

SUSTRATOS FORRAJEROS Y DE ANIDACIÓN DE LA HORMIGA ESCAMOLERA (*Liometopum apiculatum* Mayr, Himenoptera: Formicidae) EN VILLA GONZÁLEZ ORTEGA, ZACATECAS, MÉXICO

FORAGING AND NESTING SUBSTRATES OF THE ESCAMOLERA ANT (*Liometopum apiculatum* Mayr, Himenoptera: Formicidae) IN VILLA GONZALEZ ORTEGA, ZACATECAS, MEXICO

Javier Rafael-Valdez¹, Luis A. Tarango-Arambula^{2*}, Saúl Ugalde-Lezama¹,
Eloy A. Lozano-Cavazos³, Víctor M. Ruíz-Vera², Ángel Bravo-Vinaja²

¹Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. 56230. km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. (xavi_r_valdez@hotmail.com) (saulu@colpos.mx). ²Campus San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados. 78600. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. (ltarango@colpos.mx) (vmanuel@colpos.mx) (abravo@colpos.mx). ³Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 25315. Saltillo, Coahuila, México. (alejandrolzn@yahoo.com).

RESUMEN

En Zacatecas, México, la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr) (Himenoptera: Formicidae) es importante ecológica y socioeconómicamente. Esta especie y su actividad forrajera se han estudiado poco. Los objetivos de este estudio fueron determinar la relación entre la distancia y el número de caminos con el sustrato forrajero de *L. apiculatum* e identificar el sustrato forrajero, de anidación y su esfuerzo de forrajeo. Las hipótesis fueron: 1) no hay relación directa entre la distancia y el número de caminos con el sustrato forrajero de la hormiga escamolera y 2) el uso de los sustratos es homogéneo. De junio a agosto de 2014 se realizó un muestreo diario (90 d) con recorridos de campo de 7:00 a 14:00 h en el hábitat de la hormiga. Con los datos se realizaron regresión lineal (RL), índices de frecuencia de observación (Fo), regresión logística por pasos (*stepwise*; RL), componentes principales (ACP), regresión de Poisson por pasos (*stepwise*; ARP), correspondencia simple (ACS) y análisis de Kruskal-Wallis. Los sustratos en los que la hormiga forrajó fueron *Yucca* spp. (63.8 %), *Agave salmiana* (21.6 %) y *Opuntia rastreana* (14.7 %); la hormiga anidó (n=31) debajo de *A. salmiana* (45.2 %), *Yucca* spp. (38.7 %), *O. rastreana* (12.9 %) y *Dalea bicolor* (3.2 %). La correlación entre la distancia recta y la distancia de forrajeo ($R^2=0.80$) fue significativa. La hormiga recorrió distancias mayores (mayor esfuerzo de forrajeo) para

ABSTRACT

The escamolera ant (*Liometopum apiculatum* Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) has an ecological and socioeconomic importance for the state of Zacatecas, Mexico. There are not enough studies of this species and of its foraging activity. The objectives of this study were to determine the relationship between the distance and the number of trails with the forage substrate of *L. apiculatum* and to identify the forage and nesting substrates, and its foraging effort. The hypotheses were: 1) there is not direct relationship between the distance and the number of trails with the forage substrate of the escamolera ant; and 2) the use of substrates is homogeneous. From June to August 2014, we carried out a daily sampling (90 d), through field surveys from 7:00 h to 14:00 h within the habitat of the escamolera ant. The following analyses were carried out: linear regression (LR), observation frequency rate (OF), stepwise logistic regression (LR), main components (PCA), stepwise Poisson regression (PRA), simple correspondence (SCA), and Kruskal-Wallis analysis. The substrates in which the ant foraged were *Yucca* spp. (63.8 %), *Agave salmiana* (21.6 %), and *Opuntia rastreana* (14.7%). The ant nested (n=31) under *A. salmiana* (45.2 %), *Yucca* spp. (38.7 %), *O. rastreana* (12.9 %), and *Dalea bicolor* (3.2 %). The correlation between linear and foraging distances ($R^2=0.80$) was significant. Ants travelled longer distances (greater foraging effort) to forage on palm trees. The ants assigned less foraging effort when their colonies had more trails. The probability of finding colonies with three or four trails was higher than finding colonies with two, five, and six trails ($p \leq 0.05$). This

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: agosto, 2016. Aprobado: junio, 2017.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 51: 755-769. 2017.

forrajear en palmas. El esfuerzo de forrajeo de la hormiga fue menor en las colonias con número mayor de caminos. La probabilidad de encontrar colonias con tres y cuatro caminos fue mayor a la de encontrar colonias con dos, cinco y seis caminos ($p \leq 0.05$). Esta información puede apoyar el manejo y la conservación del hábitat de la hormiga escamolera en el centro de México.

Palabras clave: Insecto, hábitat, zonas áridas, distancia de forrajeo, conservación.

INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales son parte fundamental del desarrollo económico de una nación y un potencial de progreso si se manejan sustentablemente. Las regiones áridas y semi-áridas de México, albergan recursos que se traducen en beneficios económicos a largo plazo para las comunidades rurales (De Luna *et al.*, 2013; Dinwiddie *et al.*, 2013; Cruz *et al.*, 2014; Lara *et al.*, 2015).

La recolección de insectos es una práctica antigua que persiste en algunos lugares de México. Algunos de esos insectos se incluyen en preparaciones gastronómicas, consideradas como gourmet, actualmente (Ramos *et al.*, 2006; Miranda *et al.*, 2011). Los insectos comestibles, como los escamoles (*Liometopum apiculatum* Mayr), gusano blanco (*Acentrocne hesperiaris* W.) y gusano rojo de maguey (*Comadia redtenbacheri* Hamm), que habitan los ecosistemas áridos del estado de Zacatecas, México, generan empleo continuo a las comunidades rurales. En el municipio de Villa González Ortega, y en Pinos, Zacatecas la recolección de insectos comestibles puede ser una alternativa de ingresos mejor que la ganadería y la agricultura de secano, y brinda empleo a los habitantes rurales en ausencia de otras opciones productivas (De Luna *et al.*, 2013). En México la hormiga escamolera (*L. apiculatum*) se distribuye en 15 estados, entre ellos el Estado de México, Hidalgo, San Luis Potosí, Tlaxcala y Zacatecas (Del Toro *et al.*, 2009); y su distribución y abundancia está limitada por la temperatura y la humedad relativa (Cerdá, 1998; Cruz *et al.*, 2014).

Las colonias de la hormiga escamolera comúnmente incluyen entre uno y seis caminos de forrajeo, sus longitudes varían con las condiciones del hábitat y ninguno de ellos se cruza con los otros (Ramos *et al.*, 1988; Lara *et al.*, 2015). El forrajeo se realiza entre 7:00 y 19:00 h, durante marzo a septiembre, en

information can support the management and conservation of the habitat of the escamolera ant in central Mexico.

Key words: insect, habitat, arid zone, foraging distance, conservation.

INTRODUCTION

Natural resources are a fundamental part of the economic development of a nation and represent a potential progress, if they are managed in a sustainable manner. The arid and semi-arid zones of Mexico provide resources which result in long-term economic benefits to rural communities (De Luna *et al.*, 2013; Dinwiddie *et al.*, 2013; Cruz *et al.*, 2014; Lara *et al.*, 2015).

Insect harvesting is an ancient practice that is still conducted in certain regions of Mexico. Some insects are used in the gastronomy industry, and are currently considered as gourmet food (Ramos *et al.*, 2006; Miranda *et al.*, 2011). Edible insects—like escamoles (*Liometopum apiculatum* Mayr), white agave worms (*Acentrocne hesperiaris* W.) and red agave worms (*Comadia redtenbacheri* Hamm)—generate continuous employment for rural communities of the arid ecosystems of Zacatecas, Mexico. In the municipalities of Villa González Ortega, and in Pinos, Zacatecas, the harvest of edible insects can be a better alternative income than cattle raising and rainfed agriculture. It also offers employment options to the inhabitants, when no other productive options are available (De Luna *et al.*, 2013). The escamolera ant (*L. apiculatum*) occurs in 15 Mexican states, including: Estado de Mexico, Hidalgo, San Luis Potosí, Tlaxcala, and Zacatecas (Del Toro *et al.*, 2009); its distribution and abundance are limited by temperature and relative humidity (Cerdá, 1998; Cruz *et al.*, 2014).

The colonies of the escamolera ant commonly have one to six foraging trails; their length varie according to the habitat conditions and none of them crosses each other (Ramos *et al.*, 1988; Lara *et al.*, 2015). Foraging is carried out between 7:00 h and 19:00 h., from March to September, in up to 580 m² per colony (Mackay and Levieux, 1992). In this activity participates only 10 percent of the colony approximately (Dornhaus and Powell, 2010).

The larvae of *L. apiculatum* Mayr are considered food in the states of Chihuahua, Durango, Michoacán, Colima, Hidalgo, Mexico, and Puebla, as well as in

hasta 580 m² por colonia (Mackay y Mackay, 2002; Ramos *et al.*, 1988; Ramos y Levieux, 1992); en esta actividad participa aproximadamente solo 10 % de la colonia (Dornhaus y Powell, 2010).

Las larvas de *L. apiculatum* Mayr son alimento en los estados de Chihuahua, Durango, Michoacán, Colima, Hidalgo, Estado de México, Distrito Federal y Puebla (Ramos *et al.*, 1988; Cruz *et al.*, 2014; Lara *et al.*, 2015). En el altiplano Potosino-Zacatecano *L. apiculatum* representa un recurso económico importante en los meses más secos (marzo y abril), cuando la casta reproductora en su estadio larvario (escamoles) se recolecta. Los escamoles se venden en la región entre \$150.00 MXN (\$7.5 USD) y \$550.00 MXN (\$27.5 USD), con un promedio de \$250.00 MXN (\$12.5 USD) por kg (De Luna *et al.*, 2013; Dinwiddie *et al.*, 2013; Lara *et al.*, 2015). En la zona de Teotihuacán, Estado de México, el escamol se vende por litro (aproximadamente 800 g) (Miranda *et al.*, 2011) a \$ 750.00 MXN (\$37.5 USD).

Los cambios frecuentes en el uso del suelo y las sequías recurrentes han provocado la pérdida y fragmentación del hábitat de esta especie; también hay mal manejo y falta normatividad (Tarango, 2012). En los ecosistemas semiáridos del centro de México el aprovechamiento de *L. apiculatum* se ha excedido; esto y la destrucción de sus nidos ha ocasionado disminución de las poblaciones (Ramos *et al.*, 2006; Tarango, 2012; Dinwiddie *et al.*, 2013).

Aunque los insectos en los ecosistemas del desierto son importantes (Hithford *et al.*, 2008), la distribución tan extensa de *L. apiculatum*, la importancia económica de sus larvas, la investigación y el conocimiento sobre esta especie, son aún insuficientes. Por esto, es necesario estudiar su hábitat (Rojas, 2001; Tarango, 2012; Dinwiddie *et al.*, 2013; Cruz *et al.*, 2014). La información de este estudio es relevante para el manejo sostenible de las colonias de la hormiga escamolera y su hábitat en un contexto de cambio de uso de suelo frecuente, que provoca la apertura de ese hábitat para actividades agropecuarias.

Los objetivos de este estudio fueron determinar la relación entre la distancia y el número de caminos con el sustrato forrajero de *L. apiculatum* e identificar el sustrato forrajero, de anidación y su esfuerzo de forrajeo. Las hipótesis fueron: 1) no hay relación directa entre la distancia y el número de caminos con el sustrato forrajero de la hormiga escamolera y 2) el uso de los sustratos es homogéneo.

Mexico City (Ramos *et al.*, 1988; Cruz *et al.*, 2014; Lara *et al.*, 2015). In the San Luis Potosí-Zacatecas High Plateau, *L. apiculatum* represents an important economic resource during the drier months (March and April), when the reproductive breed is harvested in its larval stage (escamoles). The price of escamoles in the region varies from \$150.00 MXN (\$7.5 USD) to \$550.00 MXN (\$27.5 USD), with an average price of \$250.00 MXN (\$12.5 USD) per kilogram (De Luna *et al.*, 2013; Dinwiddie *et al.*, 2013; Lara *et al.*, 2015). In the Teotihuacán zone, Estado de Mexico, escamoles are sold per liter (approximately 800 g), at \$750.00 MXN (\$37.5 USD), (Miranda *et al.*, 2011).

Frequent land use changes and recurrent droughts have caused the loss and fragmentation of the habitat of this species. There is also mismanagement and lack of legislation regarding the escamolera ant (Tarango, 2012). In the semi-arid ecosystems of central Mexico, *L. apiculatum* has been overexploited. As a result, their colonies have been destroyed and their population have declined (Ramos *et al.*, 2006; Tarango, 2012; Dinwiddie *et al.*, 2013).

Despite the economic importance of insects in desert ecosystems (Hithford *et al.*, 2008), and the extensive distribution of *L. apiculatum* and the economic importance of its larvae, there is not enough research on this species. Therefore, there is a need to study its habitat (Rojas, 2001; Tarango, 2012; Dinwiddie *et al.*, 2013; Cruz *et al.*, 2014). The information from this study is important for the sustainable management of the colonies of the escamolera ant and their habitat, in a frequent land use change context, which has caused the opening of the ant habitat for agricultural activities.

The objectives of this study were to determine the relationship between the distance and the number of trails with the foraging substrate of *L. apiculatum*, and to identify the forage and nesting substrates, and their foraging effort. The hypotheses were: 1) there is not direct relationship between the distance and the number of trails with the forage substrate of the escamolera ant; and 2) the use of substrates is homogeneous.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out from June to August 2014, at Villa Gonzalez Ortega municipality, Zacatecas, in the southern

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de junio a agosto de 2014 en el municipio de Villa González Ortega, Zacatecas, en la región sur del Desierto Chihuahuense (Giménez y González, 2011) (22° 25' y 22° 40' N, 101° 48' y 102° 06' O, 2000 a 2400 m de altitud) con 411.8 km² y 11 894 habitantes (Anónimo, 2010; INEGI, 2010). El municipio presenta los climas: semiseco templado (BS₀kw') y seco templado (BS₁kw), con 14 a 18 °C (García, 2004). La precipitación (300 y 500 mm anuales) es mayor en agosto. La vegetación más abundante es matorral micrófilo y pastizal (Rzedowski, 1978).

Cada día se hicieron recorridos en el campo, de 7:00 a 14:00 h, y muestreos de colonias de hormiga escamolera y de sus caminos de forrajeo. Con el apoyo de un guía recolector de escamoles se ubicaron los nidos, mediante la identificación de los caminos de forrajeo de la colonia y su unión, que es comúnmente donde está el nido (Miranda *et al.*, 2011). Cada nido se verificó al introducir una varilla de acero, que se impregnó con el olor característico (parecido a mantequilla fermentada) del nido de hormiga escamolera. En los nidos se registró el sustrato vegetal que *L. apiculatum* usó para anidar y se contabilizaron los caminos de forrajeo por colonia. A partir del primer nido, el resto (n=31) se seleccionó considerando el nido más cercano, sin tomar en cuenta la dirección cardinal y se identificaron sus caminos de forrajeo (n=116). El número de caminos es indicador del número de plantas que la hormiga forrajea; una vez identificado el sustrato forrajero, asociado a cada camino, se estableció una parcela circular (20 m diámetro) a su alrededor y las plantas, arbóreas y arbustivas, se contabilizaron (Schreuder *et al.*, 1993). Los nidos, los caminos de forrajeo y las parcelas ocuparon 73.82 ha de muestreo. Esto representó 27.58 % del área de estudio en el municipio de Villa González, Zacatecas.

La frecuencia relativa de las especies de plantas, palma (*Yucca* spp.), nopal (*Opuntia rastreña*), maguey (*Agave salmiana*), chaparro (*Mimosa Biuncifera*), ramón blanco (*Dalea bicolor*), gobernadora (*Larrea tridentata*), mezquite (*Prosopis* spp.), huizache (*Acacia farnesiana*), se calculó con la siguiente igualdad:

$$FO = \frac{\text{No. total de registros de cada especie}}{\text{No. total de registros de todas las especies}} \times 100$$

Las preferencias forrajeras se identificaron con la siguiente formula:

$$FO = \frac{\text{No. de registros de cada sustrato forrajero}}{\text{No. total de registros de sustratos forrajeros}} \times 100$$

Las preferencias de anidación se identificaron con:

region of the Chihuahuan desert (Giménez and González, 2011), located at 22° 25' and 22° 40' N, 101° 48' and 102° 06' W, at a height of 2000 to 2400 m. The territory has an area of 411.8 km² and includes 11 894 inhabitants (author unknown, 2010; INEGI, 2010). The climate of Villa Gonzalez Ortega is temperate and semi-dry (BS₀kw') and temperate and dry (BS₁kw), with temperatures ranging from 14 to 18 °C (García, 2004). Rainfall is higher in August (300-500 mm per year). The most abundant vegetation consists of microphyllus scrublands and grasslands (Rzedowski, 1978).

Field visits were conducted every day, from 7:00 h to 14:00 h., and samples were taken from colonies of the escamolera ant and from its foraging trails. With the support of an escamol harvester guide, we were able to locate the nest through the identification of the foraging trails of the colony and their intersection, where the ant nest is commonly located (Miranda *et al.*, 2011). The nest was verified by introducing a steel rod into the nest, which was then impregnated with the characteristic scent (similar to fermented butter) of an ant nest. The vegetable substrate used by *L. apiculatum* to build its nest was recorded and the foraging trails of the colonies were counted. Starting from the first colony, the rest (n=31) were selected taking into consideration their proximity to the first nest, but without considering their cardinal direction, and their foraging trails (n=116) were recorded. The number of trails indicates the number of plants that the ant forages. Once the forage substrate associated to each trail was identified, a circular plot (20 m wide) was established around it, and the arboreal plants and shrubs were counted within it (Schreuder *et al.*, 1993). The nests, the foraging trails, and plots covered 73.82 ha of the sampling area. This represented 27.58 % of the area under study in Villa Gonzalez Ortega municipality, Zacatecas.

The relative frequency of plant species —palm tree (*Yucca* spp.), prickly pear cactus (*Opuntia rastreña*), agave (*Agave salmiana*), catclaw mimosa (*Mimosa Biuncifera*), silver prairie clover (*Dalea bicolor*), creosote bush (*Larrea tridentata*), mesquite (*Prosopis* spp.), huizache (*Acacia farnesiana*)— was calculated using the following equivalence:

$$FO = \frac{\text{Total number of records for each species}}{\text{Total number of records for all species}} \times 100$$

The foraging preferences were identified using the following formula:

$$FO = \frac{\text{Number of records for each forage substrate}}{\text{Total number of records for forage substrates}} \times 100$$

The nesting preferences were identified according to:

$$FO = \frac{\text{No. de registros de cada sustrato utilizado para anidar}}{\text{No. total de registros de sustratos de anidación}} \times 100$$

Las frecuencias de observación se calcularon con el software Microsoft Excel® (Microsoft Office, 2013).

La distancia recta (m) de los caminos de la colonia al sustrato forrajero se determinó con un distanciómetro (Bushnell, Pro 1600 Slope edition Kansas, EE.UU.), y para calcular la distancia curvilínea real de forrajeo que recorrió *L. apiculatum*, del nido al sustrato, se utilizó una cuerda y una cinta métrica (20 m), y el nivel de asociación entre estas distancias se identificó con un análisis de regresión lineal (software Microsoft Excel®; Microsoft Office, 2013).

La relación entre la distancia y el número de caminos con el sustrato forrajero e identificación de: 1) sustratos forrajeros en las parcelas de muestreo, 2) esfuerzo de forrajeo (distancia de forrajeo curvilínea / distancia recta), 3) número de caminos por colonia, 4) distancia recta del nido al sustrato forrajado y 5) distancia de forrajeo curvilínea, se determinaron con análisis descriptivos (tablas estadísticas descriptivas y de frecuencia). Estos análisis se realizaron con el software Microsoft Excel® (Microsoft Office, 2013).

La probabilidad de ocurrencia de plantas arbóreas y arbustivas en las parcelas se determinó con análisis de regresión logística simple, considerando las distancias (distancia recta del nido al sustrato forrajero y la distancia curvilínea al sustrato forrajeo) como variables dependientes y abundancia de plantas arbóreas y arbustivas como variable independiente, x_i fue el número de caminos por colonia de hormiga escamolera. En este análisis, la frecuencia de caminos se categorizó como: pocos caminos (dos), número regular de caminos (tres y cuatro) y muchos caminos (cinco y seis). El análisis se realizó con el procedimiento GLM del software R-versión 3.2.0. (Maindonald, 2004; R core team, 2013).

La probabilidad de ocurrencia del número de caminos en las colonias se determinó con análisis de regresión logística simple (Truett *et al.*, 1967). La variable dependiente fue abundancia de especie de planta arbórea y arbustiva; la independiente fue el número de caminos por colonia. La estructura del modelo se ajustó con el procedimiento por pasos (*Stepwise*), criterio de clasificación del mínimo Akaike (AIC; Akaike, 1969), con coeficientes estadísticamente significativos ($p \leq 0.05$) y el procedimiento GLM del software R-versión 3.2.0. (Maindonald, 2004; R core team, 2013).

La relación entre el número de caminos de cada colonia y la presencia de plantas arbóreas y arbustivas se determinó con análisis de componentes principales (ACP; Hotelling, 1993) con el procedimiento GLM del software R-versión 3.2.0. (Maindonald, 2004; R core team, 2013).

$$FO = \frac{\text{No. of records for each substrate used to build the nest}}{\text{Total number of records for nesting substrates}} \times 100$$

The frequencies of observation were calculated using Microsoft Excel® (Microsoft Office, 2013).

The linear distance (m) of trails from the nest to the forage substrate was determined with a laser rangefinder (Bushnell, Pro 1600 Slope edition Kansas, USA). A rope and a measuring tape (20 m) were used to measure the actual curvilinear distance that *L. apiculatum* travelled from its nests to the substrates. Finally, the level of association between these distances was identified using a linear regression analysis (Microsoft Excel®; Microsoft Office, 2013).

Descriptive analyses (descriptive statistics tables and frequency tables) were used to determine the relationship between distance and number of trails with forage substrates and identification of: 1) forage substrates in the sampling plots; 2) foraging effort (curvilinear foraging distance/linear distance); 3) number of trails per colony; 4) linear distance from the nest to the forage substrate; and 5) curvilinear foraging distance. These analyses were carried out using the Microsoft Excel® software (Microsoft Office, 2013).

The probability of occurrence of arboreal plants and shrubs within the plots was determined using a simple regression analysis, taking into consideration the distances (linear distance from the colony to the forage substrate and curvilinear distance to the forage substrate) as dependent variables and the abundance of arboreal plants and shrubs as an independent variable; x_i was the number of trails per colony of escamolera ant. In this analysis, trail frequency was categorized as follows: few trails (two), regular number of trails (three and four) and many trails (five and six). The analysis was carried out using the GLM procedure of the R software, version 3.2.0 (Maindonald, 2004; R core team, 2013).

The probability of occurrence of number of trails in ant colonies was determined using a simple linear regression analysis (Truett *et al.*, 1967). The dependent variable was the abundance of each arboreal and shrub plant species; while the independent variable was the number of trails per colony. The model structure was adjusted with the stepwise proceeding, minimum Akaike classification criterion (AIC; Akaike, 1969) with statistically significant coefficients ($p \leq 0.05$), using the GLM procedure of the R software, version 3.2.0 (Maindonald, 2004; R core team, 2013).

The relationship between the number of trails of each colony and the presence of arboreal plants and shrubs was determined using a principal components analysis (ACP; Hotelling, 1993) using the GLM procedure of the R software, version 3.2.0 (Maindonald, 2004; R core team, 2013).

La asociación de las variables independientes (sustratos forrajeros: palma, maguey y nopal) con la variable dependiente (presencia de *L. apiculatum*) se identificó con regresión de Poisson ($p < 0.05$) (McCullagh y Nelder, 1989; González, 2003), con el procedimiento GLM del software *R*-versión 3.2.0. (R core team, 2013).

Las diferencias en el uso de los sustratos forrajeros por la hormiga escamolera, o la frecuencia de su uso, se determinaron mediante análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis (Zar, 1999). La información de presencia de la hormiga por sustrato se organizó en tres categorías: sustrato 1 (palma), sustrato 2 (nopal) y sustrato 3 (maguey), con el software JMP IN, versión 12.1.0 (Academic SAS Institute Inc., 2015).

Las asociaciones gráficas de la presencia de la hormiga escamolera con los sustratos forrajeros más utilizados se generaron mediante análisis de correspondencia simple ($p \leq 0.05$) (ACS; Cornejo, 1988) con el software XLSTAT (Versión 2015.1.01; XLSTAT, 2015). Para ello, la información de la presencia de *L. apiculatum* en sustratos forrajeros se categorizó como: presencia baja (sustrato forrajero nopal), presencia media (sustrato forrajero maguey), presencia alta (sustrato forrajero palma).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se muestrearon 31 nidos de hormiga escamolera (Figura 1) con 116 caminos de forrajeo ($\bar{X} = 3.7$ caminos por colonia). La presencia y actividades forrajeras de la hormiga escamolera dependen del clima (temperatura y humedad relativa), vegetación, suelo y su cobertura, perturbaciones antropogénicas y del nivel de asociación de la especie de hormiga con algunas plantas. En el caso de gobernadora (*L. tridentata*) la asociación es baja (Cruz *et al.*, 2014; Lara *et al.*, 2015), aunque es una planta común en el hábitat de la hormiga escamolera del centro de México.

La distancia curvilínea y recta promedio de forrajeo que recorrió *L. apiculatum* fue 38.6 m (± 17.18 m) y 24.3 m (± 11.36 m). El esfuerzo promedio de forrajeo fue 1.6 (± 0.32). En las 116 parcelas las plantas más frecuentes fueron *O. rastrera*, *D. bicolor*, *M. biuncifera* y *A. salmiana* (Cuadro 1).

El número de plantas con presencia de forrajeo por *L. apiculatum* fueron *Yucca* spp. con 20.3 plantas por ha (63.8 %), *A. salmiana* con 6.9 plantas (21.6 %) y *O. rastrera* con 4.7 plantas por ha (14.7 %), y la distancia curvilínea de forrajeo aumentó con la distancia recta del nido al sustrato de forrajeo ($R^2 = 0.80$; Figura 2).

The association of the independent variables (forage substrates: palm tree, agave, and prickly pear cactus) with dependent variables (presence of *L. apiculatum*) was identified through Poisson regression ($p < 0.05$) (McCullagh and Nelder, 1989; González, 2003), using the GLM procedure of the *R* software, version 3.2.0 (R core team, 2013).

The differences on the use of forage substrates by the escamolera ant, or the frequency of its use, was determined using the nonparametric Kruskal-Wallis test (Zar, 1999). The information of the presence of the ant per substrate was organized in three categories: substrate 1 (palm tree), substrate 2 (prickly pear cactus), and substrate 3 (agave), using the JMP IN software, version 12.1.0 (Academic SAS Institute Inc, 2015).

The graphic associations of the presence of the escamolera ant —along with the most used forage substrates— were generated through a simple correspondence analysis ($p \leq 0.05$) (ACS; Cornejo, 1988), using the XLSTAT software, version 2015.1.01 (XLSTAT, 2015). To do that, the information on the presence of *L. apiculatum* per substrate was categorized as: low presence (prickly pear cactus forage substrate), medium presence (maguey forage substrate) and high presence (palm tree forage substrate).

RESULTS AND DISCUSSION

In this study, samples were taken from 31 nests of the escamolera ant (Figure 1) in colonies with a total of 116 foraging trails ($\bar{X} = 3.7$ trails per colony). The presence and foraging activities of the escamolera ant depend on the weather (temperature and relative humidity), vegetation type, soil and its cover, anthropogenic disturbances and on the level of association of the ant with some plants. In the case of the cresote bush (*L. tridentata*), there is a low association level (Cruz *et al.*, 2014; Lara *et al.*, 2015), although it is very common in the habitat of the escamolera ant in central Mexico.

The average curvilinear and linear foraging distance travelled by *L. apiculatum* was 38.6 m (± 17.18 m) and 24.3 m (± 11.36 m), respectively. The average forage effort was 1.6 (± 0.32). The most frequent plants in the 116 circular plots were *O. rastrera*, *D. bicolor*, *M. biuncifera*, and *A. salmiana* (Table 1).

The number of plants with presence of foraging activity by *L. apiculatum* were *Yucca* spp. with 20.3 plants per hectare (63.8 %), *A. salmiana* with 6.9 plants (21.6 %), and *O. rastrera* with 4.7 plants per hectare (14.7 %). Meanwhile, the curvilinear foraging

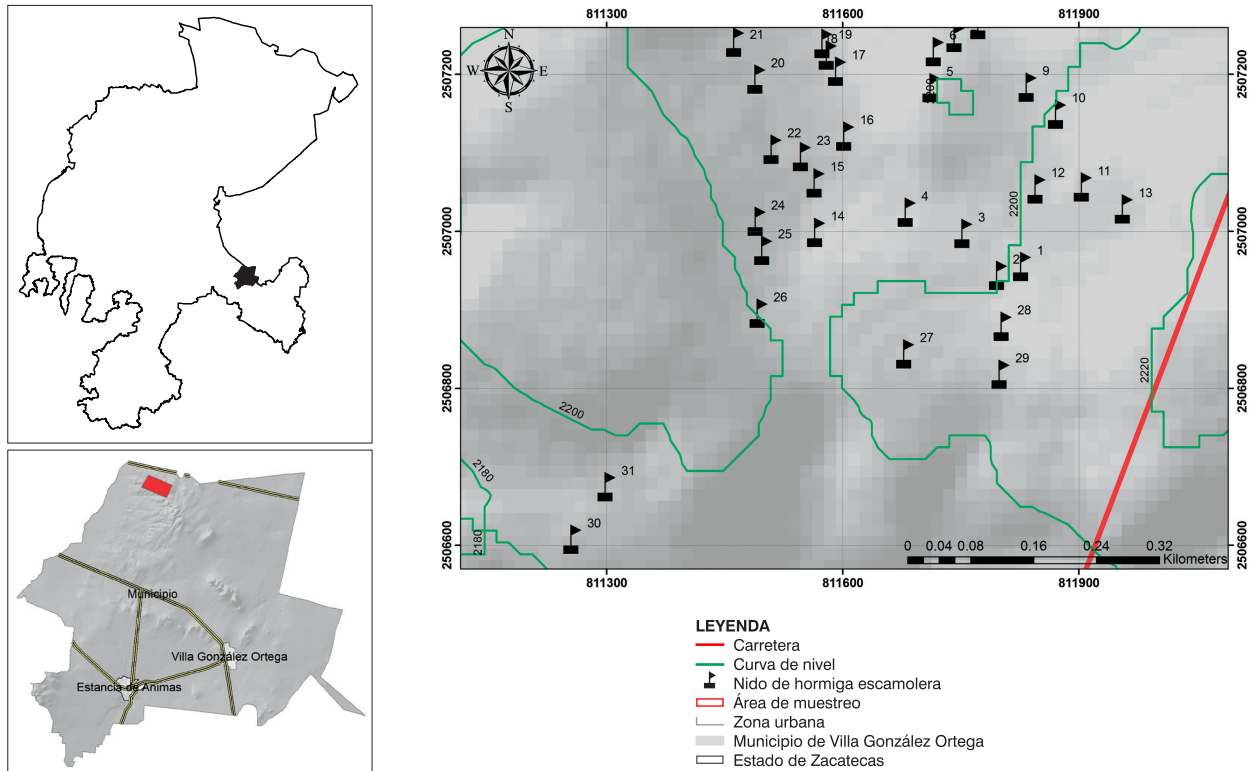


Figura 1. Área de estudio y localización de nidos de hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr) estudiados en Villa González Ortega, Zacatecas, México.

Figure 1. Study area and location of nests of the escamolera ant (*Liometopum apiculatum* Mayr) under study in Villa Gonzalez Ortega, Zacatecas, Mexico.

Cuadro 1. Densidad de plantas y frecuencia de observación en 116 parcelas evaluadas en Villa González Ortega, Zacatecas, México.

Table 1. Plant density and frequency of observation in 116 plots evaluated in Villa Gonzalez Ortega, Zacatecas, Mexico.

Nombre común	Nombre científico	Plantas ha ⁻¹	Frecuencia de observación (%)
Nopal	<i>Opuntia rastrera</i>	843.0	31.8
Ramón blanco	<i>Dalea bicolor</i>	539.5	20.3
Chaparro	<i>Mimosa biuncifera</i>	516.4	19.5
Maguey	<i>Agave salmiana</i>	372.1	14
Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>	279.3	10.5
Palma	<i>Yucca</i> spp.	76.8	2.9
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	16.7	0.6
Mezquite	<i>Prosopis</i> spp.	8.2	0.3

En ambientes muy calurosos y secos, como en las zonas áridas y semiáridas de México, la temperatura ambiental y de la superficie del suelo influyen en la actividad forrajera y distancias para el forrajeo por la hormiga. Las temperaturas altas pueden deshidratar

distance increased with the linear distance from the nest to the forage substrate ($R^2=0.80$; Figure 2).

In very hot and dry environments —such as the arid and semi-arid zones of Mexico—, environmental and soil surface temperatures influence the foraging

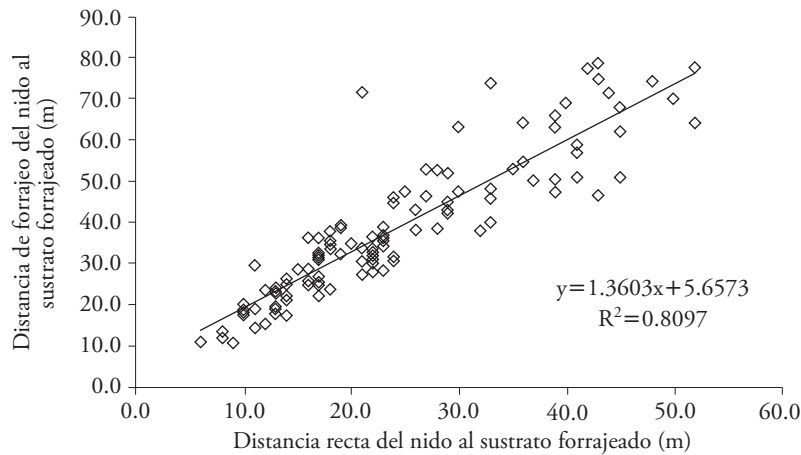


Figura 2. Relación de la distancia recta y la distancia de forrajeo en áreas de actividad forrajera de *Liometopum apiculatum* Mayr en Villa González Ortega, Zacatecas, México.

Figure 2. Relationship between linear and foraging distance in areas of foraging activity of *Liometopum apiculatum* Mayr in Villa Gonzalez Ortega, Zacatecas, Mexico.

y matar a las hormigas, e incluso provocar la desaparición de la colonia (Cerdá, 1998; Lara *et al.*, 2015). Las obreras de *L. apiculatum* están activas las 24 h del día, pero el alimento lo buscan en el horario diurno (Ramos *et al.*, 1988). Además, la hormiga establece trayectos de forrajeo subterráneos, bajo la hojarasca y hierbas en la superficie del suelo, y en terrenos pedregosos, utiliza las grietas (Lara *et al.*, 2015). En nuestro estudio la distancia para forrajear en la *Yucca* spp. fue la mayor (Cuadro 2). Esto indica que las trayectorias y distancias que recorren las hormigas dependen del sustrato forrajero (Fourcassie y Traniello, 1993).

La distancia de forrajeo disminuyó inversamente al número de caminos (Cuadro 3). Miranda *et al.* (2011) reportaron como máximo cuatro caminos de forrajeo y Ramos *et al.* (1988) indicaron de tres a

activity and the ant foraging distances. High temperatures can dehydrate and kill ants and even lead to the disappearance of the colony (Cerdá, 1988; Lara *et al.*, 2015). *L. apiculatum* workers are active 24 hours a day, but they seek food during daytime (Ramos *et al.*, 1988). Additionally, ants establish underground foraging paths, under dead leaves and herbs that cover the soil surface; meanwhile, in rocky terrains, they move through the cracks (Lara *et al.*, 2015). In our study, the distance to forage on *Yucca* spp. was the longest. This indicates that the paths and distances that ants travel depend on the forage substrate (Fourcassie and Traniello, 1993).

Foraging distance decreased inversely to the number of trails (Table 3). Miranda *et al.* (2011) reported a maximum of four foraging trails and Ramos *et al.* (1988) recorded three to five trails whose

Cuadro 2. Relación entre sustratos forrajeros, distancias y esfuerzo de forrajeo de *Liometopum apiculatum* Mayr en Villa González Ortega, Zacatecas, México.

Table 2. Relationship among forage substrate, distances, and foraging efforts by *Liometopum apiculatum* Mayr, in Villa Gonzalez Ortega, Zacatecas, Mexico.

Sustrato forrajado	Distancia recta promedio	Distancia de promedio forrajeo	Esfuerzo promedio de forrajeo	Número total de caminos
<i>Yucca</i> spp.	25.8	41.2	1.6	74
<i>Opuntia rastrera</i>	21.5	34.4	1.7	17
<i>Agave salmiana</i>	21.5	33.9	1.6	25

Cuadro 3. Número y distancias de caminos por colonia de *L. apiculatum* Mayr en Villa González Ortega, Zacatecas, México.

Table 3. Number and distance of trails per colony of *L. apiculatum* Mayr, in Villa Gonzalez Ortega, Zacatecas, Mexico.

Número de caminos	Distancia recta promedio	Desviación estándar	Distancia promedio de forrajeo	Desviación estándar
2 (n=4)	32.0	8.7	50.7	15.6
3 (n=10)	23.3	4.6	37.2	5.9
4 (n=10)	25.5	6.4	41.4	8.4
5 (n=4)	23.1	5.2	37.0	10.1
6 (n=3)	20.9	1.8	31.5	3.5

cinco con anchura y longitud relacionadas directamente con la edad de la colonia de *L. apiculatum*.

Liometopum apiculatum mostró preferencia por *A. salmiana* y *Yucca* spp. para anidar (Figura 3). Cruz *et al.* (2014) también registraron a *A. salmiana* como sustrato principal de anidación. Asimismo, Lara *et al.* (2015) señalaron que *L. apiculatum* suele construir sus nidos debajo de plantas de *A. salmiana*, izote (*Yucca filifera*), biznaga roja (*Cylindropuntia tunicata*) y clavellinas (*C. tunicata*) en el Altiplano Potosino-Zacatecano.

Liometopum apiculatum utiliza otros sustratos para anidar, como matorrales, pastizales, troncos muertos, rocas y tallos de *Yucca* spp. en descomposición (Miller, 2007; Esparza *et al.*, 2008). En nuestro estudio, las colonias con tres a cinco caminos fueron más frecuentes para la actividad forrajera (Cuadro 4).

La distancia de forrajeo fue la variable que predijo mejor el número de caminos por colonia (AIC=147.05; p=0.0644). En otros estudios, el área de búsqueda de alimento por *L. apiculatum* varió entre 361.5 y 580 m² y la distancia mayor que la hormiga recorrió para abastecerse de alimento tuvo 100 m de radio aproximado (Mackay y Mackay, 2002; Lara *et al.*, 2015). Los 3 primeros ejes del ACP explicaron 98.08 % de la varianza (Cuadro 5)

width and length were directly related to the age of the colony of *L. apiculatum*.

Liometopum apiculatum prefers to nest in *A. salmiana* and *Yucca* spp. (Figure 3). Cruz *et al.* (2014) also recorded that *A. salmiana* was a main nesting substrate. Likewise, Lara *et al.* (2015) pointed out that *L. apiculatum* usually builds its nests under *A. salmiana*, palm tree (*Yucca filifera*), red biznaga (*Cylindropuntia tunicata*), and thistle chollas (*C. tunicata*), in the San Luis Potosí-Zacatecas High Plateau.

Liometopum apiculatum uses other substrates for nesting, such as shrublands, grasslands, dead trunks, rocks, and stems of decomposing *Yucca* spp. (Miller, 2007; Esparza *et al.*, 2008). In our study, colonies with three to five trails were more frequent for foraging activities (Table 4).

Foraging distance was the variable that most accurately predicted the number of trails per colony (AIC=147.05; p=0.0644). In other studies, *L. apiculatum* searched for food in areas ranging from 361.5 to 580 m² and that the longest distance that ants travelled to find food had approximately a radius of 100 m (Mackay and Mackay, 2002; Lara *et al.*, 2015). The first three PCA axes accounted for 98.08 % of the variance (Table 5) and identified

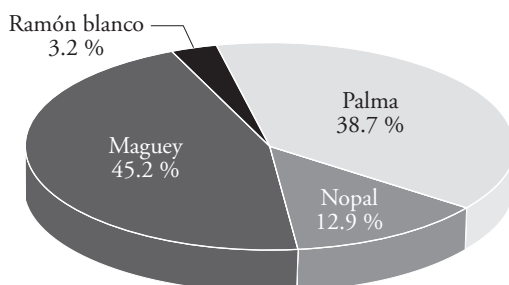


Figura 3. Frecuencias de observación de nidos en sustratos de anidación de hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr) en Villa González Ortega, Zacatecas, México.

Figure 3. Frequency of observation of nests of the escamolera ant (*Liometopum apiculatum* Mayr) in nesting substrates, in Villa Gonzalez Ortega, Zacatecas, Mexico.

Cuadro 4. Resultados del análisis de regresión logística para el número de caminos de las colonias de *Liometopum apiculatum* Mayr en Villa González Ortega, Zacatecas, México.
Table 4. Results of the logistic regression analysis for the number of trails of colonies of *Liometopum apiculatum* Mayr in Villa Gonzalez Ortega, Zacatecas, México.

Coefficientes	Estimados	Error estándar	Valor de Z	Pr (> z)
Ordenada	2.8492	0.2619	10.881	<0.0001
Dos caminos	-0.0264	0.0155	-1.699	0.0893
Tres caminos	-0.0209	0.0064	-3.276	0.0011
Cuatro caminos	-0.0103	0.0044	-2.352	0.0187
Cinco caminos	-0.0133	0.0053	-2.531	0.0114

e identificaron la distancia de forrajeo, la distancia recta y los sustratos de forrajeo como las variables más importantes para indicar la presencia de la hormiga escamolera en el área de estudio.

Liometopum apiculatum es omnívora y prefiere alimento líquido, como néctar extrafloral de plantas y secreciones azucaradas de algunos insectos (Miller, 2007). El análisis de regresión de Poisson identificó (AIC=3191.4) una asociación significativa de la palma, maguey y nopal forrajeados con la hormiga escamolera (Cuadro 6). Por esto, la distribución espacial de *L. apiculatum* se correlacionó con la ubicación de arbustos y árboles infestados por hemípteros (Ramos y Leveux, 1992), ya que la hormiga escamolera se alimenta vía trofobiosis de las secreciones azucaradas de estos insectos e incluye pupas de insectos, crustáceos,

the foraging distance, the linear distance, and the forage substrates as the most important variables that indicate the presence of the escamolera ant in the study area.

Liometopum apiculatum is omnivorous, although it prefers liquid food, such as extrafloral nectars from plants and honeydew from some insects (Miller, 2007). Poisson regression analysis identified (AIC=3191.4) a significant association of the ant with palm trees, agaves and prickly pear cacti (Table 6). Therefore, the spatial distribution of *L. apiculatum* was correlated with the location of bushes and trees infested by scale insects of the Order hemiptera (Ramos and Leveux, 1992), since the escamolera ant feeds via trophobiosis from the honeydew of these insects, as well as

Cuadro 5. Valores propios de los componentes principales (CP) con once variables relacionadas con los sitios de la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr) en Villa González Ortega, Zacatecas, México.

Table 5. Typical values of the main components (PCA) with eleven variables related to the sites of the escamolera ants (*Liometopum apiculatum* Mayr), in Villa Gonzalez Ortega, Zacatecas, Mexico.

	CP 1	CP 2	CP 3
Distancia de forrajeo de la hormiga	0.5400	-0.3587	0.2476
Distancia recta	0.5343	-0.2138	0.4703
Maguey	-0.4250	0.1522	0.7476
Nopal	-0.1855	-0.7288	-0.2950
Palma	0.4559	0.5208	-0.2675
Chaparro	0.0000	0.0000	0.0000
Gobernadora	0.0000	0.0000	0.0000
Huizache	0.0000	0.0000	0.0000
Mezquite	0.0000	0.0000	0.0000
Ramón blanco	0.0000	0.0000	0.0000
Autovalor (Eigenvalue)	1.5620	1.2531	0.9662
Valor acumulado ($\sum \alpha^2$)	0.4880	0.8020	0.9887

Cuadro 6. Resultados de regresión de Poisson para la presencia de *Liometopum apiculatum* Mayr por sustrato forrajero en Villa González Ortega, Zacatecas, México.
Table 6. Poisson regression results for the presence of *Liometopum apiculatum* Mayr per forage substrate, in Villa Gonzalez Ortega, Zacatecas, Mexico.

Coeficientes	Estimados	Error estándar	Valor de Z	Pr (> z)
(Intercept)	4.48340	0.09037	49.614	<0.0001
Maguey forrajado	-0.37449	0.09393	-3.987	6.69e-05
Nopal forrajado	-0.50265	0.09288	-5.412	6.23e-08
Palma forrajada	-0.41023	0.09094	-4.511	6.45e-06

anélidos, moluscos, vertebrados muertos, excretas de animales y néctar de las flores de *Opuntia* spp. (Velasco *et al.*, 2007).

Algunas especies de hormigas muestran hábitos selectivos en su proceso de forrajeo (Cortes y León, 2003). En México, *L. apiculatum* sigue este patrón al asociarse a hábitats con matorrales xerófilos (Esparza *et al.*, 2008; Cruz *et al.*, 2014). La asociación observada entre la hormiga y los sustratos forrajeros palmas, magueyes y nopales, se refiere a la alimenticia, pero también a la protección contra depredadores y temperaturas altas (Miller, 2007). Una relación mutualista ocurre entre la hormiga escamolera y *O. imbricata*, ambas especies se benefician, una obtiene alimento de la otra (néctar de inflorescencias) y la otra se protege de herbívoros y depredadores de semillas, ya que agrede y emite olor desagradable (Mackay y Mackay, 2002).

Los sustratos de forrajeo (palma y maguey) próximos a los nidos estaban infestados por insectos escama (Hemiptera). Estos hemípteros poseen un estilete bucal y lo insertan en las plantas (*Yucca* spp., *A. salimana* y *Opuntia* spp.); las hormigas escamoleras tocan con sus antenas esa estructura para estimularla a expulsar sus secreciones azucaradas (Gullan y Kosztarab, 1997; Delfino y Buffa, 2000; Lara *et al.*, 2015) de las que se alimentan. Al respecto, Cruz *et al.* (2014) y Lara *et al.* (2015) reportaron la infestación de *A. salimana* con el pseudocóccido *Dysmicoccus brevipes* y *Coccoidea fallen* y la relación de la hormiga con la planta de nopal, que probablemente permite utilizar sus compuestos florales como alimento y como sitios de protección termal. Además de palmas, magueyes y nopales para forrajear, las otras plantas arbustivas presentan un arreglo ecológico estratégico que protege a la hormiga durante su actividad forrajera (Ramos y Leveux,

from insect pupae, crustaceans,annelids, molluscs, dead vertebrates, animal excreta, and nectar from *Opuntia* spp. flowers (Velasco *et al.*, 2007).

Some ant species have selective habits during their foraging process (Cortes and León, 2003). In Mexico, *L. apiculatum* follows this pattern and associates with xeric shrubland habitat (Esparza *et al.*, 2008; Cruz *et al.*, 2014). The association observed between ants and forage substrates —palm trees, agaves, and prickly pear cacti— is connected with food, but also with protection against predators and high temperatures (Miller, 2007). A mutualistic relationship occurs between the escamolera ant and *O. imbricata*, both species obtain a benefit, the former obtains food from the latter (inflorescence nectar) and the latter is protected from herbivores and seed predators, because the former is aggressive and emits an unpleasant odor (Mackay and Mackay, 2002).

Forage substrates (palm tree and agave) nearby the colonies were infested with scale insects (Hemiptera). These insects insert their piercing-sucking mouthparts into the plants (*Yucca* spp., *A. salimana*, and *Opuntia* spp.); the escamolera ant touches this structure with their antennas, stimulating them to eject their honeydew (Gullan and Kosztarab, 1997; Delfino and Buffa, 2000; Lara *et al.*, 2015), of which they feed. On this matter, Cruz *et al.* (2014) and Lara *et al.* (2015) reported the infestation of *A. salimana* with the pseudococcidae *Dysmicoccus brevipes* and *Coccoidea fallen* and the relationship of ants with the prickly pear cacti, which likely allows them to use its flower compounds as food and the plant as thermal protection. In addition to palm trees, agaves, and prickly pear cacti for foraging, other bushy plants have a strategic ecological arrangement that protects ants during their foraging activity (Ramos

1992). La estructura de la vegetación y la cobertura del suelo tienen un efecto en los requerimientos de la hormiga, la cobertura vegetal mayor ofrece disponibilidad mayor de recursos alimenticios y propicia el establecimiento de mantillo sobre el suelo, que crea un microclima que protege a las hormigas (Ramos *et al.*, 1988; Lara *et al.*, 2015).

El análisis de correspondencia simple mostró la asociación entre sustratos forrajeados y *L. apiculatum* y describió tres conjuntos con la presencia de la hormiga (Figura 4). Sin embargo, el análisis de Kruskal-Wallis ($H=2.00$; $p=0.3679$) evidenció la ausencia de diferencias significativas con su presencia en los tres sustratos de forrajeo.

El orden de preferencia del forraje por *L. apiculatum* fue *Yucca* spp., *A. salmiana* y *O. rastrera*. La hormiga recorrió distancias mayores y realizó esfuerzo mayor de forrajeo ($\bar{X}=1.6$) para forrajear *Yucca* spp. Pero, con el aumento de caminos de las colonias el esfuerzo de forrajeo disminuyó. Aunque la densidad de las palmas en el centro de México es menor que la de nopales y magueyes, su volumen es mayor y ofrece condiciones de forrajeo todo el año.

El establecimiento, subsistencia y persistencia de las colonias de la hormiga escamolera dependen del hábitat (Lara *et al.*, 2015) que le proporcione alimento, cobertura para descanso y sombra, o protección

and Levieux, 1992). Vegetation structure and soil cover have an effect on the requirements of the ant, areas with more vegetation cover offer greater availability of food and create favorable conditions for the development of humus over the soil, which, in turn, generates a microclimate that protects the ants (Ramos *et al.*, 1988; Lara *et al.*, 2015).

Simple correspondence analysis showed an association between foraged substrates and *L. apiculatum*; additionally, this analysis showed the presence of ants in three sets (Figure 4). However, the Kruskal-Wallis analysis ($H=2.00$; $p=0.3679$) proved that there were no significant differences with their presence in the three forage substrates.

Liometopum apiculatum prefers to carry out its foraging activities on *Yucca* spp., *A. salmiana*, and then on *O. rastrera*. Ants traveled greater distances and carried out greater foraging effort ($\bar{X}=1.6$) to forage on *Yucca* spp. However, when colony trails increased, foraging effort diminished. Although the density of palm trees in central Mexico is lower than the density of prickly pear cacti and agaves, their volume is greater and offers foraging conditions all year long.

The settlement, subsistence, and persistence of colonies of the escamolera ant depend on the habitat (Lara *et al.*, 2015) that provides them with food, cover for rest and shade, or protection to their nests

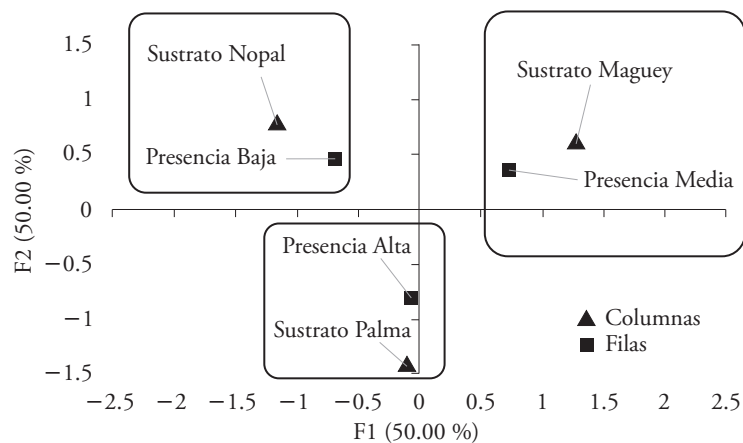


Figura 4. Representación de dos dimensiones de correspondencia simple entre la presencia de hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr) y los sustratos forrajeros en Villa González Ortega, Zacatecas, México.

Figure 4. 2D simple correspondence representation between the presence of the escamolera ant (*Liometopum apiculatum* Mayr) and forage substrates, in Villa Gonzalez Ortega, Zacatecas, México.

a los nidos y criaderos de hemípteros (Hölldobler y Wilson, 2008). El área de forrajeo es importante para que los individuos de una colonia no compitan con los de otras por recursos. La actividad forrajera de *L. apiculatum* de marzo a septiembre presentó un pico a las 17:00 h, hasta en 580 m² por colonia (Ramos *et al.*, 1988; Mackay y Mackay, 2002). En este proceso, la cobertura del suelo, como hierbas, arbustos, magueyes y nopales, brinda protección a *L. apiculatum* en los periodos con temperaturas altas (Cruz *et al.*, 2014); pero cuando hay escasez de cobertura *L. apiculatum* tiene opción de construir galerías y túneles (Ramos *et al.*, 1986).

La presión en las colonias de hormiga escamolera en gran parte de sus áreas de distribución, se relaciona con la demanda del recurso. Esto pone en riesgo la supervivencia y persistencia de la especie en México. Por esta demanda y la importancia económica en los meses más secos (febrero a abril), en el centro norte de México, sin cultivos agrícolas de secano, la extracción del escamol pone en riesgo las colonias de la hormiga y su producción (Ramos *et al.*, 2006; Esparza *et al.*, 2008; Tarango, 2012; Cruz *et al.*, 2014; Lara *et al.*, 2015).

Los estudios del manejo y conservación de las áreas de distribución de la hormiga escamolera son escasos. Es necesario investigar para definir la estructura vegetal que permita conservar a la hormiga, ampliar o mejorar sus hábitats y aumentar su producción. Esto incluye manejo del ganado doméstico, conservación de suelo y agua, y condicionar la extracción del escamol a una norma técnica, que permita conservar el recurso para las generaciones próximas.

CONCLUSIONES

En Villa González Ortega, Zacatecas, *L. apiculatum* utiliza para anidar principalmente *A. salmiana* y *Yucca* spp. Cada colonia conduce su actividad forrajera frecuentemente con tres, cuatro y cinco caminos. Las distancias curvilínea y recta de forrajeo y los sustratos de forrajeo varían ampliamente.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, por brindar las facilidades para el desarrollo del presente trabajo. Al

and scale insects breeding areas (Hölldobler and Wilson, 2008). The foraging area is important to avoid competition for resources among individuals from different colonies. The forage activity of *L. apiculatum* from March to September presented a peak at 17:00 h, up to 580 m² per colony (Ramos *et al.*, 1988; Mackay and Mackay, 2002). In this process, the soil vegetation cover—grasses, bushes, agaves, and prickly pear cacti—protects *L. apiculatum* during high temperature periods (Cruz *et al.*, 2014); but, when vegetation cover is lacking, *L. apiculatum* has the option to build galleries and tunnels (Ramos *et al.*, 1986).

The pressure on the colonies of ants in most of their distributional areas is related to the demand of this resource. This situation endangers the survival and persistence of this species in Mexico. As a result of this demand and its economic importance during the driest months (February to April) in central-northern Mexico—in addition to the absence of rainfed agriculture—the extraction of escamoles threatens the survival of ant colonies and their production (Ramos *et al.*, 2006; Esparza *et al.*, 2008; Tarango, 2012; Cruz *et al.*, 2014; Lara *et al.*, 2015).

Studies on the management and conservation of the distribution areas of the ants are scarce. It is necessary to carry out more research to define the vegetal structure that allows the conservation of the ant, to extend or to improve its habitats and to increase its production. This includes handling domestic livestock, conserving soil and water, and conditioning the extraction of the escamol to a technical standard, that would enable the preservation of the resource for the next generations.

CONCLUSIONS

In Villa Gonzalez Ortega, Zacatecas, *L. apiculatum* mainly nests in *A. salmiana* and *Yucca* spp. Each colony frequently carries out its foraging activity with two, three, four, and five trails. The curvilinear and linear foraging distances and the forage substrates vary widely.

—End of the English version—



grupo de recolectores de escamol, en especial al C. Margarito Alfaro Briones de la Colonia Socorro Pámanes Escobedo del municipio de Pánfilo Natera, Zacatecas por el apoyo en la fase de campo de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Academic SAS Institute Inc. 2015. JMP IN Software. JMP IN for Windows Release 12.1.0. Academic SAS Institute Inc. Cary, North Carolina. URL: <http://www.jmp.com/es/> (Consulta: julio 2015).
- Akaike, H. 1969. Fitting autoregressive models for prediction. *Ann. I. Stat. Math.* 21: 243-247.
- Anónimo. 2010. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Villa González Ortega, Zacatecas. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/32/32053.pdf>. (Consulta: septiembre, 2015)
- Cerdá, X. 1998. Critical thermal limits in Mediterranean ant species: trade-offs between mortality risk and foraging performance. *Funct. Ecol.* 12: 45-55.
- Cornejo J., M., 1988. Técnicas de investigación social: el Análisis de Correspondencias. PPU. Barcelona, España. 39 p.
- Cortes, P. E., y T. E. León S. 2003. Modelo conceptual del papel ecológico de la hormiga arriera (*Atta leavigata*) en los ecosistemas de sabana estacional (Vichada, Colombia). *Caldasia.* 25: 403-417. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/39395/41287>. (Consulta: septiembre, 2015).
- Cruz L., J. D., L. A. Tarango A., J. L. Alcántara C., J. Pimentel L., S. Ugalde L., G. Ramírez V., y S. de J. Méndez G. 2014. Uso del hábitat por la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr) en el Centro de México. *Agrociencia* 48: 569-582.
- De Luna V., B., F. J. Macías R., G. Esparza F., E. León E., L. A. Tarango A., y S. de J. Méndez G. 2013. Insectos comestibles en Pinos Zacatecas: Descripción y análisis de la actividad. *Agroproductividad* 6: 35-43.
- Del Toro, I., J. Pacheco A., and W. P. Mackay. 2009. Revision of the Ant Genus *Liometopum* Mayr (Hymenoptera:Formicidae). *Sociobiology* 52: 295-369.
- Delfino, M. A., y L. M. Buffa. 2000. Algunas interacciones planta-áfido-hormiga en Córdoba (Argentina). *Zool. Baetica* 11: 3-15.
- Dinwiddie M., L., R. W. Jones., P. Roitman-Genoud, L. A. Tarango A., y G. X. Malda B. 2013. Estudio etnoentomológico de la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum*) en dos localidades en el estado de Querétaro. *Agroproductividad* 6: 27-34.
- Dornhaus, A., and S. Powell. 2010. Foraging and defense strategies. *In: Ant Ecology*. Oxford University Press. Oxford, United Kingdom. pp: 210-232.
- Esparza F., G., F. Macías R., M. Martínez S., M. Jiménez G., y S. de J. Méndez G. 2008. Insectos comestibles asociados a las magueyeras en el Ejido Tolosa, Pinos, Zacatecas, México. *Agrociencia* 42: 243-252.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 90 p.
- Giménez A., J., y O. González C. 2011. Pisos de vegetación de la sierra catorce y territorios. *Acta Bot. Mex.* 94: 91-123.
- González O., J. A. 2003. Aplicación de análisis multivariantes al estudio de las relaciones entre las aves y sus hábitats: un ejemplo con passeriformes montanos no forestales. *Ardeola* 50: 47-58.
- Gullan, P. J., and M. Kosztarab. 1997. Adaptations in scale insects. *Ann. Rev. Entomol.* 42: 23-50.
- Hithford W., G., G. Barnes, and Y. Steinberger. 2008. Effects of three species of Chihuahuan Desert ants on annual plants and soil properties. *J. Arid Environ.* 72: 392-400.
- Hottelling, H. 1993. Analysis of a complex of statistical variables in to principal components. *J. Educ. Psychol.* 24: 417-441.
- Hölldobler B., and E. O. Wilson. 2008. *The Superorganism: The Beauty, Elegance, and Strangeness of Insect Societies*. Norton. New York. 522 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Censo General de Población y Vivienda. http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx. (Consulta: septiembre, 2015).
- Lara J., P., J. R. Aguirre R., P. Castillo L., y J. A. Reyes A., 2015. Biología y aprovechamiento de la hormiga de escamoles, *Liometopum apiculatum* Mayr (Hymenoptera:Formicidae). *Acta Zool. Mex.* 31: 251-264.
- Mackay P., W., and E. Mackay E. 2002. *The Ants of New Mexico* (Hymenoptera: Formicidae). Edwin Mellen Press. Lewinston, NY. 400 p.
- Maindonald J., H. 2004. *Using R for Data Analysis and Graphics Introduction, Code and Commentary*. Centre for Bioinformatics Science, Australian National University. 99 p.
- McCullagh, P., and A. Nelder J. 1989. *Generalized Linear Models*. Second edition. Chapman and Hall. London. 256 p.
- Microsoft Office. 2013. Microsoft Excel software. Microsoft Excel for windows release 2013.
- Miller T., E. X. 2007. Does having multiple partners weaken the benefits of facultative mutualism? A test with cacti and cactus-tending ants. *Oikos* 116: 500-512.
- Miranda, R. G., B. Quintero S., B. Ramos R., y H. A. Olguín A. 2011. La recolección de insectos con fines alimenticios en la zona turística de Otumba y Teotihuacán, Estado de México. *PASOS Rev. Tur. Patrim. Cult.* 9: 81-100.
- R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/> (Consulta: julio 2015).
- Ramos E., J., B. Délage D., A. Flores R., E. Sandoval C., y S. Cuevas C. 1986. Estructura del nido *Liometopum occidentale* var. *Luctuosum* manejo y cuidados de estos en los núcleos rurales de México de las especies productoras de escamoles (*L. apiculatum* M. y *L. occidentale* Var. *Luctuosum* W.) (Himenoptera, Formicidae). *An. Inst. Biol. UNAM. Méx., Ser. Zool.* 2: 333-342.
- Ramos E., J., and J. Levieux. 1992. *Liometopum apiculatum* Mayr and *L. occidentale* Wheeler foraging areas studied with radioisotopes markers (Hymenoptera, Formicidae-Dolichoderinae). *B. Soc. Zool. Fr.* 117: 21-30.
- Ramos E., J., B. Délage D., y N. E. Galindo M. 1988. Observaciones bioecológicas de *Liometopum apiculatum* M. y *Liometopum occidentale* var. *Luctuosum* W. (Himenoptera-

- Formicidae). An. Inst. Biol. UNAM. Méx., Ser. Zool. 1: 341-354.
- Ramos E., J., J. M. Pino M., y M. Conconi. 2006. Ausencia de una regulación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. Folia Entomol. Mex. 45: 291-318.
- Rojas F., P. 2001. Las hormigas del suelo en México: diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). Acta Zoológica Mexicana. Número Especial 1: 189-238.
- Rzedowski, J. 1978. La Vegetación de México. Limusa. México, D. F. 432 p.
- Schreuder, H., T. Gregoire, and G. Wood. 1993. Sampling Methods for Multiresource Forest Inventory. John Wiley and Sons. New York. 446 p.
- Tarango A., L. A. 2012. Los escamoles y su producción en el Altiplano Potosino-Zacatecano. RESPIN 4: 139-144.
- Truett, J., J. Cornfield, and W. Kannel. 1967. A multivariate analysis of the risk of coronary heart disease in Framingham. J. Chronic Dis. 20: 511-524.
- Velasco C., C., M. del C. Corona V., y R. Peña M. 2007. *Liometopum apiculatum* (Formicidae: Dolichoderinae) y su relación trofobiótica con Hemiptera Sternorrhyncha en Tlaxco, Tlaxcala, México. Acta Zool. Mex. 23: 31-42.
- XLSTAT. 2015. XLSTAT software. Xlstat for Windows Release 2015.1.01. Copyright Addinsoft 1994-2014. URL: <https://www.xlstat.com/es/> (Consulta: julio 2015).
- Zar J., H. 1999. Biostatistical Analysis. Fourth edition. PrenticeHall, Inc. New Jersey. pp: 32-45.