaphosidae. Spider species distribution was highly associated with presence of leaf-litter. Spider diversity was unrelated to elevation or disturbance. *Pardosa* sp. was the most abundant and dominant at well-preserved sites. Lycosidae, Thomisidae and Pholcidae were more abundant in areas with greater human intervention. This study in two important forest zones in northeastern Mexico will be a guide for future research on biodiversity on forest ecosystems and influence of environmental variation and disturbance.

Key words: Spiders, biodiversity, mountain ecosystems, ecological gradient, Lycosidae, *Pardosa* sp.

Resumen:

Las arañas son organismos depredadores que por ser pequeños y fáciles de detectar resultan ideales para la realización de estudios de variación ambiental y disturbio. Se estudiaron 45 comunidades de arañas en dos grandes montañas del noreste de México: el cerro El Potosí, en el sur de Nuevo León; y Peña Nevada, en el sur de Tamaulipas. Se determinó el tipo de vegetación, la actividad humana, la ganadería, y la degradación de suelo. Se definió un índice de disturbio. La hipótesis planteada se refiere a la presencia de una menor diversidad de arañas en los sitios con más disturbio. Se obtuvieron 541 individuos, agrupados en 23 familias; de ellas, las más abundantes fueron: Lycosidae, Anyphaenidae y Gnaphosidae. La distribución de las especies se asoció con la presencia de hojarasca. No se detectó relación entre la diversidad de arañas y la altitud o el disturbio. *Pardosa* sp. fue la más abundante en sitios conservados. Las familias Lycosidae, Thomisidae y Pholcidae fueron las mejor representadas en zonas con mayor intervención humana. Este estudio en dos zonas forestales importantes del noreste de México servirá de pauta para investigaciones posteriores de biodiversidad en ecosistemas forestales y la influencia de la variación ambiental y el disturbio.

Palabras clave: Arácnidos, biodiversidad, ecosistemas de montaña, gradiente ecológico, Lycosidae, *Pardosa* sp.

Fecha de recepción/Reception date: 8 de marzo de 2018

Fecha de aceptación/Acceptance date: 9 de octubre de 2018

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Correo-e: enrique_jurado@hotmail.com

²Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas. México.

Introducción

La macrofauna edáfica se conforma de invertebrados mayores de 2 mm de diámetro (Cabrera, 2012). De estos, las arañas son un grupo ecológicamente importante de depredadores (Eggs y Sanders, 2013); se sitúan en la parte más alta de la cadena alimenticia de los invertebrados (Uma y Weiss 2012); influyen en la densidad y actividad de la fauna de detritívoros y fungívoros, además afectan, de manera indirecta, los procesos de descomposición (Willett, 2001; Ávalos *et al.*, 2007).

Las arañas son un componente importante de cualquier ecosistema donde habitan (Deza y Andía, 2009). A pesar de ser consideradas entre los entomófagos más abundantes, se conoce poco sobre su papel como depredadoras, su diversidad y abundancia en bosques templados (Ruiz y Coronado, 2002; Ávalos *et al.*, 2007; Gómez-Rodríguez y Salazar, 2015). Debido a que su diversidad y densidad responden a cambios en los ecosistemas, han sido consideradas como indicadores de la calidad del hábitat (Willett, 2001; Ávalos *et al.*, 2007). Entre los rasgos que las justifican como tales, se pueden señalar: la ventaja de su diversificación ecológica, su presencia continua a lo largo del año, y la posibilidad de que sean manipuladas e identificadas, así como el corto periodo que transcurre entre sus generaciones (Willett, 2001).

En México, se han estudiado poco las arañas; sin embargo, existen muy buenos estudios en ambientes naturales como selva (Rivera-Quiroz *et al.*, 2016), bosque de coníferas y plantaciones de eucaliptos (Corcuera *et al.*, 2016), bosque de niebla (Campuzano *et al.*, 2016) y en condiciones urbanas (Desales-Lara *et al.*, 2013; Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2015). Este estudio tiene como objetivo identificar y establecer variaciones en las comunidades de arañas, en función del disturbio en dos ecosistemas forestales del noreste de México. Además, se plantea la hipótesis de que su diversidad es menor en los sitios con más disturbio.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el cerro El Potosí, en el municipio Galeana, Nuevo León y en la sierra Peña Nevada que comprende los municipios de Zaragoza, Nuevo León y Miquihuana, Tamaulipas en el noreste de México. Los dos lugares son promontorios que forman parte de la Gran Sierra Plegada, dentro de la provincia Sierra Madre Oriental; se caracterizan por poseer ecosistemas de tipo templado y alcanzar el mayor intervalo altitudinal de la región (Cantú *et al.*, 2013).

La sierra de Peña Nevada se encuentra en la Sierra Madre Oriental y forma parte de la región terrestre prioritaria (RTP) Núm. 86, San Antonio-Peña Nevada (Arriaga *et al.*, 2000). Alcanza una altura de 3 500 msnm, y tiene una superficie de 60 500 hectáreas. Sus coordenadas extremas son 23°33'18" a 23°52'28" latitud N y 99°38'55" a 99°56'45" longitud O.

El cerro El Potosí posee una superficie de 989.38 hectáreas; se localiza a 15 km al oeste de Galeana, Nuevo León, entre los 24°50'35" y 24°53'16" de latitud N y los 100°13'9" y 100°15'12" de longitud O. Tiene una altura máxima de 3 700 msnm.

Los muestreos se realizaron a lo largo del año, de tal manera que se procuró incorporar la mayor variación estacional. En la medida de lo posible, las salidas al campo se estratificaron para que los dos sitios de muestreo y las altitudes estuvieran distribuidas homogéneamente en las estaciones del año, para evitar sesgos al muestrear. Otros estudios han determinado que la densidad, pero no la diversidad y la actividad de las arañas varía según la época de colecta (Campuzano *et al.*, 2016; Rivera-Quiroz *et al.*, 2016).

El muestreo se llevó a cabo entre los años 2013 y 2015. Se visitaron los sitios una sola vez y fueron seleccionados atendiendo una distribución altitudinal que comprendió 10 cotas, con 150 m de incremento, iniciaron en 2 100 m y finalizaron a 3 450 m; en cada una se hicieron dos colectas dirigidas en sitios registrados geográficamente, mediante un geoposicionador satelital (*Garmin eTrex 10*). En cada sitio se estableció un transecto de 100 m, en el cual se situaron

cinco puntos alternados, marcados con banderas. La captura fue directa, las arañas se localizaron de forma visual y se tomaron del suelo sobre y bajo la hojarasca, esta acción se ejecutó alrededor de medio día, para disminuir variables en la actividad de las mismas, con un esfuerzo de muestreo de 75 minutos por sitio; es decir, 15 minutos por metro.

Los ejemplares se capturaron con ayuda de pinzas entomológicas y con un pincel humedecido en alcohol, se depositaron en un frasco pet, rotulado y se conservaron fijadas en alcohol etílico al 70 % (v/v). Los individuos se identificaron inicialmente, como morfoespecies, y posteriormente en familia, género o especie, mediante claves taxonómicas (Levi, 1991; Ubick *et al.*, 2005), bases de datos (Gómez-Rodríguez *et al.*, 2014; World Spider Catalog 2018) y con ayuda de especialistas. Los ejemplares se depositaron en la colección de invertebrados del Laboratorio de Ecología del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas.

El número de sitios muestreados estuvo limitado por el acceso a las ubicaciones y cada punto corresponde a una repetición por altitud o condición de disturbio. Estas se cuantificaron de manera independiente al muestreo de las arañas; para ello, se estableció un cuadrante de 50 m² donde se cuantificaron las fuentes de perturbación, según el método de Martorell y Peters (2005). Lo anterior permitió obtener un índice de perturbación que se basa en el análisis de 13 parámetros, en tres categorías: 1) actividades humanas, 2) cría de ganado y 3) estado de degradación del suelo. No se consideró la compactación de suelo, por consumir mucho tiempo, ni superficies severamente modificadas, pues no fue el caso en las áreas de estudio.

El índice de cada sitio se determinó con la fórmula propuesta por Martorell y Peters (2005) que obtiene valores de 0 (sin perturbación) a 100 (muy perturbado). Se Utilizó una escala logarítmica base 10 y se categorizaron los 45 sitios muestreados en: Perturbación Alta: (1.4 -1.8), Media (1 - 1.4) y Baja (0.6 - 1).

A partir de las variables de perturbación se construyó una matriz, en la cual cada uno de los sitios obtuvo un índice de perturbación. Después de la designación de los índices de perturbación, se extrajeron las variables de mayor valor (componente 1),

que en conjunto con la hojarasca, altitud y perturbación se consideraron como variables dependientes en el análisis de componentes principales.

Se calculó el índice de diversidad de *Shannon* para cada punto de muestreo; además se hicieron análisis de correlación de *Spearman* entre la altitud y el índice de perturbación; la diversidad de arañas (índice de *Shannon*) y perturbación, así como entre la diversidad de arañas y la altitud. Para determinar las diferencias en la diversidad con relación al gradiente de perturbación, se usó un análisis de varianzas de un factor. Se utilizó un análisis de *Kruskal-Wallis*, cuya variable dependiente fue el índice de perturbación y la altitud la independiente (2 000-2 400 baja, 2 500-2 900 media y 3 000-3 500 alta).

La composición de las especies con respecto a los factores ambientales; es decir, las variables que conforman los componentes principales de mayor importancia (con valores de 0.654 a 0.775), se analizó mediante una correspondencia canónica (ACC) de dos matrices, una con datos de abundancia por especie (matriz de especies) y otra con los factores ambientales (matriz ecológica-ambiental), ambas con clasificación de los 45 sitios muestreados. Los elementos de esta última fueron presencia de heces de bovinos y equinos; número de plantas en el cuadrante con partes o ramificaciones extraídas para combustible; superficie de los senderos dentro del cuadrante (superficie de la intersección); porcentaje del área del cuadrante utilizada para algún tipo de actividad (forrajeo, aprovechamiento y agricultura), pedregosidad, altitud y hojarasca.

Se aplicó un ANOVA de un factor, cuando los datos no cumplieron con los supuestos teóricos, se utilizaron pruebas no paramétricas; todos los análisis se hicieron con el programa IBM SPSS *Statistics* Ver. 22, excepto el análisis de correspondencia canónica que se utilizó *Canoco for Windows 4.5 Software*.



Resultados y Discusión

Se obtuvieron 541 arañas pertenecientes a 71 morfoespecies, 42 géneros y 23 familias; de estas las de mayor abundancia fueron Lycosidae (56%), Agelenidae (10%) y Anyphaenidae (9%) (Cuadro 1). Es probable que el número de morfoespecies sobreestime a la de especies taxonómicas, por el riesgo de identificar incorrectamente los individuos juveniles. El total de morfoespecies es comparable con lo citado para México en otros estudios; así, se registraron 91 taxones en un fragmento remanente de bosque tropical (Rivera-Quiroz *et al.*, 2016), 63 morfoespecies en la zona urbana de Chilpancingo (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2015) y 41 taxa en la de Toluca (Desales-Lara *et al.*, 2013).

Cuadro 1. Arañas registradas en el cerro El Potosí y sierra Peña Nevada en Nuevo León y Tamaulipas, así como características de las zonas.

Estado	Ecosistema	Cota altitudinal	Condición de sitio	Familia	Especie
Nuevo León	Bosque de pino	2800-3400	Conservado	Agelenidae	<i>Melpomene</i> sp.
				Thomisidae	s/i
				Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp.
				Salticidae	<i>Mexigonus</i> sp.
Tamaulipas	Bosque de pino	2100-3300	Conservado	Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp.
				Lycosidae	<i>Rabidosa rabida</i>
				Lycosidae	<i>Hogna</i> sp.
				Caponiidae	<i>Orthonops lapanus</i>
				Agelenidae	<i>Melpomene coahuilana</i>
Nuevo León	Bosque de pino	2850-3850	Perturbado	Anyphaenidae	<i>Clubiona</i> sp.
				Agelenidae	s/i
				Anyphaenidae	<i>Anyphaena</i> sp.

				Corinnidae	<i>Castianeira</i> sp.
				Dictynidae	s/i
				Gnaphosidae	<i>Zelotes</i> sp.
				Gnaphosidae	s/i
				Hahniidae	s/i
				Linyphiidae	s/i
				Lycosidae	<i>Melocosa</i> sp.
				Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp.
				Salticidae	<i>Hasarius</i> sp.
				Salticidae	s/i
				Theridiidae	s/i
				Thomisidae	s/i
				Agelenidae	s/i
				Agelenidae	<i>Melpomene</i> sp.
				Filistatidae	<i>Kukulcania hibernalis</i>
				Linyphiidae	<i>Agyneta</i> sp.
				Linyphiidae	s/i
				Linyphiidae	<i>Frontinella</i> sp.
				Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp.
				Lycosidae	s/i
				Phrurolithidae	<i>Piabuna</i> sp.
				Salticidae	s/i
				Tetragnathidae	<i>Chrysometa</i> sp.
				Theridiidae	s/i
				Agelenidae	s/i
				Gnaphosidae	<i>Zelotes</i> sp.

				Lycosidae	s/i
				Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp.
				Agelenidae	s/i
				Anyphaenidae	<i>Anyphaena</i> sp.
				Anyphaenidae	s/i
				Gnaphosidae	s/i
				Linyphiidae	<i>Agyneta</i> sp.
				Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp.
				Lycosidae	s/i
				Tetragnathidae	s/i
				Tetragnathidae	<i>Chrysometa</i> sp.
				Thomisidae	s/i
				Agelenidae	s/i
				Anyphaenidae	<i>Anyphaena</i> sp.
				Eutichuridae	<i>Strotarchus</i> sp.
				Gnaphosidae	<i>Zelotes</i> sp.
				Linyphiidae	s/i
				Salticidae	<i>Mexigonus</i> sp.
				Tetragnathidae	<i>Leucauge</i> sp.
				Theridiidae	<i>Theridion</i> sp.
				Theridiidae	s/i
				Agelenidae	s/i
				Anyphaenidae	<i>Anyphaena</i> sp.
				Dipluridae	s/i
				Linyphiidae	s/i
				Lycosidae	s/i

				Salticidae	s/i
				Agelenidae	<i>Agelenopsis</i> sp.
				Gnaphosidae	s/i
				Linyphiidae	s/i
				Lycosidae	s/i
Nuevo León	Bosque de pino-encino	2100-3000	Perturbado	Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp.
				Pholcidae	s/i
				Salticidae	s/i
				Theridiidae	s/i
				Agelenidae	s/i
				Araneidae	s/i
Tamaulipas	Bosque de pino-encino	2500-2550	Conservado	Linyphiidae	<i>Frontinella</i> sp.
				Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp.
				Lycosidae	s/i
				Lycosidae	Pardosa sp.
Nuevo León	Chaparral	2100-2700	Perturbado	Oxyopidae	s/i
				Diguetidae	<i>Diguetia</i> sp.
				Agelenidae	s/i
				Lycosidae	s/i
Nuevo León	Chaparral	2100-2700	Conservado	Corinnidae	<i>Castianeira</i> sp.
				Agelenidae	s/i
				Agelenidae	<i>Melpomene</i> sp.
				Anyphaenidae	<i>Anyphaena</i> sp.
Tamaulipas	Chaparral	2500-2700	Perturbado	Araneidae	<i>Metepeira</i> sp.
				Araneidae	s/i
				Gnaphosidae	s/i

				Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp.
				Salticidae	<i>Habronattus</i> sp.
				Salticidae	s/i
				Theridiidae	s/i
				Zoropsidae	<i>Zorocrates unicolor</i>
				Agelenidae	<i>Novalena</i> sp.
				Anyphaenidae	s/i
Tamaulipas	Matorral desértico rosetófilo	2100-2250	Conservado	Araneidae	<i>Neoscona</i> sp.
				Araneidae	s/i
				Linyphiidae	<i>Frontinella</i> sp.
				Lycosidae	s/i
				Agelenidae	s/i
Tamaulipas	Matorral desértico rosetófilo	3000-3300	Prtrubado	Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp.
				Linyphiidae	s/i
				Lycosidae	s/i

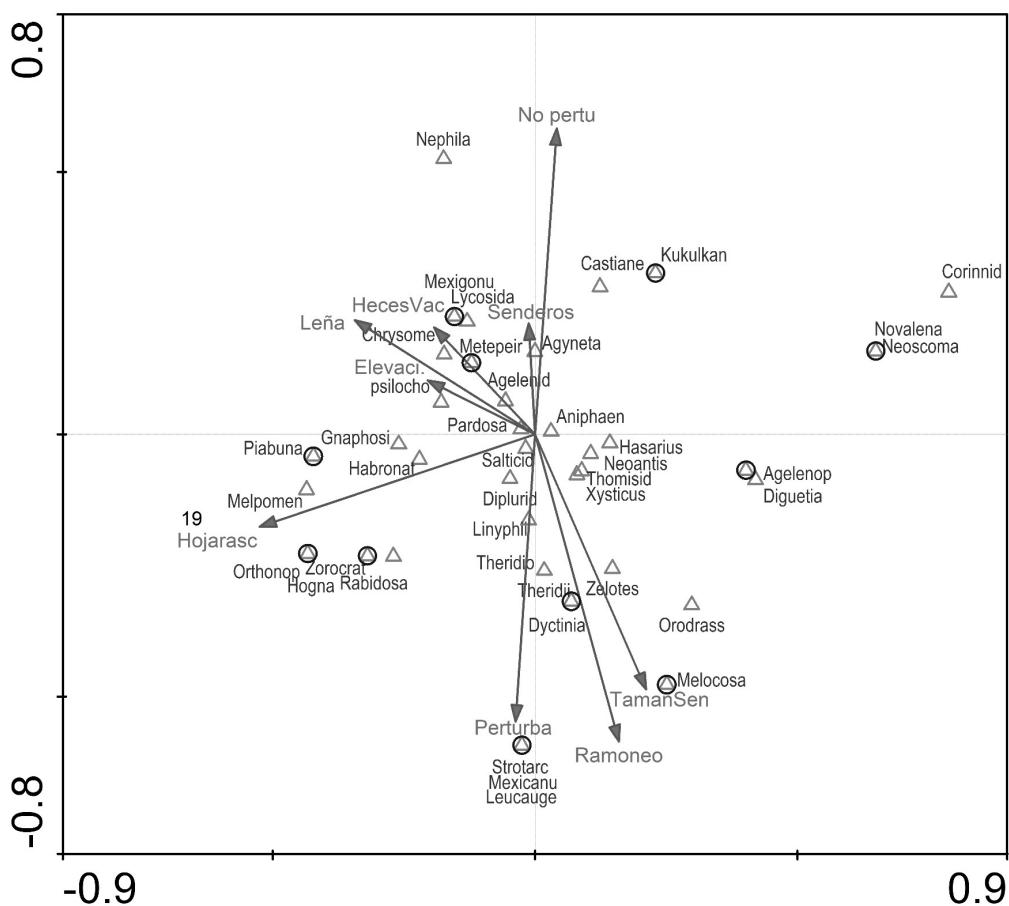
Sin identificar (s/i). La nomenclatura sigue el *World Spider Catalog* (2018).

Tres componentes explicaron 62.40 % de la varianza de la correlación de las fuentes de perturbación. Al componente 1 le correspondió 32.67 % que se refiere a la presencia y frecuencia de heces de bovinos y equinos, número de plantas en el cuadrante con partes o ramificaciones extraídas para combustible, número de sendas en el cuadrante utilizadas por personas, superficie de los senderos dentro del cuadrante (superficie de la intersección) y porcentaje del área del cuadrante utilizada para forrajeo, aprovechamiento, agricultura, etcétera. El componente 2 explicó 10.71 % de las variables.

Una correlación negativa se obtuvo para la cercanía a núcleos de actividades humanas (número de actividades que se ubican hasta 200 m), evidencia de indicios

de fuego, porcentaje de erosión del suelo y suelo expuesto. El componente 3 explicó 9.65 % del total de las variables, se asocia a la proximidad de los asentamientos humanos en kilómetros.

El análisis de correspondencia canónica entre grupos mostró un impacto de la perturbación en los ensambles de arañas presentes en las áreas muestreadas bajo algún grado de perturbación. El factor más importante respecto del eje 1 correspondió a la variable hojarasca; en el eje 2 las variables independientes relevantes fueron la perturbación y no perturbación (Figura 1). El índice de diversidad no difirió con el índice de perturbación en el ANOVA ($p<0.05$).



Eje 1 (19.9 %); Eje 2 (34.6 %); Hecesvac = Frecuencia de heces encontradas en el sitio; Senderos = Senderos pequeños utilizados por animales; Leña = Frecuencia de plantas utilizadas para la extracción de combustible (madera, leña); Hojarasc = Nivel de hojarasca por sitio de muestreo; Elevación = Cota altitudinal; Ramoneo = Número de plantas ramoneadas; Tamasen = Diámetro de la intersección entre las veredas y sendas dentro del cuadrante; NoPerturb = Sitios con índice de perturbación bajo 0.6-1.2; Perturba = Sitios con índice de perturbación alto 1.2-1.8).

Figura 1. Análisis canónico de correspondencia que indica la dinámica de los grupos de arañas con respecto a los factores ambientales y de perturbación.

La hojarasca fue determinante en la distribución y ensamblaje de las arañas, casi la mitad de ellas se asociaron con la presencia de este factor. *Hogna* sp, *Orthonops lapanus*, *Melpomene* sp, y *Rabidosa rabida* se asociaron a esa variable en bosques de pino. *Novalena* sp, *Neoscona* sp. y algunas especies de la familia Corinnidae se ubican en dirección opuesta a la del vector de la hojarasca, por distribuirse en áreas de matorral desértico desprovisto de hojarasca y con un nivel bajo de perturbación. *Kukulcania hibernalis* y *Castianeira* sp., se registraron en áreas desprovistas de hojarasca y en las menos perturbadas. La primera se localiza, principalmente, bajo rocas y troncos. La influencia de la hojarasca y la estructura del sotobosque son determinantes en la densidad de arañas cazadoras en bosques de coníferas mexicanos (Corcuera et al., 2016).

El eje 2 define la perturbación como factor determinante en el ensamble de las arañas. *Leucauge* sp, *Mexigonus* sp. y *Strotarchus* sp. estuvieron presentes en sitios con alto grado de perturbación y nunca en sitios no perturbados. Dicha condición se relaciona también con las variables ramoneo y tamaño de sendas; en conjunto incluyen a las familias Salticidae, Dipluridae y Linyphiidae.

Para la variable No perturbación, se observa bien definida la relación con *Mexigonus* sp., *Agyneta* sp. y algunas especies de las familias Agelenidae y Lycosidae; que a su

vez tienen una estrecha asociación con la variable senderos, muy probablemente debido a que estos estuvieron presentes en prácticamente todas las áreas.

Piabuna sp. y ciertos taxa de la familia Gnaphosidae se correlacionaron con la hojarasca y la altitud. *Chrysometa* sp. se asoció con la altitud y las áreas donde existía extracción de leña, se observaron únicamente en bosques de pino. *Pardosa* sp. se ubicó en el centro de los vectores de perturbación y hojarasca; y se localizó principalmente en áreas boscosas (Figura 1).

En el Cuadro 2 se presenta la información de los sitios de muestreo, el número de morfoespecies de arañas y el índice de diversidad de *Shannon*. No se detectó una correlación entre la altitud y el índice de perturbación ($\text{Rho}=0.18$, $P=0.10$), ni entre diversidad y perturbación ($\text{Rho}=0.92$, $P=0.39$). Tampoco hubo una relación entre la diversidad y la altitud (Cuadro 2) ($\text{Rho}=0.18$, $P=0.23$). Los sitios de muestreo a lo largo de las montañas no mostraron una relación entre el índice de perturbación y la diversidad ($\text{Rho}=0.002$, $P=0.98$).

Cuadro 2. Características de los puntos de muestreo y número de morfoespecies en el cerro El Potosí (EP) y sierra Peña Nevada (PN) en Nuevo León y Tamaulipas.

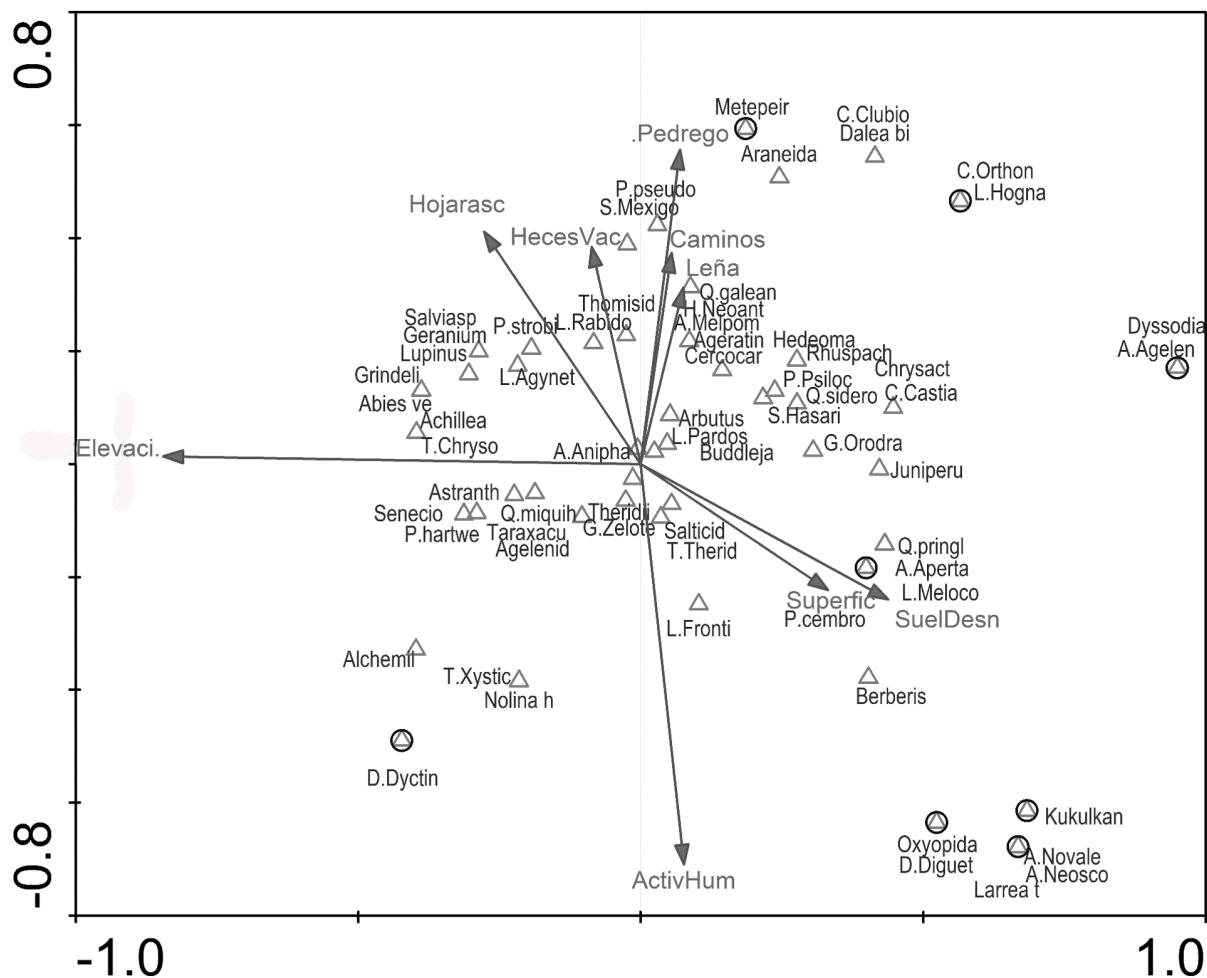
Área	Tipo de Vegetación	Fecha muestreo	Índice perturbación	Condición del sitio	Altitud msnm	Morfoespecies	Diversidad (<i>Shannon</i>)
PN	Bosque pino	12/04/13	1.467	Perturbado	2 850	12	0.59
PN	Chaparral	09/06/13	1.485	Perturbado	2 565	10	1.38
PN	Bosque encino	19/06/13	1.024	No pert.	2 686	17	1.26
PN	Bosque pino	20/08/13	0.694	No pert.	2 860	20	1.30
PN	Chaparral	25/10/13	1.371	Perturbado	2 715	11	1.47
EP	Bosque pino	20/02/14	1.314	Perturbado	3 275	22	1.08
EP	Bosque pino	22/02/14	1.228	Perturbado	2 864	9	1.13
EP	Bosque encino	12/04/14	1.338	Perturbado	2 562	27	1.46
EP	Bosque pino encino	12/04/14	1.710	Perturbado	3 012	6	0.90

PN	Bosque coníferas	01/08/14	1.195	No pert.	3 140	15	1.14
PN	Bosque pino	31/07/14	1.424	Perturbado	3 135	6	0.67
PN	Matorral desértico rosetófilo	31/07/14	1.379	Perturbado	2 254	14	1.07
EP	Bosque coníferas	09/08/14	0.882	No pert.	3 015	15	0.33
EP	Bosque coníferas	10/08/14	1.023	No pert.	3 000	16	0.54
EP	Bosque encino	10/08/14	1.035	No pert.	2 710	14	0.78
PN	Bosque pino	29/11/14	1.204	Perturbado	3 012	11	0.82
PN	Bosque pino	29/11/14	1.069	No pert.	2 842	12	0.37
PN	Bosque pino	30/11/14	1.396	Perturbado	2 100	13	1.18
PN	Bosque pino	30/11/14	1.455	Perturbado	2 720	14	0.69
EP	Bosque pino encino	24/02/15	1.482	Perturbado	2 125	10	0.90
EP	Bosque pino	25/02/15	1.544	Perturbado	3 425	4	0.52
EP	Bosque pino	25/02/15	1.412	Perturbado	3 305	7	0.65
EP	Bosque encino	13/05/15	1.187	No pert.	2 405	10	0.73
EP	Bosque encino	13/05/15	0.882	No pert.	2 256	10	0.74
EP	Chaparral	13/05/15	0.943	No pert.	2 109	8	0.60
PN	Bosque pino	16/05/15	1.397	Perturbado	3 290	13	0.60
PN	Bosque pino	17/05/15	0.661	No pert.	3 277	9	0.48
EP	Bosque pino	14/06/15	0.945	No pert.	3 434	12	0.63
EP	Bosque pino	14/06/15	1.169	No pert.	3 426	7	0.62
PN	Bosque pino	30/08/15	1.430	Perturbado	2 978	11	0.51
PN	Bosque pino encino	30/08/15	1.064	No pert.	2 550	19	0.86
EP	Chaparral	20/10/15	1.483	Perturbado	2 266	14	0.59
EP	Bosque pino	21/10/15	1.009	No perturbado	3 324	7	0.38
EP	Bosque pino	21/10/15	1.321	Perturbado	3 138	9	0.60
EP	Bosque coníferas	22/10/15	1.009	No perturbado	3 174	9	0.53
EP	Bosque pino	29/10/15	0.699	No perturbado	2 875	12	0.62
EP	Chaparral	29/10/15	1.584	Perturbado	2 716	12	0.34

PN	Bosque pino	01/11/15	1.577	Perturbado	2 232	18	0.57
PN	Bosque coníferas	01/11/15	0.874	No perturbado	3 425	12	0.70
PN	Bosque pino	02/11/15	1.538	Perturbado	2 085	9	0.55
PN	Bosque pino	08/11/15	1.234	Perturbado	2 385	11	0.60
PN	Matorral desértico rosetófilo	08/11/15	1.531	Perturbado	3 330	9	0.52
PN	Bosque pino	08/11/15	1.480	Perturbado	2 425	11	0.50
EP	Bosque pino	11/11/15	1.299	Perturbado	2 393	9	0.56
EP	Bosque pino	11/11/15	0.804	No perturbado	2 542	15	0.35

En el eje 1 del análisis canónico de correspondencia se observó que la altitud explica casi por si sola la gráfica, su magnitud refleja la alta correlación que existe entre la altitud y la vegetación. Por ejemplo, *Abies vejari* Martínez, *Lupinus* sp. y *Geranium crenatifolium* H. E. Moore tienden a estar en las zonas más elevadas junto con *Chrysometa* sp., araña que se registró solo en los bosques de coníferas. *Dyssodia pinnata* (Cav.) B. L. Rob. es una hierba que se localiza en áreas más desérticas y en partes bajas, *Agelenidae* es una familia de arañas que ocurrió principalmente en bosques de pino piñonero con elementos de chaparral (Figura 2).

Kukulcania hibernalis, *Diguetia* sp., *Novalena* sp. y *Neoscona* sp. se asocian con *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Covill del matorral desértico rosetófilo. *Hasarius* sp. y *Castianeira* sp. se encontraron bajo troncos, piedras y pequeñas hierbas, en coincidencia con las plantas: *Hedeoma palmeri* Hemsl., *Rhus pachyrachis* Hemsl., *Chrysactinia* sp. y *Cercocarpus* sp., del chaparral y bosque de encino. *Pardosa* sp. se ubicó en el centro de los vectores, principalmente en bosques de pino.



Eje 1 (50.6 %); Eje 2 (41.8 %); Hecesvac = Frecuencia de heces encontradas en el sitio; Leña = Frecuencia de plantas utilizadas para la extracción de combustible (madera, leña); Hojarasc = Nivel de hojarasca por sitio de muestreo; Elevación = Cota altitudinal; SuelDesn = Porcentaje de suelo desnudo encontrado en el área; Pedrego = Porcentaje de pedregosidad en el área).

Figura 2. Gráfico del análisis canónico de correspondencia que indica la dinámica de los grupos de arañas y la vegetación con respecto a las variables ambientales.

El número de familias identificadas en las áreas de estudio corresponde a 30 % de las conocidas en la zona de acuerdo a Ruíz y Coronado (2002), quienes documentan 72 familias y 135 especies para los estados de Nuevo León y Tamaulipas. En la presente investigación se obtuvo una alta riqueza de morfoespecies (cuadros 1 y 2), si se considera que el tamaño del área muestreada es menor a 1 % de la superficie total de ambas entidades federativas. Sin embargo, es posible que la falta de identificación a nivel de especie implique una sobreestimación. Los géneros sin identificar fueron poco frecuentes y con baja diversidad, posiblemente se trate de taxones no registradas para la región, aunque podrían ser organismos juveniles.

La variable que mejor explicó la presencia de arañas fue la hojarasca, lo cual coincide con Podgaiski y Rodrigues (2017), quienes indican que su existencia y complejidad son de gran importancia para la diversidad de dicho grupo de invertebrados. La perturbación en menor grado no influyó en la presencia de arañas. Lo anterior concuerda con lo registrado para otros ambientes (Bonte *et al.*, 2004; Langlands *et al.*, 2011). Destaca en particular lo señalado para Michoacán, en donde la composición de especies difiere con la perturbación, pero no el índice de diversidad (Maldonado-Carrizales y Ponce-Saavedra, 2017).

La diversidad de arañas y la hojarasca están vinculadas con la cobertura vegetal, ya que esta relación refleja mayor cantidad y diversidad de nichos (Ávalos *et al.*, 2007). La distribución de las arañas sobre la hojarasca evidencia la dependencia a una permanente cobertura en el suelo, la cual provee refugio, disponibilidad de presas, aireación y la regulación de la temperatura ambiente, por lo que dichas áreas son más propicias para el desarrollo de las arañas (Ávalos *et al.*, 2007).

Los ecosistemas perturbados, por sus características, pueden dar lugar a una mayor productividad, y propician una alta abundancia de arañas, aunque no necesariamente aumenta su diversidad (Nyffeler y Benz, 1988; Maelfait *et al.*, 2004; Ávalos *et al.*, 2007; Arana *et al.*, 2014). Lo anterior coincide con lo observado en el presente trabajo, en el cual algunos grupos de arañas fueron más frecuentes en las áreas perturbadas. *Pardosa* sp. se localizó en todo el gradiente altitudinal y de perturbación,

quizá como resultado de su dinámica para colonizar prácticamente todas las áreas (Nyffeler y Benz, 1988; Major *et al.* 2006; Arana *et al.*, 2014). La familia Lycosidae y el género *Pardosa*, en particular, son de las depredadoras más comunes en los ecosistemas modificados o con algún grado de perturbación, lo que responde a su condición generalista en el uso de los recursos. Ello les permite tener una mayor tolerancia a condiciones desfavorables (Major *et al.*, 2006 y Cabrera, 2012).

Ávalos *et al.* (2007) indican que Lycosidae y Linyphiidae no superan juntas 45 % de los individuos en áreas sin perturbación, pero alcanzan hasta 85 % en áreas deterioradas. Por lo anterior, se considera a *Pardosa* sp. como indicadora de áreas con disturbio; aseveración que comparten Urones y Majadas (2002), quienes señalan a este grupo como pionero en bosques incendiados y durante las primeras etapas de sucesión. Sin embargo, para el cerro El Potosí también se observaron en zonas con un índice de perturbación bajo, en donde habitan de forma independiente y dominante, quizás desplazando a otras especies.

Contrario a lo esperado no se detectó una relación entre la altitud y la diversidad de arañas, lo cual coincide con Gobbi *et al.* (2006) quienes tampoco la registran ni con la riqueza, ni con la densidad en un gradiente altitudinal.

Contrario a la hipótesis planteada, no se detectó mayor diversidad de arañas en los sitios con menor perturbación. La hojarasca fue un factor que se asoció con la distribución del grupo de invertebrados bajo estudio. Asimismo, se obtuvo un alto número de familias de arañas, si se considera que el área muestreada es inferior a 1% de territorio de Nuevo León y Tamaulipas.



Conclusiones

La influencia del gradiente altitudinal no es determinante en la distribución de las arañas, ya que no hay una relación entre la altitud, su diversidad y su riqueza.

La hojarasca influye en la distribución y ensamblaje de las arañas.

Pardosa sp. se registró lo largo del gradiente altitudinal y fue abundante en las áreas con disturbio.

Agradecimientos

H. Cortés-Cabrera, asistió en campo, C. Salazar-Olivo colaboró en identificación de especies de arácnidos, M. Salinas-Rodríguez, apoyó con algunos de los paquetes estadísticos y material bibliográfico.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Indira Reta-Heredia: trabajo de campo, análisis de la información y redacción del manuscrito; Enrique Jurado, Marisela Pando-Moreno, Humberto González-Rodríguez, Arturo Mora-Olivo y Eduardo Estrada-Castillón: análisis de la información, redacción y corrección del manuscrito.



Referencias

- Arana G., R. N., M. A. Pinkus R. and E. A. Rebollar T. 2014. Spatial and temporal diversity and structure of cursorial spiders (Arachnida: Araneae) in a fragmented landscape in Yucatan, Mexico. *Southwestern entomologist* 39(3): 555-580.
<https://doi.org/10.3958/059.039.0316>.
- Arriaga C., L., J. M. Espinoza-Rodríguez, C. Aguilar-Zúñiga, E. Martínez-Romero, L. Gómez-Mendoza y E. Loa Loza. (coords.). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 609 pp.
- Ávalos G., G. D. Rubio, M. E. Bar y A. González. 2007. Arañas (Arachnida, Araneae) asociadas a dos bosques degradados del Chaco húmedo en Corrientes, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 55(3-4): 899-909.
- Bonte, D., L. Lens and J.-P. Maelfait. 2004. Lack of homeward orientation and increased mobility result in high emigration rates from low-quality fragments in a dune wolf spider. *Journal of Animal Ecology* 73(4): 643-650.
- Cabrera, G. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes* 35(4): 346-363.
- Campuzano, E. F., G. Ibarra-Núñez, E. Chamé-Vázquez and H. Montaño-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.
- Cantú, C., J. Estrada A., M. Salinas R., J. Marmolejo M. y E. Estrada C. 2013. Vacíos y omisiones en conservación de las ecorregiones de montaña de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(17): 10-27.
- Corcuera, P., P. L. Valverde, M. L. Jiménez, A. Ponce-Mendoza, G. De la Rosa and G. Nieto. 2016. Ground spider guilds and functional diversity in native pine woodlands and eucalyptus plantations. *Environmental Entomology* 45 (2): 292-300.

- Desales-Lara, M. A., O. Francke y P. Sánchez. 2013. Diversidad de Arañas (Arachnida: Araneae) en Hábitats Antropogénicos. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84 (1): 291-305.
- Deza, M. y J. Andia. 2009. Diversidad y riqueza de especies de la familia Araneidae (Arachnida, Araneae) en Cicra (Madre de Dios - Perú). *Ecología Aplicada* 8(1-2): 81-90.
- Eggs, B. and D. Sanders. 2013. Herbivory in spiders: The Importance of pollen for orb-weavers. *PLoS ONE* 8(11): 1-5 e82637. doi: 10.1371/journal.pone.0082637.
- Gobbi, M., F. Diego and F. De Bernardi. 2006. Influence of climate changes on animal communities in space and time: the case of spider assemblages along an alpine glacier foreland. *Global Change Biology* 12(10): 1985-1992. doi:10.1111/j.1365-2486.2006.01236.x.
- Gómez-Rodríguez, J. F., H. Montaño, G. Ibarra-Núñez and C. A. Salazar-Olivo. 2014. Arácnidos (excepto ácaros) de Tamaulipas: listado actualizado y algunos registros nuevos. Pp. 51-74. In: Correa-Sandoval, A., J. V. Horta, J. García-Jiménez y L. Barrientos (eds.). *Biodiversidad Tamaulipecana*. Vol. 2. Núm. 2. Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Ciudad Victoria, Tamps., México. pp. 51-74.
- Gómez-Rodríguez, J. F. y C. Salazar O. 2015. Arañas de la región montañosa de Miquihuana, Tamaulipas: listado faunístico y registros nuevos. *Dugesiana* 19(1): 1-7.
- Langlands, P. R., K. E. Brennan, V. W. Famenau and B. Y. Main. 2011. Predicting the post-fire responses of animal assemblages: testing a trait-based approach using spiders. *Journal of Animal Ecology* 80(3): 558-568. doi:10.1111/j.1365-2656.2010.01795.x.
- Levi, H. W. 1991. The Neotropical and Mexican species of the orbweaver genera *Araneus*, *Dubiepeira*, and *Aculepeira* (Araneae: Araneidae). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 152(4): 167-315.

Maelfait, J.-P., L. Baert, D. Bonte, D. De Bakker, S. Gurdebeke, S. and F. Hendrickx. 2004. The use of spiders as indicators of habitat quality and anthropogenic disturbance in Flanders, Belgium. In: Samu, F. and C. Szinetár (eds.). European Arachnology 2002. Plant Protection Institute (Budapest) and Berzsenyi College (Szombathely). Akaprint Kft, Budapest, Hungría. pp. 129-141.

Major, R. E., G. Gowing, F. J. Christie, M. Gray and D. Colgan. 2006. Variation in wolf spider (Araneae: Lycosidae) distribution and abundance in response to the size and shape of woodland fragments. *Biological Conservation* 132(1): 98-108.

Maldonado-Carrizales, J. y J. Ponce-Saavedra. 2017. Arañas Saltarinas (Araneae: Salticidae) en dos sitios contrastantes en grado de antropización en Morelia Michoacán, México. *Entomología Mexicana* 4(1):597–603.

Martorell, C. and E. M. Peters. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biological Conservation* 124(2): 199-207. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.01.025>.

Nyffeler, M. and G. Benz. 1988. Feeding ecology and predatory importance of wolf spiders (*Pardosa* spp.) (Araneae, Lycosidae) in winter wheat fields. *Journal of Applied Entomology* 106(1-5): 123–134. doi: 10.1111/j.1439-0418.1988.tb00575.x.

Podgaiski, L. R. and G. G. Rodrigues. 2017. Spider community responds to litter complexity: insights from a small-scale experiment in an exotic pine stand. *Iheringia. Série Zoologia* 107: 1-8. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4766e2017007>.

Rivera-Quiroz, F. A., U. Garcilazo-Cruz and F. Álvarez-Padilla. 2016. Ciberdiversidad de arañas (Araneae: Araneomorphae) en un fragmento ecoturístico de selva tropical en Xilitla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87 (3): 1023-1032.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.07.011>.

- Rodríguez-Rodríguez, S. E., K. P. Solís-Catalán and A. Valdez-Mondragón. 2015. Diversity and seasonal abundance of anthropogenic spiders (Arachnida: Araneae) in different urban zones of the city of Chilpancingo, Guerrero, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86(4): 962–971.
<https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.09.002>.
- Ruiz C., E. y J. M. Coronado B. 2002. Artrópodos terrestres de los estados de Tamaulipas y Nuevo León, México. Centro de Investigación y Desarrollo Agropecuario, Forestal y de la Fauna - Universidad Autónoma de Tamaulipas, Serie Publicaciones Científicas Núm. 4. Cd Victoria, Tamps., México. 377 p.
- Ubick, D., P. Paquin and P. E. Cushing. 2005. Spiders of North America: an identification manual. Oxford/American Arachnological Society. New York, NY, USA. 377 p.
- Uma, D. B. and M. R. Weiss. 2012. Flee or fight: Ontogenetic changes in the behavior of Cobweb spiders in encounters with spider-hunting. *Environmental Entomology* 41(6): 1474-1480.
- Urones, C. y A. Majadas. 2002. Cambios en la comunidad de Araneae durante la sucesión postfuego en matorrales mediterráneos de montaña. *Revista Ibérica de Aracnología* 5: 19-28.
- Willett T., R. 2001. Spiders and other arthropods as indicators in old-Growth versus logged redwood stands. *Restoration Ecology* 9(4): 410-420.
- World Spider Catalog. 2018. World Spider Catalog. Version 19.5. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, accessed on Oct 04, 2018.
doi: 10.24436/2).