







Distribución vertical de insectos escama (Sternorrhyncha: Coccoidea) en follaje de *Yucca* spp.

Vertical distribution of scale insects (Sternorrhyncha: Coccoidea) on foliage of *Yucca* spp.

Josefina Elizabeth Rodríguez-Delgado¹ , Luis Antonio Tarango-Arámbula² , Saúl Ugalde-Lezama^{1*} , Jorge Cadena-Iñiguez² , Javier Rafael-Valdez² , Valeria Abigail Martínez-Sías² 

¹Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5, Carretera México-Texcoco, Chapingo, CP. 56230. Texcoco, Estado de México. México.

²Campus San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, CP. 78600, México.

*Autor de correspondencia: biologo_ugalde@hotmail.com

Artículo científico

Recibido: 12 de mayo 2025

Aceptado: 14 de abril 2026

RESUMEN. Este estudio tuvo como objetivo analizar la distribución vertical de tres familias de insectos escama (Pseudococcidae, Coccidae y Diaspididae) en tres estratos (superior, medio e inferior) de las rosetas de follaje de *Yucca* spp. e identificar las variables del hábitat y cobertura del suelo asociadas con su presencia. Se registraron diversas variables ambientales y se empleó el muestreo de hojas para contabilizar los insectos escama. Los datos se analizaron mediante frecuencias de observación, pruebas de Kruskal-Wallis, un modelo de regresión logística multinomial y análisis de regresión Poisson. Pseudococcidae fue la familia más frecuente, seguida de Coccidae y Diaspididae. Pseudococcidae presentó las mayores probabilidades de ocurrencia en los tres estratos. Cada familia mostró su mayor probabilidad de ocurrencia en diferentes estratos: Pseudococcidae en el superior, Coccidae en el medio y Diaspididae en el inferior. Los patrones de distribución de las familias no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los estratos verticales, pero sí en su distribución en cada estrato. Además, 14 variables del hábitat y de la cobertura del suelo se asociaron con los insectos escama. Este estudio aporta los primeros registros de estas familias en follaje de *Yucca* spp., así como los primeros reportes de *Pseudococcus* sp., *Coccus hesperidum* (L., 1758) y *Lindingaspis rossi* (Maskell, 1892) en el matorral xerófilo de Villa González Ortega, Zacatecas, y establece bases para futuras investigaciones sobre las interacciones entre insectos escama, *Yucca* spp. y *Liometopum apiculatum* (Mayr, 1870).

Palabras clave: Pseudococcidae, uso de estratos, método de corte de hojas, uso de hábitat.

ABSTRACT. This study aimed to analyze the vertical distribution of three families of scale insects (Pseudococcidae, Coccidae, and Diaspididae) across three strata (upper, middle, and lower) of the foliage rosettes of *Yucca* spp., and to identify the habitat and ground-cover variables associated with their presence. Some environmental variables were recorded, and leaf sampling was conducted to quantify the scale insects. The data were analyzed using observation frequencies, Kruskal-Wallis tests, a multinomial logistic regression model, and poisson regression analysis. Pseudococcidae was the most frequent family, followed by Coccidae and Diaspididae. Pseudococcidae had the highest probability of occurrence across all three plant strata. Each family showed the highest probability of occurrence in different stratum: Pseudococcidae in the upper, Coccidae in the middle, and Diaspididae in the lower. The vertical distribution patterns of the scale insect families did not show statistically significant differences between the strata but did show differences in their distribution within each stratum. Additionally, 14 habitat and ground cover variables were associated with the scale insects. This study provides the first records of these families on *Yucca* spp. foliage, as well as the first reports of *Pseudococcus* sp., *Coccus hesperidum* (L., 1758), and *Lindingaspis rossi* (Maskell, 1892) in the xeric shrubland of Villa González Ortega, Zacatecas, and establishes a foundation for future research on the interactions between scale insects, *Yucca* spp. and *Liometopum apiculatum* (Mayr, 1870).

Keywords: Pseudococcidae, strata use, leaf cutting method, habitat use.

Como citar: Rodríguez-Delgado JE, Tarango-Arámbula LA, Ugalde-Lezama S, Cadena-Iñiguez J, Rafael-Valdez J, Martínez-Sías V (2026) Distribución vertical de insectos escama (Sternorrhyncha: Coccoidea) en follaje de *Yucca* spp.. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 13(2): e4622. DOI: 10.19136/era.a13n2.4622.

INTRODUCCIÓN

El grupo animal más diverso del planeta es el de los insectos (Hailay-Gebremariam 2024). En él se incluyen los insectos escama (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea), un grupo cosmopolita de insectos que se hospedan en una amplia variedad de plantas y se alimentan de diversas estructuras vegetales, como hojas, tallos y raíces (Ross y Shuker 2009). Se alimentan con sus estiletes, succionando la savia del floema o las células del parénquima (Branco *et al.* 2021). Los insectos escama desempeñan un papel crucial en los ecosistemas naturales al ser parte de la red trófica. Además, muchas de sus especies tienen importancia económica: algunas son plagas agrícolas, mientras que otras proporcionan beneficios como colorantes, cera, resinas, aditivos farmacéuticos, control biológico de malezas y alimento para humanos, aves, abejas y otros insectos (Kondo y Gullan 2022).

Las familias Diaspididae, Pseudococcidae y Coccidae tienen la mayor diversidad de especies de insectos escama, conocidas comúnmente como escamas armadas, cochinillas harinosas y cochinillas blandas, respectivamente (Kondo *et al.* 2008). Pseudococcidae y Coccidae producen mielecilla (Kunkel 1997), una sustancia azucarada, rica en nutrientes (Delabie 2001), también llamada miel de rocío (Ramos y Serna 2004). Las especies de estas familias suelen establecer relaciones mutualistas con hormigas fenómeno denominado trofobiosis (Delabie 2001). En estas interacciones, las hormigas consumen la mielecilla y protegen a los insectos escama de sus enemigos naturales (Sodano *et al.* 2023), además de favorecer su dispersión (Ramos y Serna 2004). Por otro lado, las interacciones entre Diaspididae y hormigas son menos comunes (Delabie 2001). Esta familia no produce mielecilla (Delabie 2001). Sin embargo, algunos artículos documentan relaciones de escamas armadas con hormigas del género *Melissotarsus* en África, donde se especula que las hormigas podrían recibir como alimento cera, secreciones o el propio cuerpo del insecto (Schneider *et al.* 2013).

La hormiga escamolera, *Liometopum apiculatum* (Mayr, 1870; Hymenoptera: Formicidae), es una de las especies que interactúa con insectos de las familias Pseudococcidae, Coccidae y Diaspididae (Velasco-Corona *et al.* 2007). En las zonas rurales de México, *L. apiculatum* es importante socioeconómicamente (Cruz-Labana *et al.* 2014), puesto que las pupas de las castas reproductoras, comúnmente llamadas “escamoles”, se aprovechan como alimento desde tiempos prehispánicos (Lara *et al.* 2015). Asimismo, su importancia ecológica se infiere a través de sus interacciones en el ecosistema. Por ejemplo, en el matorral xerófilo, algunas de las plantas que la hormiga escamolera utiliza como sitios de anidación y forrajeo son las palmas (*Yucca* spp.) (Rafael-Valdez *et al.* 2017). En ellas, los nectarios extraflorales también pueden ser aprovechados por la hormiga (Lara *et al.* 2015). Además, las palmas utilizadas como sustratos de forrajeo, próximas a los nidos pueden hospedar insectos escama (Rafael-Valdez *et al.* 2017). Aunado a esto, si los insectos escama excretan mielecilla, pueden establecer trofobiosis con las hormigas (Lara *et al.* 2015).

En la región del Altiplano Potosino-Zacatecano, en particular, en matorral xerófilo en el municipio de Villa González Ortega, Zacatecas, *L. apiculatum* coexiste con plantas de *Yucca* spp. e insectos escama (Rafael-Valdez *et al.* 2017). Aquí, las familias Pseudococcidae, Coccidae y Diaspididae, hospedadas en follaje de *Yucca* spp., parecen jugar un papel importante en una potencial interacción mutualista con *L. apiculatum*, además de soportar cadenas tróficas superiores. En la

zona, *L. apiculatum* es importante ecológica (Hernández-Roldan *et al.* 2017) y socioeconómicamente, por el aprovechamiento de escamoles (Rafael-Valdez *et al.* 2017). Por lo anterior, la asociación evidente de insectos escama con el follaje de la palma (*Yucca* spp.) representa manejo sustentable del hábitat, para los habitantes de Villa González Ortega, Zacatecas. A pesar de la importancia ecológica de las familias Pseudococcidae, Coccidae y Diaspididae, los estudios sobre su ecología en follaje de *Yucca* spp. en el Altiplano Potosino-Zacatecano son inexistentes. Tampoco se han realizado estudios sobre su distribución vertical en esta especie. Además, el conocimiento de las posibles interacciones bióticas entre los insectos escama y su hábitat ha sido escasamente estudiado en este tipo de ecosistemas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar los patrones de distribución vertical de insectos escama (Coccidae) sobre el follaje de *Yucca* spp. Además, identificar algunas variables del hábitat que determinan la presencia de estos insectos escama.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y diseño de muestreo

El área de estudio se localizó en el noroeste del municipio de Villa González Ortega, Zacatecas, en la zona UTM 14 LN, entre las coordenadas máximas 2507652.986 LN, 196124.991 LE y mínimas 2506460.378 LN, 194122.040 LE, a una altitud entre los 2 170 y 2 220 msnm. En la zona, el clima es de tipo BSkw, semiseco templado con lluvias en verano (INEGI 2020) y hay dos tipos de vegetación: matorral crasicaule y matorral desértico micrófilo (INEGI 2018).

Mediante un muestreo dirigido se seleccionaron tres parcelas con una superficie de alrededor de 19.86 ha en conjunto. En estas parcelas se seleccionaron 32 sitios distribuidos de manera diferencial. En cada sitio se seleccionó una palma (*Yucca* spp.) con follaje infestado por insectos escama, mismos que fueron registrados y evaluados en cada estrato (superior, medio e inferior) del follaje (roseta); así como las variables del hábitat y cobertura del suelo (Figura 1).

Trabajo de campo y laboratorio

Durante el periodo de junio a agosto de 2014 se evaluaron 32 palmas (*Yucca* spp.) con presencia de insectos escama en el follaje, al mismo tiempo se evaluaron variables del hábitat y cobertura del suelo. Las variables registradas en cada planta fueron: altura, diámetro a la altura normal (DAN; 1.30 m), número de ramas y número de rosetas de follaje. Además, las variables para evaluar la cobertura del suelo (porcentajes de plantas arbustivas y gramíneas, material leñoso muerto y suelo desnudo) se cuantificaron con dos líneas de Canfield de 20 m (Canfield 1941), en cada sitio. Partiendo de la palma evaluada, la primera línea se colocó a 10 m al sur y a 10 m al norte; la segunda línea se colocó a 10 m al este y 10 m al oeste. De manera adicional, en cada sitio también se registraron las variables de altitud y pendiente.

La identificación de las palmas (*Yucca* spp.) no se realizó a nivel de especie debido a que, durante el periodo de muestreo, las plantas no tenían inflorescencias (panículas), estructuras esenciales para su correcta determinación taxonómica. No obstante, según los registros de Matuda y Piña (1980), las especies *Yucca decipiens* (Trel., 1907) y *Yucca filifera* (Chabaud, 1976) (comúnmente conocidas como Palma China o Izote) se distribuyen en algunos municipios de Zacatecas y San Luis Potosí. Aunque los autores no reportan estas especies explícitamente para el municipio de estudio, éstas

son componentes típicos del Matorral Desértico Micrófilo y Matorral Crasicaule en algunas partes del Altiplano Potosino-Zacatecano (Rzedowski 1957). Además, investigaciones recientes documentaron la presencia de estas especies en la región. Por ejemplo, Rebolledo-Hernández *et al.* (2024) y Martínez-Betancourt *et al.* (2025) reportaron a *Y. decipiens* en una zona próxima al área de estudio. Por su parte, Sánchez-González *et al.* (2018) registraron a *Y. filifera* en la región fronteriza entre Zacatecas y San Luis Potosí, también dentro del Altiplano. Debido a las limitaciones en la identificación específica, en este trabajo se empleó sólo el género *Yucca* spp. para referirse a las palmas muestreadas.

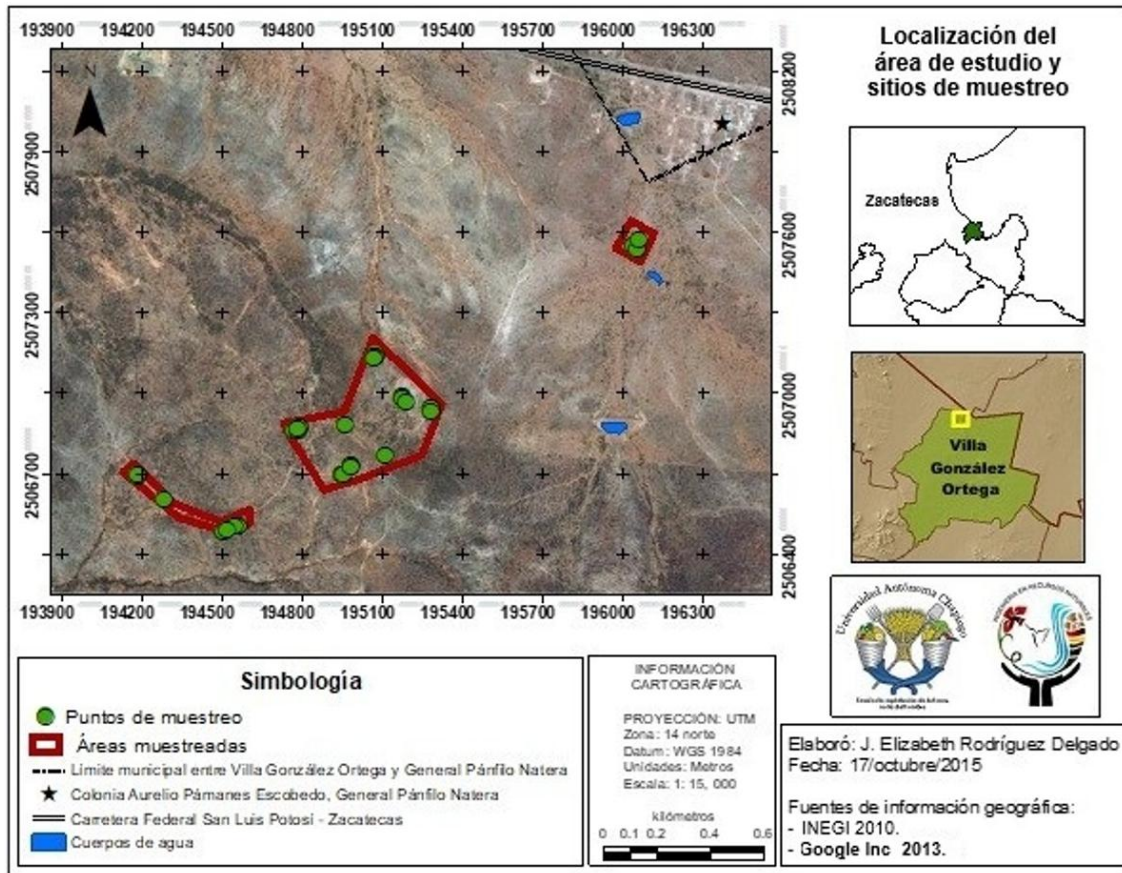


Figura 1. Área de estudio y localización de los 32 sitios de muestreo para evaluar insectos escama en los estratos del follaje de *Yucca* spp. y su hábitat en Villa González Ortega, Zacatecas, México.

La evaluación de insectos escama se realizó eligiendo una roseta de follaje infestada por cada palma muestreada. En cada roseta, el muestreo se realizó de forma sistemática, dividiendo el follaje en tres estratos: 1) superior, 2) medio e 3) inferior. De cada estrato se seleccionó una hoja infestada, así se obtuvieron tres hojas por roseta por planta. En las hojas seleccionadas se registraron las variables de orientación y altura de la hoja (respecto al suelo), orientación de la roseta, temperatura de la hoja y hora del muestreo. La recolecta de este tipo de insectos se efectuó mediante la metodología de corte de hojas seleccionadas (Schowalter 1994) y, su preservación en frascos con alcohol al 70%, para posteriormente contar el número de ellos en laboratorio.

La identificación taxonómica de dichas muestras fue realizada en el Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA; orden de servicio 87520, claves internas: 15P0056991 - Pseudococcidae; 15P0056990 - Coccidae; 15P0056987 - Diaspididae de fecha 13 de octubre de 2015), en Tecámac, Estado de México.

La colecta de insectos y el registro de las variables del hábitat y cobertura del suelo se realizaron entre las 09:00 y 19:00 h. El conteo y clasificación de insectos por familia se realizó en el Laboratorio de Agua, Suelo y Planta del Campus San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados, utilizando un microscopio estereoscópico marca Leica con resolución 10x/23, cajas Petri y pinzas entomológicas.

Análisis estadístico

La información del total de individuos de cada familia de insecto escama por estrato se analizó con Frecuencia de Observación (FO; Curts 1993). Los análisis fueron: 1) FO general por familia (Pseudococcidae, Coccidae y Diaspididae), 2) FO de insectos escama por estrato (superior, medio e inferior), 3) FO de insectos de cada familia (Pseudococcidae, Coccidae y Diaspididae) por estrato y 4) FO por familia en los diferentes estratos (superior, medio e inferior). Todos los análisis fueron realizados en Excel® (Microsoft Corporation 2013) y se calcularon a partir de la siguiente ecuación, adaptada según el caso:
$$FO = \frac{\text{No. de individuos en un estrato}}{\text{No. total de individuos en todos los estratos}} \times 100$$

Para evaluar diferencias significativas en las cantidades de individuos de insectos escama en los estratos se realizaron pruebas de Kruskal-Wallis (Zar 1999), debido a que los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad (Shapiro y Wilk 1965) ni homogeneidad de varianzas (Bartlett 1937). Los datos comparados fueron: (1) individuos por familia (Pseudococcidae, Coccidae y Diaspididae) en cada estrato, (2) individuos por familia entre estratos (superior, medio e inferior) y (3) insectos escama en general entre estratos. Todos los análisis se realizaron con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, utilizando el software JMP®, versión 8.0 (SAS 2008).

Así mismo, la probabilidad de ocurrencia de las familias Pseudococcidae, Coccidae y Diaspididae (variable respuesta) se evaluó en los diferentes estratos verticales: superior, medio e inferior (variable independiente). Para ello, se utilizó un Modelo de Regresión Logística Multinomial (Hosmer y Lemeshow 2000). El análisis se realizó utilizando el software R versión 3.2.2 (R Core Team 2015).

Finalmente, para evaluar la asociación entre el número de individuos de las familias Pseudococcidae, Coccidae y Diaspididae presentes en los estratos superior, medio e inferior (variable dependiente, Y), y las variables del hábitat y cobertura del suelo (variables independientes, X_i), se desarrollaron Modelos de Regresión Poisson (Agresti 2013). El modelo utilizó una función de vínculo logarítmica para relacionar las variables independientes con las de respuesta (McCullagh y Nelder 1989, Agresti 2013). Los análisis se desarrollaron en tres etapas aplicando: 1) un Modelo Lineal Generalizado con distribución Poisson (McCullagh y Nelder 1989, Agresti 2013), 2) un procedimiento de selección de variables por pasos (Stepwise; Agresti 2013) y 3) un criterio de selección del ajuste del mejor modelo a través del Criterio de Información de Akaike (AIC; Akaike 1969, Burnham y Anderson 2002). Todos los análisis se realizaron en R versión 3.2.2 (R Core Team 2015). En todos los casos se utilizó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (nivel de confianza del 95%).

RESULTADOS

En este estudio se registraron 17 882 individuos de insectos escama (de las tres familias taxonómicas) en el follaje de *Yucca* spp. Del total, el 73.4% (n = 13,128) correspondió a la familia Pseudococcidae – *Pseudococcus* sp., el 23.7% (n = 4,238) a Coccidae - *Coccus hesperidum* (L., 1758), y solo el 2.9% (n = 516) a Diaspididae - *Lindingaspis rossi* (Maskell, 1892). El estrato superior exhibió la mayor cantidad de individuos (42.9%), seguido del estrato inferior (30.3%) y el medio (26.8%). Pseudococcidae fue la familia más común en los tres estratos, mientras que Diaspididae fue la menos frecuente. En cuanto a su distribución vertical, Pseudococcidae tuvo mayor representación en el estrato superior (Figura 2), mientras que Coccidae y Diaspididae se concentraron principalmente en el estrato inferior (Tabla 1).



Figura 2. Cochinillas harinosas (Pseudococcidae) en follaje de *Yucca* spp. interactuando con *L. apiculatum* en Villa González Ortega, Zacatecas.

Tabla 1. Número de individuos y valor porcentual de frecuencia de observación de insectos escama y estrato de follaje de *Yucca* spp.

Familia	Estrato Inferior (n = 5 421; 30.3%)	Valor % (↓)	Medio (n = 4 795; 26.8%)	Valor % (↓)	Superior (n = 7 666; 42.9%)	Valor % (↓)
Pseudococcidae	3 321	61.261	3 051	63.628	6 756	88.129
Valor % (→)	25.297	-	23.240	-	51.462	-
Coccidae	1 731	31.931	1 617	33.722	890	11.609
Valor % (→)	40.844	-	38.154	-	21.000	-
Diaspididae	369	6.806	127	2.648	20	0.260
Valor % (→)	71.511	-	24.612	-	3.875	-

↓: Frecuencia de observación de insectos escama por familia dentro de cada estrato de follaje. →: Frecuencia de observación de insectos escama por familia a través de los estratos de follaje.

La cantidad de individuos de cada familia (Pseudococcidae, Coccidae y Diaspididae) entre estratos de follaje no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$), al igual que la cantidad de insectos escama en general entre estratos ($p = 0.5703$). En contraste, las comparaciones de la cantidad de individuos de las familias dentro de cada estrato (superior, medio e inferior) revelaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$, Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de Kruskal-Wallis para las comparaciones de cantidades de individuos por familia en cada estrato, individuos por familia entre estratos e insectos escama en general entre estratos, en follaje de *Yucca* spp.

Variables analizadas	Chi-square	P-value
Familias (P, C y D) – Estrato		
Superior	45.7937	< 0.0001
Medio	34.8886	< 0.0001
Inferior	29.1719	< 0.0001
Estratos (I, M y S) – Familia		
Pseudococcidae	2.0482	0.3591
Coccidae	3.2211	0.1998
Diaspididae	2.5882	0.2741
Estratos (I, M y S) - Insectos escama		
General	1.1231	0.5703

P: Pseudococcidae; C: Coccidae; D: Diaspididae; I: Inferior; M: Medio; S: Superior.

Por otra parte, el Modelo de Regresión Logística Multinomial (MRLM; AIC = 22 176.73) estimó las probabilidades condicionales de ocurrencia de cada familia en los diferentes estratos. Los resultados indicaron que Pseudococcidae presentó la mayor probabilidad de ocurrencia en todos los estratos, seguida por Coccidae y Diaspididae. Asimismo, Pseudococcidae presentó mayor probabilidad de ocurrencia en el estrato superior (0.8813), mientras que Coccidae mostró mayor probabilidad en el estrato medio (0.3372). Por su parte, Diaspididae mostró su mayor probabilidad de ocurrencia en el estrato inferior (0.0681, Tabla 3).

Tabla 3. Probabilidades de ocurrencia de insectos escama por familia y estrato de follaje de *Yucca* spp., con base en un modelo de regresión logística multinomial.

Familia	Estrato		
	Inferior	Medio	Superior *
Pseudococcidae *	0.6126	0.6363	0.8813**
Coccidae	0.3193	0.3372**	0.1161
Diaspididae	0.0681**	0.0265	0.0026

*Categorías de referencia en el MRLM; **Mayor probabilidad de ocurrencia de cada familia.

Finalmente, el Modelo de Regresión Poisson ajustado (AIC = 45 017) indicó que 14 variables tuvieron efectos significativos ($p \leq 0.001$) sobre el número de insectos escama en los tres estratos del follaje de *Yucca* spp. (Tabla 4). Los coeficientes positivos indican un aumento en el número de insectos escama conforme se incrementa la variable explicativa, mientras que los coeficientes

negativos indican una disminución. La mayoría de las variables explicativas mostraron coeficientes negativos, lo que sugiere que los insectos escama tienden a concentrarse en hojas más bajas y con temperaturas menos elevadas, en palmas más bajas con menos rosetas de follaje, en sitios con menor cobertura del suelo (plantas arbustivas, gramíneas y material leñoso muerto), menor altitud y menor pendiente. En cambio, el DAN, el número de ramas y la orientación de la hoja presentaron coeficientes positivos, lo que propone que estas características favorecen una mayor presencia de insectos escama en el follaje de *Yucca* spp.

Tabla 4. Resultados de la Regresión Poisson para la relación entre el número de insectos escama en los tres estratos del follaje de *Yucca* spp. y las variables del hábitat y cobertura del suelo.

Variables	Coefficiente estimado	Error estándar	Valor de z	Pr(> z)
Intercepto	16.7412465	2.0202171	8.287	< 2e-16
Altura de la hoja evaluada	-0.4557243	0.0217154	-20.986	< 2e-16
Altitud del sitio	-0.0047675	0.0009177	-5.195	2.04E-07
Altura de la palma	-0.1257106	0.0165433	-7.599	2.99E-14
Cobertura del suelo (plantas arbustivas)	-0.021497	0.001692	-12.705	< 2e-16
Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)	0.0879577	0.0029146	30.179	< 2e-16
Hora de muestreo	-0.0423209	0.0055641	-7.606	2.83E-14
Cobertura del suelo (material leñoso muerto)	-0.0057301	0.0012114	-4.73	2.24E-06
Orientación de la hoja	0.001499	0.0001042	14.39	< 2e-16
Orientación de la roseta de follaje	-0.0009767	0.0001244	-7.853	4.06E-15
Cobertura del suelo (gramíneas)	-0.0327473	0.0022906	-14.297	< 2e-16
Número de rosetas de follaje en la palma	-0.0958597	0.0072578	-13.208	< 2e-16
Pendiente del sitio	-0.0572404	0.0057264	-9.996	< 2e-16
Número de ramas	0.0916183	0.0145131	6.313	2.74E-10
Temperatura de la hoja evaluada	-0.0420191	0.002522	-16.661	< 2e-16

Todas las variables tienen significancia estadística ($p < 0.001$) en el Modelo de Regresión Poisson. El modelo fue ajustado mediante un procedimiento de selección de variables por pasos (stepwise) para evaluar la relación entre el número de insectos escama en los tres estratos del follaje de *Yucca* spp. (variable respuesta) y variables del hábitat y cobertura del suelo (variables explicativas).

DISCUSIÓN

En este trabajo se registraron tres familias de insectos escama en el follaje de *Yucca* spp. La familia Pseudococcidae representó el 73.4% del total de individuos registrados, Coccidae con el 23.7% y Diaspididae con el 2.9%. Estas frecuencias guardan cierta similitud con las observadas por Ramírez *et al.* (2001) sobre interacciones entre plantas, hormigas y Homópteros en bosques secos de Colombia, en el que documentaron la presencia de Pseudococcidae (45% de los individuos registrados), Coccidae (con el 26%), y el porcentaje restante de familias del orden Hemíptera, encontrando que los insectos escama se asociaron principalmente a palmas zanconas (*Syagrus sancona*), y a algunos ejemplares de la familia Myrtaceae. Además, durante el presente estudio, las observaciones de campo evidenciaron interacciones frecuentes entre hormigas e insectos de las familias Pseudococcidae y Coccidae, posiblemente asociadas con la producción de mielecilla característica común de estos grupos. Asimismo, en algunas hojas se registró la coexistencia de las

tres familias de insectos escama junto con la presencia de hormigas, lo que sugiere una posible asociación bajo ciertas condiciones: por ejemplo, Ramos y Serna (2004) y Velasco-Corona *et al.* (2007) señalaron que varias especies de hormigas se llegan a alimentar directamente de secreciones glandulares del pigidio de algunos de dichos insectos; a cambio éstas les brindan protección. Estas observaciones, aunque complementarias, podrían orientar estudios futuros sobre relaciones mutualistas en este sistema.

Aunque la familia Pseudococcidae fue la predominante en el estrato superior, en general no existieron diferencias estadísticamente significativas en la distribución vertical de las tres familias entre los estratos de las rosetas del follaje de *Yucca* spp. en Villa González Ortega, Zacatecas. Esta tendencia coincide parcialmente con lo observado por Nestel *et al.* (1995), Wardhaugh (2014), Rodrigues-Silva *et al.* (2021) y De Souza *et al.* (2022) quienes señalaron que la distribución vertical de algunos insectos fitófagos estuvo influenciada, espacial y temporalmente, por diversos factores bióticos y abióticos; por ejemplo, las tolerancias climáticas e interacciones con otros organismos, comportamiento intrínseco entre las especies, niveles altos de compuestos químicos de defensa y valor nutricional que exhibieron las hojas, así como la disponibilidad de recursos; lo que determinó la preferencia de dichos insectos por los estratos más nutritivos o con mayor cantidad de recursos en las hojas de las palmas, lo cual es clave para su adaptación en el área de estudio.

En parte, la tendencia registrada en el presente estudio podría estar asociada a las interacciones observadas con hormigas, como lo sugieren Wang *et al.* (2021) quienes indicaron que la abundancia de Hemípteros puede incrementarse en presencia de hormigas, con las que establecen relaciones mutualistas. Sin embargo, esta influencia puede variar dependiendo de la especie de insecto escama (Marchiori *et al.* 2023), lo que podría explicar la variación observada entre Pseudococcidae y Coccidae, las cuales interactúan con hormigas. Para la zona de estudio, Rafael-Valdez *et al.* (2017) reportaron la presencia de la hormiga escamolera (*L. apiculatum*), y su interacción con insectos escama en *Yucca* spp. Así, el patrón de mayor probabilidad de ocurrencia de Pseudococcidae podría estar, en parte, relacionado con este tipo de interacciones. Además, Wen *et al.* (2024) demostraron que las hormigas *Solenopsis invicta* favorecen competitivamente a la cochinilla harinosa *Planococcus lilacinus* (Pseudococcidae) frente a la mosca de la fruta, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae), en huertos frutales. De este modo, se recomienda que estudios futuros en la zona evalúen la interacción específica entre *L. apiculatum*, las familias de insectos escama y *Yucca* spp., para comprender cómo estas relaciones influyen en la estructura de la comunidad y en las dinámicas poblacionales asociadas al follaje de estas plantas, tal como lo mencionaron Rebolledo-Hernández *et al.* (2024).

Por otra parte, las tendencias indicaron que diversas variables del hábitat y de la cobertura del suelo se asociaron significativamente con las familias de insectos escama en el follaje de *Yucca* spp. en la zona de estudio. La mayoría de las variables explicativas presentaron coeficientes negativos, lo que sugiere que, a medida que aumentan estas variables, disminuye la cantidad de insectos escama presentes en el follaje. Este patrón se observó en variables relacionadas con la estructura de la planta (altura de la hoja, orientación de la roseta de follaje, altura total de la palma y número de rosetas de follaje), con el microclima (temperatura de la hoja evaluada), con la cobertura del suelo (plantas arbustivas, gramíneas y material leñoso muerto) y con el sitio (altitud y pendiente). Por otro lado, otras variables estructurales de la planta, como el DAN, el número de ramas y la

orientación de la hoja, mostraron coeficientes positivos, lo que sugiere que conforme estas variables aumentan también aumenta la cantidad de insectos escama en el follaje. Las variables analizadas en la presente investigación contribuyen a determinar la presencia de insectos escama de las familias Pseudococcidae, Coccidae y Diaspididae sobre *Yucca* spp. en un matorral xerófilo.

El DAN y el número de ramas se asociaron positivamente con la presencia de las familias de insectos escama en el follaje de *Yucca* spp., mientras que el número de rosetas mostró una asociación negativa. En conjunto, esta estructura vegetal favoreció la presencia de estos insectos. De manera similar, en este estudio se sugiere que una arquitectura vegetal caracterizada por un mayor DAN, un número mayor de ramas y un número menor de rosetas podrían incrementar la disponibilidad de recursos y microhábitats favorables para los insectos escama, favoreciendo así su crecimiento poblacional. Esto refuerza la importancia de estas variables en la presencia de insectos escama en el follaje de *Yucca* spp.

La altura de la hoja (respecto al suelo) y altura de la palma se asociaron inversamente con la abundancia de individuos de las familias de insectos escama. Este comportamiento podría explicarse por las condiciones microclimáticas más favorables que tal vez se encontraron en el estrato inferior de la estructura foliar de la palma. Aunque este estudio no evaluó directamente esas condiciones microclimáticas, otra investigación documentó patrones similares, en donde los insectos se desplazaron dentro de la copa de los árboles cítricos en función de variaciones abióticas (Inskip *et al.* 2021), desplazándose hacia la parte inferior del dosel, el cual presentó temperaturas más bajas, menor intensidad lumínica y mayor humedad relativa. Los autores concluyen que este comportamiento reflejó una tendencia de los insectos a ocupar hábitats bien definidos y, a una escala menor, presentaron preferencias por microhábitats distintivos. En este sentido, es plausible que los insectos escama en *Yucca* spp. también seleccionaron ubicaciones más bajas en la estructura foliar, donde las condiciones microclimáticas pudieron ser más favorables para su desarrollo y supervivencia.

En el presente estudio las orientaciones de las hojas y rosetas de follaje también fueron variables estadísticamente significativas. Al respecto, algunos estudios han registrado la importancia de la orientación en la distribución y abundancia de insectos; por ejemplo, González *et al.* (2005) encontraron que las densidades poblacionales de *Lepidosaphes gloverii* (Pack., 1869; Hemiptera: Diaspididae) fueron mayores en la exposición noroeste de árboles de naranjo (74.6% de infestación). Asimismo, Moreno *et al.* (2008) encontraron que la frecuencia mayor de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) ocurrió en la exposición norte de la huerta de *Citrus latifolia* var. lima persa; Aroua *et al.* (2020) determinaron que las larvas móviles de *Parlatoria ziziphi* (Lucas, 1853; Hemiptera: Diaspididae) migraron hacia puntos cardinales con condiciones microclimáticas más favorables en huertos de cítricos. Estos resultados podrían sugerir que los insectos escama tendieron a ocupar orientaciones con condiciones microclimáticas más adecuadas para su desarrollo. En este contexto, la orientación de estructuras vegetales (hojas y rosetas de follaje) de *Yucca* spp. influyó en la presencia de las tres familias de insectos escama estudiadas.

Por el contrario, la temperatura de la hoja tuvo una relación inversa con la abundancia de insectos escama. Este hallazgo se alinea con lo señalado por Frank (2021) quien afirma que la temperatura elevada, derivada de factores como la latitud, altitud, urbanización, entre otros, afectan el ciclo de

vida y la adaptación de los insectos escama, los cuales tienen límites térmicos; por ejemplo, su fecundidad, supervivencia y longevidad disminuyeron a una temperatura de mayor igual de 30 °C, lo que redujo su crecimiento poblacional. Asimismo, Frank (2021), destacó que las respuestas térmicas fueron específicas de cada especie y su estadio de desarrollo, como se ha documentado en diversos estudios; por ejemplo, las temperaturas altas tuvieron un efecto positivo sobre *Pseudococcus elisae* (Pseudococcidae) en plantaciones bananeras (Becke *et al.* 2024). Otro caso es el comportamiento del piojo harinoso de la vid, *Planococcus ficus*; para protegerse de las temperaturas altas, este se desplaza hacia la raíz (Daane *et al.* 2003). De manera similar, la temperatura influyó en el desarrollo y supervivencia de *Pseudococcus longispinus* en plantaciones de café (Santa-Cecilia *et al.* 2011). En conjunto, los efectos térmicos sobre la supervivencia y aptitud física de los insectos escama inciden en su distribución geográfica (Frank 2021). Así, la temperatura del follaje influyó significativamente en la presencia y abundancia de las familias de insectos escama en *Yucca* spp. en el área de estudio.

La altitud y la pendiente tuvieron una relación inversa con la abundancia de insectos escama. En los sitios de muestreo había una variación en altitud, entre 2 170 y 2 220 msnm, aparentemente hubo preferencia por altitudes bajas dentro de este rango. Este patrón podría estar relacionado con la influencia que ejercieron el gradiente altitudinal, y algunos factores asociados (ambientales), sobre la diversidad y distribución espacio-temporal de insectos escama; tal como lo demostraron los estudios realizados por Zhao *et al.* (2023) y Ghimire *et al.* (2024) quienes evaluaron el efecto de los factores ambientales en el patrón de distribución espacial y la diversidad de insectos a lo largo de gradientes de altitudinales. De manera similar, la altitud pudo haber influenciado sobre fluctuaciones en la temperatura y humedad relativa en los sitios analizados, generando microclimas que favorecieron el desarrollo de este tipo de insectos. La tendencia observada podría ser explicada en parte, por la posible dispersión de insectos escama resultado de la interacción que establece con *L. apiculatum*, misma que según Rafael-Valdez *et al.* (2017) para el centro-norte de México incremento sus densidades en altitudes medias (relativamente menores) tal como lo señalan algunos autores (Hoey-Chamberlain *et al.* 2013, Lara *et al.* 2015), alrededor de 2 020 msnm; por lo que la altitud, pudo influir en la distribución de los insectos escama. En este sentido, las tendencias registradas coinciden parcialmente con lo reportado por Cruz Labana *et al.* (2014) y Hernández-Roldán *et al.* (2017) quienes mencionaron su presencia entre los 2 000 y 2 300 msnm, con terrenos planos (0-10% de pendiente), mismos que favorecieron hábitats óptimos para estos insectos (principalmente hormigas e indirectamente escama), coincidiendo con el rango de distribución del presente trabajo. Sin embargo, esta hipótesis necesita ser abordada en un trabajo adicional en el área de estudio.

Las tendencias reportadas en la presente investigación indicaron que las coberturas en el suelo por arbustivas, gramíneas y material leñoso tuvieron un efecto negativo significativo sobre la cantidad de insectos escama en las rosetas del follaje de palmas. Es decir, a medida que disminuyeron estos tipos de cobertura, la cantidad de dichos insectos incrementó. Cabe señalar que la variable de suelo desnudo no resultó significativa en el modelo, lo que sugiere que no es la ausencia total de cobertura lo que influyó directamente en la presencia de insectos, sino más bien, probablemente fueron las características específicas de la cobertura vegetal presente. Esto discrepa con lo reportado por Botton *et al.* (2010) quienes llevaron a cabo un trabajo del efecto de la cobertura

vegetal sobre la presencia de Margarodidae en cultivos de vid, en el que encontraron una mayor infestación de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemíptera: Coccoidea) en las raíces de este cultivo, especialmente cuando las áreas fueron mantenidas sin cobertura vegetal adicional, esto se debió a que conforme disminuyó dicha cobertura, se incrementó el área disponible en las raíces para la fijación y desarrollo de la cochinilla; lo cual podría favorecer la dispersión de esta especie por parte de la hormiga argentina, *Linepitema humile*, lo que facilitaría su mayor movimiento para colonizar nuevas áreas tal como lo sugieren Lara *et al.* (2015) y Kakoti *et al.* (2023) para *L. apiculatum*; aunque no se ha documentado que esta disperse activamente a los insectos escama, sí se ha observado que interactúa con ellos, transportándolos y albergándolos en sus nidos, lo cual podría facilitar su establecimiento en las rosetas del follaje de palmas en el área de estudio; como lo mencionan Cruz Labana *et al.* (2014), Rafael-Valdez *et al.* (2017) y Rafael-Valdez *et al.* (2019) quienes registraron a *L. apiculatum* en plantas de *Yucca* spp. utilizándolas como sitios de forrajeo y anidación, en los que había presencia de insectos escama, incluso en regiones del mismo Altiplano. Estos patrones de cobertura vegetal son consistentes con las condiciones propias de zonas semiáridas, donde los niveles de dicha cobertura son limitados (Lara *et al.* 2015, Almalki *et al.* 2022).

Finalmente, con las tendencias registradas en este trabajo se puede sugerir que la distribución de los insectos escama en las rosetas del follaje de *Yucca* spp. está influenciada por una combinación compleja de variables bióticas y abióticas; dicha información puede ser utilizada para diseñar planes de manejo adecuados de las poblaciones de palma, hábitat de los insectos escama, y *L. apiculatum*, debido a que las estructuras vegetales de *Yucca* spp. tienen múltiples usos tradicionales, lo que ofrece oportunidades para su aprovechamiento, y manejo sostenible del hábitat por parte de los pobladores locales como lo evidenciaron Martínez-Betancourt *et al.* (2025) quienes realizaron en estudio sobre granulometría y propiedades funcionales en *Yucca decipiens* (Trel., 1907), en el que destacaron su potencial como alimento humano en la región del Altiplano. Por lo tanto, divulgar la relevancia de *Yucca* spp. como hábitat de insectos escama, sustrato forrajero-anidación para la hormiga escamolera, junto con los múltiples beneficios que provee, puede ser información y estímulo para convencer a los pobladores de que se implementen prácticas de manejo y aprovechamiento sostenibles de este conjunto de recursos, promoviendo al mismo tiempo la conservación de los ecosistemas locales y los servicios de regulación que mantienen.

CONCLUSIONES

Este estudio proporciona los primeros registros de las familias de insectos escama: *Pseudococcus* sp. (Pseudococcidae), *Coccus hesperidum* (L. 1758; Coccidae) y *Lindingaspis rossi* (Maskell, 1892; Diaspididae) en rosetas del follaje de *Yucca* spp. en matorral xerófilo del municipio de Villa González Ortega, Zacatecas. La mayor probabilidad de ocurrencia en todos los estratos (superior, medio e inferior) de las hojas de palma fue para Pseudococcidae. No obstante, se registró a Pseudococcidae en el superior, Coccidae en el medio y Diaspididae en el inferior; sin que se encontraran diferencias estadísticamente significativas en la distribución vertical por familia, y en general de insectos escama entre estratos. Cabe resaltar que algunas variables (14) del hábitat y ambientales determinaron la presencia y distribución espacio-temporal de estos insectos sobre el follaje de plantas de palma en esta región particular del Altiplano Potosino-Zacatecano.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, y a la Universidad Autónoma Chapingo por brindar las facilidades necesarias para el desarrollo del presente trabajo de investigación. Al grupo de recolectores de escamol, en especial al C. Margarito Alfaro Briones, por su apoyo durante la fase de campo de este estudio. Al Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria por la identificación de los insectos escama.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaramos que no tenemos intereses en competencia de ninguna índole.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

No presentamos información complementaria en este apartado.

LITERATURA CITADA

- Agresti A (2013) Categorical data analysis. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA. 744p.
- Akaike H (1969) Fitting autoregressive models for prediction. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics* 21: 243-247.
- Almalki I, Caqui M, Saco PM, Rodríguez JF (2022) Monitoreo y mapeo de cambios en la cobertura vegetal en zonas áridas y semiáridas mediante tecnología de teledetección: Una revisión. *Sensores Remotos* 14(20): 5143. <https://doi.org/10.3390/rs14205143>
- Aroua K, Kaydan MB, Achiri TD, Biche M (2020) The influence of the region and the host plant on population dynamics of *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae) in Mítidja (Algeria). *Ecology, Environment and Conservation* 26(1): 333-340.
- Bartlett MS (1937) Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 160(901): 268-282. <https://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109>
- Becke H I, Achiri T D, Okolle J N, Ntonifor N N, Ngosong C (2024). Influence of climate and banana growth stages on spatio-temporal variation of banana mealybug *Pseudococcus elisae* Borchsenius (Hemiptera: Coccoomorpha: Pseudococcidae) population ecology. *Agricultural and Forest Entomology* 26(1): 24-34. <https://doi.org/10.1111/afe.12642>
- Botton M, Bastos de MGW, Pereira de OOL, Onzi I (2010) Efeito da cobertura vegetal sobre a pérola-da-terra (Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira. *Acta Scientiarum Agronomy* 32(4): 681-684. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i4.4773>
- Branco M, Franco JC, Mendel Z (2021) Chapter 13 Sap-Sucking Forest Pests. 13.2.4 Scale insects: Coccoidea. In: Allison JD, Paine TD, Slippers B, Wingfield MJ (eds) *Forest entomology and pathology*. Volume 1: Entomology. Springer Nature. Switzerland. pp. 424-426. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-11553-0>

- Burnham KP, Anderson DR (2002) Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. Springer. Nueva York. 488p.
- Canfield RH (1941) Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal Forestry* 34: 388-394.
- Cruz-Labana JD, Tarango-Arámbula LA, Alcántara-Carbajal JL, Pimentel-López J, Ugalde-Lezama S, Ramírez-Valverde G, Méndez-Gallegos SJ (2014) Habitat use by the “escamolera” ant (*Liometopum apiculatum* Mayr) in central Mexico. *Agrociencia* 48(6): 569-582. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v48i6.2014>
- Curts J (1993) Análisis exploratorio de datos. In: Salas PMA, Trejo CO (eds) Las aves de la Sierra Purépecha del estado de Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, División Forestal. Boletín divulgativo No. 79. México. pp: 1-14.
- Daane KM, Malakar-Kuenen R, Guillén M, Bentley WJ, Bianchi M, González D (2003) Abiotic and biotic pest refuges hamper biological control of mealybugs in California vineyards. 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods. Honolulu, Hawaii, USA. pp: 389-398.
- De Souza AD, Brown BV, Boscolo D, Ale-Rocha R, Alvarez-Garcia DM, Balbi MIPA, De Marco BA, Capellari RS, Barros de CCB, Souto CM, Perez DRV, Aguilar FD, Ferro GB, Fernandes FH, Frare LM, Macedo GF, Hauser M, Einicker LCJ, Lindsay KG, Tonus MMA, Almeida MDW, Marshall SA, Mello-Patiu C, Menezes MA, Albertino RJ (2022) Vertical stratification of insect abundance and species richness in an Amazonian tropical forest. *Scientific Reports* 12: 1734. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05677-y>
- Delabie JHC (2001) Trophobiosis between formicidae and hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): An overview. *Neotropical Entomology* 30(4): 501-516.
- Frank SD (2021) Review of the direct and indirect effects of warming and drought on scale insect pests of forest systems. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 94: 167-180. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpaa033>
- Ghimire R, Dhakal A, Karkee SS, Acharya S (2024) Impact of altitude on insect pest occurrence in mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) orchards within Jajarkot District. *Nepalese Horticulture* 18: 18-28. <https://doi.org/10.3126/nh.v18i1.72726>
- González C, Cáceres S, Gómez M, Fernández M, Hernández D, Tapia JLR (2005) *Lepidosaphes gloverii* (Hemiptera: Diaspididae), estudios biológicos y ecológicos en cítricos de Cuba. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 64(1-2): 26-28.
- Hailay-Gebremariam G (2024) A systematic review of insect decline and discovery: Trends, drivers, and conservation strategies over the past two decades. *Psyche: A Journal of Entomology* 2024(1): 1-16.
- Hernández-Roldán E, Tarango-Arámbula LA, Ugalde-Lezama S, Hernández-Juárez A, Cortez-Romero C, Cruz-Miranda Y, Morales-Flores FJ (2017) Hábitat y densidad de nidos de la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr) en una UMA de Zacatecas, México. *Agroproductividad* 10(5): 10-17.
- Hoey-Chamberlain R, Rust MK, Klotz JH (2013) A review of the biology, ecology and behavior of velvety tree ants of North America. *Sociobiology* 60(1): 1-10.
- Hosmer DW Lemeshow S (2000) Applied logistic regression. John Wiley & Sons, Inc. Second Edition. United States of America. 375p.
- INEGI (2018) Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463842781>. Fecha de consulta: 20 de abril de 2025.
- INEGI (2020) Climas 1902-2011. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463769361>. Fecha de consulta: 20 de abril de 2025.

- Inskeep JR, Allen AP, Taylor PW, Rempoulakis P, Weldon CW (2021) Canopy distribution and microclimate preferences of sterile and wild Queensland fruit flies. *Scientific Reports* 11(1): 13010. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92218-8>
- Kakoti B, Deka B, Roy S, Babu A (2023) The scale insects: Its status biology ecology and management in tea plantations. *Frontiers in Insect Science* 2: 1048299. <https://doi.org/10.3389/finsc.2022.1048299>
- Kondo T, Gullan PJ (2022) Beneficial scale insects. In: Kondo T, Watson GW (eds) *Encyclopedia of scale insect pests*. CABI Publishing. Wallingford. pp: 1-7.
- Kondo T, Gullan PJ, Williams DJ (2008) Coccidology. The Wallingford. study of scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 9(2): 55-61. https://doi.org/10.21930/rcta.vol9_num2_art:118
- Kunkel H (1997) 1.2.3.1 Scale insect honeydew as forage for honey production. In: Ben-Dov Y, Hodgson CJ (eds) *Soft scale insects. Their biology, natural enemies and control*. Elsevier. Amsterdam. pp: 291-302. [https://doi.org/10.1016/S1572-4379\(97\)80059-0](https://doi.org/10.1016/S1572-4379(97)80059-0)
- Lara P, Aguirre RJ, Castillo LP, Reyes AJA (2015) Biología y aprovechamiento de la hormiga de escamoles, *Liometopum apiculatum* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana* 31(2): 251-264.
- Marchiori J de P, S de Almeida F, Mayhé-Nunes AJ, Nobre RVL, de Paulo HH (2023) Interactions between ants and mealybugs in sugarcane: species and effects on insect pests. *Revista Caatinga* 36(3): 731-739. <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n325rc>.
- Martínez-Betancourt SR, Cadena-Iñiguez J, Loera-Alvarado G, Ruiz-Vera VM, Soto-Hernández RM, López-Padilla C, García-Flores DA (2025) Granulometry and functional properties of yuca flour (*Yucca decipiens* Trel.) for food purposes. *Polysaccharides* 6: 16 <https://doi.org/10.3390/polysaccharides6010016>.
- Matuda E, Piña IL (1980) *Las plantas mexicanas del género Yucca*. Gobierno del Estado de México. México. 154p.
- McCullagh P, Nelder JA (1989) *Generalized linear models*. Second Edition. Chapman & Hall. USA. 513p.
- Microsoft Corporation (2013) Microsoft Excel, versión 15.0.4569.1506. Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA. <https://www.microsoft.com/excel>. Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2015.
- Moreno PM, Pozo VE, Valdés HR, Cárdenas MM (2008) Distribución espacial de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) sobre lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka). *Fitosanidad* 12(1): 33-37.
- Nestel D, Cohen H, Saphir N, Klein M, Mendel Z (1995) Spatial distribution of scale insects: Comparative study using Taylor's power law. *Environmental Entomology* 24(3): 506-512. <https://doi.org/10.1093/ee/24.3.506>.
- R Core Team (2015) R: A language and environment for statistical computing. Versión 3.2.2. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>. Fecha de consulta: 24 de noviembre de 2015.
- Rafael-Valdez J, Tarango-Arámbula LA, Ugalde-Lezama S, Cruz-Labana JD, Clemente-Sánchez F, Cadena-Iñiguez J (2019) Foraging amplitude of the escamolera ant (*Liometopum apiculatum* Mayr Hymenoptera: Formicidae) in a semi-arid area of the Zacatecan highlands. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 18(1): 5-19. <https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2018.03.009>
- Rafael-Valdez J, Tarango-Arambula LA, Ugalde-Lezama S, Lozano-Cavazos EA, Ruiz-Vera VM, Bravo-Vinaja Á (2017) Sustratos forrajeros y de anidación de la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr, Hymenoptera: Formicidae) en Villa González Ortega, Zacatecas, México. *Agrociencia* 51(7): 671-682.
- Ramírez M, Chacón de UP, Armbrrecht I, Calle Z (2001) Contribución al conocimiento de las interacciones entre plantas, hormigas y homópteros en bosques secos de Colombia. *Caldasia* 23(2): 523-536.
- Ramos PAA, Serna CFJ (2004) Coccoidea de Colombia, con énfasis en las cochinitas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae). *Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín* 57(2): 2383-2412.

- Rebolledo-Hernández D, Rodríguez-Morales D, García-Flores DA, Tarango-Arámbula LA, Peredo-Rivera E (2024) El sistema *Yucca*-hormiga escamolera como promotor de la polinización en zonas semiáridas de México. *Agro-Divulgación* 4(5). <https://doi.org/10.54767/ad.v4i5.379>
- Rodrigues-Silva N, Silva GA, Gontijo PC, Galdino TVS, Ribeiro AV, Picanco MC (2021) Citrus mealybug performance and plant strata preference on different coffee varieties. *Neotropical Entomology* 50: 46-52. <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00826-2>
- Rzedowski J (1957) Vegetación de las partes áridas de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 18: 49-101.
- Ross L, Shuker DM (2009) Scale insects. *Current Biology* 19(5): R184-R186. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.12.023>
- Santa-Cecilia LVC, Prado E, de Sousa MV, de Sousa ALV, Correa LRB (2011) Effect of temperature on development and survival of the mealybug cochineal *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzeti, 1867) (Hemiptera: Pseudococcidae) in coffee plants. *Coffee Science* 6(2): 91-97.
- Sánchez-González R, Hernández-San Martín AD, Rosas-Rosas OC, García-Chávez J (2018) Dieta y abundancia del lince rojo (*Lynx rufus*) en el Altiplano Potosino-Zacatecano, México. *Therya* 9(2): 339-350. <https://doi.org/10.12933/therya-18-498>
- SAS (2008) JMP® versión 8.0. SAS Institute Inc, Cary, NC, USA. <https://www.jmp.com/>. Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2015.
- Schneider SA, Giliomee JH, Dooley JW, Normark BB (2013) Mutualism between armoured scale insects and ants: new species and observations on a unique trophobiosis (Hemiptera: Diaspididae; Hymenoptera: Formicidae: *Melissotarsus* Emery). *Systematic Entomology* 38(4): 805-817. <https://doi.org/10.1111/syen.12033>
- Schowalter TD (1994) Invertebrate community structure and herbivory in a tropical rain forest canopy in Puerto Rico following Hurricane Hugo. *Biotropica* 26: 312-319.
- Shapiro SS, Wilk MB (1965) An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52(3-4): 591-611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- Sodano J, Oufiero CE, Schneider SA, LaPolla JS (2023) Scale insect (Hemiptera: Coccothraupidae) morphology is transformed under trophobiosis. *Annals of the Entomological Society of America* 117(1): 49-63. <https://doi.org/10.1093/aesa/saad033>
- Velasco-Corona C, Corona-Vargas MdC, Peña-Martínez R (2007) *Liometopum apiculatum* (Formicidae: Dolichoderinae) y su relación trofobiótica con Hemiptera Sternorrhyncha en Tlaxco, Tlaxcala, México. *Acta Zoológica Mexicana* 23(2): 31-42.
- Wang B, Lu M, Peng YQ, Segar ST (2021) Direct and indirect effects of invasive vs. native ant-hemipteran mutualism: A meta-analysis that supports the mutualism intensity hypothesis. *Agronomy* 11(11): 2323. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112323>
- Wardhaugh CW (2014) The spatial and temporal distributions of arthropods in forest canopies: uniting disparate patterns with hypotheses for specialisation. *Biological Reviews - Cambridge Philosophical Society* 89(4): 1021-41. [10.1111/brv.12094](https://doi.org/10.1111/brv.12094)
- Wen J, Xiao L, Zou Y, Chen K, Lu Y, Fu L, Weng Y, Cao F (2024) Fire ants mediate competition between scale insects and fruit flies. *Ecological Entomology* 49(1): 123-134. <https://doi.org/10.1111/een.13377>
- Zar JH (1999) *Biostatistical Analysis*. Fourth edition. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, U.S.A. 663p.
- Zhao L, Gao R, Liu J, Liu L, Li R, Men L, Zhang Z (2023) Effects of environmental factors on the spatial distribution pattern and diversity of insect communities along altitude gradients in Guandi Mountain, China. *Insects* 14(3): 224. <https://doi.org/10.3390/insects14030224>