Revista Ibérica de Aracnología, nº **42** (30/06/2023): 189–196.
Grupo Ibérico de Aracnología (S.E.A.). ISSN: 1576 - 9518.

DIVERSIDAD DE TARÁNTULAS (ARANEAE: THERAPHOSIDAE) EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA VERTIENTE NOROCCIDENTAL DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA (COLOMBIA)

Emel Dario Bolaño-Manjarres[1]*, Cesar Enrique Tamaris-Turizo[1]
& Léiner Benavides Rivas[2]

Emel Dario Bolaño-Manjarres[1*]; https://orcid.org/0000-0003-4561-9053
Cesar E. Tamaris-Turizo[1]; https://orcid.org/0000-0001-8625-4981
Léiner Benavides Rivas[2]; https://orcid.org/0000-0001-8545-2417
*autor de correspondencia emelbolanodm@unimagdalena.edu.co
1. Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada (GIBEA). Universidad del Magdalena, Santa Marta Colombia.
2. Grupo de Investigación en Insectos Neotropicales. Universidad del Magdalena, Santa Marta Colombia.

Resumen: La familia Theraphosidae es el grupo más diverso del infraorden Mygalomorphae. La diversidad de estos organismos en Colombia está subestimada, debido a los pocos estudios realizados en el país, especialmente, en la Sierra Nevada de Santa Marta, el sistema montañoso costero más grande del mundo. En este trabajo se evaluó la diversidad de tarántulas en un gradiente altitudinal de la Sierra Nevada de Santa Marta. Los muestreos se realizaron entre abril y septiembre del 2021 en tres tramos compuestos por seis localidades de la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, dos por cada tramo altitudinal: bajo (50 y 135 msnm), medio (853 y 990 msnm) y alto (1880 y 2520 msnm). En cada sitio se realizaron muestreos por medio de colecta manual y trampas de caída. Se determinó la riqueza y abundancia de especies por sitio y se aplicaron los índices de diversidad beta en sus componentes aditivos de recambio y anidamiento. Adicionalmente, se realizó un análisis clúster para complementar los resultados de diversidad beta. Se registraron seis morfoespecies: *Hapalopus formosus* Ausserer, 1875*, Spinostibiapalpus* sp., Theraphosinae sp., *Paslistops* sp., *Kankuamo marquezi* Perafán, Galvis y Guitérrez, 2016 y *Trichopelma* sp. La diversidad de tarántulas a lo largo del gradiente altitudinal mostró una forma de U, donde la mayor riqueza se concentró en los extremos, con una disminución hacia las franjas medias. Se registró un alto valor de diversidad beta, el cual estuvo influenciando mayoritariamente por el recambio de especies. Los presentes resultados sugieren que el comportamiento altitudinal de la diversidad de tarántulas en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta difiere de la tendencia de los arácnidos, al presentar sus valores máximos de diversidad en las zonas elevadas y bajas. Este trabajo representa la primera aproximación de la diversidad terafósidos para este macizo.
Palabras claves: Araneae, Mygalomorphae, Theraphosidae, ensamblaje, ecología, sistema montañoso, Magdalena

Diversity of tarantulas (Araneae: Theraphosidae) in an altitudinal gradient of the northwestern slope of the Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia)

Abstract: The Theraphosidae family is the most diverse group in the Mygalomorphae infraorder. The diversity of these organisms in Colombia is underestimated, due to the few studies directed at the arachnofauna in the country, besides, the Sierra Nevada de Santa Marta, the largest coastal mountainous system in the world. In this study it was evaluated the diversity of tarantulas along an altitudinal gradient of the Sierra Nevada de Santa Marta. The samplings were carried out from April to September 2021 in three sections made up of six locations on the northwestern slope of the Sierra Nevada de Santa Marta, two for each altitudinal section: low (50 and 135 masl), medium (853 and 990 masl) and high (1880 and 2520 masl). Sampling was carried out at each site by means of manual collection and pitfall traps. Species richness and abundance per site were determined, and beta diversity indices were applied to their additive replacement and nesting components. Additionally, a cluster analysis was performed to complement the beta diversity results. Six species were recorded: *Hapalopus formosus* Ausserer, 1875, *Spinosatibiapalpus* sp., Theraphosinae sp., *Psalistops* sp., *Kankuamo marquezi* Perafán, Galvis y Gutiérrez, 2016, year and *Trichopelma* sp. The diversity of tarantulas along the altitudinal gradient showed a U-shaped, where the greatest richness was concentrated at the extremes, with a decrease towards the middle fringes. High value of beta diversity was registered, which was mainly related to species turnover. These results suggest that the altitudinal behavior of tarantula diversity on the northwestern slope of the Sierra Nevada de Santa Marta differs from the generalized trend of arachnids, as it presents its maximum diversity values in high and low areas. This work represents the first approximation of the teraphosids diversity for this massif.
Keywords: Araneae, Mygalomorphae, Theraphosidae, assemblage, Ecology, mountain system, Magdalena.

Introducción

La familia Theraphosidae es el grupo de arañas más diverso del infraorden Mygalomorphae, la cual cuenta con 158 géneros y 1055 especies (World spider catalog 2023). Éstas se distribuyen en todos los continentes a excepción de la Antártida, su mayor diversidad se encuentra en las zonas tropicales, con algunos representantes en áreas subtropicales y templadas (West 2008). Las tarántulas son depredadoras generalistas, desempeñan un papel importante en los ecosistemas terrestres como controladores biológicos de invertebrados y pequeños vertebrados (Rojo 2004; Pérez-Miles *et al.*2005; Wirth 2006; Pérez-Miles y Ferretti 2014; Reyes-Olivares *et al.* 2020). Además, son buenas indicadoras de la alteración de los ecosistemas terrestres, ya que en ambientes alterados se reducen sus abundancias naturales o no podrían estar presentes (Simó 2011; Aguilera *et al.*2019). A pesar de esas cualidades biológicas y los servicios prestados, en la actualidad afrontan una problemática que atenta contra sus poblaciones naturales como lo es la extracción indiscriminada, promovida por la comercialización legal e ilegal de estos organismos para ser usadas como mascotas, principalmente en los mercados americanos y europeos (Pérez-Miles y Ferretti 2014). Estas prácticas, junto con otras presiones antrópicas podrían haber influenciado el hecho de que para el 2022 la IUCN reportara cinco especies de esta

familia en categoría vulnerable, siete en peligro y cuatro en peligro crítico (IUCN 2022).

Colombia cuenta en la actualidad con 45 especies de tarántulas (ArachnoTraC 2023). Sin embargo, esta información podría estar subestimada debido a los pocos estudios existentes dirigidos a la comprensión de diversidad de estos animales en el país; donde los mayores aportes al conocimiento de la aracnofauna, se han realizado en las regiones Andina (específicamente en los departamentos de Cundinamarca y Antioquia) y Pacífica (Valle del Cauca) (Perafán *et al.*2013), exponiendo un déficit de trabajos en la región Caribe colombiana, incluyendo la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM).

Los sistemas montañosos son zonas elevadas caracterizadas principalmente por presentar valores máximos y mínimos de desnivel y pendiente (Gutiérrez 2021). Estos ocupan alrededor del 27% de la superficie terrestre y cuentan con una amplia gama de biomas que les brindan altos valores de diversidad y endemismo (Rodríguez-Rodríguez *et al.* 2011). Dichos sistemas representan uno de los modelos ecológicos más utilizados para analizar respuestas ecológicas en distintos grupos biológicos, que evalúan las influencias geofísicas ejercidas por el ambiente (Körner 2007). Esta confiabilidad otorgada por los ecólogos hacia los sistemas montañosos para este tipo de estudios está relacionada principalmente al efecto de la altitud sobre factores que afectan la diversidad (Körner 2000; Körner 2007). Un ejemplo de esto, es la disminución en los valores de la temperatura ambiente, la presión atmosférica y la presión parcial de oxígeno y dióxido de carbono con el aumento de la altitud, lo que conlleva a cambios en la estructura de los bosques y en la disponibilidad de microhábitats (Körner 2007), factor limitante para el establecimiento de las especies. Estas características hacen a los sistemas montañosos modelos experimentales interesantes para comprender la relación entre las condiciones del ambiente y la diversidad biológica.

Los estudios destinados a comprender el efecto del gradiente altitudinal sobre la aracnofauna se han enfocado principalmente en el infraorden Araneomorphae (Muños 2013; Foord y Dippenaar-Schoeman 2016) y en menor medida en el infraorden Mygalomorphae, particularmente en la familia Theraphosidae (Aguilera *et al.* 2019). En ambos grupos, se presenta una tendencia a la reducción de la diversidad a medida que se aumenta la altitud tanto para zonas tropicales como templadas. Para el caso de Aguilera *et al.* (2019), dicha disminución estuvo representada por el decrecimiento de la abundancia de las tarántulas (componente que integra la diversidad), con el incremento de la altura. Sin embargo, se ha documentado más de un patrón de la distribución de su riqueza y abundancia con relación a la altitud en un mismo sistema montañoso tropical. Foord y Dippenaar-Schoeman (2016) en su estudio dirigido a la aracnofauna en un gradiente altitudinal sudafricano, encontraron dos patrones en comunidades muestreadas en la zona oriente y occidente del sistema montañoso evaluado: i) relación inversa de la riqueza de especies con relación a la altitud y ii) en forma de U, con una mayor riqueza registradas en las zonas de alta y baja elevación.

La SNSM es el sistema montañoso costero más alto del mundo y dada su características geográficas, geomorfológicas, climáticas y su aislamiento de la cordillera de los Andes, presenta una alta diversidad de las zonas de vida del Neotrópico, por lo que es considerada como un territorio con un alto grado de endemismos (Strewe 2008), como se sugiere para el caso de las tarántulas con la especie *Kankuamo marquezi* Perafán, Galvis y Gutiérrez 2016, que, hasta la fecha, ha sido únicamente registrada en este sistema montañoso. Esto sumado al hecho de que los terafósidos presentan hábitos sedentarios y alta sensibilidad a la fragmentación del hábitat que produce aislamiento de las poblaciones naturales (Raven 2010), hace necesaria la evaluación de la diversidad de tarántulas a lo largo del gradiente altitudinal en este sistema montañoso.

En términos de diversidad alfa, en ambientes templados la familia Theraphosidae presenta valores de riqueza que van desde una hasta cuatro especies para localidades individuales (Pérez-Miles *et al.* 1993; Ferretti *et al.* 2010; Ferretti *et al.* 2012; Ferretti *et al.* 2014), comportamiento que podría extrapolarse a los ecosistemas tropicales, ya que los patrones de diversidad de las arañas del infraorden Mygalomorphae son similares entre zonas templadas y tropicales (Ferretti *et al.* 2010). Lo anterior podría brindar una idea de los posibles valores de riqueza de tarántulas que se podrían presentar en la SNSM.

Debido a que los terafósidos son sensibles a la alteración del hábitat (Simó *et al.* 2011; Aguilera *et al.* 2019), pueden ser usados como un modelo biológico idóneo para la evaluación de la diversidad en un gradiente altitudinal de la SNSM. Esto se debe a la pérdida progresiva en la cobertura boscosa que viene sufriendo este sistema montañoso en las últimas décadas por presiones antrópicas (Castrillón 2021), lo cual podría reflejarse en una amplia variación en la composición de especies de terafósidos a lo largo de dicho macizo, debido a la tendencia al aislamiento en áreas pequeñas que sufre este grupo biológico en función a la fragmentación del hábitat (Raven 2010). Es por esto que en este trabajo se buscó evaluar la diversidad alfa y beta de tarántulas a lo largo de un gradiente altitudinal en la vertiente noroccidental de la SNSM. Teniendo en cuenta la tendencia de diversidad altitudinal presentada por los arácnidos, los comportamientos de diversidad alfa registrados anteriormente para las tarántulas, así como la biología sedentaria de estos organismos y su sensibilidad a la fragmentación, en el presente estudio se plantean las siguientes hipótesis: i) el ensamblaje de tarántulas (siguiendo el concepto de ensamblaje de Fouth *et al.* (1996): grupo de organismos relacionados filogenéticamente, que comparten un espacio geográfico) presentará una disminución de la diversidad con el aumento altitudinal; ii) el ensamblaje de tarántulas mostrará un alto valor de diversidad beta, el cual estaría mayoritariamente asociado al recambio de especies entre las diferentes localidades y en menor proporción al anidamiento.

Materiales y métodos

Área de estudio: La SNSM se ubica en el norte de Colombia, entre los 10° 01’ 05” y 11° 20’ 11” de latitud norte y 72° 36’ 16” y 74° 12’ 49” de longitud occidente, hacia el extremo noroccidental de Suramérica. Esta se inclina desde el mar Caribe hasta los 5775 msnm (Carbono & Lozano 1997), abarcando una extensión aproximada de 17000 km^2 y de 21158 km^2 incluyendo las vertientes hidrográficas (Viloria De La Hoz 2005). En el macizo montañoso la temperatura promedio mensual son regulares, con una amplitud promedio menor a los 2.5 °C y una variación altitudinal de la temperatura en 0.6 °C cada 100 m (Pérez-Preciado 1984). En la vertiente noroccidental de la SNSM nacen los ríos Manzanares, Gaira, Toribio y Córdoba, en esta zona la precipitación promedio

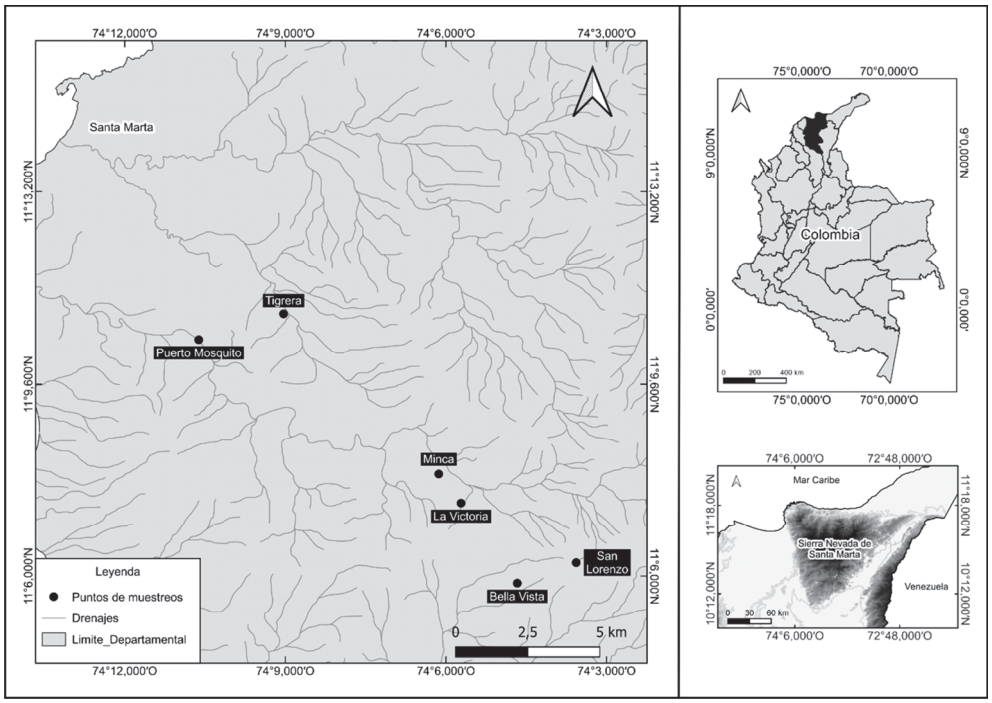


Fig. 1. Mapa del área de estudio. Los círculos negros representan los puntos de muestreo.
Fig. 1. Map of the study area. The filled black circles show the sampling points.

Tabla I. Descripción de los sitios de muestreo. Se presenta información de la altitud, coordenadas geográficas y la vegetación dominante según Espinal y Montenegro 1963. / **Table I.** Description of the sampling sites. Information of altitude, geographic coordinates and vegetation classification is presented according to Espinal and Montenegro 1963.

Localidad	Altitud (msnm)	Coordenadas geográficas	Formación vegetal (Espinal y Montenegro 1963)
Puerto Mosquito	50	11°10'26" Norte, 74°10'37" Occidente	Monte espinoso tropical (me-T)
Tigrera	135	11°10'55" Norte, 74°9'02" Occidente	Monte espinoso tropical (me-T)
Minca	853	11°7'55" Norte, 74°6'8" Occidente	Bosque seco tropical (bs-T)
La Victoria	990	11°7'22" Norte, 74°5'43" Occidente	Bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST)
Bella Vista	1880	11°5'52,8" Norte, 74°4'40,8" Occidente	Bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST)
San Lorenzo	2520	11°6'15" Norte, 74°3'34" Occidente	Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB)

mensual alcanza los 500 mm, en cercanías a la zona litoral y alrededores de la ciudad de Santa Marta y de 3000 mm a los 2200 msnm (Manjarrés & Manjarrés 2004) y pueden presentarse diversos tipos de climas, que van desde árido, seco y húmedo en altitudes inferiores a los 800 msnm, templado muy húmedo desde las 800 msnm a los 1700 msnm y frío muy húmedo desde los 1700 hasta los 3000 msnm (Tamaris-Turizo y López-Salgado 2006).

Se establecieron seis localidades distribuidas a lo largo de la vertiente noroccidental de la SNSM, en tres tramos con variación altitudinal desde los 50 hasta los 2520 msnm. En cada tramo se ubicaron dos localidades, en el tramo uno (elevación baja 50 y 135 m) las veredas Puerto Mosquito y Tigrera, en el tramo dos (elevación media 853 y 990 m) Minca y la Hacienda La Victoria, y en el tramo tres (elevación alta 1880 y 2520 m) la Vereda Bella Vista y San Lorenzo (fig. 1). Las descripciones de cada localidad se relacionan en la tabla I.

Fase de campo: Los muestreos se realizaron una única vez en cada localidad en el período comprendido entre los meses de abril y septiembre del 2021. En cada sitio se realizaron colectas durante dos días consecutivos implementando dos métodos de muestreo: trampas de caída y captura manual. Las trampas de caída se construyeron con envases plásticos de 23 cm de diámetro y 15 cm de profundidad (Ferretti *et al.* 2010; Ferretti *et al.* 2012; Ferretti *et al.* 2014). Se instalaron 30 trampas de caída separadas cada 10 m en tres transectos lineales de 300 m, completando un total de 90 trampas por sitio. Estas se llenaron hasta la mitad del recipiente con una mezcla de etanol al 96% y detergente para disminuir la tensión superficial y evitar posibles escapes. Las trampas se revisaron cada 3 horas y se retiraron a las 24 horas de su instalación. La colecta manual se llevó a cabo en tres transectos lineales de 300 m de largo y 3 m de ancho, con la ayuda de tres colectores. Los transectos se dispusieron en los mismos espacios estratégicos que los usados para las trampas de caída, pero sin solapar el espacio entre los transectos descritos anteriormente. Las colectas manuales se realizaron durante el día y la noche, durante 40 minutos ininterrumpidos por cada uno de los transectos para un total de 2 horas de esfuerzo de muestreo por jornada con esta técnica. La búsqueda se llevó a cabo principalmente en ambientes criptozoicos como debajo de rocas y troncos. Las fechas de muestreo se muestran con mayor claridad en la tabla II. El material biológico colectado fue rotulado y almacenado en envases de plásticos con etanol al 96%, separando los especímenes por localidad y método de muestreo.

Análisis de la información: La diversidad taxonómica se evaluó mediante una aproximación alfa y beta. Para el caso de la diversidad alfa, se utilizó la riqueza y abundancia de las especies de tarántulas en cada localidad. La diversidad beta fue descrita en sus dos componentes aditivos: recambio y.

Tabla III. Distribución de las especies de tarántula en el área de estudio. PM: Puerto Mosquito; T: Tigrera; M: Minca; LV: La victoria; BV: Bella Vista; SL: San Lorenzo. Se proporcionan datos de abundancia por localidad y del sexo de los especímenes. J: juveniles; M: machos; H: hembras. / **Table III.** Distribution of tarantula species in the study area. PM: Puerto Mosquito; T: Tigrera; M: Minca; LV: La victoria; BV: Bella Vista; SL: San Lorenzo. Data on abundance by locality and on the sex of the specimens are provided. J: inmature; M: males; H: females.

Especie	PM			T			M			LV			BV			SL			Total
	J	M	H	J	M	H	J	M	H	J	M	H	J	M	H	J	M	H	
Hapalopus formosus	8	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
Spinosatibiapalpus sp.	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Theraphosinae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0	6
Psalistops sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	3
Kankuamo marquezi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Trichopelma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	8
Total	8	0	5	5	1	0	1	0	2	0	0	0	5	0	1	8	2	0	41

Tabla II. Distribución de las fechas de muestreo por localidad. / **Tabla II.** Distribution of sampling dates by locality.

Localidad	Fecha de muestreo
Puerto Mosquito	24-25 abril, 2021
Tigrera	10-11 septiembre, 2021
Minca	14-15 mayo, 2021
Hacienda La Victoria	28-29 junio, 2021
Bella Vista	07-08 agosto, 2021
San Lorenzo	13-14 agosto, 2021

anidamiento, para esto se utilizó una matriz de presencia-ausencia para las seis localidades muestreadas, siguiendo la metodología propuesta por Baselga (2010) mediante la aplicación del índice de Sorensen, por medio del paquete betapart del software RStudio (Baselga y Orme 2012). Dentro de dicho paquete, se utilizó la función de sitios múltiples "beta.multi" para determinar el valor total de variación en el ensamblaje de tarántulas entre todas las localidades del área de estudio (βSOR), también se evaluó la influencia del recambio de especies (βSIM) y el anidamiento (βSNE) sobre el valor de beta (βSOR = βSIM + βSNE). Adicionalmente, se utilizó la función "beta.pair" para determinar los valores de beta (βsor), recambio (βsim) y anidamiento (βsne) de manera individual entre pares de localidades (βsor = βsim + βsne). En los análisis de pares de localidades se utilizó la simbología de beta con letras minúsculas (βsor = βsim + βsne), mientas que para sitios múltiples se utilizaron letras mayúsculas (βSOR = βSIM + βSNE). Por último, se realizó un análisis de agrupamiento basado en una matriz de disimilitud de Jaccard y utilizando el método de clasificación UPGMA (Correlación cofenética = 0.829) en el programa RStudio. Cabe resaltar que, para la correcta ejecución de este último análisis, se excluyó a la localidad de la Victoria de la matriz de datos, debido a que estos organismos no fueron encontrados durante los muestreos correspondientes

Resultados

Ensamblaje de tarántulas: Se encontraron 41 terafósidos durante todo el estudio, distribuidos en seis géneros y seis morfoespecies; *Hapalopus formosus* Ausserer 1875, *Spinosatibiapalpus* sp., *Psalistops* sp., Theraphosinae sp., *Kankuamo marquezi* y *Trichopelma* sp. Con 18 individuos, *H. formosus* fue el taxón más abundante, representando el 43.9% del total de la muestra, seguido por *Trichopelma* sp. con 8 individuos que representan el 19.5% y Theraphosinae sp. con 6 individuos que constituyen el 14.6% del total muestreado. *Spinosatibiapalpus* sp., *Psalistops* sp. y *K. marquezi* fueron las morfoespecies que presentaron la menor incidencia en la muestra contando con cuatro, tres y dos especímenes respectivamente (Tabla III).

Los organismos juveniles constituyeron la mayor parte del material registrado mediante ambos métodos de colecta (Fig. 2), representando el 65.8% del total de individuos. Mientras que las hembras y los machos solo alcanzaron el 21.9% y 12.2%, respectivamente. La colecta Manual fue el método por medio del cual se obtuvo la mayor abundancia (37 individuos) (Fig. 2).

Variación altitudinal de la diversidad de tarántulas: La diversidad de tarántulas presentó un patrón en forma de U, donde los máximos valores de riqueza y abundancia se observaron en la zona de elevación alta (Bella Vista + San Lorenzo) y baja (Puerto Mosquito + Tigrera) con cuatro y dos morfoespecies respectivamente y presentando en ambos casos 19 individuos. La zona de elevación media (Minca + La victoria) presentó una sola morfoespecie (Fig. 3).

Tigrera (135 msnm), Bella Vista (1880 msnm) y San Lorenzo (2520 msnm) presentaron la mayor riqueza (dos especies en cada caso), con *H. formosus* y *Spinosatibiapalpus* sp. para el primero sitio; *Psalistops* sp. y Theraphosinae sp. para el segundo y *K. marquezi* y *Trichopelma* sp. para el tercero. Por su parte, Puerto Mosquito (50 msnm) fue el sitio más abundante (13 ind. de *H. formosus*). Minca presentó una sola especie: *Spinosatibiapalpus* sp. mientras que en La Victoria no se encontró ninguna.

Diversidad beta: El ensamblaje de tarántulas presentó una alta variación a lo largo del gradiente altitudinal (βSOR =0.9), la cual estuvo mayoritariamente influenciada por el recambio de especies (βSIM = 0.846). Por su parte, el anidamiento solo representó una pequeña proporción del valor de beta (βSNE = 0.054). Al comparar pares de sitios, se observó una disimilitud total entre la mayoría de localidades (βsor = 1), la cual estuvo atribuida en un 100% al recambio de especies (βsim = 1) (Fig. 4). Por otro lado, la variación por anidamiento solo estuvo presente entre las localidades de en la parte baja del macizo montañoso: Puerto Mosquito *vs* Tigrera y Tigrera *vs* Minca (βsne = 0.33 en ambos casos), representando el 100% del valor total de beta.

Según el análisis de conglomerados Clúster, los sitios ubicados en tierras bajas fueron los menos disímiles (Jaccard = 0.5). Minca se asoció con los sitios ubicados en tierras bajas, mostrando una disimilitud del 75% (Jaccard = 0.75). Las restantes localidades presentaron una disimilitud total entre sí (Jaccard = 1), al no compartir ninguna morfoespecie (Fig. 5).

Fig. 2. Abundancia total para cada especie mediante los distintos métodos de muestreo. TC: trampas de caída; CM: colecta manual.
Fig. 2. Total abundance for each species through the different sampling methods. TC: pitfall traps; CM: manual collection.

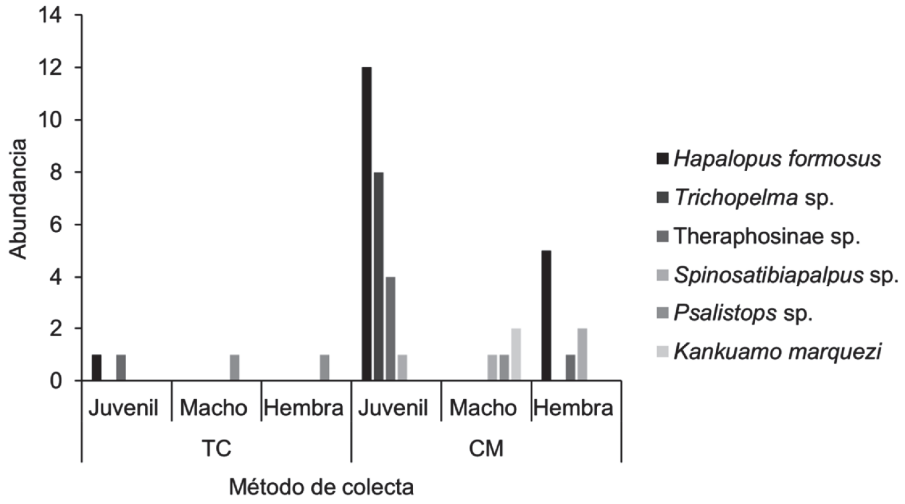


Fig. 3. Diversidad de especies a lo largo del gradiente altitudinal de la vertiente noroccidental de la SNSM. La línea negra corresponde a la riqueza de especies y la línea gris corresponde a la abundancia. Elevación baja: localidades de Puerto Mosquito y Tigrera; elevación media: sectores de Minca y La Victoria; elevación alta: localidades de Bella Vista y San Lorenzo.
Fig. 3. Diversity of species along the altitudinal gradient of the northwestern flank of the SNSM. The solid line corresponds to species richness and the grey line corresponds to abundance. Low elevation: sites Puerto Mosquito and Tigrera; medium elevation: sectors of Minca and La Victoria; high elevation: Bella Vista and San Lorenzo localities.

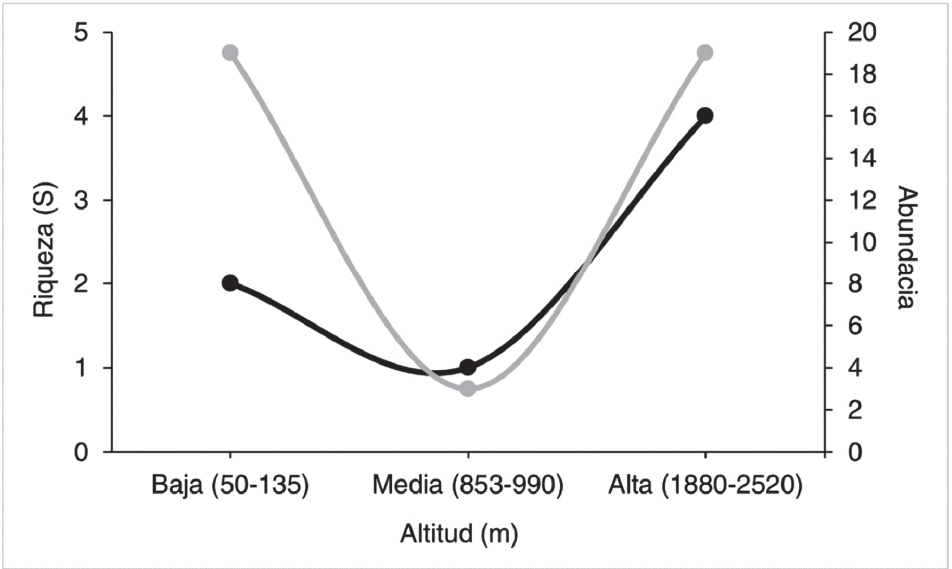
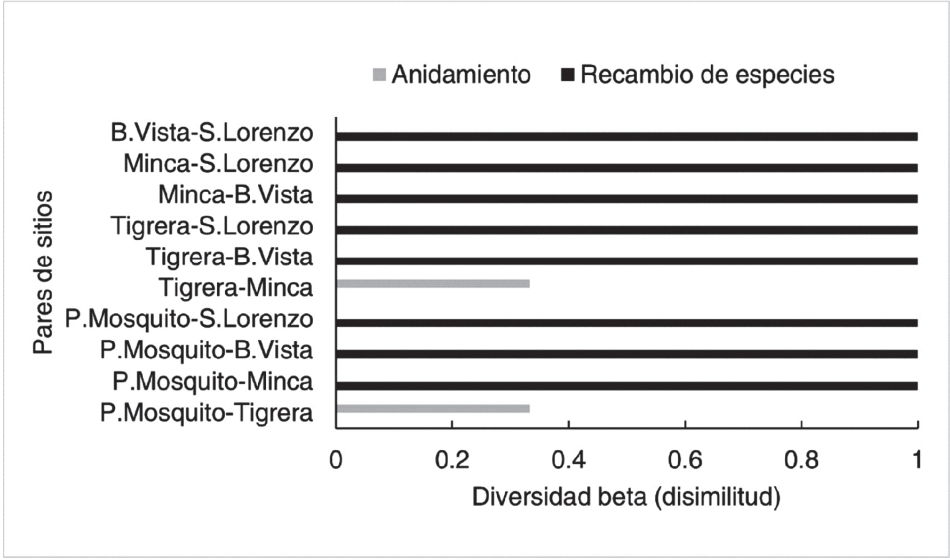


Fig. 4. Diversidad beta del ensamblaje de tarántulas entre pares de sitios de la vertiente noroccidental de la SNSM.
Fig. 4. Beta diversity of tarantula assemblage between pairs of sites on the northwestern flank of the SNSM.



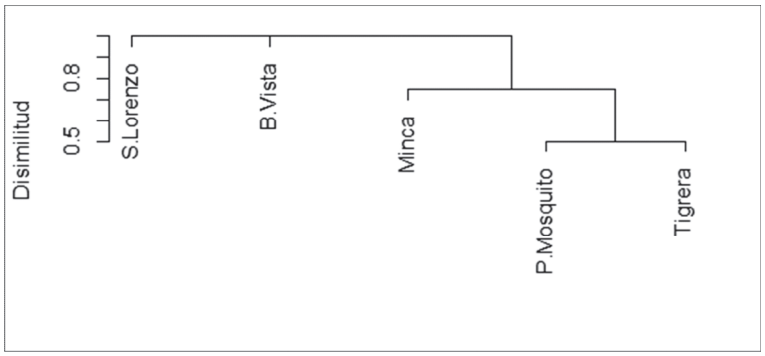


Fig. 5. Análisis de conglomerado clúster utilizando disimilitud de Jaccard, con base a la presencia de especies por sitio. Correlación cofenética = 0,829.
Fig. 5. Cluster analysis using Jaccard dissimilarity, based on the presence of species per site. Correlation cophenetic = 0,829.

Discusión

El patrón de la diversidad de tarántulas observado (forma de U) en la vertiente noroccidental de la SNSM, difiere de la tendencia mostrada por los arácnidos, los cuales tienden a presentar un decrecimiento de la diversidad con el incremento de la altitud, como lo observaron Muñoz (2013) y Franco (2017) para comunidades de arañas tejedoras en bosques andinos del Ecuador y comunidades de escorpiones en la SNSM. Aguilera *et al.* (2019) en su estudio dirigido a evaluar el impacto de la alteración del hábitat sobre las comunidades de tarántulas, encontraron que tanto en zonas conservadas como alteradas se redujo la abundancia en función a la altitud. No obstante, nuestro resultados pudieron estar influenciados por la época climática en el cual se realizó la recolecta, ya que la estacionalidad puede alterar dichos patrones altitudinales de la riqueza de especies y la distribución altitudinal de la diversidad de arañas puede variar en diferentes zonas de un mismo sistema montañoso (Foord y Dippenaar-Schoeman 2016), lo que sugiere que de patrón de diversidad observado en este estudio podría mostrar cambios entre las diferentes vertientes de la SNSM.

Los valores de riqueza observados fueron similares a los registrados para otras zonas del Neotrópico, como es el caso de la Costa Caribe colombiana (Escorsia *et al.* 2012) y en el estado de Paraíba al noreste de Brasil (Días *et al.* 2006), así como a los presentados en áreas templadas en la provincia Buenas Aires Argentina (Ferretti *et al.* 2010; Ferretti *et al.* 2012; Ferretti *et al.* 2014). Esto sugiere que los patrones de riqueza de la familia Theraphosidae no presentan una amplia variación entre zonas tropicales y templadas, lo que refuerza la premisa planteada por Ferretti *et al.* (2010), la cual expone que la tendencia de la diversidad en arañas del infraorden Mygalomorphae son similares en ecosistemas tropicales y templados. En el caso particular de la hacienda La Victoria, la ausencia de tarántulas puede asociarse con las fuertes lluvias presentadas durante los muestreos, este hecho, en conjunto con los hábitos crípticos de los terafósidos, podría traducirse en la permanencia de estos organismos en sus cuevas.

La vertiente noroccidental de la SNSM presentó un alto valor de diversidad beta, principalmente atribuido a un alto recambio de morfoespecies a lo largo del gradiente altitudinal, toda vez que la mayoría de estos organismos no se compartieron entre las localidades. El recambio o sustitución de entidades taxonómicas entre sitios son tradicionalmente relacionados con la existencia de barreras geográficas u otros fenómenos históricos que restrinjan la movilidad de los taxones entre localidades (Baselga 2010). En el caso particular del área de estudio, la fragmentación y la urbanización pueden obstaculizar la movilidad de las tarántulas entre sitios. Aunado a esto, los terafósidos presentan hábitos sedentarios y poca capacidad de dispersión (Raven 2010; Pérez-miles y Perafán 2017) que tienden a restringirlas a pequeñas áreas (Valerio 1979), lo que explica su distribución limitada. Estas características mencionadas muestran la sensibilidad que tiene este grupo a la fragmentación del hábitat (Raven 2010), factor que podría estar afectando al ensamblaje de tarántulas, debido a la creciente actividad antrópica que viene sufriendo la SNSM, lo cual se evidencia en una pérdida progresiva de la cobertura boscosa de dicho macizo (Castrillón 2021).

Abdelmolniem *et al.* (2003) registraron una variación en una comunidad de arañas entre distintas zonas de un gradiente altitudinal egipcio, lo cual fue relacionado con la heterogeneidad del hábitat y el efecto de la altitud sobre algunos aspectos ambientales como la temperatura y la humedad. En este estudio, no se evaluó el efecto de estas variables ambientales; sin embargo, el recambio de especies entre pares de sitios (βsim) estuvo acompañado por una variación en las formaciones vegetales entre la mayoría de las localidades. La agrupación presentada por Puerto Mosquito y Tigrera (tierras bajas), evidenció que el valor de diversidad beta estuvo completamente influenciado por anidamiento (βsne) y presentaron la mayor similitud entre sitios en términos de terafósidos; a su vez, estas localidades se caracterizaron por presentar el mismo tipo de formación vegetal: monte espinoso tropical (me-T) (Espinal y Montenegro 1963). En contraste, las localidades de elevación alta difirieron en el tipo de bosque y mostraron el mayor recambio de especies de tarántulas entre sí. Esto sugiere que la variación en las formaciones vegetales entre diferentes sitios puede influenciar la sustitución de especies a lo largo de la vertiente noroccidental de la SNSM, más allá de una pérdida de la riqueza causada por anidamiento entre cada uno de los sitios, lo cual podría a su vez explicar la baja influencia del anidamiento en la diversidad beta presentada en el área de estudio.

En el presente trabajo se registra por primera vez a la especie *H. formosus* y los géneros *Spinosatibiapalpus, Psalistops* y *Trichopelma* para la SNSM, lo que evidencia el potencial en diversidad de tarántulas de los ecosistemas tropicales y en especial la SNSM. En Colombia, los géneros *Spinosatibiapalpus* y *Psalistops* se encontraban registrados solo para la región Andina, específicamente en el centro oriente del país (Gabriel y Sherwood 2020; Mori y Bertani 2020), por lo que en el presente estudio se amplía la distribución de estos dos últimos géneros en Colombia. A pesar de los nuevos registros de tarántulas para la SNSM no se registró el género *Neischnocolus*, reportado por Benavides (2018) para el sector de Bella vista. Lo anterior podría relacionarse con la variedad de hábitats crípticos presentados en dicha localidad y al comportamiento criptozoico de estos organismos; por lo cual es recomendable incrementar los esfuerzos utilizados en cada una

de las metodologías empleadas para futuros estudios, principalmente la colecta manual, ya que fue el método con el que se captura la mayor cantidad de riqueza y abundancia (Ferretti *et al.* 2010; Ferretti *et al.* 2012; Ferretti *et al.* 2014).

Nuestros resultados sugieren que en la vertiente noroccidental de la SNSM el comportamiento altitudinal de la diversidad de tarántulas difiere de la tendencia generalizada de los arácnidos, al presentar sus valores máximos de riqueza y abundancia en las zonas elevadas y bajas. Esto refuta la primera hipótesis aquí planteada, que sugería una reducción en la diversidad con el aumento altitudinal, sin embargo, cabe resaltar que existe la posibilidad de que el patrón aquí encontrado (forma de U) podría verse alterado por la estacionalidad, factor que tiende a afectar el comportamiento de la diversidad de arañas a lo largo de los gradientes altitudinales. En términos de diversidad alfa, las localidades de la vertiente noroccidental de la SNSM coinciden con otras zonas tropicales, así como con zonas templadas al contar con valores de riqueza dentro del rango de entre una a cinco especies. La vertiente noroccidental de la SNSM cuenta con un alto valor de diversidad beta para el grupo de las tarántulas, lo cual esta principalmente influenciado por el recambio de especies más que por la pérdida de riqueza por anidamiento, factor que parece estar afectado por la fragmentación del hábitat y los cambios en las formaciones vegetales entre localidades. Además, es posible que con un mayor esfuerzo de muestreo en cuanto a tiempo de exposición de las trampas pitfalls y mayores réplicas de recolección manual se pueda llegar a una mayor representación de la biodiversidad de este grupo en las zonas muestreadas. No obstante, nuestros resultados son importantes debido a que constituyen el primer estudio de ecología de tarántulas realizado en la zona y brindan un acercamiento base con respecto a la diversidad de este grupo y su variación en diferentes pisos térmicos y los cambios en la estructura del paisaje que conllevan.

Agradecimiento

A Cristian Guzmán-Soto y a Sebastián de la Hoz-Pedraza por su apoyo con utilización del programa RStudio para los análisis de diversidad beta. A Valentina Cardona-Higuera por su guía en la implantación del Sistema de información geográfica QGIS para la elaboración del mapa de área de estudio. A Carlos Perafán por la colaboración en la confirmación de la identidad de las especies.

Referencias

ABDELMONIEM, H. E. D., S. ZALAT, M. EL-NAGGAR & A. GHOBASHY 2003. Spider diversity in relation to habitat heterogeneity and an altitudinal gradient in South Sinai, Egypt. *Egyptian Journal of Biology*, **5**: 129-137.

AGUILERA, M., R. MONTENEGRO & M. CASANUEVA 2019. Impact of disturbed areas on Theraphosidae spiders diversity (Araneae) and first population data of *Grammostola rosea* (Walckenaer) in Panul Park. *Ecology and Evolution*, **9**: 5802-5809.

ARACHNOTRAC 2023. Arachnids from Tropical Andean Countries. https://sites.google.com/view/arachnotrac/taxonomy/araneae/theraphosidae. [Consultado el 03-04-2023]

BASELGA, A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global ecology and biogeography,* **19**(1): 134-143.

BASELGA, A., & C. D. L. ORME 2012. betapart: an R package for the study of beta diversity. *Methods in ecology and evolution*, **3**(5): 808-812.

BENAVIDES, L. 2018. Tarántulas del género *Ami* Pérez-Miles 2008 (Araneae: Theraphosidae) en Colombia taxonomía y distribución. Tesis de grado, Universidad del Magdalena.

CARBONÓ, E. & G. LOZANO 1997. Endemismos y otras singularidades de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Posibles causas de origen y necesidad de conservarlos. *Revista académica colombiana de ciencias*, **21**(81): 409-419.

CASTRILLÓN, E. 2021. La reforestación de la que cada árbol es bautizado. https://www.lasillavacia.com/historias/silla-nacional/la-reforestacion-de-la-sierra-nevada-en-la-que-cada-arbol-es-bautizado [Consultado el 20 – 01 - 2022]

ESCORCIA, R. Y., N. J. MARTÍNEZ & J. P. SILVA 2012. Estudio de la diversidad de arañas de un bosque seco tropical (BS-T) en Sabanalarga, Atlántico, Colombia. Boletín Científico. Centro de Museos. *Museo de Historia Natural*, **16**(1): 247-260.

DIAS, S. C., A. D. BRESCOVIT, E. C. COUTO & C. F. MARTINS 2006. Species richness and seasonality of spiders (Arachnida, Araneae) in an urban Atlantic Forest fragment in Northeastern Brazil. *Urban Ecosystems*, **9**(4): 323-335.

FAUTH, J. E., J. BERNARDO, M. CAMARA, JR. W. J. RESETARITS, J. VAN BUSKIRK & S. A. MCCOLLUM 1996. Simplifying the jargon of community ecology: a conceptual approach. *The American Naturalist*, **147**(2): 282-286.

FERRETTI, N., F. PÉREZ-MILES & A. GONZÁLEZ 2010. Mygalomorph spiders of the Natural and Historical Reserve of Martín García Island, Río de La Plata River, Argentina. *Zoological Studies*, **49**: 481-491.

FERRETTI, N., G. POMPOZZI, S. COPPERI, F. PÉREZ-MILES & A. GONZÁLEZ 2012. Mygalomorph spider community of a Natural Reserve in a hilly system in central Argentina. *Journal of Insect Science*, **12**(1): 31.

FERRETTI, N., G. POMPOZZI, S. COPPERI, L. SCHWERDT, A. GONZÁLEZ & F. PÉREZ-MILES 2014. La comunidad de arañas Mygalomorphae (Araneae) de la Reserva Natural Sierra del Tigre, Tandilia, Buenos Aires, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **85**: 308-314.

FOORD, S. & A. DIPPENAAR-SCHOEMAN 2016. The effect of elevation and time on mountain spider diversity: a view of two aspects in the Cederberg mountains of South Africa. *Journal of Biogeography*, **43**: 2354-2365.

FRANCO CASTILLA, T. K. 2017. Diversidad y distribución de escorpiones a lo largo de un gradiente altitudinal en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Tesis de grado, Universidad del Magdalena.

GABRIEL, R. & D. SHERWOOD 2020. Revised taxonomic placement of *Pseudhapalopus* Strand, 1907, with notes on some related taxa (Araneae: Theraphosidae). *Arachnology* **18**(4): 301-316.

GUTIÉRREZ, D. 2021. Efectos del cambio global sobre la dinámica poblacional de la fauna de montaña. *Ecosistemas*, **30**(1): 2177-2177.UICN 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2020-1. https://www.iucnredlist.org/search?taxonomies=102084&searchType=species. [Consultado el 19-05- 2022].

KÖRNER, C. 2000. Why are there global gradients in species richness? Mountains might hold the answer. *Trends in Ecology & Evolution*, **15**: 513-514.

KÖRNER, C. 2007. The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in Ecology & Evolution*, **22**(11): 569-574.

MANJARRÉS, G. & G. MANJARRÉS 2004. Contribución al conocimiento hidrobiológico de la parte baja de los ríos de la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Intropica*, **1**: 39-50.

MORI, A., & R. BERTANI 2020. Revision and cladistic analysis of *Psalistops* Simon, 1889, *Trichopelma* Simon, 1888 and *Cyrtogrammomma* Pocock, 1895 (Araneae: Theraphosidae) based on a cladistic analysis of relationships of Theraphosidae, Barychelidae and Paratropididae. *Zootaxa*, **4873**(1): 1-132.

MUÑOS, G. 2013. Estructura de las comunidades de arañas tejedoras (Arachnida: Araneidae) a lo largo de un gradiente en un gra-

diente altitudinal en los Andes nor-orientales ecuatorianos. Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito.

PERAFÁN, C., W. GALVIS, M. GUTIÉRREZ & F. PÉREZ-MILES 2016. *Kankuamo*, a new theraphosid genus from Colombia (Araneae, Mygalomorphae), with a new type of urticating setae and divergent male genitalia. *ZooKeys*, **601**: 89-109.

PERAFÁN, C., A. SABOGAL, G. MORENO, R. GARCÍA, S. LUNA, O. ROMERO & E. FLÓREZ 2013. Diagnóstico del estado actual de la fauna de arácnidos y de su gestión en Colombia. En: D. Ramírez, E. Torrado & E. H. Becerra (comps.), Memorias Congreso Colombiano de Entomología, 40° Congreso Socolen (pp. 308-335). Sociedad Colombiana de Entomología.

PÉREZ-MILES, F. 2020. Introduction to the Theraphosidae. Pp. 1-23, en: Pérez-Miles, F. (eds) New World Tarantulas. Zoological Monographs. Vol 6. Springer, Cham.

PÉREZ-MILES, F., F. COSTA & E. GUDYNAS 1993. Ecología de una comunidad de Mygalomorphae criptozoicas de Sierra de las Animas, Uruguay (Arachnida, Araneae). *Aracnología*, **17**(18): 1-22.

PÉREZ-MILES, F., F. COSTA, C. TOSCANO-GADEA & A. MIGNONE 2005. Ecology and behavior of the "road tarantulas" *Eupalaestrus weijenberghi* and *Acanthoscurria suina* (Araneae, Theraphosidae) from Uruguay. *Journal of Natutal History*, **39**: 483-498.

PÉREZ-MILES, F. & N. FERRETTI 2014. Theraphosidae. Pp. 119-124, en: S. Roig-Juñent, L. Claps & J. Morrone (eds.), Biodiversidad de Artrópodos Argentinos. INSUE-UNT Ediciones.

PÉREZ-MILES, F. & C. PERAFAN 2017. Behavior and ecology of Mygalomophae. Pp. 29-55, en: Viera, C. & Gongaza, M. (eds). Behavior and ecology of spiders. Springer, Cham.

PÉREZ-PRECIADO, A. 1984. Aspectos climáticos de la Sierra Nevada de Santa Marta. Pp. 33–44, en: Van der Hammen, T. & Ruiz, P. M. (eds.), Studies on Tropical Andean Ecosystems, Volume 2: La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) Transecto Buritaca - La Cumbre. J. Cramer.

RAVEN, R. 2010. A review of the Mygalomorphae: biology, morphology and systematics. Pp. 365-366, en Zadka, M. (ed.), Book of Abstracts of the 18th International Congress of Arachnology, University of Podlasie & Internacional Society of Arachnology.

REYES-OLIVARES, C., A. GUAJARDO-SANTIBÁÑEZ, B. SEGURA, N. ZAÑARTU, M. PENNA & A. LABRA 2020. Lizard predation by spiders: A review from the Neotropical and Andean regions. *Ecology and evolution*, **10**(20): 10953-10964.

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, D., B. BOMHARD, S.H. BUTCHART, & M.N. FOSTER 2011. Progress towards international targets for protected area coverage in mountains: A multi-scale assessment. *Biological Conservation*, **144**(12): 2978-2983.

ROJO, R. 2004. Las tarántulas de México: pequeños gigantes incomprendidos. CONABIO. *Biodiversitas,* **56**: 7-11.

SIMÓ, M., A. LABORDA, C. JORGE & M. CASTRO 2011. Las arañas en los agroecosistemas: bioindicadores terrestres de calidad ambiental. *INNOTEC*, **6**: 51-55.

STREWE, R. 2008. Efectos de calentamiento global sobre los páramos de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Enlace Empresarial-UAN*, **10**: 14-15.

TAMARÍS-TURIZO, C. E. & H. J. LÓPEZ-SALGADO 2006. Aproximación a la zonificación climática de la cuenca del río Gaira. *Intropica*, **3**(1): 69-76.

VALERIO, C. E. 1979. Arañas terafósidas de Costa Rica (Araneae: Theraphosidae). II. *Psalmopoeus reduncus*, redescripción, distribución y el problema de dispersión en terafósidas. *Revista de Biologia Tropical*, **27**(2): 301-308.

VILORIA DE LA HOZ, J. 2005. Sierra Nevada de Santa Marta: Economía de sus recursos naturales. *Banco de la Republica, Centro de estudios económicos regionales (CEER).* No 61.

WEST, R., S. MARSHALL, C. FUKUSHIMA & R. BERTANI 2008. Review and cladistic analysis of the Neotropical tarantula genus *Ephebopus* Simon 1892 (Araneae: Theraphosidae) with notes on the Avicullariinae. *Zootaxa*, **1849**: 35-58. .

WORD SPIDER CATALOG 2023. *World spider catalog*, *version* 24. Bern: Natural History Museum, en línea en: https://wsc.nmbe.ch/statistics/ . [Consultado el 03-04-2023]