

# DENSIDAD Y COMPOSICIÓN DE ÁRBOLES DISPERSOS EN POTREROS EN LA SIERRA DE TABASCO, MÉXICO

## DENSITY AND COMPOSITION OF SCATTERED TREES IN PASTURES AT THE SIERRA OF TABASCO, MÉXICO

Cándido Martínez-Encino<sup>1\*</sup>, Gilberto Villanueva-López<sup>1</sup>, Fernando Casanova-Lugo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>El Colegio de la Frontera Sur - Unidad Villahermosa. 86280. Carretera Villahermosa a Reforma Km 15.5, R/a Guineo 2da Sección. Centro, Tabasco, México. (cmartinez@ecosur.mx).

<sup>2</sup>Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. 97100. Carretera Mérida-Xmatkuil, km 15.5, Mérida, Yucatán, México.

### RESUMEN

Los potreros de la Sierra de Tabasco, México, son manejados usando conocimientos locales y se caracterizan principalmente por la presencia de árboles jóvenes que crecen espontáneamente y retenidos deliberadamente por el productor, aunque algunos árboles también fueron plantados. Estos árboles tienen un diámetro normal predominante de 20-30 cm, altura de 6-8 m, área de copa de 20-40 m<sup>2</sup>, fuste limpio de 3-4 m, y su sombra favorece el desarrollo de una amplia riqueza de especies. El objetivo de este estudio fue describir la composición florística en algunos potreros selectos de Tacotalpa y Tenosique; los datos se analizaron mediante estadística descriptiva. La frecuencia de árboles adultos fue 2 % y 5 %, índice de Shannon (H') 1.37 ± (0.33) y 1.61 ± (0.22), dominancia (D) 0.41 ± (0.13) y 0.33 ± (0.07), y densidad 48 y 93 árboles ha<sup>-1</sup>, para Tacotalpa y Tenosique. La mayoría de estas especies son típicas de selvas. Se concluye que la sombra de árboles dispersos ofrece disponibilidad de las coberturas herbáceas para pastoreo en la Sierra de Tabasco.

**Palabras clave:** sistemas silvopastoriles, conocimiento local, cobertura herbácea, Tacotalpa, Tenosique.

### INTRODUCCIÓN

La ganadería extensiva es un resultado de la deforestación de la vegetación primaria en el estado de Tabasco (Toledo *et al.*, 1995; Tudela, 1992). Hasta mediados de los años 50, Tabasco estaba cubierto en gran parte por vegetación

### ABSTRACT

The pastures of the Sierra of Tabasco, México, are managed using local knowledge and are mainly characterized by the presence of young trees that grow spontaneously and deliberately retained by the producer, although some trees were also planted. These trees have a predominant normal diameter of 20-30 cm, height of 6-8 m, crown area of 20-40 m<sup>2</sup>, stem height of 3-4 m, and their shade favors the development of a large richness of species. The objective of this study was to describe the floristic composition in some paddocks of Tacotalpa and Tenosique; data were analyzed using descriptive statistics. The frequency of adult trees was 2 % and 5 %, a Shannon index (H') of 1.37 ± (0.33) and 1.61 ± (0.22), dominance (D) 0.41 ± (0.13) and 0.33 ± (0.07), and density 48 and 93 trees ha<sup>-1</sup> for Tacotalpa and Tenosique. Most of these species are typical of jungles. It is concluded that the shade of scattered trees provides availability of herbaceous cover for grazing in the Sierra of Tabasco.

**Key words:** silvopastoral systems, local knowledge, herbaceous cover, Tacotalpa, Tenosique.

### INTRODUCTION

An extensive cattle ranching is one of those results from the deforestation of primary vegetation in the state of Tabasco, México (Toledo *et al.*, 1995, Tudela, 1992). Until the mid 50's, Tabasco remained largely covered by forest vegetation; however, over the past five decades, government policies encouraged the development of extensive cattle ranching particularly on ejido lands (Sanchez, 2005), reducing the natural forest cover from 49 % in 1940 to 8 % in 1992 (Palacio

\*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: julio, 2012. Aprobado: abril, 2013.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 47: 483-496. 2013.

selvática; sin embargo, durante las últimas cinco décadas las políticas gubernamentales incentivaron el desarrollo de la ganadería extensiva particularmente en las tierras ejidales (Sánchez, 2005), que redujo los bosques naturales de 49 % en 1940 a 8 % en 1992 (Palacio y Bocco, 2000), y sólo 4 % a principios del siglo XXI (INEGI, 2005). Actualmente está concentrada en la Sierra Sur de Tabasco, colindando con el estado de Chiapas. Estos remanentes de selvas probablemente podrían convertirse a praderas a pesar de los problemas técnicos y financieros de la ganadería.

Los árboles dispersos en los potreros (ADP) son el segundo sistema silvopastoril (SSP) más abundante y común en la Sierra de Tabasco (Grande *et al.*, 2009). Estos árboles son retenidos en los potreros por los productores ya que cumplen diversas funciones para el productor y el ambiente, como sombra, leña, madera, forrajes. Además, favorecen hábitat de ciertas especies y mejoran las conectividades entre paisajes arbolados, pero empeoran la conectividad de los demás tipos de cobertura (Esquivel *et al.*, 2011; Harvey *et al.*, 2011). Asimismo es altamente probable que promuevan la captura de carbono, y la conservación del agua y aire (Shibu, 2009; Nair, 2011; Casanova *et al.*, 2011).

Aunque esta práctica es generalizada entre productores, hay pocos estudios con información relevante sobre la densidad, diversidad y composición específica de los árboles en los potreros de esta zona, que contribuyan a tomar decisiones y aporten estrategias para el manejo y conservación de dichos sistemas. Por tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la riqueza específica, la estructura y la densidad de los árboles en potreros, así como estimar la importancia de la sombra mediante la evaluación de la cobertura herbácea en dos épocas del año (seca y lluvia) en dos municipios de la Sierra de Tabasco.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó de febrero a agosto del 2011 en las localidades de Villa Luz y Zunu-Patastal y Santo Tomás, Nuevo Progreso e Ignacio Allende. Estas cinco localidades están en los municipios de Tacotalpa y Tenosique, en la Sierra de Tabasco, entre 17° 15' y 17° 45' N, y 90° 38' y 93° 46' O, con altitudes de 50 a 1000 m (Figura 1). Ambas zonas están ubicadas en los

and Bocco, 2000), and only 4 % at the beginning of the 21st century (INEGI, 2005). Currently, it is concentrated in the Sierra Sur of Tabasco, bordering the state of Chiapas. These remnants of rainforests probably could be converted to grasslands despite the technical and financial problems of livestock.

Scattered trees in pastures (ADP) are the second silvopastoral system (SSP) more abundant and common in the Sierra of Tabasco (Grande *et al.*, 2009). These trees are retained within the paddocks by producers because they have diverse functions for the producer and the environment, such as shade, firewood, timber, fodder. Also they favor the habitat of certain species and improve connectivity between forested landscapes, but they worsen the connectivity of other types of coverage (Esquivel *et al.*, 2011; Harvey *et al.*, 2011). It is also highly probable that they promote carbon capture, and water and air conservation (Shibu, 2009; Nair, 2011; Casanova *et al.*, 2011).

Even though this practice is widespread among producers, there are few studies providing relevant information about the density, diversity and specific composition of trees in paddocks of this area, which contribute to the decision-making and provide strategies for the management and conservation of these systems. Therefore, the objective of this study was to determine the specific richness, structure and density of trees in paddocks, as well as estimate the importance of shade by evaluating herbaceous cover in two seasons (dry and rain) in two municipalities of the Sierra of Tabasco.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

The study was conducted from February to August of 2011 in the localities of Villa Luz and Zunu-Patastal and Santo Tomás, Nuevo Progreso and Ignacio Allende. These five localities are in the municipalities of Tacotalpa and Tenosique, in the Sierra of Tabasco, Mexico, between 17° 15' and 17° 45' N, and 90° 38' and 93° 46' W, with an altitude from 50 to 1000 m (Figure 1). Both areas are located in the margins of the reserves of Sierra of Tabasco reserves bordering state of Chiapas; besides, the Tenosique area is adjacent to the territory of Guatemala whose forest is closer to a natural forest. Physiographic conditions share some similarity, but there are variations in mean annual

márgenes de las reservas de la Sierra de Tabasco y colindan con el estado de Chiapas; además, la zona de Tenosique es adyacente al territorio guatemalteco, cuya selva está más cercana a lo natural. Las condiciones fisiográficas comparten cierta similitud, pero hay variaciones en temperatura media anual, precipitación y condiciones de uso de suelo. (INEGI, 2009). Esto fue la base para estudiar la composición florística, tanto estructural como diversidad específica en los potreros de ambas zonas.

La zona de estudio tiene clima cálido húmedo con abundantes lluvias todo el año (Af) y lluvias en verano (Am) (INEGI, 2000). Para Tacotalpa la temperatura media anual es 25.6 °C, máxima media mensual 29.2 °C en mayo y mínima media mensual 22 °C en diciembre y enero. La precipitación anual es 4014 mm, un promedio máximo mensual de 588 mm en octubre y un mínimo mensual de 132 mm en abril. Para Tenosique la temperatura media anual es 26.3 °C, la máxima media mensual 30.5 °C en mayo y la mínima media mensual 22 °C en diciembre y enero. La precipitación anual es 3282 mm (Palma *et al.* 2007; INEGI, 2000).

Hay diferentes tipos de suelos debido a la naturaleza geológica de la región, su grado de evolución y la zona fisiográfica donde se ubican. Los suelos predominantes son Fluvisol Gleyco, caracterizados por su conformación a base de material tipo

temperature, precipitation and land use conditions (INEGI, 2009). This was the basis for the study of species composition, structural and specific diversity in pastures in both areas.

The study area has humid climate with abundant rainfall throughout the year (Af) with summer rains (Am) (INEGI, 2000). For Tacotalpa, the annual average temperature is 25.6 °C, with a maximum monthly average of 29.2 °C in May and monthly average minimum of 22 °C in December and January. Annual precipitation is 4014 mm with an average monthly maximum of 588 mm in October and a monthly minimum of 132 mm in April. For Tenosique the average annual temperature was 26.3 °C, and the maximum monthly average of 30.5 °C in May and minimum monthly average 22 °C in December and January. The annual precipitation is of 3282 mm. (Palma *et al.* 2007; INEGI, 2000).

There are different types of soils due to the geological nature of the region, their degree of evolution and the physiographic area where they are located. The dominant soils are Gleyco Fluvisol, characterized by their conformation based on recent alluvial, clayish marshy material, high organic matter content, water saturation, clayey texture and very low permeability. These sites are suitable, being of moderate to low fertility, to support small grasslands and small areas of permanent temporary agriculture.

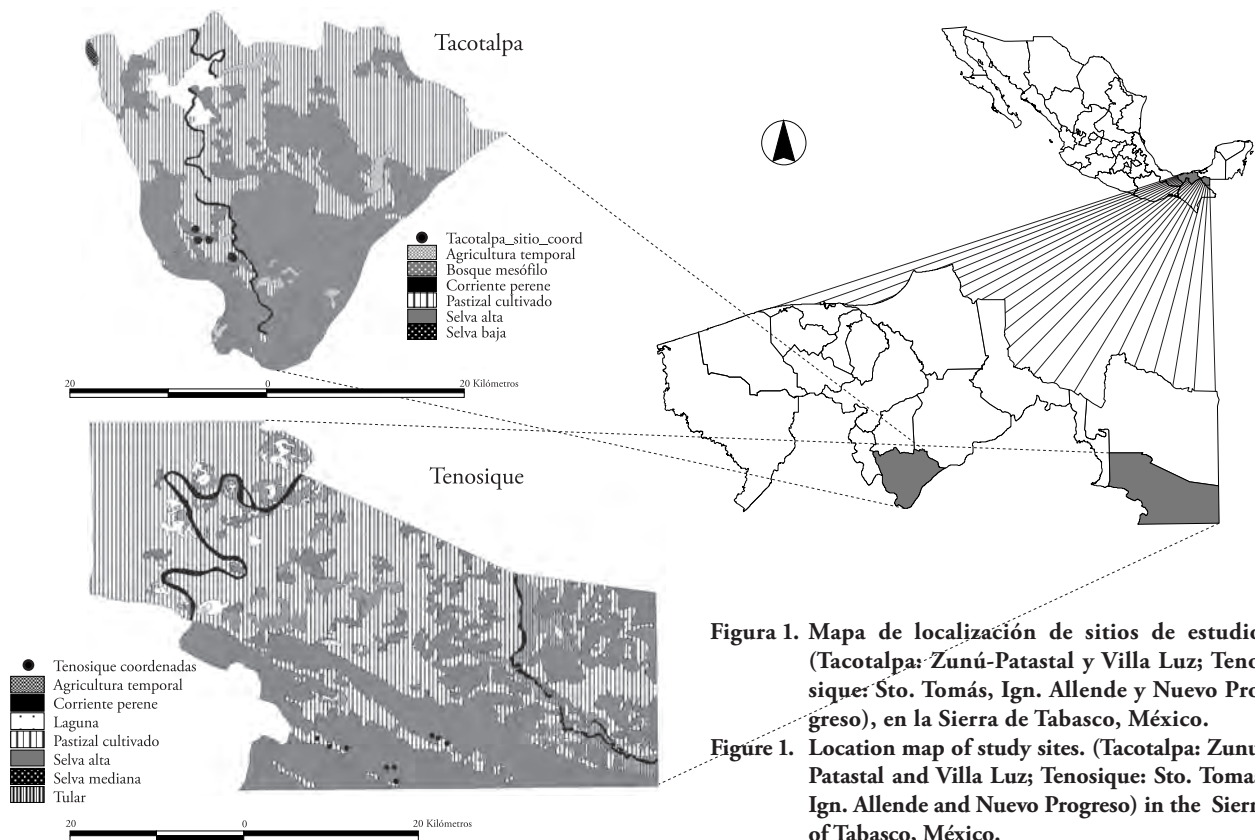


Figura 1. Mapa de localización de sitios de estudio. (Tacotalpa: Zúnú-Patastal y Villa Luz; Tenosique: Sto. Tomás, Ign. Allende y Nuevo Progreso), en la Sierra de Tabasco, México.

Figure 1. Location map of study sites. (Tacotalpa: Zunu-Patastal and Villa Luz; Tenosique: Sto. Tomas, Ign. Allende and Nuevo Progreso) in the Sierra of Tabasco, México.

aluvial reciente palustre arcilloso, alto contenido de materia orgánica, saturación de agua, textura arcillosa y permeabilidad muy baja. Estos sitios son aptos, por su moderada a baja fertilidad, para sustentar pastizales y áreas pequeñas de agricultura temporal permanente.

En esta zona está la mayor parte de los relictos de selva en la entidad. La vegetación está cubierta por fragmentos de bosque tropical lluvioso en un mosaico de vegetación secundaria de diferente edad derivada de la actividad agrícola y pastizales para la ganadería en las partes planas u onduladas (Gobierno de estado 2007, citado por Ochoa-Gaona *et al.*, 2008).

Los remanentes de bosque tropical perennifolio —en su mejor estado— alcanzan 30 m de altura y consisten de tres estratos arbóreos y un estrato herbáceo conformado por aráceas, marantáceas y helechos, lianas y varios tipos de orquídeas (Gobierno del Estado de Tabasco 1997). Las especies arbóreas más comunes son caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), macayo (*Andira galeottiana*), palma real (*Sabal mexicana*), corozo (*Attalea butyracea*), jobo (*Spondias mombin*), macuilis (*Tabebuia rosea*), ceiba (*Ceiba pentandra*), laurel (*Nectandra ambigens*), piche (*Enterolobium cyclocarpum*), árbol de hule (*Castilla elastica*), barí (*Calophyllum brasiliense*), y bojón (*Cordia alliodora*) (Maldonado *et al.*, 2008; Grande *et al.*, 2009).

#### Criterios de selección de sitios

Antes de seleccionar los sitios de muestreo se realizaron recorridos y sondeos de campo para identificar potreros con árboles dispersos. Se usó un formulario para obtener información biofísica sobre la edad y tipo de manejo del sistema, especies arbóreas, densidades de siembra, tipo y periodicidad de poda. Después, se seleccionaron los sitios que cumplían con los siguientes criterios: mínimo 40 árboles  $\text{ha}^{-1}$  con diámetro normal  $>10$  cm, y áreas pastoreadas al menos 8 h  $\text{d}^{-1}$ . Se seleccionaron 16 ranchos, seis en la zona de Tacotalpa y 10 en la de Tenosique. En cada uno se asignó aleatoriamente una parcela de 1 ha en lugares elegidos subjetivamente.

#### Métodos de muestreo

##### Inventario florístico

En cada unidad de muestreo se identificaron por nombre común y científico todos los árboles; se midió el diámetro normal, altura total (Ht), altura del fuste limpio (Hfl) y área de copa de todos los árboles con diámetro normal (D)  $>10$  cm. El área de copa se estimó como el área de una elipse, formado por 2 diámetros perpendiculares y a su vez de 4 radios; por tanto se usó el radio 1 del diámetro 1 y el radio 2 del diámetro 2 para calcular

This area includes most of the relics of rainforests in the state. The vegetation is covered by tropical rain forest fragments in a mosaic of secondary vegetation of different ages derived from agricultural activity and pasture for livestock located on the flats or undulating surfaces (State Government 2007, Ochoa-Gaona, *et al.*, 2008).

Tropical rain forest remnants —at their best state— reach 30 m in height and consist of three arboreal layers and an herbaceous layer comprised by Araceae, Marantaceae and ferns, and also lianas and several types of orchids are present (Tabasco State Government 1997). The most common arboreal species are caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), macayo (*Andira galeottiana*), palma real (*Sabal mexicana*), corozo (*Attalea butyracea*), jobo (*Spondias mombin*) macuilis (*Tabebuia rosea*), ceiba (*Ceiba pentandra*), laurel (*Nectandra ambigens*), piche (*Enterolobium cyclocarpum*), árbol de hule (*Castilla elastica*), barí (*Calophyllum brasiliense*) and bojón (*Cordia alliodora*) (Maldonado *et al.* 2008; Grande *et al.*, 2009).

#### Site selection criteria

Prior to the selection of the sampling sites, tours and field surveys were conducted to identify pastures with scattered trees. A form was used to obtain biophysical information on the age and type of management system in general, tree species, planting densities, type and frequency of pruning. Subsequently, sites were selected that met the following criteria: a minimum 40 trees with normal diameter  $>10$  cm, areas grazed at least 8 h  $\text{d}^{-1}$ . Sixteen ranchos were selected, six in the Tacotalpa area and 10 in Tenosique. In each ranch a plot of 1 ha was randomly assigned in places chosen subjectively.

#### Sampling methods

##### Floristic inventory

In each sampling unit all trees were identified by their common and scientific name; normal diameter (D), total height (Ht), stem height (distance from the soil base to the first stem bifurcation) and crown cover area of all trees with breast height (D)  $>10$  cm were measured. The crown cover area was estimated as the area of an ellipse formed by two perpendicular diameters and in turn 4 radiuses; therefore the radius 1 of the diameter 1 and radius 2 of diameter 2 were used to calculate the crown cover area of individual trees, with the equation described by Esquivel (2011):

$$A = P_i * R_1 * R_2$$

el área de copa de los individuos arbóreos, con la ecuación de Esquivel (2011):

$$A = P_i * R_1 * R_2$$

donde  $A$ =área de la copa ( $m^2$ ),  $P_i=3.1416$ ,  $R_1$ =radio de copa del eje 1 (m),  $R_2$ =radio de copa del eje 2 (m).

La composición de los árboles dispersos en potreros se determinó con el índice de Shannon ( $H'$ ), y la dominancia de Simpson ( $D$ ) usando la diversidad alfa con ecuaciones propuestas por Moreno (2001). Fue necesario determinar la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada usando la equidad de Pielou, para Tenosique y Tacotalpa. El índice de Shannon se calculó con la ecuación (Magurran, 1988):

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

donde  $H'$ =índice de diversidad de especies;  $P_i$ =proporción de individuos en la  $i$ ésima especie;  $\ln$ =logaritmo natural.

La dominancia de Simpson ( $D$ ) se calculó con la ecuación:

$$D = \sum P_i^2$$

donde  $P_i$ =abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número de individuos de la muestra.

La equidad de Pielou ( $J$ ) como una medida de la homogeneidad de distribución de los individuos entre los taxos se calculó con la siguiente fórmula (citado por Moreno, 2001):

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

donde  $H'_{\max}$ =logaritmo natural de la riqueza de especie.  $\ln(S)$ .

### Descripción de los tipos funcionales

La descripción de los tipos funcionales se basó en la revisión bibliográfica de Pennington y Sarukhán (2005) y Jiménez *et al.* (2010), donde se caracterizan los principales usos así como el origen de los árboles encontrados en la zona de estudio.

#### Estimación de cobertura herbácea

La cobertura herbácea se estimó debajo de los árboles dominantes en los potreros y se seleccionaron cinco árboles

where  $A$ =crown cover area ( $m^2$ ),  $P_i=3.1416$ ,  $R_1$ =crown radius of axis 1 (m),  $R_2$  crown radius of axis 2 (m).

The composition of scattered trees in pastures was determined by Shannon index ( $H'$ ), and Simpson dominance ( $D$ ) using alpha diversity through equations proposed by Moreno (2001). It was necessary to determine the proportion of the diversity observed in relation to the maximum diversity expected using Pielou equity, for Tenosique and Tacotalpa. Shannon Index was calculated from the equation (Magurran, 1998):

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

where  $H'$ =diversity index of species;  $P_i$ =proportion of individuals found in the... species; and  $\ln$ =natural logarithm.

Simpson dominance index ( $D$ ) was calculated from the equation:

$$D = \sum P_i^2$$

where  $P_i$ =proportional abundance of species  $i$ , *i.e.*, number of individuals of the species  $i$  divided by total number of individuals in the sample.

Pielou equity index ( $J$ ) as a measure of the homogeneity of distribution of individuals among taxa was estimated using the following formula (cited by Moreno, 2001):

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

where  $H'_{\max}$ =natural logarithm of species richness.  $\ln(S)$ .

### Description of functional types

The description of functional types was based on the literature review of Pennington and Sarukhán (2005) and Jiménez *et al.* (2010), in which the main uses are characterized as well as the origin of trees found in the study area.

#### Estimation of herbaceous cover

Herbaceous cover was estimated under the present dominant trees in pastures and five adult trees were selected with normal diameter >10 cm (the species was discriminated). Then, under each tree an east-west transect was established, where the solar incidence is higher. Three sampling points were established in the transect (2 m between points) Figure 2. Later digital

adultos con diámetro normal  $>10$  cm (se discriminó la especie). Después, debajo de cada árbol se estableció un transecto de este a oeste, donde la incidencia solar es mayor. Del transecto se establecieron tres puntos de muestreo (2 m entre puntos) Figura 2. Luego se tomaron fotografías digitales siguiendo el transecto (gradiente de sombra) en cada uno de los tres puntos, dando 15 puntos por hectárea. Se usó una cámara digital (FUJIFILM FINEFIX S1600 de 15x) y un cuadrante de  $0.25\text{ m}^2$  colocados en cada uno de los puntos, para referenciar el tamaño de la muestra en las fotografías. Las imágenes se ajustaron y procesaron con el programa CobCal V 2.1 (Ferrari *et al.*, 2006) y se estimaron los valores de la cobertura herbácea usando colorimetrías.

#### Análisis estadísticos

Los datos del inventario forestal fueron analizados mediante estadística descriptiva y se determinó la frecuencia de cada variable (clases: diamétricas, altura, fuste limpio y copa), para determinar la estructura. En estos análisis se usó el programa Biodiversity Pro (McAleece, 1997). Para comparar los índices ecológicos entre sitios se usó una prueba de *t*.

La cobertura herbácea de cada zona se analizó con una correlación; la variable dependiente fue los valores de precipitación y la variable independiente los valores de cobertura herbácea.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de los sistemas

Los sistemas ganaderos de la Sierra de Tabasco con ADP estudiados presentaron similitudes entre los objetivos de producción, razas de bovinos, especies herbáceas, pero varían en superficie promedio por hectárea entre zonas, es decir, la superficie de ranchos es mayor en Tenosique que en Tacotalpa. Además, el número de animales y nivel de tecnificación es mayor en Tenosique, y estas variaciones impactan en la cobertura herbácea. (Cuadro 1).

### Diversidad específica

En todas las unidades de muestreo se encontraron 1216 árboles. El mayor número de individuos, de familias, y de especies están en Tenosique. Sin embargo, un análisis de rarefacción indica que ambos números están representados equitativamente, aunque el índice de riqueza es mayor para Tenosique.

photographs were taken along the transect (shading gradient) on each of the three points, giving 15 points per hectare. A digital camera (FUJIFILM S1600 FINEFIX 15x) was used and a quadrant of  $0.25\text{ m}^2$  positioned in each of the points to refer to the size shown in the photographs. The images were adjusted and processed with the program CobCal V 2.1 (Ferrari *et al.*, 2006) and values of herbaceous cover were estimated using colorimetrics.

#### Statistical analyses

The forest inventory data were analyzed using descriptive statistics and the frequency of each variable was determined (classes: diametric, height, stem height and crown), to determine the structure. The program Biodiversity Pro (McAleece, 1997) was used for these analyses. A *t* test was used to compare ecological indices between sites.

Herbaceous cover of each area was analyzed by means of a correlation; the dependent variable was values of precipitation and the independent variable the herbaceous cover values.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Characterization of systems

Livestock systems of Sierra of Tabasco with studied ADP showed similarities between the production objectives, breeds of cattle, herbaceous species, but vary in average surface per hectare among regions, *i.e.*, the surface of ranches is larger in Tenosique than that of Tacotalpa. Also the number of animals and the level of technology are

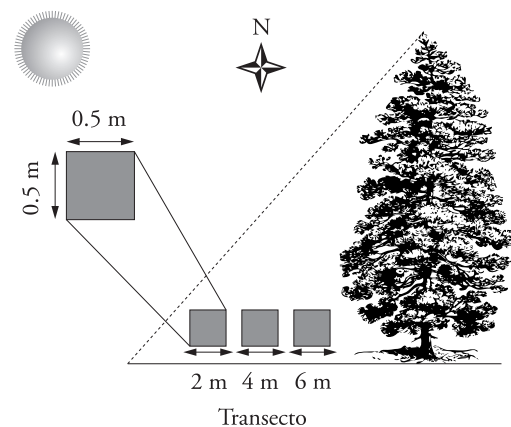


Figura 2. Croquis de la toma de datos de la cobertura arbórea.  
Figure 2. Drawing of the data collection of tree cover.

En el Cuadro 2 se muestra el índice de diversidad de Shannon (H') y el índice de dominancia de Simpson. No hubo diferencia significativa para ambas zonas, y la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie es alta. Esto está fuertemente influenciado porque los individuos de las especies dominantes de cedro (*Cedrela odorata* L.) y caoba (*Swietenia macrophylla* King) son numerosos, con respecto a cualquier otra especie observada. En el presente estudio se encontraron (sumatoria de ambas zonas) 64 especies de árboles dispersos, lo cual varía respecto a las 75 especies de árboles dispersos en pasturas encontradas por Grande *et al.* (2010). Pero los resultados son relativamente altos respecto a lo reportado por Harvey (2007), Villancís *et al.* (2003) y Villanueva (2004) en estudios en regiones tropicales. Además, Harvey y Haber (1999) estudiaron pasturas sobre remanentes de árboles en Monteverde, Costa Rica, en trópico húmedo y encontraron 190 especies, de las cuales 57 % fueron especies de bosque primario, y 255 especies en potreros con árboles dispersos (Harvey *et al.*, 2011).

higher in Tenosique, and these variations impact the herbaceous cover (Table 1).

### Specific diversity

In total 1216 trees were found in all sampling units. The largest number of individuals, families, and species were in Tenosique area. However, a rarefaction analysis indicate that both numbers are equally represented, although the richness index is higher for Tenosique.

Table 2 shows Shannon diversity index (H') and Simpson dominance index. There was no significant difference for both areas and the probability that two individuals taken at random from a sample are of the same species is high. This is heavily influenced because the individuals of the dominant species of cedro (*Cedrela odorata* L.) and caoba (*Swietenia macrophylla* King) are numerous, with respect to any other species observed. In the present study 64 species (sum of both areas) of scattered trees were found, which varies with respect to the 75 species of scattered trees in pastures found by Grande *et al.*

**Cuadro 1. Características generales de los sistemas ganaderos evaluados en la Sierra de Tabasco, México.**

**Table 1. General characteristics of livestock systems evaluated in the Sierra of Tabasco, México.**

Características	Tenosique	Tacotalpa
Objetivos de producción	Engorda Pie de cría Doble propósito (carne-leche)	Engorda Pie de cría Doble propósito (carne-leche)
Razas bovinas	Cebú×Suizo Pardo suizo	Cebú×Suizo
Superficie promedio (ha)	22.8 (5.7)	12.7 (3.8)
Tamaño del hato promedio	32.3 (9.8)	19.8 (5.9)
Carga animal promedio	1.4 (0.20)	1.6 (0.3)
Núm. total de animales promedio	30.4 (8.9)	20.8 (6.8)
Días de pastoreo promedio	18.3 (1.8)	7.7 (0.3)
Cobertura herbácea	Secas 50.3 % (1.9) Lluvias 64.5 % (1.8)	Secas 61.7 % (2.2) Lluvias 73.6 % (1.6)
Principales pastos (en orden de importancia)	<i>Brachiaria brizantha</i> <i>Paspalum</i> sp. <i>Pennisetum purpureum</i> <i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Brachiaria decumbens</i> <i>Paspalum</i> sp. <i>Brachiaria brizantha</i> <i>Pennisetum purpureum</i>
Nivel de tecnificación de los potreros	Hay compra de suplementos e insumos Hay contratación de jornales Servicios veterinarios	No hay compra de suplementos e insumos No hay contratación de jornales Servicios veterinarios

Medias (± error estándar) ❖ Means (± standard error).

**Cuadro 2. Índices ecológicos de árboles dispersos en potreros en la Sierra de Tabasco, México.**  
**Table 2. Ecological indexes of dispersed trees in pastures in the Sierra of Tabasco, México.**

Parámetros	Municipios	
	Tacotalpa (n=6)	Tenosique (n=10)
Número de individuos por hectárea	48 (8.20)	93 (17.0)
Número de familias botánicas	18	28
Número de especies en 1 ha.	11(1.0)	8 (2.0)
Índice de dominancia (D)	0.41 (0.13)	0.33 (0.07)
Índice de Shannon (H')	1.37 (0.33)	1.61 (0.22)
Equitatividad (J)	0.63 (0.14)	0.67 (0.06)

Medias ( $\pm$  error estándar)  $\diamond$  Means ( $\pm$  standard error).

### Composición de especies arbóreas y tipos funcionales

Las principales especies de árboles dispersos en los potreros de la muestra son cedro, caoba, bojón (*Cordia alliodora* Ruiz y Pav. Cham) y macuilís (*Tabebuia rosea* Bertol. DC.) con 308, 120, 174, y 101 árboles respectivamente. En Tacotalpa hubo 22 % cedro, 21 % bojón, 12 % guanacaste (*Schizolobium parahyba* Vell. S.F. Blake), y 45 % otras. En Tenosique, 26 % fue cedro, 19 % caoba, 10 % macuilís, y 45 % otras; algunas de estas especies son nativas o naturalizadas, originadas a partir de regeneración natural.

Respecto a los tipos funcionales el análisis muestra que de las 64 especies, 37 son típicas del bosque, principalmente *Mirandaceltis monoica* (Hemsl.) Sharp, *Cupania dentata* Glaz., *S. parahyba*, *S. macrophylla* y *C. odorata* con 825 individuos, siendo este tipo funcional el más representativo. Luego hay 13 especies generalistas destacando *Cecropia obtusifolia* Bertol, *C. alliodora*, *Diphysa robinoides* Benth. ex Benth. & Oerst, *Guazuma ulmifolia* Lam. y *Parmentiera aculeata* (Kunth) Seem., *T. rosea* con 289 individuos. Además hay cuatro principales especies (*Platymiscium yucatanum* Standl., *Astronium graveolens* Jacq., *Sapindus saponaria* L., *Sickingia salvadorensis* (Standl.) catalogadas como amenazadas, y los demás tipos funcionales no significativamente presentes (cultivado, especialista e introducida-cultivada).

Un rasgo común a todos los sitios fue que la gran mayoría de las especies dispersas en las pasturas

(2010). But the results are relatively high compared to that reported by Harvey (2007), Villancís *et al.* (2003) and Villanueva (2004) in studies in tropical regions. Furthermore, Harvey and Haber (1999) studied pastures on remnants of trees in Monteverde, Costa Rica, in the humid tropics and found 190 species of which 57 % were primary forest species, and 255 species in pastures with scattered trees (Harvey *et al.*, 2011).

### Tree species composition and functional types

The main species of trees scattered in pastures of the sample are cedro, caoba, bojón (*Cordia alliodora* Ruiz and Pav. Cham) and macuilís (*Tabebuia rosea* Bertolt. DC.) with 308, 120, 174, and 101 trees respectively. In Tacotalpa there were 22 % cedro, 21 % bojón, 12 %, Guanacaste (*Schizolobium parahyba* Vell. S. F. Blake), and 45 % others. In Tenosique, 26 % was cedro, 19 % caoba, 10 % macuilís, and 45 % other; some of these species are native or naturalized, originated from natural regeneration.

Regarding functional types the analysis shows that of the 64 species, 37 are typical of forest, mainly *Mirandaceltis monoecious* (Hemsl.) Sharp, *Cupania dentata* Glaz., *S. parahyba*, *S. macrophylla* and *C. odorata* with 825 individuals, this being the most representative functional type. Then there are 13 generalist species outstanding *Cecropia obtusifolia* Bertolt, *C. alliodora*, *Diphysa robinoides* Benth. ex Benth. & Oerst, *Guazuma ulmifolia* Lam. and *Parmentiera aculeata* (Kunth) Seem., *T. rosea*



son nativas o naturalizadas, excepto *Gmelina arborea* Roxb. y *Tectona grandis* L. f. Las especies generalistas de áreas abiertas o perturbadas como *C. alliodora*, *T. rosea*, *G. ulmifolia*, *D. robinioides*, y *Bursera simaruba* (L.) Sarg, fueron menos frecuentes. Sánchez *et al.* (2005) indican que algunas especies pueden repoblar áreas degradadas debido a la selectividad de los productores.

### Características estructurales del componente arbóreo

La zona de Tenosique presenta una media de 93 árboles  $\text{ha}^{-1}$  ( $\text{SD} \pm 52.8$ ) mientras que en Tacotalpa la media es 48 árboles  $\text{ha}^{-1}$  ( $\text{SD} \pm 20.1$ ). Asimismo en Tenosique, 89 % de los árboles inventariados tuvieron áreas de copa de 20-60  $\text{m}^2$  y sólo 0.2 % fue  $>200 \text{ m}^2$ , mientras que en Tacotalpa 76 % fue 20-60  $\text{m}^2$  y sólo 0.4 %  $>200 \text{ m}^2$  (Figura 3). La copa de mayor tamaño ( $>200 \text{ m}^2$ ) está en menor proporción en ambas zonas; las especies de mayor tamaño y copa más grande son: *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn, *Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn, *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb, *Piscidia communis* (Blake) I. M. Johnst y *Schizolobium parabyba* (Vell.) S. F. Blake.

Un análisis de frecuencia por zona mostró que la altura total predominante de los árboles fue la clase 6-10 m con 90.2 % en Tenosique y 81 % en Tacotalpa. La altura de fuste para los árboles de Tenosique de la clase 2-4 m fue 68.7 %, y 56.5 % en Tacotalpa (Figura 3). Pero un análisis de ambas zonas muestra que la altura de los árboles más predominante fue clase 6-10 m con 39 % de individuos. La clase diamétrica normal predominante de las especies fue 20-30 cm (48 %) y diferente al diámetro normal 10-20 cm (39.6 %) y de mayor concentración que la reportada por Grande *et al.* (2010), por lo cual son individuos más jóvenes respecto a lo encontrado en el presente estudio. Además, la clase diamétrica normal  $>41$  cm fue 47.7 % y para este estudio fue 18 % y la clase diamétrica normal  $>100$  cm fue sólo 4 y 6.

A pesar de que el número de individuos en promedio para Tacotalpa fue 48 árboles  $\text{ha}^{-1}$  y para Tenosique 93 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , esta densidad de árboles parece no tener efectos sobre la cobertura herbácea. Al respecto, Casasola *et al.* (2005) recomiendan una densidad de 25 a 40 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , y 125 árboles de *C. alliodora* dispersos en el potrero según Villanueva *et*

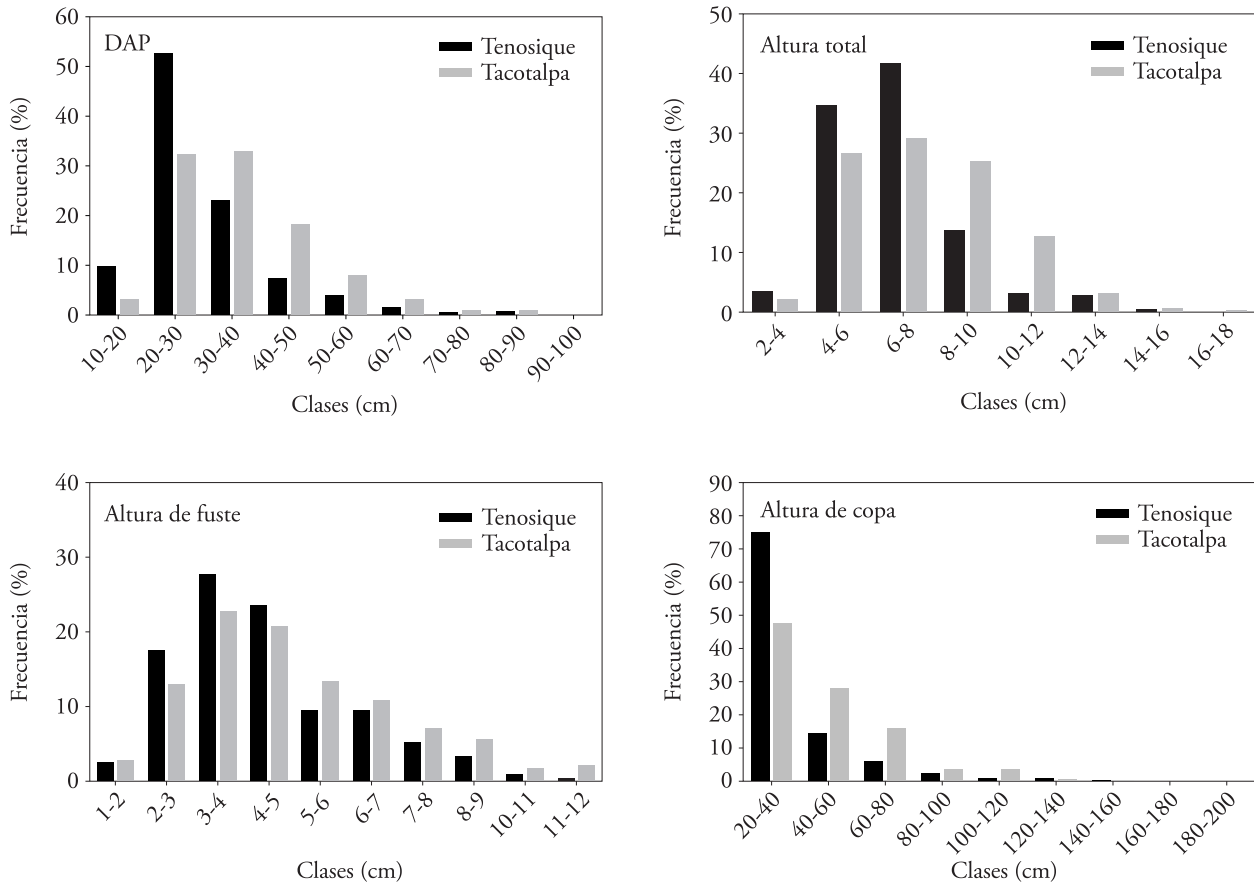
with 289 individuals. Besides, there are four main species (*Platymiscium yucatanum* Standl., *Astronium graveolens* Jacq., *Sapindus saponaria* L., *Sickingia salvadorensis* (Standl.) listed as endangered, and other functional types are not significantly present (cultivated, specialist and introduced-cultivated).

A common feature of all sites was that the vast majority of dispersed species in pasture are native or naturalized, except for *Gmelina arborea* Roxb. and *Tectona grandis* L. f. Generalist species of open or disturbed areas as *C. alliodora*, *T. rosea*, *G. ulmifolia*, *D. robinioides*, and *Bursera simaruba* (L.) Sarg, were less frequent. Sánchez *et al.* (2005) indicate that some species have the ability to repopulate areas degraded by the same selectivity of the producers.

### Structural characteristics of the tree component

Tenosique area has an average of 93 trees  $\text{ha}^{-1}$  ( $\text{SD} \pm 52.8$ ) while Tacotalpa has an average of 48 trees  $\text{ha}^{-1}$  ( $\text{SD} \pm 20.1$ ). Also, in Tenosique 89 % of inventoried trees had crown areas of 20-60  $\text{m}^2$  and only 0.2 % was  $>200 \text{ m}^2$ , while in Tacotalpa 76 % was 20-60  $\text{m}^2$  and only 0.4 %  $>200 \text{ m}^2$  (Figure 3). The larger size crown cover ( $>200 \text{ m}^2$ ) occurs to a lesser extent in both areas; species with larger size and larger crown cover are: *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn, *P. sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn, *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb, *Piscidia communis* (Blake) I. M. Johnst and *Schizolobium parabyba* (Vell.) S. F. Blake.

A frequency analysis per zone showed that the overall predominant height of trees was class 6-10 m with 90.2 % in Tenosique and 81 % in Tacotalpa. The height of stem height for trees of Tenosique of class 2-4 m was 68.7 %, and 56.5 % in Tacotalpa (Figure 3). But an analysis of both areas shows that the dominant height of trees was class 6-10 m with 39 % of individuals. The average diameter class predominant of species was 20-30 cm (48 %) and different from the normal diameter 10-20 cm (39.6 %) and from the higher concentration reported by Grande *et al.* (2010), whereby they are younger individuals compared to that found in the present study. In addition, the normal diameter class  $>41$  cm was 47.7 % and for this study was 18 % and the normal diameter class  $>100$  cm was only 4 and 6.



**Figura 3. Frecuencias (%) de las características estructurales de las especies arbóreas en potreros con árboles dispersos en dos municipios de la Sierra de Tabasco, México.**

**Figure 3. Frequencies (%) of the structural characteristics of tree species in pastures with scattered trees in two municipalities of the Sierra of Tabasco, México.**

al. (2010). Además, con mediana densidad arbórea se obtienen beneficios para la biodiversidad sin afectar grandemente la producción de pastos (Brocque *et al.*, 2009; Villanueva *et al.*, 2010).

Por tanto, al comparar los resultados de este estudio con los de Grande *et al.* (2010) no hay mucha diferencia en la distribución de los valores de talla, ambos estudios realizados en la misma región y se encontraron árboles relativamente jóvenes, así como abundantes especies maderables de *C. Odorata* y *S. macrophylla*. Además, Brocque *et al.* (2009), Harvey *et al.* (2011) y Esquivel *et al.* (2011) reportan las mismas especies y usos similares. Lo anterior se puede deber al manejo y la selectividad o preferencias del productor por ciertas especies debido al valor comercial o para sus viviendas, así como la cercanía de estas zonas de estudio con la parte boscosa de los estados de Tabasco y de Chiapas.

Although the number of individuals on average for Tacotalpa was 48 trees  $ha^{-1}$  and for Tenosique 93 trees  $ha^{-1}$ , this density of trees seems to have no effect on herbaceous cover. In this regard, Casasola *et al.* (2005) recommend a density of 25 to 40 trees  $ha^{-1}$ , and 125 tree of *C. alliodora* scattered in the pasture according to Villanueva *et al.* (2010). Also, with medium tree density benefits for biodiversity are obtained without greatly affect pasture production (Brocque *et al.*, 2009, Villanueva *et al.*, 2010).

Therefore, when comparing results of this study with those of Grande *et al.* (2010) there is not much difference in the distribution of the values of size, both studies were conducted in the same region and relatively young trees were found as well as abundant timber species of *C. Odorata* and *S. macrophylla*. Also Brocque *et al.* (2009), Harvey *et al.* (2011) and Esquivel *et al.* (2011) report the same species and

Los árboles adultos (tamaño grande en diámetro normal y altura) se encontraron menos frecuentemente en los ranchos. Esquivel *et al.* (2011) y Harvey *et al.* (2011) mencionan que la presencia de árboles adultos a una densidad mínima se considera remanentes de selvas que han dejado los productos antes del establecimiento de las áreas de pasturas para generar sombra para sus animales, y no se consideran altamente competitivos para la producción de pastos (Anfinnsen *et al.*, 2009). Según Harvey *et al.* (2003), Hall *et al.* (2011) y Esquivel *et al.* (2011), es importante mantener o aumentar árboles dispersos en potreros (especialmente nativos) en los paisajes ganaderos, como para fuentes de semillas, proporcionar hábitat y alimento a especies de fauna arbórea, además de ofrecer beneficios adicionales como madera, leña y alimento para ganado.

### **Incidencia de la precipitación sobre la cobertura herbácea**

La correlación de los valores de precipitación con los valores de cobertura de pastos en cada zona, indica una ligera incidencia de la precipitación en la cobertura herbácea, mientras que la ausencia de la precipitación (secas) disminuyó más la cobertura herbácea en ambas zonas (Figura 3). No obstante, la cobertura herbácea en Tacotalpa fue mayor que en Tenosique en ambas épocas, lo cual se debe en parte a la alta precipitación anual en Tacotalpa (Figura 4), el tamaño reducido de los hatos ganaderos y el periodo más corto en días de pastoreo.

Con respecto a la cobertura de copa de los ADP en la Sierra de Tabasco, los árboles jóvenes (menor talla) son más abundantes pero con menor área de copa mientras que los árboles adultos (mayor talla) presentaron copas grandes y frecuencia baja (Tenosique 5 % y Tacotalpa 2 %).

Los árboles dispersos en los potreros cumplen muchas funciones dentro de los sistemas ganaderos y proveen productos y servicios (Ribaski *et al.*, 2002; Durr y Rangel 2002; Ramírez *et al.*, 2010), pero la importancia relativa según los ganaderos es dar sombra a los animales particularmente durante la estación seca, así como obtener leña y recursos económicos por la venta de la madera. Además, según los ganaderos, los árboles afectan la productividad de los pastos, principalmente aquellos con copas densas que producen sombra, alta densidad de plantación.

similar uses. This may be due to management and selectivity or preference of the producer for certain species due to their commercial value or to their homes, as well as the proximity of these study areas to the wooded part of the states of Tabasco and Chiapas.

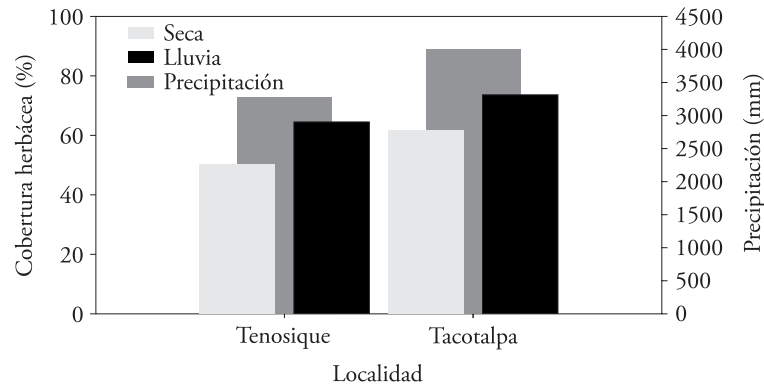
Adult trees (large size in normal diameter and height) were found less frequently in the ranches. Esquivel *et al.* (2011) and Harvey *et al.* (2011) note that the presence of adult trees to a minimum density is considered forest remnants left by producers before the establishment of the pastures areas in order to create shade for their animals, also they are not considered highly competitive for pasture production (Anfinnsen *et al.*, 2009). According to Harvey *et al.* (2003). Hall *et al.* (2011) and Esquivel *et al.* (2011), it is important to maintain or increase dispersed trees in pastures (especially native) in cattle landscapes as seed sources, to provide habitat and food for arboreal wildlife species, besides additional benefits such as timber, firewood and livestock feed.

### **Incidence of precipitation over herbaceous cover**

Correlation of precipitation values with grass cover values in each area indicates a slight incidence of precipitation over herbaceous cover, while absence of precipitation (dry) decreased more the herbaceous cover in both areas (Figure 3). However, the Tacotalpa herbaceous cover was higher than in Tenosique in both seasons, which was due in part to the high annual precipitation in Tacotalpa (Figure 4), the small size of cattle herds and the shorter period of grazing days.

With respect to canopy cover of ADP in the Sierra of Tabasco, young trees (smaller size) are more abundant but with less crown area while adult trees (larger size) had large crowns and low frequency (Tenosique 5 % and Tacotalpa 2 %).

Scattered trees in pastures meet multiple functions within livestock systems and provide products and services (Ribaski *et al.*, 2002; Durr and Rangel 2002, Ramírez *et al.*, 2010), but the relative importance according to cattle ranchers is to provide shade for the animals particularly during the dry season and fuelwood and economic resources from the sale of wood. In addition, according to cattle ranchers, trees affect productivity of pastures, especially those with dense crowns that produce shade, high density



**Figura 4. Comportamiento de las coberturas de pasto debajo de los árboles.**  
**Figure 4. Behavior of grass coverages under the trees.**

Esto provoca mayor concentración de los animales en función del tiempo, causando pisoteo y compactación del suelo en el área alrededor de los árboles, y las malezas aumentan especialmente en las zonas donde los animales descansan mucho tiempo. Los árboles también pueden influir en el crecimiento de hierba positivamente porque algunas especies crecen mejor debajo de las copas, lo cual coincide con lo reportado por Cajas y Sinclair (2001). Los ganaderos también señalaron la frecuente necesidad de podar los árboles, lo cual requiere considerable labor.

Finalmente, la superficie promedio de los ranchos fue menor en Tacotalpa que en Tenosique pero los sistemas ganaderos tienen una carga animal mayor en Tacotalpa y con menos días de pastoreo. Asimismo, el nivel de precipitación es mayor en Tacotalpa lo cual contribuye a mantener una mayor cobertura de pastos en los potreros. Por tanto, la cobertura herbácea se debe a las diferencias en los valores de precipitación media anual en las zonas de estudio y por el manejo de los sistemas ganaderos.

## CONCLUSIONES

Las características biofísicas de ambas zonas de estudio no presentan variaciones significativas con excepción de los valores promedios anuales de precipitación. Los sistemas ganaderos son similares en objetivos de producción, especies arbóreas, herbáceas y razas de animales. Sin embargo, el manejo del sistema ganadero en Tenosique varía respecto a Tacotalpa en días de pastoreo, tamaño del hato y número de animales en pastoreo, lo cual sumado a una menor cantidad de precipitación anual incide en la cobertura herbácea.

of planting. This causes higher concentration of animals with time, enhancing soil compaction and trampling in the area around trees, and weeds increase especially in areas where the animals rest for long. Trees can also influence grass growth positively because some species grow best under the crowns, which agrees with that reported by Cajas and Sinclair (2001). Also, cattle ranchers noted the frequent need to prune trees, which requires considerable work.

Finally, the average size of cattle farm systems was lower in Tacotalpa than in Tenosique but livestock systems have a higher stocking rate in Tacotalpa and with fewer days of grazing. Also the level of precipitation is greater in Tacotalpa which contributes to maintain a higher grass cover in pastures. Therefore, herbaceous cover is due to the differences in the values of mean annual precipitation in the study areas and management of livestock systems.

## CONCLUSIONS

Biophysical characteristics of both study areas show no significant variation with the exception of annual average precipitation values. Livestock systems are similar in production targets, tree species, grasses and animal breeds. However, the livestock system management in Tenosique varies regarding Tacotalpa with respect to days of grazing, herd size and number of grazing animals, which along with a smaller amount of annual precipitation affects the herbaceous cover.

In the Sierra of Tabasco young trees of *C. odorata*, *S. macrophylla* and *C. alliodora* dominate and are used as wood as well as other species with various usages

En la Sierra de Tabasco dominan los árboles jóvenes de *C. odorata*, *S. macrophylla* y *C. alliodora* usados como madera, además de otras especies con diversos usos y hubo una mayor cantidad de especies típicas de bosques que especies generalistas.

and there was a greater number of typical species of forests than generalist species.

—End of the English version—



## LITERATURA CITADA

- Anfinnsen, B., M. Aguilar-Støen, y A. Vatn. 2009. Actitudes de los productores ganaderos de El Petén, Guatemala, respecto a la implementación de sistemas silvopastoriles. *Agrofor. Américas* 47: 20-26.
- Brocque, A. Le F., K. A. Goodhew, and C. A. Zammit. 2009. Overstorey tree density understorey regrowth effects on plant composition stand structure and floristic richness in grazed temperate woodlands in eastern Australia. *Agric. Ecosystem Environ.* 129: 17-27.
- Cajas, Y. S., and F. Sinclair. 2001. Characterization of multistrata silvopastoral systems on seasonally dry pastures in the Caribbean Region of Colombia. *Agrofor. Systems* 53: 215-225.
- Casanova, L. F., J. P. Aldana, and S. J. Solorio. 2011. Agroforestry systems as an alternative for carbon sequestration in the Mexican tropics. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17(1): 5-118.
- Casasola, F., M. Ibrahim, y J. Barrantes. 2005. Los árboles en los potreros. Serie Cuadernos de Campo. Proyecto enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Banco Mundial y CATIE. Managua, Nicaragua. 19 p.
- Durr, P. A., and J. Rangel. 2002. Enhanced forage production under Samanea saman in a subhumid tropical grassland. *Agrofor. Systems* 54: 99-102.
- Esquivel-Mimenza, H., M. Ibrahim, and C. A. Harvey. 2011. Dispersed trees in pasturelands of cattle farms in a tropical dry ecosystem. *Trop. Subtrop. Agroecosystem* 14: 933-941.
- Ferrari, H., C. Ferrari, y F. Ferrari. 2006. CobCal v 2.1. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Paraguay. <http://www.cobcal.com.ar/> (Consulta: marzo 2011).
- Gobierno del Estado de Tabasco. 1997. Municipio de Tenosique. Secretaría de Desarrollo Social y Protección Ambiental, Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa. 23 p.
- Grande, D., F. de León, J. Nahed, and F. Pérez-Gil. 2010. Importance and function of scattered trees in pastures in the Sierra of Tabasco, México. *Res. J. Biol. Sci.* 5(1): 75-87.
- Grande, D., H. Losada, J. Cortés, J. Rivera, M. Maldonado, F. Pérez-Gil, y S. Zubirán. 2009. Los árboles dispersos en Potreros de la región Sierra de Tabasco, México. *Rev. Bras. Agroecol.* 4(2): 4489-4492.
- Hall, S. J., M. S. Ashton, J. E. Garen, and J. Shibu. 2011. The ecology and ecosystem services of native trees: Implications for reforestation and land restoration in Mesoamerica. *For. Ecol. Manage.* 261: 1553-1557.
- Harvey, C. A., and J. González. 2007. Agroforestry system conserves species-rich but modified assemblages of tropical birds and bats. *Biodiversity and Conservation* 16: 2257-2292.
- Harvey, C. A., and W. A. Haber. 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agrofor. System* 44: 37-68.
- Harvey, C. A., C. Villanueva, and H. Esquivel. 2011. Conservation value of dispersed tree cover threatened by pasture management. *For. Ecol. Manage.* 261: 1664-1674.
- Harvey, C. A., C. Villanueva, y J. Villancís. 2003. Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agrofor. Américas* 10: 39-40.
- INEGI. 2000. Cuaderno estadístico municipal de Tenosique. Gobierno del Estado de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México.
- INEGI. 2005. Conjunto nacional del uso de suelo y vegetación a escala 1:250,000. Serie II, DGG-INEGI, México.
- INEGI. 2009. Censo Agropecuario 2007, VII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, México.
- Jiménez Q. M., F. E. Rojas-Rodríguez, V. Rojas Chacón, L. Rodríguez S., y C. Feeny. 2010. Árboles maderables de Costa Rica: Ecología y Silvicultura. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBIO. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 361 p.
- Jiménez, F. G., J. T. Nahed, y L. Soto-Pinto. 2007. Capacidades locales y silvopastoreo en Chiapas, México. *In: Jiménez, F. G., J. T. Nahed, y L. Soto-Pinto. Agroforestería Pecuaria en Chiapas. México. El Colegio de la Frontera Sur.* pp: 61-63.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University. London. 179 p.
- Maldonado, M. N., D. J. Grande, E. E. Fuentes, S. Hernández, F. Pérez-Gil, y A. Gómez. 2008. Los sistemas silvopastoriles de la región tropical húmeda de México: El caso de Tabasco. *Zootecnia Trop.* 26(3): 305-308.
- Masera, O., M. Astier, y S. Lopez-Ridaura. 1999. Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales: el Marco de Evaluación MESMIS. Mundi-Prensa, GIRA, UNAM, México D.F. 160 p.
- McAleece, N., J. Lamshead, G. Patterson, and J. Gage. 1997. Biodiversity professional. The Natural History Museum and the Scottish Association for Marine Science. <http://www.sams.ac.uk/dml-/projects/benthic/dbpro/index.htm> (Consulta: febrero 2012)
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para Medir la Biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza. 84 p.
- Nair, P. K. R. 2011. Carbon sequestration studies in agroforestry systems: a reality-check. *Agroforestry. System.* DOI 10.1007/s10457-011-9434-z.
- Ochoa-Gaona, S., I. Pérez-Hernández, y H. J. de J. Bernardus. 2008. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Rev. Biol. Trop.* 56 (2): 657-673.
- Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, J. F. Mas; F. Takaki T., A. Victoria, G. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-Gracia, M. Palma M., I. Trejo-Vázquez, A. Peralta

- H., J. Prado M., A. Rodríguez A., R. Mayorga-Saucedo, y F. González M. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: Resultados del Inventario Nacional Forestal 2000. Investigaciones Geográficas: Boletín del Instituto de Geografía, UNAM 43: 183-203.
- Palma-López, D. J., D. J. Cisneros, y C. E. Moreno. 2007. Plan de Uso Sustentable de los Suelos de Tabasco. 3a. Ed. ISPROTAB-Fundación Produce Tabasco. Colegio de Posgraduados. Villahermosa, Tabasco, México. 196 p.
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán. 2005. Árboles Tropicales de México: Manual para la Identificación de las Principales Especies. 3ra ed. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología: Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 523 p.
- Ramírez-Avilés, L., C. J. B. Castillo, C. A. J. Chay, y S. F. J. Solorio. 2010. Rendimiento y calidad de pasturas tropicales bajo condiciones de sombra. *In*: Velasco Z. Ma., A. Hernández G., A. Pérezgrovas G., y B. Sánchez M. (eds). Los Forrajes y su Impacto en el Trópico. FMVZ-UNACH. Chiapas, México. pp: 249-267.
- Ribaski, J., y E. de A. Menezes. 2002. Disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un sistema silvopastoril con algarrobo (*Prosopis juliflora*) en la región semi-árida Brasileña. *Agrofor. Américas* 9(33-34): 8-13.
- Sánchez M. D., A. Harvey, C., A. Grijalva, A. Medina, S. Vélchez, y B. Hernández. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. *Rev. Biol. Trop.* 53: 387-414.
- Shibu, J. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agrofor. System* 76: 1-10.
- Toledo, V., A. I. Batis, y R. Becerra. 1995. La selva útil: Etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia* 20(4): 177-178.
- Torquebiau, E. F. 2000. A renewed perspective on agroforestry concepts and classification. *Life Sci.* 323: 1009-1017.
- Tudela, F. 1992. La Modernización Forzada del Trópico: El caso de Tabasco. Proyecto Integrado del Golfo. El Colegio de México, CINVESTAV, INFIAS y UNRISD, México, D. F. 475 p.
- Villacis, J. Harvey, C. A. Ibrahim, y M. Villanueva, C. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frio, Costa Rica. *Agrofor. en las Américas* 10(39-40): 17-23.
- Villanueva, C., M. Ibrahim, and C. A. Harvey. 2004. Tree resources on pastureland in cattle production system in the dry pacific region of Costa Rica and Nicaragua. *In*: Mannelje, L., L. Ramirez, M. Ibrahim, C. Sandoval, N. Ojeda, and J. Ku (eds). The Importance of Silvopastoral System for Providing Ecosystem Services and Rural Livelihoods. Universidad Autónoma Yucatán, Mérida, México, pp: 183-188.
- Villanueva, L. G., J. C. Meza, y S. D. Hernández. 2010. Efecto de la cobertura arbórea sobre la producción de pastos en un sistema silvopastoril Teapa, Tabasco. *Tópicos Selectos en Agron. Trop.* 1: 155-164.