

Range site and condition effects on “escamoles” ant (*Liometopum apiculatum* Mayr) nest density

Efectos del sitio y la condición de agostadero en la densidad de hormigueros de escamoles (*Liometopum apiculatum* Mayr)

Prisilla Lara-Juárez¹; Pedro Castillo-Lara²; Flor de M. Tristán-Patiño¹; Juan A. Rendón-Huerta^{3*}; Juan R. Aguirre-Rivera².

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales. Av. Manual Nava núm. 201, Zona Universitaria. C. P. 78290. San Luis Potosí, México.

²UASLP, Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Altair núm. 200. Fraccionamiento del Llano. C. P. 78377. San Luis Potosí, México.

³UASLP, Coordinación Académica Región Altiplano Oeste. Carretera Santo Domingo km 1.0. C. P. 78600. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

Abstract

The aim of this work was to evaluate the effect of rangeland condition on the nest density of escamoles ant (*Liometopum apiculatum*) in three different range sites, all within a single (escamoles) collecting area divided into two contrasting use and property regimes, communal and private, in the Municipality of Charcas, San Luis Potosí, Mexico. In order to measure the vegetation, a point-centered quarter method along transects was used; in every quadrant the distance from the point to the closest plant was measured for each vegetation stratum, while the distance to the closest nest (if existing) was also recorded. The species recorded were grouped according to their forage value as desirable, less desirable and undesirable, and using their density and volumetric biomass estimations, these groups were compared through a tabular and descriptive statistical analysis. The soil surface state was evaluated with the line intercept method, in its proportion of live and dead (mulch) basal cover, bare soil, stones, ant trails and feces. The highest density of ant nests (14·ha⁻¹) was recorded in the favorable site of the ranch (best rangeland condition). Marked differences were found in nest density between adjacent rangeland sites, which in turn were severely altered by the condition of these rangelands.

Keywords: Ant nest density, land tenure, vegetation and soil state, San Luis Potosí highland.

Resumen

El efecto de la condición de agostadero en la densidad de hormigueros de la hormiga de escamoles (*Liometopum apiculatum* Mayr) se evaluó en tres sitios diferentes (favorable, regular y desfavorable), en un espacio dividido en dos patrones contrastantes de aprovechamiento y régimen de tenencia comunal (ejido) y privada (rancho) en Charcas, San Luis Potosí, México. La vegetación se midió utilizando el método de cuadrantes centrados en un punto, espaciados sobre transectos; en cada cuadrante se midió el individuo más próximo al punto correspondiente a cada estrato de la vegetación y se registró la distancia al hormiguero más cercano (si existía). Las especies se agruparon de acuerdo con su valor forrajero (deseables, menos deseables e indeseables) y, mediante estimaciones de densidad y biomasa volumétrica, los grupos se contrastaron con un análisis tabular y estadístico descriptivo. La superficie del suelo se evaluó con el método de líneas de intercepción en la proporción de cobertura basal viva y muerta (mantillo), suelo desnudo, rocas, caminos de hormigas y heces. La densidad más alta de los hormigueros (14·ha⁻¹) se registró en el sitio favorable del rancho (mejor condición de agostadero). Con base en la información registrada se encontraron diferencias en la densidad de hormigueros entre sitios de agostaderos contiguos, lo cual a su vez es alterado severamente por la condición de los mismos.

Palabras clave: Densidad de hormigueros, tenencia de la tierra, estado de la vegetación y del suelo, altiplanicie de San Luis Potosí.

Please cite this article as follows (APA 6): Lara-Juárez, P., Castillo-Lara, P., Tristán-Patiño, F. M., Rendón-Huerta, J. A., & Aguirre-Rivera, J. R. (2016). Range site and condition effects on “escamoles” ant (*Liometopum apiculatum* Mayr) nest density. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 22(3), 285-302. doi: 10.5154/r.rchscfa.2015.04.016

Received: April 14, 2015 / Accepted: May 16, 2016.



Introduction

A range site is a unit of land with homogeneous physical and biotic characteristics which respond similarly to a given use pattern. Frequently, different states or range conditions occur within a site, either spatially or temporally, which according Heady and Child (1994) are the current states of vegetation in relation to the site's potential condition, that is to say, the mature and relatively stable state vegetation in that site. The most important resource in a range is its plant cover; hence, determining its condition provides insights on how it has been managed and the actions to be taken for an optimum use (Heady & Child, 1994; Holechek, Pieper, & Herbel, 2011; Quirk, 2002).

Also, these successive condition changes result in concomitant alterations in the soil/water/vegetation systems (Thurow, 2000). Dry land ecosystems display unique features arising from aridity; dry land communities are less tolerant to the stress imposed by the diverse uses, and take longer to recover. Dry lands deterioration results mainly from the users of dry land resources, who increase their demands on these resources and ultimately degrade them while attempting to improve their living conditions (Griffin, 2002).

All these problems might be happening in relation to the gathering of the pupae state (*escamoles*) of the ant *Liometopum apiculatum* Mayr in San Luis Potosí state highlands, where primary industry activities are dominant. This degradation may occur particularly in rangelands under common use tenure ("ejidos") in the municipality of Charcas, where this activity has expanded rapidly over the past decade because *escamoles* are highly demanded as a delicacy food, eaten since prehispanic times by many ethnic groups, and currently also in urban markets and restaurants (Ramos-Elorduy, 2006). Further details on this ant species biology and utilization were previously published by Lara-Juárez, Aguirre-Rivera, Castillo-Lara, and Reyes-Agüero (2015). However, as local collectors lack the traditional knowledge for collecting *escamoles* as in other Mexican states such as Hidalgo and Tlaxcala, and they disregard the relationship between this insect and its surroundings, in terms of feeding, resting, sheltering from the sun or reproducing and building ant nests, gathering seems excessive and careless, which, coupled with overgrazing, may be causing a rapid deterioration of this resource (Lara-Juárez et al., 2015).

Thus, the aim of this work was to relate the structure of the range, through the effect of site and condition, with *L. apiculatum* ant nest density in an *escamoles*-collecting area. To this end, the vegetation structure, the state of the soil surface and the number of associated active ant nests were investigated in an area categorized according to the history of use (*ejido* communal ranges

Introducción

Un sitio de agostadero es una unidad de suelo con características físicas y bióticas homogéneas que responde de manera similar a un patrón de uso. Con frecuencia, diferentes estados o condiciones de agostadero se producen dentro de un sitio, ya sea espacial o temporalmente, los cuales según Heady y Child (1994) son los estados actuales de la vegetación con relación a la condición potencial del sitio; es decir, con el estado maduro y relativamente estable de la vegetación en ese sitio. El recurso más importante en un agostadero es su cubierta vegetal; por lo tanto, la determinación de su condición proporciona información detallada sobre cómo se ha manejado y las acciones que deben tomarse para un uso óptimo (Heady & Child, 1994; Holechek, Pieper, & Herbel, 2011; Quirk, 2002).

Los cambios de condición producen alteraciones concomitantes en los sistemas de suelo-agua-vegetación (Thurow, 2000). Los ecosistemas de zonas secas presentan características únicas que surgen por la aridez; en estas comunidades hay menor tolerancia al estrés impuesto por los diversos usos, por lo que tardan más tiempo en recuperarse. El deterioro de las zonas secas se debe principalmente a que los usuarios aumentan la demanda de recursos y, a la larga, los degradan al tratar de mejorar sus condiciones de vida (Griffin, 2002).

El mismo problema puede estar ocurriendo con relación a la recolección de pupas (*escamoles*) de la hormiga *Liometopum apiculatum* Mayr en el altiplano del estado de San Luis Potosí, donde las actividades económicas primarias predominan. La degradación puede ocurrir sobre todo en los agostaderos de uso común (*ejidos*) en el municipio de Charcas, donde la recolección de *escamoles* se ha expandido rápidamente en la última década. Los *escamoles* son altamente demandados por ser considerados un manjar, pues desde tiempos prehispánicos han sido consumidos por muchos grupos étnicos, y en la actualidad se venden en mercados y restaurantes (Ramos-Elorduy, 2006). Más detalles sobre la biología de esta especie y su uso se han publicado por Lara-Juárez, Aguirre-Rivera, Castillo-Lara, y Reyes-Agüero (2015). Los recolectores locales carecen de los conocimientos tradicionales para la recolecta de *escamoles*, como sucede en otros estados como Hidalgo y Tlaxcala, e ignoran la relación entre el insecto y su entorno, en términos de alimentación, descanso, refugio del sol o reproducción y construcción de hormigueros; la recolección parece excesiva y descuidada, lo que junto con el exceso de pastoreo puede ser la causa del deterioro rápido del recurso (Lara-Juárez et al., 2015).

El objetivo de este estudio fue relacionar la estructura del agostadero, mediante el efecto de sitio y condición,

and private ranch), and considering three different physiognomic variants of vegetation (probable sites) that spread over both types of land tenure.

Materials and methods

Study area

The study area comprised the zone where *escamoles* are collected, which includes *ejidos* and ranches located in the northeastern portion of the municipality of Charcas, in northern San Luis Potosí state (29.5 km from Charcas city to the study area, Figure 1), where this economic activity started recently and is now actively carried out. This area is characterized by heterogeneous surface lithology, which in turn gives rise to scrub ranges dominated by species associated with igneous or sedimentary substrates. The weighted average temperature and precipitation recorded at the nearest weather stations (Laguna seca, 38 years and Charcas, 54 years) are summarized in Figure 2 (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2002).

con la densidad de hormigueros de la especie *L. apiculatum* en un área de recolección de escamoles. Con este fin, la estructura de la vegetación, el estado de la superficie del suelo y el número de hormigueros activos asociados se evaluaron en un área categorizada de acuerdo con su historia de uso (ejido y rancho privado), tomando en cuenta tres variantes fisonómicas de vegetación (sitios probables) que se extienden sobre ambos tipos de tenencia de la tierra.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio comprende la zona de recolecta de escamoles, que incluye ejidos y ranchos ubicados en la parte noreste del municipio de Charcas, en el norte del estado de San Luis Potosí (29.5 km de la ciudad de Charcas hasta el área de estudio, Figura 1), donde tal actividad económica comenzó recientemente y actualmente se lleva a cabo de forma activa. La litología superficial de la zona es heterogénea, lo que a su vez

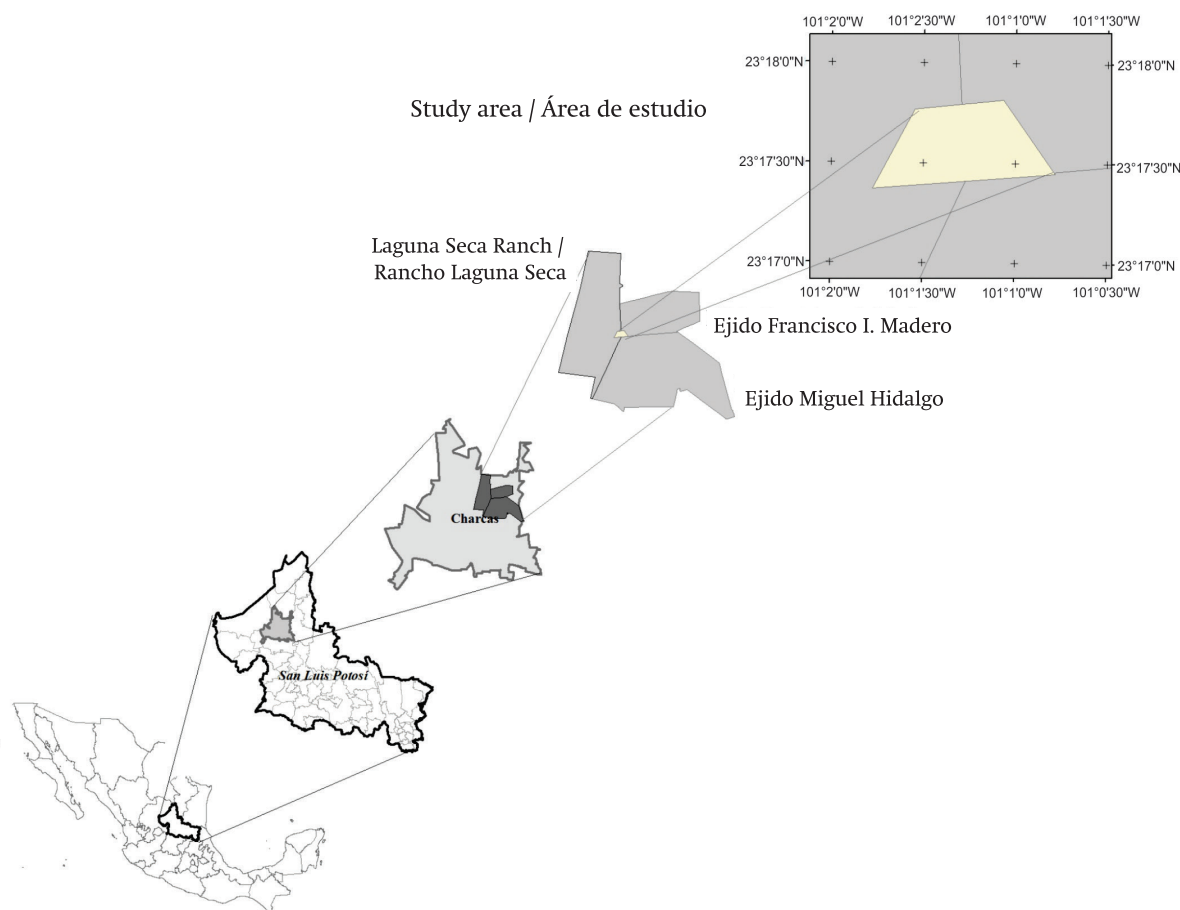


Figure 1. Map of study area region in San Luis Potosí, México.

Figura 1. Mapa de la región del área de estudio en el municipio de Charcas, San Luis Potosí, México.

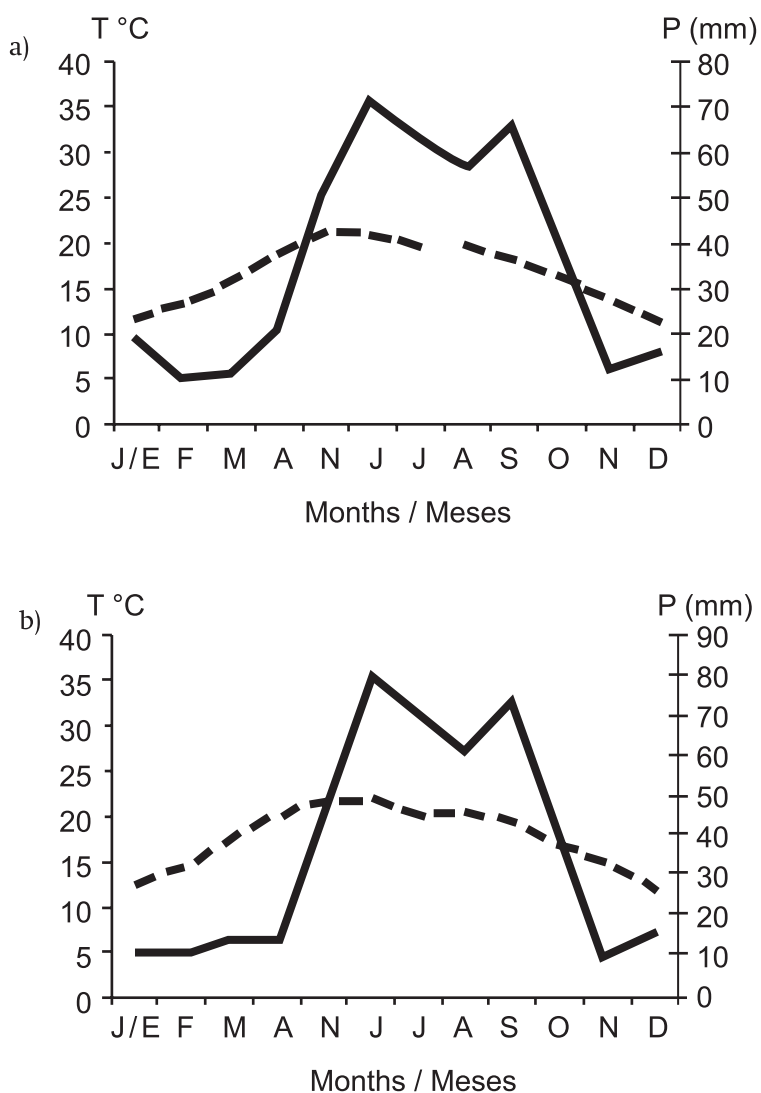


Figure 2. Temperature (---) and precipitation (—) distribution in the study area region (taken from García, 2004). (a) Laguna Seca (2,030 m, 16.8 °C, 439.2 mm), (b) Charcas (2,021m, 17.6 °C, 446.5 mm).

Figura 2. Distribución de la temperatura (---) y la precipitación (—) en la región del área de estudio en San Luis Potosí (tomado de García, 2004). a) Laguna Seca (2,030 m, 16.8 °C, 439.2 mm), b) Charcas (2,021 m, 17.6 °C, 446.5 mm).

Following the approach of Bolaños and Aguirre (2000), reconnaissance trips were conducted through the area, and based on thematic maps and orthophotos, an area of relatively homogeneous geomorphology (landscape) was located which included both ranches and *ejidos* (Figure 3); this made it possible to have two contiguous areas, with contrasting range condition and history of use (Figure 4). Then, certain vegetation physiognomy and edaphic differences were visually identified; these differences were sufficient to assume that these corresponded to three range sites, which also showed noticeable differences in terms of ant nest density, to be considered as favorable, fair and unfavorable sites for nest establishment. Thus, the sampling area included

da lugar a agostaderos de matorrales dominados por especies asociadas a sustratos ígneos o sedimentarios. La temperatura media ponderada y precipitación registrada en las estaciones meteorológicas más cercanas (Laguna Seca, 38 años; Charcas, 54 años) se muestran en la Figura 2 (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2002).

De acuerdo con el enfoque de Bolaños y Aguirre (2000) se hicieron visitas de reconocimiento en la zona y, con base en mapas temáticos y ortofotos, se localizó un área de geomorfología relativamente homogénea (paisaje), que incluye ranchos y ejidos (Figura 3), lo que hizo posible tener dos zonas contiguas con condición

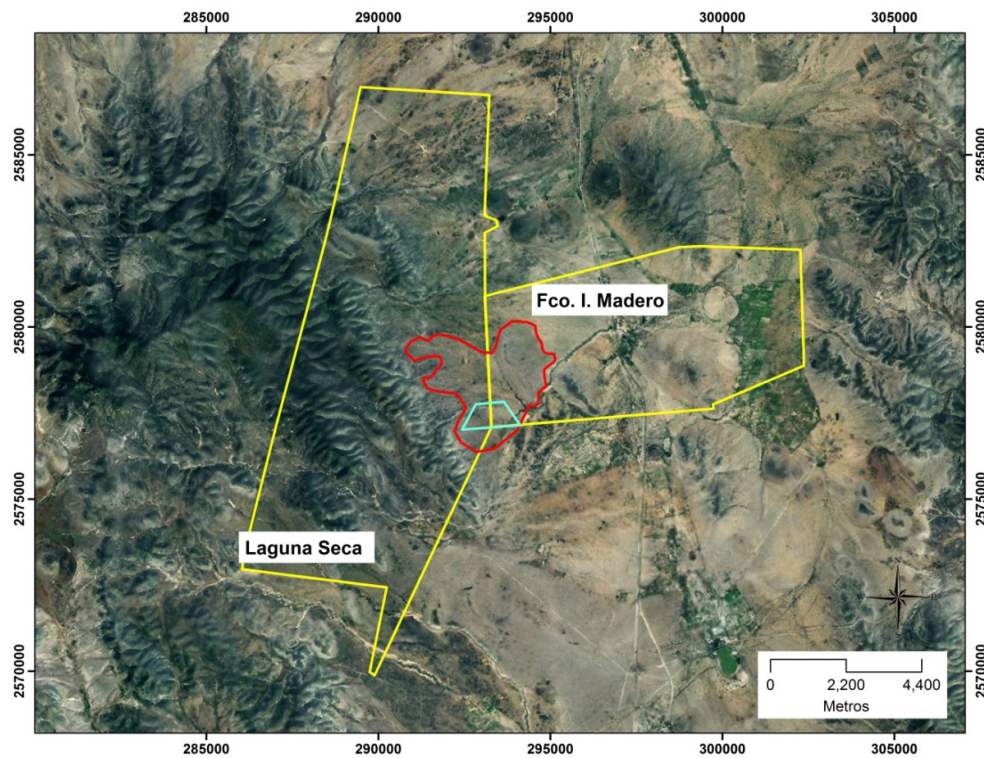


Figure 3. Study area location, Laguna Seca ranch and Francisco I. Madero *ejido* common land, Charcas, San Luis Potosí (in yellow, property boundary; in red, landscape boundary; in blue, sampling area).

Figura 3. Ubicación de la zona de estudio, rancho Laguna Seca (privado) y ejido Francisco I. Madero (tierra comunal), Charcas, San Luis Potosí (en amarillo, límite de la propiedad; en rojo, límite del paisaje; en azul, área de muestreo)

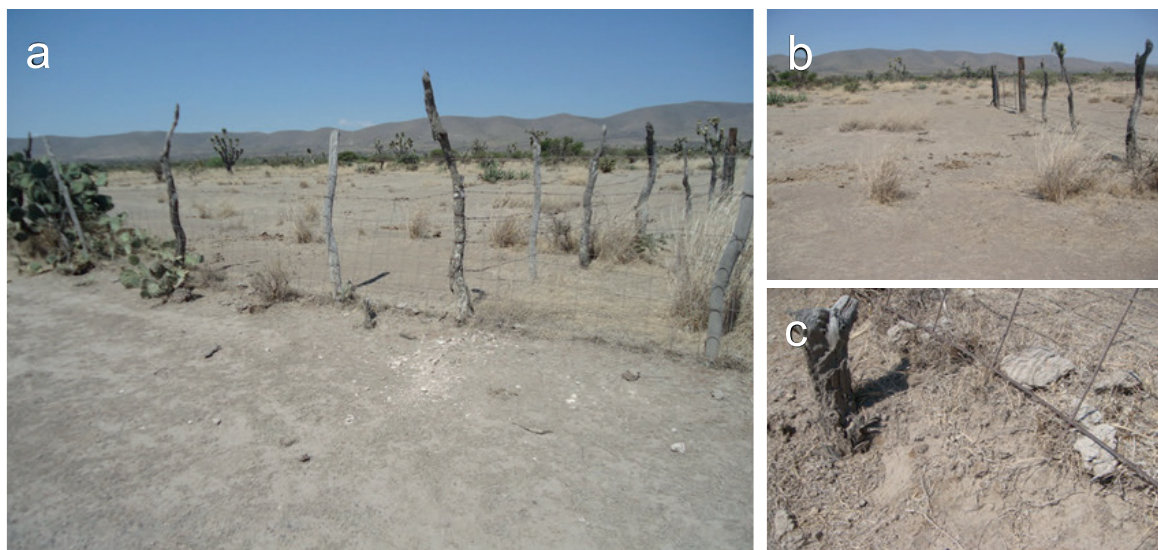


Figure 4. Boundary between the Cerro Blanco fraction of the Francisco I. Madero *ejido* (left) and the Siete Vueltas pasture of the Laguna Seca ranch (right). (a) The loss of soil in the common land has formed a step over the line of the fence. (b) At the common land lower vegetation density and greater amount of manure can be observed. (c) Approach to the difference in ground level, about 10-12 cm, generated by overgrazing.

Figura 4. Límite entre la fracción de Cerro Blanco del ejido Francisco I. Madero (izquierda) y el potrero Siete Vueltas del rancho Laguna Seca (derecha). a) La pérdida de suelo en las tierras comunales ha formado un escalón sobre la línea de la cerca. b) En las tierras comunales se observa menor densidad de vegetación y mayor cantidad de estiércol. c) Aproximación a la diferencia en el nivel del suelo, alrededor de 10 a 12 cm, generada por el sobrepastoreo.

a portion of Cerro Blanco pasture in the Francisco I. Madero *ejido*, as well as part of the Siete Vueltas pasture belonging to the Laguna Seca ranch.

Vegetation sampling procedure

Field surveys were conducted between October and December 2011, during a drought of over two years. In order to estimate the structural attributes of vegetation and the density of ant nests, the point-centered quarter method was used along transects, with adjustment for multi-layer shrubby vegetation (Brower, Zar, & von Ende, 1998).

Transects were defined over the images for each of the three range sites, perpendicular to the fence that separates the ranch and the *ejido*, and spaced at least 100-m from each other to avoid overlapping. As the sites areas were different the number and length of transects were different for each site but identical for each condition. Sampling points number was the same in both conditions and they were distributed along transects and geo located at 100-m intervals to avoid sampling the same ant nest twice from adjacent sites, since the radius of ant activity around the nest was observed to be near 45 to 50-m; sampling points were at least 50-m away from fences (Figure 5). Before starting field measurements, the plant species present were

de agostadero e historia de uso contrastante (Figura 4). Posteriormente se identificaron diferencias edáficas y de fisionomía de la vegetación; estas diferencias fueron suficientes para suponer que correspondían a tres sitios de agostadero, mostrando diferencias notables en términos de densidad de hormigueros. Los sitios fueron considerados como sitios favorables, regulares y desfavorables para el establecimiento de hormigueros. Por lo tanto, el área de muestreo incluyó una porción del potrero Cerro Blanco en el ejido Francisco I. Madero, así como parte del potrero Siete Vueltas perteneciente al rancho Laguna Seca.

Método de muestreo de la vegetación

Los estudios de campo se llevaron a cabo entre octubre y diciembre del año 2011, durante una sequía de más de dos años. Con el fin de estimar los atributos estructurales de la vegetación y la densidad de hormigueros, se utilizó el método de cuadrantes centrados en un punto a lo largo de transectos, con ajustes para vegetación con varios estratos (Brower, Zar, & von Ende, 1998).

Los transectos se definieron en las imágenes para cada uno de los tres sitios de agostadero, perpendiculares a la cerca que separa el rancho del ejido, y espaciados al menos 100 m entre sí para evitar la superposición.

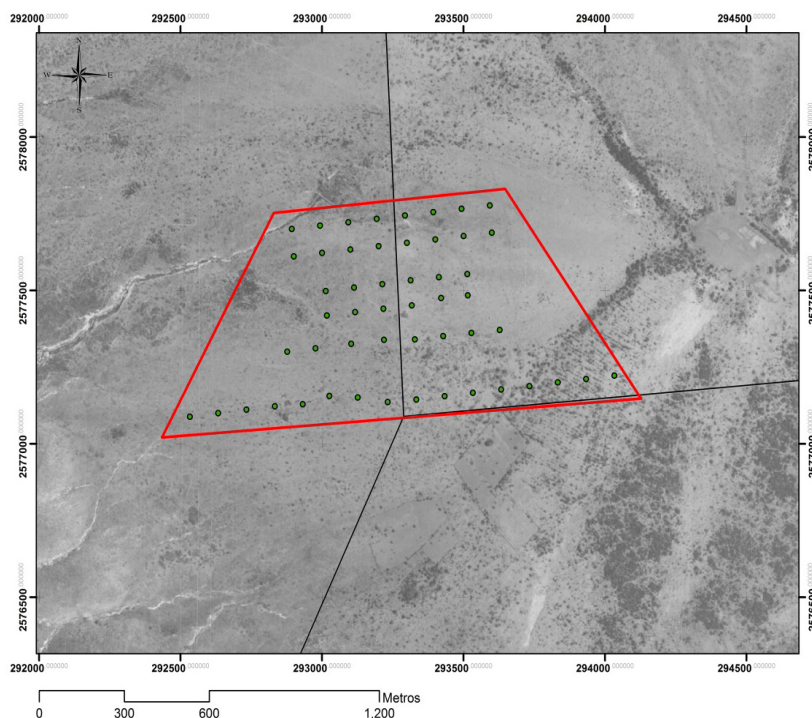


Figure 5. Distribution of sampling point transects to center the quadrants for vegetation measurements and ant nest density estimation.

Figura 5. Distribución de los transectos de puntos de muestreo para centrar los cuadrantes de medición de vegetación y para estimar la densidad de hormigueros de escamoles (*Liometopum apiculatum*) en Charcas, San Luis Potosí.

listed and categorized into four strata according to their life forms: herbaceous, lower shrub, upper shrubby and arborescent; then, at each sampling point we measured in sequence the species measurements belonging to each stratum. Also, herbarium specimens were collected to corroborate and support field identifications; after that, they were deposited at the Isidro Palacios herbarium in the Instituto de Investigación de Zonas Desérticas of the Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Mexico. Following the approach of Vallentine (1990) and Bolaños and Aguirre (2000), the plant species were recorded and classified as desirable, less desirable and undesirable, according to their value as forage and successional reaction to grazing.

Plant attributes and ant nests

In a sequence per stratum, in each of the four quadrants of each of the 52 points sampled, we recorded the distance from the point to the nearest ant nest, as well as the closest plant specimen, for which plant height, major and minor diameters of its basal area and cover were recorded; the truncated cone volume formula was used to indirectly estimate the volumetric biomass from these data:

$$V = 1/3 \cdot \pi \cdot h (R^2 + r^2 + R \cdot r)$$

where:

h = Height

R = Upper radius

r = Lower radius.

Finally, the visually appreciated degree of defoliation was recorded. Data for a total of 832 plant specimens and 208 ant nest search quadrants were recorded.

Ground cover

The state or condition of the ground cover was measured with the line intercept method (Brower et al., 1998) to estimate the proportion of the total area occupied by basal plant cover (living or dead), stones, manure, bare soil and ant trails. To this end, five lines (5 m long each) were laid at each range site and condition (three sites, two conditions = 30 in total) using a rope tightened between two stakes; lines were fixed in an alternating and parallel manner to the sampling transects, on both sides and 10-m away from them.

Data analysis

Absolute and relative density and volumetric biomass per hectare were calculated for each plant species, as well as ant nest density and the proportion of each cover category identified on the ground cover. To

Como las áreas eran distintas, la cantidad y longitud de transectos fue diferente para cada sitio, pero igual para cada condición. El número de puntos de muestreo fue el mismo en ambas condiciones y se distribuyeron a lo largo de transectos y geotransectos situados en intervalos de 100 m para evitar registrar el mismo hormiguero desde puntos adyacentes, ya que el radio de actividad de las hormigas en torno a su nido fue de aproximadamente 45 a 50 m; los puntos de muestreo se localizaron por lo menos a 50 m de distancia de la cerca (Figura 5). Antes de iniciar las mediciones de campo, las plantas presentes se enumeraron y clasificaron en cuatro estratos de acuerdo con su forma de vida (herbáceas, arbusto bajo, alto y arborescente); posteriormente, en cada punto de muestreo se tomaron, de forma secuencial, mediciones de las especies pertenecientes a cada estrato. Además, se recogieron muestras de especímenes de herbario para corroborar y respaldar las identificaciones de campo, y se depositaron en el herbario Isidro Palacios del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Con base en el enfoque de Vallentine (1990) y Bolaños y Aguirre (2000), las especies vegetales se registraron y clasificaron como deseables, menos deseables e indeseables, de acuerdo con su valor forrajero y reacción sucesional al pastoreo.

Atributos de plantas y hormigueros

En una secuencia por estrato, en cada uno de los cuatro cuadrantes de los 52 puntos de muestra, se registró la distancia desde el punto hasta el hormiguero más cercano, así como la planta más cercana, obteniendo su altura, diámetros mayor y menor de su área basal y dosel. La biomasa volumétrica se estimó indirectamente con la fórmula del volumen de cono truncado, a partir de los datos siguientes:

$$V = 1/3 \cdot \pi \cdot h (R^2 + r^2 + R \cdot r)$$

donde:

h = Altura

R = Radio superior

r = Radio inferior.

Finalmente, se registró el grado de la defoliación apreciado visualmente. Los datos provenientes de un total de 832 plantas y 208 hormigueros se registraron en los cuadrantes de muestreo.

Cubierta del suelo

El estado o condición de la cubierta del suelo se midió utilizando el método de línea de intercepción (Brower et al., 1998), para estimar la proporción de área total ocupada por la cubierta basal de plantas (mantillo),

support the respective tabular analyses, structural values were averaged for the total species recorded; to compare sites and conditions only data for plant species with more than ten numerical records were used. A completely randomized design with a 2×3 factorial arrangement of treatments was used: Factor A was the range condition (private ranch and *ejido*). Factor B was the range site (favorable, fair and unfavorable). Figures for bare soil, mulch, vegetation, stones and manure, expressed in percentages, were transformed to arcsin and analyzed with the GLM procedure of SAS (Statistical Analysis System, 1999), with a significance level of $P < 0.05$; Tukey's test was used to compare statistically significant mean values.

Results and discussion

Table 1 shows the plant species recorded and evaluated in the municipality of Charcas, San Luis Potosí. Using the same sample size and sampling design, the *ejido* recorded only 22 plant species versus 35 plant species recorded in the ranch. The *ejido*'s overall floristic composition was also recorded at the ranch, but lacked several shrubby and herbaceous forage species which are still present in the ranch. As a result of the contrasting grazing history, the overall plant species density in the *ejido* was only 42.8 % of that in the ranch; by contrast, volumetric biomass in the ranch was only 27.92 % of the one recorded in the *ejido*. This is explained by the predominance of bigger and long-lived species unsuitable for grazing in the *ejido*'s heavily deteriorated range sites; this finding agrees with reports from Veracruz, Mexico by Campbell, Jarillo-Rodríguez, López-Ortiz, and Castillo-Gallegos (2013), who mention that the increase of cattle in a pasture leads to an increasing abundance of plant species with poor forage quality, while perennial grasses tend to decrease. Otherwise, abundant – although smaller – herbaceous species were recorded at the ranch, such as grasses (Tables 2 and 3). Finally, only two active ant nests were recorded in the *ejido* (in the favorable site), in contrast with 14 found in the ranch. In this regard, Rojas and Fragoso (2000) point out that the absence of ant communities in the central Chihuahuan Desert is an indicator of deterioration. Similarly, Hoffmann (2000) mentions that the richness of ant species is negatively correlated with grazing intensity; in contrast, studies made in intensive silvopastoral systems in Colombia by Rivera, Armbrecht, and Calle (2013) found that richness of ant species can be increased with the presence of woody vegetation such as *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. Nests of some ants (harvester ants: *Messor* and *Pogonomyrmex*) are well documented as representing nutrient-rich patches and as supporting higher biomass and species richness of annual plants on the periphery of the nest discs (Whitford, Barnes, & Steinberger, 2008). Bestelmeyer and Wiens (1996) found in an extended

piedras y estiércol, así como suelo desnudo y caminos de hormigas. Con este fin, cinco líneas (5 m de longitud cada una) se colocaron en cada sitio y condición de agostadero (tres sitios, dos condiciones = 30 en total), utilizando una cuerda tensada entre dos estacas; las líneas se dispusieron en una forma alterna y paralela a los transectos de muestreo, a 10 m de distancia de éstos.

Análisis de datos

La densidad absoluta y relativa, y la biomasa volumétrica por hectárea se calcularon para cada especie de planta, así como la densidad de hormigueros y la proporción de cada categoría de cobertura identificada en la superficie del suelo. Los valores estructurales del total de especies registradas se promediaron, para respaldar los respectivos análisis tabulares. Los sitios y condiciones se compararon utilizando sólo los datos de plantas con más de 10 registros numéricos. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×3: el factor A fue la condición de agostadero (rancho privado y *ejido*) y el factor B fue el sitio de agostadero (favorable, regular y desfavorable). Las cifras para suelo desnudo, mantillo, vegetación, piedras y estiércol, expresados en porcentajes, se transformaron a arcosen y se analizaron con el procedimiento GLM de SAS (Statistical Analysis System, 1999), con un nivel de significancia de $P < 0.05$; se utilizó la prueba de Tukey para comparar los valores medios.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestran las especies de plantas registradas y evaluadas en el municipio de Charcas, San Luis Potosí. Con el mismo tamaño de muestra y diseño de muestreo, en el *ejido* se registraron sólo 22 especies en comparación con las 35 especies registradas en el rancho. La composición de toda la flora del *ejido* también fue registrada en el rancho, aunque el *ejido* carece de varias especies forrajeras arbustivas y herbáceas que todavía están presentes en el rancho. Como resultado del historial de pastoreo contraste, la densidad total de especies en el *ejido* fue sólo el 42.8 % de la registrada en el rancho; por el contrario, la biomasa volumétrica en el rancho fue sólo 27.92 % de la registrada en el *ejido*. Esto se explica por el predominio de especies más grandes y de larga vida no aptas para el pastoreo en los sitios de agostadero muy deteriorados del *ejido*. Esto también concuerda con el estudio de Campbell, Jarillo-Rodríguez, López-Ortiz, y Castillo-Gallegos (2013) realizado en Veracruz, México; los autores señalan que el aumento de ganado en la pradera conduce a la abundancia creciente de especies de plantas no forrajeras, mientras que los zacates forrajeros perennes tienden a disminuir. Por otra parte, las especies herbáceas abundantes, aunque de menor tamaño, tales como los zacates deseables si se registraron en el rancho (Cuadros

gradient ground foraging from highly degraded range condition to a less severe disturbance by traditional grazing practices in the Chaco of northern Argentina, changes in the ground-layer vegetation from sparse to a structurally complex mixture of grasses and forbs, as well as higher ant species richness in the better range condition.

2 y 3). Finalmente, sólo dos hormigueros activos se registraron en el ejido (en el sitio favorable), en contraste con los 14 encontrados en el rancho. En este sentido, Rojas y Fragoso (2000) señalan que la ausencia de comunidades de hormigas en el centro del Desierto Chihuahuense es un indicador de deterioro. Del mismo modo, Hoffmann (2000) menciona que la riqueza de

Table 1. Species recorded through the vegetation sampling in the study area.

Cuadro 1. Especies registradas en los agostaderos muestreados del municipio de Charcas, San Luis Potosí, México.

Species / Especies	Life forms / Forma de vida			
	Herbaceous / Herbácea	Lower shrub / Arbusto bajo	Upper shrub / Arbusto alto	Arborescent / Arborescente
<i>Acacia schaffneri</i> (S. Watson) F.J. Herm.				x
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dick			x	
<i>Aristida adscensionis</i> L.	x			
<i>Berberis trifoliolata</i> Moric.			x	
<i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag. ex Griffiths	x			
<i>Bouteloua reederorum</i> Columbus	x			
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schldl.	x			
<i>Calliandra eriophylla</i> Benth.		x		
<i>Condalia</i> Cav.		x		
<i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) F. Knuth			x	
<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.		x		
<i>Dasyochloa pulchella</i> (Kunth) Willd. ex Rydb.	x			
<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto		x		
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.		x		
<i>Ferocactus pilosus</i> (Salm-Dick) Werderm		x		
<i>Hilaria cenchroides</i> Kunth	x			
<i>Ipomoea orizabensis</i> (Pelletan) Ledeb. ex Steud.	x			
<i>Jatropha dioica</i> Sessé ex Cerv.		x		
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Cov.			x	
<i>Leptochloa dubia</i> (Kunth) Nees	x			
<i>Menodora coulteri</i> A. Gray		x		
<i>Mimosa biuncifera</i> Benth.		x		
<i>Muhlenbergia villosa</i> Swallen	x			
<i>Opuntia cantabrigiensis</i> Lynch		x		
<i>Opuntia leucotricha</i> DC.			x	
<i>Opuntia rastrera</i> F. Weber		x		
<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.			x	
<i>Parthenium incanum</i> Kunth.		x		
<i>Prosopis laevigata</i> (Willd.) M. Johnston				x
<i>Rhus microphylla</i> Engelm.			x	
<i>Salvia ballotiflora</i> Benth.		x		
<i>Senna bauhinioides</i> (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby	x			
<i>Solanum ehrenbergii</i> (Bitter) Rydb.	x			
<i>Sporobolus airoides</i> (Torrey) Torrey	x			
<i>Yucca</i> L.				x

Table 2. Vegetation structure in soil sites (favorable, fair, unfavorable) in the Laguna Seca ranch, considered with better rangeland condition for the establishment of escamoles (*Liometopum apiculatum*) ant nests.

Cuadro 2. Estructura de la vegetación en sitios del suelo (favorable, adecuado, poco favorable) en el rancho Laguna Seca, considerado con mejor condición de agostadero para el establecimiento de hormigueros de escamoles (*Liometopum apiculatum*).

Botanical composition/ Composición botánica	Biomass (m ³ ·ha ⁻¹)/Biomasa (m ³ ·ha ⁻¹)				Density (individuals·ha ⁻¹)/ Densidad (plantas·ha ⁻¹)			
	Favorable	Fair/ Adecuado	Unfavorable/ Poco favorable	Total	Favorable	Fair/ Adecuado	Unfavorable/ Poco favorable	Total
<i>Acacia schaffneri</i>	117.8	341.5	2,250.4	2,709.8	647.0	67.6	3,277.7	3,992.3
<i>Agave salmiana</i>	0.20	0.0	34.3	34.5	19.8	0.0	17.7	37.5
<i>Aristida adscensionis</i>	0.0	0.0	1.8	1.8	0.0	0.0	40,270.0	40,270.0
<i>Salvia ballotiflora</i>	0.0	4.7	0.0	4.7	0.0	59.5	0.0	59.5
<i>Berberis trifoliolata</i>	0.0	0.0	6.1	6.1	0.0	0.0	73.7	73.7
<i>Bouteloua gracilis</i>	3E-02	9E-02	0.0	12E-02	7,000.0	388.6	0.0	7,388.6
<i>Bouteloua reederorum</i>	0.0	0.0	2.2E-02	2.2E-02	0.0	0.0	1,761.1	1,761.1
<i>Bouvardia ternifolia</i>	0.0	0.0	11E-02	11E-02	0.0	0.0	14.6	14.6
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	0.0	8E-04	0.0	8E-04	0.0	10.1	0.0	10.1
<i>Calliandra eriophylla</i>	0.0	0.0	1.2	1.2	0.0	0.0	180.6	180.6
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	0.0	0.0	30.4	30.4	0.0	0.0	4.9	4.9
<i>Condalia</i> sp.	0.0	9E-02	0.0	9E-02	0.0	7.2	0.0	7.2
<i>Dalea bicolor</i>	2.8	8.6	18.0	29.4	115.7	66.5	41.08	223.2
<i>Euphorbia heterophylla</i>	0.0	0.0	1.1E-02	1.1E-02	0.0	0.0	13.9	13.9
<i>Ferocactus pilosus</i>	0.0	2E-03	0.0	2E-03	0.0	8.0	0.0	8.0
<i>Mimosa biuncifera</i>	0.0	1.8	0.0	1.8	0.0	44.0	0.0	44.0
<i>Menodora coulteri</i>	4E-02	1.7 E-02	0.0	5.8E-02	1,011.0	853.0	0.0	1,864.0
<i>Hilaria cenchroides</i>	2E-03	1E-04	0.0	2.6E-03	0.9	0.8	0.0	1.7
<i>Ipomoea orizabensis</i>	0.0	0.0	2E-04	2E-04	0.0	0.0	2.4	2.4
<i>Jatropha dioica</i>	13E-02	0.1	0.8	1.0	31.9	120.0	657.4	809.3
<i>Larrea tridentata</i>	47.7	82.4	12.5	142.6	288.3	205.5	131.5	625.3
<i>Leptochloa dubia</i>	0.4	0.0	0.0	0.4	14.2	0.0	0.0	14.2
<i>Muhlenbergia villosa</i>	3E-03	0.0	0.0	3E-03	0.9	0.0	0.0	0.9
<i>Opuntia leucotricha</i>	0.0	0.0	21.7	21.7	0.0	0.0	243.5	243.5
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	0.0	0.0	14E-02	14E-02	0.0	0.0	69.1	69.1
<i>Opuntia rastrera</i>	0.0	1E-02	17.1	17.1	0.0	13.0	1,144.8	1,157.8
<i>Opuntia streptacantha</i>	0.0	0.0	149.1	149.1	0.0	0.0	277.9	277.9
<i>Parthenium incanum</i>	1.0	0.5	0.0	1.5	17.7	1.2	0.0	18.9
<i>Prosopis laevigata</i>	112.9	271.4	98.3	482.6	725.5	697.0	546.8	1,969.3
<i>Rhus microphylla</i>	0.0	9.7	0.0	9.7	0.0	220.0	0.0	220.0
<i>Senna bauhinioides</i>	0.0	1E-03	0.0	1E-03	0.0	20.9	0.0	20.9
<i>Solanum ehrenbergii</i>	0.0	0.0	1E-03	1E-03	0.0	0.0	5.1	5.1
<i>Yucca</i> spp.	2,774.9	6,093.5	897.1	9,765.5	5,493.6	5,248.1	1,598.9	12,340.6
<i>Dasyochloa pulchella</i>	0.0	0.0	2E-03	2E-03	0.0	0.0	153.8	153.8
<i>Sporobolus airoides</i>	0.0	1.6	4.1	5.7	0.0	109.1	321.0	430.1
Total	3,057.8	6,816.2	3,543.3	13,417.4	15,366.5	8,141.8	50,807.6	74,315.9

Table 3. Vegetation structure in soil sites (favorable, fair, unfavorable) of ejido Francisco I. Madero, considered with better rangeland condition for the establishment of escamoles (*Liometopum apiculatum*) ant nests.
Cuadro 3. Estructura de la vegetación en sitios del suelo (favorable, adecuado, poco favorable) del ejido Francisco I. Madero, considerado con peores condiciones de agostadero, para el establecimiento de hormigueros de escamoles (*Liometopum apiculatum*).

Botanical composition/ Composición botánica	Biomass (m ³ ·ha ⁻¹)/Biomasa (m ³ ·ha ⁻¹)				Density (individuals·ha ⁻¹)/ Densidad (plantas·ha ⁻¹)			
	Favorable	Fair/ Adecuado	Unfavorable/ Poco favorable	Total	Favorable	Fair/ Adecuado	Unfavorable/ Poco favorable	Total
<i>Acacia schaffneri</i>	499.8	5,907.0	3,200.8	9,607.6	2,606.4	3,418.7	4,710.0	10,735.1
<i>Agave salmiana</i>	0.0	0.0	23.7	23.7	0.0	0.0	210.6	210.6
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	0.0	9E-04	0.0	9E-04	0.0	6.5	0.0	6.5
<i>Bouteloua gracilis</i>	4E-04	9.8E-05	2.5E-03	3E-03	13.1	7.9	10.4	31.4
<i>Bouteloua reederorum</i>	0.0	0.0	2E-03	2E-03	0.0	0.0	35.4	35.4
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	50.0	101.0	141.3	292.3	0.1	0.5	1.1	1.70
<i>Dalea bicolor</i>	0.0	0.0	12E-02	12E-02	0.0	0.0	5.6	5.6
<i>Euphorbia heterophylla</i>	0.0	0.0	4.4E-03	4.4E-03	0.0	0.0	26.0	26.0
<i>Hilaria cenchroides</i>	0.0	1E-04	0.0	1E-04	0.0	6.7	0.0	6.7
<i>Jatropha dioica</i>	26E-02	0.0	1.3	1.6	363.9	0.0	403.0	766.9
<i>Larrea tridentata</i>	158.2	207.6	289.6	655.4	1,512.7	1,452.3	5,366.6	8,331.6
<i>Menodora coulteri</i>	1.3E-03	3.8E-03	0.0	5.1E-03	94.7	115.2	0.0	209.9
<i>Opuntia leucotricha</i>	0.0	0.0	3.9E-03	3.9E-03	0.0	0.0	12.9	12.9
<i>Opuntia rastrera</i>	3.0	5.0	5.5	13.5	9.4	46.4	208.4	264.2
<i>Opuntia streptacantha</i>	0.0	0.0	279.8	279.8	0.0	0.0	771.9	771.9
<i>Parthenium incanum</i>	11E-02	7E-02	0.0	0.18	20.1	12.7	0.0	32.8
<i>Parthenium sp.</i>	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	19.1	0.0	19.1
<i>Prosopis laevigata</i>	0.0	31.9	9,294.3	9,326.2	0.0	450.0	1,213.1	1,663.1
<i>Senna bauhinioides</i>	4E-04	1.9E-03	2.7E-03	5E-03	17.0	36.9	114.9	168.8
<i>Sporobolus airoides</i>	0.0	0.1	1.0	1.1	0.0	153.0	262.5	415.5
<i>Dasyochloa pulchella</i>	1E-03	0.0	2E-03	3E-03	428.3	0.0	1,927.1	2,355.4
<i>Yucca sp.</i>	872.4	1,230.6	25,744.4	27,847.3	2,530.6	2,257.4	949.4	5,737.4
Total	1,583.8	7,483.4	38,982.0	48,049.2	7,596.4	7,983.3	16,228.9	31,808.6

The prolonged overgrazing in the *ejido* has resulted in profound changes in vegetation structure, reducing the original differences between range sites in it. Therefore, for the structural contrast between range sites recognized by their physiognomic differences and apparent ant nest abundance, only the data recorded at the ranch seem valid (Table 2). Thus, the results of the overall survey—without removing those species with less than 10 entries, with average figures likely skewed, especially regarding density— reveal various differences in plant species composition, volumetric biomass and plant density of species common to two or three range sites. These differences between range sites are also observed in cumulative structural figures, particularly in the case of density, and notably in ant nest abundance: 12 in the favorable site (six·ha⁻¹), two in the fair site and none in the unfavorable site (Figure 6).

The species likely related positively to the *escamoles* ant were *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths, *Menodora coulteri* A. Gray, *Hilaria cenchroides* Kunth, *Leptochloa dubia* (Kunth) Nees, *Muhlenbergia villosa* Swallen and *Parthenium incanum* Kunth (Table 2), all displaying a decreasing response to grazing and, therefore, regarded as desirable. In sites located in the

especies de hormigas se correlaciona negativamente con la intensidad de pastoreo; mientras que estudios en sistemas silvopastoriles intensivos realizados en Colombia por Rivera, Armbrrecht y Calle (2013) indican que la riqueza de especies de hormigas puede aumentar con la presencia de vegetación leñosa como *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. Los hormigueros de algunas hormigas cosechadoras como *Messor* y *Pogonomyrmex* están documentados como la representación de parches ricos en nutrientes y como el apoyo de mayor biomasa y riqueza de especies de plantas anuales en la periferia de la entrada a los hormigueros (Whitford, Barnes, & Steinberger, 2008). Bestelmeyer y Wiens (1996) encontraron forraje de condición de agostadero altamente degradado a alteración menos grave en un suelo degradado extendido del Chaco en el norte de Argentina, debido a prácticas tradicionales de pastoreo, cambios en la cubierta superficial del suelo, desde dispersa hasta estructuralmente compleja, así como mayor riqueza de especies de hormigas en la mejor condición de agostadero.

El pastoreo excesivo y prolongado en el *ejido* ha dado lugar a cambios profundos en la estructura de la vegetación, reduciendo las diferencias originales entre

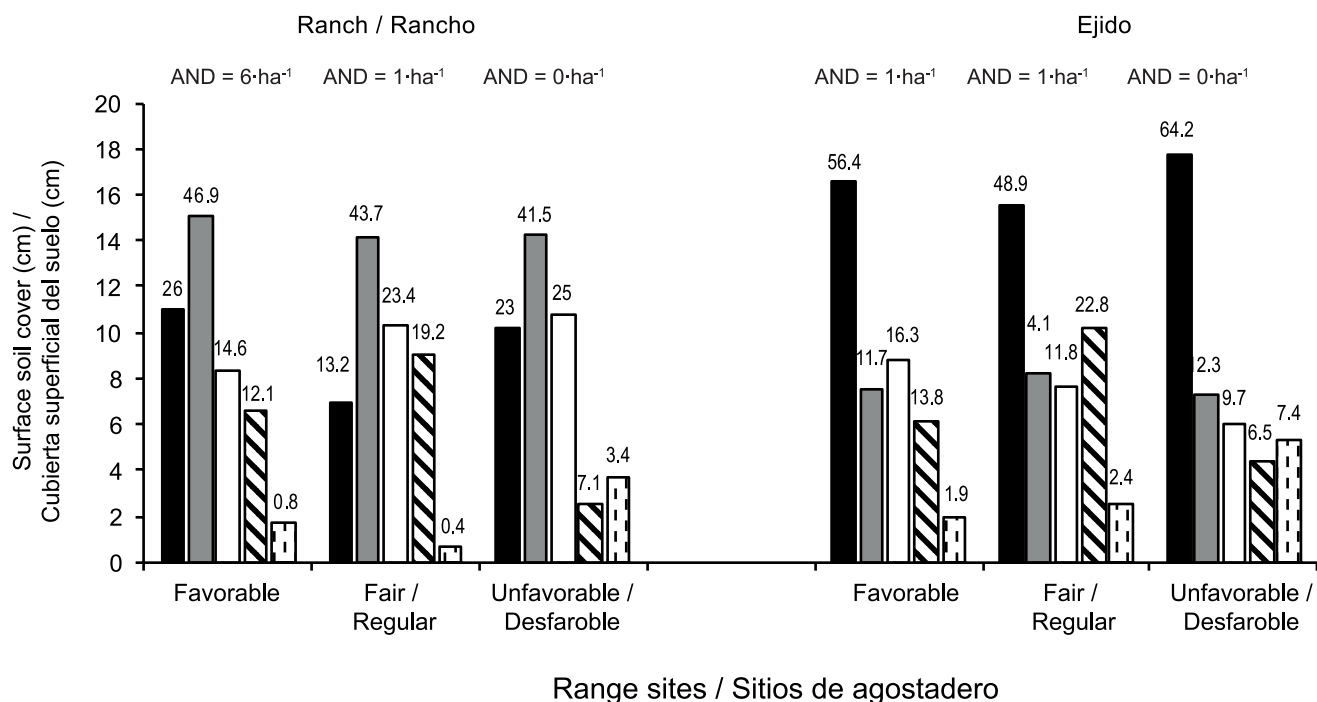


Figure 6. Effect of range condition and tentative site on the surface soil cover of Laguna Seca ranch and *ejido* Francisco I. Madero of Charcas, San Luis Potosí (n = five Canfield lines of 5 m each). Bare soil (■), mulch (■), vegetation basal cover (□), rocks (▨) and feces (▤). Numbers at the top of each bar refer to %. AND = Ant nest density. Values in the bars are represented by the transformed data.

Figura 6. Efecto de la condición de agostadero y sitio tentativo en la cubierta superficial del suelo del rancho Laguna Seca y *ejido* Francisco I. Madero en Charcas, San Luis Potosí (n = líneas Canfield de 5 m cada una). Suelo desnudo (■), mantillo (■), área basal de la vegetación (□), rocas (▨) y heces (▤). AND = Densidad de hormigueros. Los números en la parte superior de cada barra indican porcentajes transformados.

Chihuahua desert, Bestelmeyer and Wiens (2001) also found higher abundance of several ant species in ranges dominated by *B. gracilis* than in sites dominated by other plant species such as *B. eriopoda* (Torr.) Torr., *Prosopis glandulosa* Torrey and *Yucca elata* Engelm. The worse range condition (*ejido*) evidenced a high abundance of the undesirable creosote bush (*Larrea tridentata* [Sessé & Moc. ex DC.] Cov.), which is consistent with findings reported by Whitford and Steinberger (2011) on the invasion and expansion of *L. tridentata* in heavily overgrazed ranges of the southern United States and northern Mexico. To get a more robust estimate of the vegetation structure and dynamics, plant species with less than 10 records were removed from the analysis; the remaining species were categorized into desirable, less desirable and undesirable. With the notable exception of *Aristida adscensionis* L., a species usually classified as less desirable and present only in the private land, the species composition of the most abundant species (i. e. those with ≥ 10 records) was identical in both areas with a contrasting range condition (Tables 4 and 5). In contrast, the respective density values (Table 4) showed different patterns as a reaction to the very different stocking rate, livestock types and selectivity. Thus, four of the six species classified as desirable displayed a markedly decreasing density (*M. coulteri*, *B. gracilis*, *B. reederorum* Columbus and *Dalea bicolor* Humb. & Bonlp. ex Willd.); the other two species of this group were relatively unaffected by deterioration, similarly to the undesirable species *Jatropha dioica* Sessé ex Cerv. and *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F. Knuth. In contrast, the rest of the less desirable and undesirable species displayed densities several times higher in the *ejido* land with the worse range condition, that is, their abundance has clearly risen in response to overgrazing. Indeed, Milton and Dean (2010) and Whitford and Steinberger (2011) point out that overgrazing makes pastures more vulnerable to invasion by undesirable species, such as *L. tridentata*, *C. imbricata* and *Prosopis* spp.

Finally, it is worth noting that under the better range condition (ranch), the total density of both desirable and less desirable species was several times higher than under the worse range condition (*ejido*); the opposite occurred in the case of undesirable species (Tables 4 and 5). Similarly, DelCurto, Porath, Parsons, and Morrison (2005) mention that private ranges host a higher abundance of desirable plants and display less severe effects of overgrazing relative to public ranges, mainly due to better management practices such as a more even distribution of livestock and watering places, seasonal grazing and grazing duration, and the use of supplements and electrified fences. Ramírez and Enríquez (2003) remark that the richness, diversity and ant community composition in two tropical silvopastoral systems composed mainly of *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg., associated with *Prosopis*

los sitios de agostadero. Por lo tanto, sólo los datos registrados en el rancho parecen válidos para el contraste estructural entre sitios de agostadero reconocidos por sus diferencias fisonómicas y la abundancia aparente de hormigueros (Cuadro 2). Los resultados del levantamiento completo, sin la eliminación de aquellas especies con menos de 10 registros y con cifras promedio probablemente sesgadas (especialmente con respecto a la densidad), revelan varias diferencias en la composición de plantas, biomasa volumétrica y densidad de plantas de especies comunes en dos o tres sitios de agostadero. Estas diferencias entre los sitios de agostadero se observan también en las cifras estructurales acumuladas, en particular en el caso de la densidad y en la abundancia de hormigueros: 12 en el sitio favorable ($6 \cdot \text{ha}^{-1}$), dos en el sitio regular y ninguno en el sitio desfavorable (Figura 6).

Las especies probablemente relacionadas positivamente con los escamoles son *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths, *Menodora coulteri* A. Gray, *Hilaria cenchroides* Kunth, *Leptochloa dubia* (Kunth) Nees, *Muhlenbergia villosa* Swallen y *Parthenium incanum* Kunth (Cuadro 2), todas mostrando una respuesta decreciente al pastoreo y, por lo tanto, consideradas como deseables. En otros sitios del Desierto Chihuahuense, Bestelmeyer y Wiens (2001) también encontraron mayor abundancia de varias especies de hormigas en agostaderos dominados por *B. gracilis* que en sitios dominados por otras especies de plantas, tales como *B. eriopoda* (Torr.) Torr., *Prosopis glandulosa* Torrey y *Yucca elata* Engelm. La peor condición de agostadero (*ejido*) evidenció alta abundancia de gobernadora (*Larrea tridentata* [Sessé & Moc. ex DC.] Cov), especie indeseable, lo cual es consistente con los resultados de Whitford y Steinberger (2011) sobre la invasión y expansión de *L. tridentata* en agostaderos muy sobrepastoreados del sur de Estados Unidos y norte de México. Para obtener una estimación más sólida de la estructura y dinámica de la vegetación, las especies de plantas con menos de 10 registros se retiraron del análisis; las especies restantes se clasificaron en deseables, menos deseables e indeseables. Con la notable excepción de *Aristida adscensionis* L., una especie clasificada generalmente como menos deseable y presente sólo en el rancho, la composición de las especies más abundantes (es decir, aquellas con 10 o más registros) fue idéntica en ambas áreas a pesar de su condición de agostadero contrastante (Cuadros 4 y 5). Por el contrario, en los valores de densidad de plantas deseables (Cuadro 4) se observaron diferentes patrones como reacción a la distinta carga animal, tipos de ganado y selectividad diversa. Cuatro de las seis especies clasificadas como deseables tuvieron una densidad notablemente decreciente (*M. coulteri*, *B. gracilis*, *B. reederorum* Columbus y *Dalea bicolor* Humb. & Bonlp. ex Willd.); las otras dos especies fueron relativamente poco afectadas por el deterioro, de

Table 4. Effect of range condition on the density of species with more than 10 records in the sampling of Charcas, San Luis Potosí.

Cuadro 4. Efecto de la condición de agostadero en la densidad de especies de plantas con más de 10 registros en el muestreo realizado en Charcas, San Luis Potosí.

Forage value / Valor forrajero	Species / Especies	Better condition (ranch) / Mejor condición (rancho)		Worse condition (ejido) / Peor condición (ejido)	
		Absolute (individuals·ha ⁻¹) / Absoluta (plantas·ha ⁻¹)	Relative (%) / Relativa (%)	Absolute (individuals·ha ⁻¹) / Absoluta (plantas·ha ⁻¹)	Relative (%) / Relativa (%)
Desirables / Deseables	<i>Sporobolus airoides</i>	430.1	0.78	415.5	2.55
	<i>Parthenium incanum</i>	18.3	0.03	32.8	0.20
	<i>Menodora coulteri</i>	1,863.4	3.38	209.9	1.29
	<i>Bouteloua gracilis</i>	7,389.0	13.44	31.4	0.19
	<i>Bouteloua reederorun</i>	1,761.1	3.20	35.4	0.21
	<i>Dalea bicolor</i>	223.1	0.40	5.6	0.03
	Subtotal	11,685.0	21.25	730.8	4.49
Less desirables / Menos deseables	<i>Dasyochloa pulchella</i>	1,538.5	2.79	6,214.0	38.22
	<i>Agave salmiana</i>	37.2	0.06	210.6	1.29
	<i>Aristida adscensionis</i>	40,271.3	73.26	-	-
	Subtotal	41,847.1	76.12	6,424.6	39.51
Undesirables / Indeseables	<i>Larrea tridentata</i>	625.1	1.13	8,331.5	51.25
	<i>Jatropha dioica</i>	807.0	1.46	769.2	4.73
	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	4.9	0.009	1.7	0.010
	Sub total	1,437.1	2.61	9,102.6	55.98
	Total	54,969.5	100	16,258.1	100

Table 5. Effect of range condition on the volumetric biomass of species with more than ten records in the sampling of Charcas, San Luis Potosí.

Cuadro 5. Efecto de la condición de agostadero en la biomasa volumétrica de especies de plantas con más de 10 registros en el muestreo realizado en Charcas, San Luis Potosí.

Forage value / Valor forrajero	Species / Especies	Better condition (ranch) / Mejor condición (rancho)		Worse condition (ejido) / Peor condición (ejido)	
		Absolute (m ³ ·ha ⁻¹) / Absoluta (m ³ ·ha ⁻¹)	Relative (%) / Relativa (%)	Absolute (m ³ ·ha ⁻¹) / Absoluta (m ³ ·ha ⁻¹)	Relative (%) / Relativa (%)
Desirables / Deseables	<i>Sporobolus airoides</i>	5.8	2.36	1.1	0.22
	<i>Parthenium incanum</i>	1.5	0.61	0.1	3.6E-02
	<i>Menodora coulteri</i>	5.8E-02	0.02	5E-03	1E-03
	<i>Bouteloua gracilis</i>	0.012	0.04	3E-03	6E-04
	<i>Bouteloua reederorun</i>	2.2E-02	8E-03	2E-03	4E-04
	<i>Dalea bicolor</i>	29.4	11.96	0.012	2.4E-02
	Subtotal	36.9	15.01	1.4	0.29
Less desirables / Menos deseables	<i>Dasyochloa pulchella</i>	2E-03	1E-03	3E-03	6E-04
	<i>Agave salmiana</i>	34.5	14.01	23.7	4.87
	<i>Aristida adscensionis</i>	1.8E-02	7E-03	-	-
	Subtotal	34.5	14.06	23.7	4.88
Undesirables / Indeseables	<i>Larrea tridentata</i>	142.6	58.03	318.9	65.54
	<i>Jatropha dioica</i>	1.0	0.41	0.078	0.16
	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	30.5	12.44	141.6	29.10
	Sub total	174.2	70.89	461.4	94.84
	Total	245.7	100	486.5	100

juliflora (Sw.) DC. (2-3 heads·ha⁻¹) or with *L. leucocephala* (4-4.5 heads·ha⁻¹), are negatively affected by the stocking rate.

As regards volumetric biomass (Table 5), the key finding is that the range with the worse condition (*ejido*) recorded twice the amount of biomass relative to the range site with the better condition (ranch). Likewise, in the *ejido* almost 95 % of biomass belonged to undesirable species, whereas the biomass of desirable species was negligible (0.3 %) in this range, and relatively low (15 %) in the ranch. Thus, the deterioration derived from overgrazing leads to the dominance of the more massive and less productive plant species, with predominance of less active biomass (wood) that is unsuitable for grazing (Odum & Sarmiento, 1998). Therefore, this instantaneous structural estimate without successional or dynamic considerations may lead to mistaken assessments on the health or condition of a range site.

As opposed to density, the analysis of biomass revealed that all desirable plant species showed a clear decreasing response to overgrazing, contrasting with the significant increase of *C. imbricata*, also documented by Milton and Dean (2010) and Zimmermann (2010); in contrast, the biomass of *J. dioica* was not related to deterioration. Fulbright, Lozano-Cavazos, Ruthven III, and Litt (2013) point out that *J. dioica* is present in areas with a history of disturbance for over 30 years.

Ground cover

Figure 6 summarizes the results of the effects of range site and range condition on soil surface cover. Regardless of the range site, the *ejido* displayed as an average more than twice the area of bare soil and manure, 60 % of the living basal cover and less than 30 % of the mulch recorded in the ranch.

A two way ANOVA detected a significant difference on the range condition for bare soil variable ($F_{1,32} = 48.05$, $P < 0.0001$); effects of range site and the interactions were not significant ($F_{2,32} = 2.79$, $P = 0.0763$ and $F_{2,32} = 0.47$, $P = 0.6269$, respectively). The lowest bare soil percentages were observed in the three range sites of the private ranch (favorable, fair and unfavorable sites), 26, 13.2 and 23 % respectively.

Mulch was affected by the range condition ($F_{1,32} = 55.46$, $P < 0.0001$); effects of range site and the interaction were not significant ($F_{2,32} = 0.16$, $P = 0.8470$ and $F_{2,32} = 0.20$, $P = 0.8184$, respectively). The lowest mulch percentages were recorded in the three range sites of the *ejido* (favorable, fair and unfavorable sites), 11.7, 14.1 and 12.3 % respectively.

Vegetation basal cover presented effect of the range condition ($F_{1,32} = 5.18$, $P < 0.0275$); effects of range site

manera similar que las especies indeseables *Jatropha dioica* Sessé ex Cerv. y *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F. Knuth. Por otra parte, el resto de las especies menos deseables e indeseables tuvieron densidades varias veces mayores en la peor condición de agostadero del *ejido*; es decir, su abundancia ha aumentado claramente como reacción al exceso de pastoreo. De hecho, Milton y Dean (2010) y Whitford y Steinberger (2011) señalan que el pastoreo excesivo hace que los zacates sean más vulnerables a la invasión de especies indeseables, tales como *L. tridentata*, *C. imbricata* y *Prosopis* spp.

Por último, vale la pena señalar que en el rancho, con la mejor condición de agostadero, la densidad total de especies deseables y menos deseables fue mayor que en el *ejido*, con la peor condición de agostadero; lo contrario ocurrió con las de especies indeseables (Cuadro 4). Del mismo modo, DelCurto, Porath, Parsons, y Morrison (2005) mencionan que los agostaderos privados albergan mayor abundancia de plantas deseables y muestran efectos menos graves del exceso de pastoreo en relación con los agostaderos públicos, debido principalmente a mejores prácticas de manejo, tales como una distribución más uniforme del ganado y abrevaderos, pastoreo estacional, duración del pastoreo, y el uso de suplementos y cercas electrificadas. Ramírez y Enríquez (2003) comentan que la riqueza, diversidad y composición de comunidades de hormigas en dos sistemas silvopastoriles tropicales compuestos principalmente por *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg., asociados con *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (2-3 cabezas·ha⁻¹) o con *L. leucocephala* (4-4.5 cabezas·ha⁻¹), son afectados negativamente por la carga animal.

En cuanto a la biomasa volumétrica (Cuadro 5), el resultado clave es que en el agostadero con la peor condición (*ejido*) se registró el doble de la cantidad de biomasa que en el agostadero con la mejor condición (rancho). Del mismo modo, en el *ejido* casi 95 % de la biomasa correspondió a especies indeseables, mientras que la biomasa de las especies deseables fue insignificante (0.3 %) en este agostadero, y relativamente baja (15 %) en el rancho. El deterioro derivado del pastoreo excesivo conduce a la dominancia de plantas más grandes y menos productivas, con predominio de biomasa menos activa (madera) inadecuada para el pastoreo (Odum & Sarmiento, 1998). Por consiguiente, esta estimación estructural instantánea sin consideraciones de sucesión o dinámica puede conducir a evaluaciones erróneas sobre la salud o condición de un sitio de agostadero.

A diferencia de la densidad, el análisis de biomasa reveló que todas las especies de plantas deseables mostraron una respuesta decreciente al pastoreo excesivo, lo que contrasta con el aumento significativo de *C. imbricata*, también documentado por Milton y Dean (2010) y Zimmermann (2010); por el contrario, la biomasa de *J. dioica* parece independiente del deterioro.

and the interaction were not significant ($F_{2,32} = 0.08$, $P = 0.9253$ and $F_{2,32} = 2.11$, $P = 0.1372$, respectively). The lowest vegetation basal cover percentages were observed in the three range sites of the private ranch (favorable, fair and unfavorable sites), 14.6, 23.4, and 25 %, respectively.

A two way ANOVA detected effect of the range site for the stones variable ($F_{2,32} = 4.57$, $P = 0.0179$); no significant differences were found for range condition, and interaction ($F_{1,32} = 0.18$, $P = 0.6708$; and $F_{2,32} = 0.10$, $P = 0.9077$, respectively). The higher values were found in the fair range sites in both range conditions private ranch and *ejido*, (22.8 and 19.2 %, respectively).

The feces variable presented effect of the range site ($F_{2,32} = 2.56$, $P < 0.0029$); effects of the range condition and the interaction were not significant ($F_{2,32} = 7.06$, $P = 0.1196$ and $F_{2,32} = 0.39$, $P = 0.6823$, respectively). The lowest feces percentages were observed in the favorable and fair range sites of the two conditions (ranch and *ejido*), 0.8, 0.4, 1.9 and 2.4 % respectively.

Since in both areas livestock have grazed freely and preferentially on certain plant species in the three range sites, given the lack of fences, the current differences in the state of soil surface are partly derived from differing degrees of historical range utilization. However, range site considered favorable for *escamoles* ants in both areas only consistently differed by recording the lowest manure cover – an indicator of lower cattle disturbance; indeed, the greater the intensity and continuity of trampling, the higher the likelihood of ant-trail destruction and crushed ants.

When the effect of range condition on ground cover was compared, the *ejido*, with only two ant nests recorded, showed a higher proportion of bare soil (200 %) and manure (224 %), and a lower proportion of mulch (25 %) than the ranch which had a better condition and 14 ant nests; however, the proportions of vegetated area (basal area) and stones were similar in both conditions. These findings agree with those reported by Nash et al. (2001), who mention that the abundance of ant communities decreases as the condition of range sites changes from good to poor, and that this is directly related to the proportion of bare soil and the reduction of plant cover.

Conclusions

In the ranges analyzed, the contrasting range condition that results from the pattern of use was clearly documented. Range sites which were distinctive in terms of physiognomic differences and apparent ant nest density (favorable, fair and unfavorable) show the same overall plant composition and total

Al respecto, Fulbright, Lozano-Cavazos, Ruthven III, y Litt (2013) señalan que *J. dioica* está presente en zonas con antecedentes de por más de 30 años.

Cubierta del suelo

La Figura 6 resume los resultados de los efectos del sitio y la condición de agostadero sobre la cobertura de la superficie del suelo. Independientemente del sitio de agostadero, el ejido tiene en promedio el doble del área de suelo desnudo y estiércol, y sólo 60 % de la cobertura basal viva y menos del 30 % del mantillo registrado en el rancho.

Un ANOVA de dos vías detectó diferencia significativa en la condición de agostadero para la variable suelo desnudo ($F_{1,32} = 48.05$, $P < 0.0001$); los efectos de sitio de agostadero ($F_{2,32} = 2.79$, $P = 0.0763$) e interacciones no fueron significativas ($F_{2,32} = 0.47$, $P = 0.6269$). Los porcentajes más bajos de suelo desnudo se observaron en los tres sitios de agostadero del rancho privado: sitio favorable (26 %), regular (13.2 %) y desfavorable (23.0 %).

El mantillo fue afectado por la condición de agostadero ($F_{1,32} = 55.46$, $P < 0.0001$); los efectos de sitio ($F_{2,32} = 0.16$, $P = 0.8470$) e interacciones ($F_{2,32} = 0.20$, $P = 0.8184$) no fueron significativos. Los porcentajes más bajos de mantillo se registraron en los tres sitios del ejido: sitio favorable (11.7 %), regular (14.1 %) y desfavorable (12.3 %).

La cobertura vegetal basal se vio afectada por la condición de agostadero ($F_{1,32} = 5.18$, $P < 0.0275$); los efectos de sitio ($F_{2,32} = 0.08$, $P = 0.9253$) e interacciones no fueron significativos ($F_{2,32} = 2.11$, $P = 0.1372$). Los porcentajes mayores de área basal se observaron en los tres sitios de agostadero del rancho privado: sitio favorable (14.6 %), regular (23.4 %) y desfavorable, (25.0 %).

El ANOVA detectó efecto de sitio de agostadero para la variable piedras ($F_{2,32} = 4.57$, $P = 0.0179$), pero no se encontraron diferencias significativas para la condición de agostadero ($F_{1,32} = 0.18$, $P = 0.6708$) e interacciones ($F_{2,32} = 0.10$, $P = 0.9077$). Los valores más altos se encontraron en el sitio de agostadero clasificado como regular en las condiciones rancho privado y ejido (22.8 y 19.2 %, respectivamente).

La variable heces mostró efecto de sitio de agostadero ($F_{2,32} = 2.56$, $P < 0.0029$), mientras que los efectos de condición ($F_{2,32} = 7.06$, $P = 0.1196$) e interacción no fueron significativos ($F_{2,32} = 0.39$, $P = 0.6823$). Los porcentajes más bajos de heces se presentaron en los sitios favorables y adecuados de las dos condiciones (rancho y ejido).

Dado que en ambos predios, el ganado ha pastado libre y preferentemente sobre ciertas especies de plantas en los tres sitios de agostadero por la falta de cercas

instantaneous biomass; however, the density and biomass of desirable species and the number of ant nests found indicate that these areas differ from each other in spite of sharing the same history of use. The relationship between the density of *Liometopum apiculatum* ant nests and both the vegetation type and range condition, and the ground cover, was evidenced by recording the highest ant nest density ($14 \cdot \text{ha}^{-1}$) in the favorable site in the ranch (better range condition). Thus, as long as the range has the environmental factors required by *L. apiculatum* and its condition is good, the density and quality (size and ant activity) of ant nests will tend to their optimum, as the resources and environmental conditions required are available for colonies of this insect to develop normally, even under a rational grazing pressure.

Acknowledgements

This work was funded by the Foundation Produce San Luis Potosí, A. C. and CONACyT through three grants awarded to P. Lara Juárez (368440), F. M. Tristán Patiño (370070) and J. A. Rendón Huerta (208836). The authors also thank Ing. J. Valle Méndez, Laguna Seca ranch owner, as well as people of Cerro Blanco in the Francisco I. Madero ejido, who kindly allowed us to do the study in their lands, to Mr. Estardo Camacho for his help with the map of the study area, and finally Mr. J. García for the identification of plant species.

End of English version

References / Referencias

- Bestelmeyer, B. T., & Wiens, J. A. (1996). The effect of land use on the structure of ground-foraging ant communities in the Argentina Chaco. *Ecological Applications*, 6, 1225–1240. doi: 10.2307/2269603
- Bestelmeyer, B. T., & Wiens, J. A. (2001). Local and regional-scale responses of ant diversity to a semiarid biome transition. *Ecography*, 24, 381–392. doi: 10.1111/j.1600-0587.2001.tb00473.x
- Bolaños, A., & Aguirre, J. R. (2000). Evaluación preliminar de los agostaderos del occidente del estado de México. *Acta Científica Potosina*, 15(2), 74–97.
- Brower, J. E., Zar, J. H., & von Ende, C. N. (1998). *Field and laboratory methods for general ecology* (4th ed.). Boston, Massachusetts, USA: WCB Inc McGraw-Hill.
- Campbell, W. B., Jarillo-Rodríguez, J., López-Ortiz, S., & Castillo-Gallegos, E. (2013). Does stocking rate manipulation promote pasture sustainability in the humid tropics? *Rangeland Ecology and Management*, 66, 348–355. doi: 10.2111/REM-D-11-00110.1
- DelCurto, T., Porath, M., Parsons, C. T., & Morrison, J. A. (2005). Management strategies for sustainable beef cattle grazing on forested rangelands in the Pacific Northwest. *Rangeland Ecology and Management*, 58,

interiores, las diferencias existentes en el estado de la superficie del suelo se derivan parcialmente de diferentes grados de utilización histórica del agostadero. El sitio de agostadero considerado favorable para los escamoles en ambas áreas difiere consistentemente en presentar el registro más bajo de estiércol, un indicador de menor perturbación de ganado; de hecho, cuanto mayor es la intensidad y la continuidad del pisoteo, mayor será la probabilidad de destrucción de hormigas y sus caminos.

Cuando se comparó el efecto de condición de agostadero sobre la cobertura del suelo, el ejido, con sólo dos hormigueros registrados, mostró mayor proporción de suelo desnudo (200 %) y estiércol (224 %), y menor proporción de mantillo (25 %) que en el rancho que tuvo 14 hormigueros y mejor condición; sin embargo, las proporciones de área basal de vegetación y piedras fueron similares en ambas condiciones. Estos resultados concuerdan con los de Nash et al. (2001), quienes mencionan que la abundancia de comunidades de hormigas disminuye a medida que la condición de los sitios de agostadero cambia de buena a pobre, y que esto está directamente relacionado con el incremento de la proporción de suelo desnudo y la reducción de la cobertura vegetal.

Conclusiones

En los agostaderos analizados se documentó la condición contrastante que resultó del patrón de uso distinto. Los sitios de agostadero característicos, en términos de diferencias fisonómicas y densidad aparente de hormigueros (favorable, regular y desfavorable), muestran la misma composición general de plantas y la biomasa total instantánea; sin embargo, la densidad y biomasa de las especies deseables y el número de hormigueros encontrados indican que estas zonas se diferencian entre sí a pesar de compartir la misma historia de uso. La relación entre la densidad de hormigueros de *Liometopum apiculatum* y el tipo de vegetación, condición de agostadero y cubierta del suelo, se observó mediante el registro de la densidad más alta de los hormigueros ($14 \cdot \text{ha}^{-1}$) en el sitio favorable del rancho con mejor condición de agostadero. Por lo tanto, siempre que el agostadero tenga los factores ambientales requeridos por la especie *L. apiculatum* y su condición sea buena, la densidad y calidad (tamaño y actividad de las hormigas) de los hormigueros tenderán a ser óptimas, ya que los recursos y las condiciones ambientales necesarias están disponibles para que las colonias de insectos puedan desarrollarse con normalidad, incluso bajo una presión de pastoreo racional.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por la Fundación Produce San Luis Potosí, A. C. y CONACyT mediante tres becas concedidas a P. Lara Juárez (368440), F. M. Tristán Patiño

- 119–127. doi: 10.2111/1551-5028(2005)58<119:MSFSBC>2.0.CO;2
- Fulbright, T. E., Lozano-Cavazos, E. A., Ruthven III, D. C., & Litt, A. R. (2013). Plant and small vertebrate composition and diversity 36–39 years after root plowing. *Rangeland Ecology and Management*, 66, 19–25. doi: 10.2111/REM-D-12-00008.1
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Griffin, G. (2002). Indigenous people in rangelands. In A. C. Grice, & K. C. Hodgkinson (Eds.), *Global rangelands: Progress and prospects* (pp. 29–41). Wallingford, Oxon, UK: CABI.
- Heady, H. F., & Child, R. D. (1994). *Rangeland ecology and management*. Boulder, Colorado, USA: Westview Press.
- Hoffmann, B. (2000). Changes in ant species composition and community organization along grazing gradients in semi-arid rangelands of the Northern territory. *Rangeland Journal*, 22, 171–189. doi:10.1071/RJ000171
- Holechek, J. L., Pieper, R. D., & Herbel, C. H. (2011). *Range management* (6th ed.). River, New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2002). *Síntesis de información geográfica del estado de San Luis Potosí*. Aguascalientes, México: Autor.
- Lara-Juárez, P., Aguirre, R. J. R., Castillo-Lara, P., & Reyes-Agüero, J. A. (2015). Biología y aprovechamiento de la hormiga de escamoles, *Liometopum apiculatum* (Hymenoptera:Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 31, 251–264. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v31n2/v31n2a12.pdf>
- Milton, S. J., & Dean, W. R. J. (2010). Plant invasions in arid areas: Special problems and solutions: A South African perspective. *Biological Invasions*, 12, 3935–3948. doi: 10.1007/s10530-010-9820-x
- Nash, M. S., Whitford, W. G., Bradford, D. F., Franson, S. E., Neale, A. C., & Heggem, D. T. (2001). Ant communities and livestock grazing in the Great Basin, USA. *Journal of Arid Environments*, 49, 695–710. doi: 10.1006/jare.2001.0824
- Odum, E. P. & Sarmiento, F. O. (1998). *Ecología*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Quirk, M. (2002). Managing grazing. In A. C. Grice, & K. C. Hodgkinson (Eds.), *Global rangelands: Progress and prospects* (pp. 131–145). Wallingford, Oxon, UK: CABI.
- Ramírez, M., & Enríquez, M. L. (2003). Importance and diversity of ants in silvopastoral systems in the Cauca Valley, Colombia. *Livestock Research for Rural Development*, 15(1), article 5. Retrieved August 17, 2016 from <http://www.lrrd.org/lrrd15/1/rami151.htm>
- Ramos-Elorduy, J. (2006). Threatened edible insects in Hidalgo, Mexico and some measures to preserve (370070) y J. A. Rendón Huerta (208836). Los autores también agradecen al Ing. J. Valle Méndez, dueño del rancho Laguna Seca; a la gente de Cerro Blanco en el ejido Francisco I. Madero, quienes amablemente nos permitieron llevar a cabo el estudio en sus tierras; al Sr. Estardo Camacho por su ayuda con el mapa del área de estudio, y finalmente al Sr. J. García por la identificación de las especies vegetales.

Fin de la versión en español

- them. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2, 51. doi: 10.1186/1746-4269-2-51
- Rivera, L. F., Armbrrecht, I., & Calle, Z. (2013). Silvopastoral systems and ant diversity conservation in a cattle-dominated landscape of the Colombian Andes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 181, 188–194. doi: 10.1016/j.agee.2013.09.011
- Rojas, P., & Fragoso, C. (2000). Composition, diversity, and distribution of a Chihuahuan Desert ant community (Mapimí, México). *Journal of Arid Environments*, 44, 213–227. doi: 10.1006/jare.1999.0583
- Statistical Analysis System (SAS Institute). (1999). User's guide: Statistics (CD/ROM Computer file) 8th version. Cary, NC, USA: Author.
- Thurow, T. L. (2000). Hydrologic effects on rangeland degradation and restoration processes. In O. Arnalds, & S. Archer (Eds.), *Rangeland desertification* (pp. 53–66). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Vallentine, J. F. (1990). *Grazing management*. San Diego, California, USA: Academic Press.
- Whitford, W. G., Barness, G., & Steinberger, Y. (2008). Effects of three species of Chihuahuan Desert ants on annual plants and soil properties. *Journal of Arid Environments*, 72, 392–400. doi: 10.1016/j.jaridenv.2007.07.012
- Whitford, W. G., & Steinberger, Y. (2011). Herbivore–plant interactions and desertification in arid land. In J. Seckbach, and Z. Dubinsky (Eds.), *All flesh is grass, cellular origin, life in extreme habitats and astrobiology* (pp. 237–256). New York, USA: Springer. doi: 10.1007/978-90-481-9316-5_11
- Zimmermann, H. (2010). Managing prickly pear invasions in South Africa. In A. Nefzaoui, P. Inglese, & T. Belay (Eds.), *Improved utilization of cactus pear for food, feed, soil and water conservation and other products in Africa* (pp. 157–165). Mekelle, Ethiopia: Proceedings of International Workshop. Retrieved from <http://www.cactusnet.org/documents/Issue12.pdf>