



ARTÍCULO / ARTICLE

# REGENERACIÓN NATURAL DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO EN UNA PLANTACIÓN DE *Eucalyptus* spp.

## NATURAL REGENERATION OF THE TAMAULIPAN THORN SCRUB IN AN *Eucalyptus* spp. PLANTATION

Dinorah Dalila Martínez Hernández<sup>1</sup>, Javier Jiménez Pérez<sup>1</sup>, Eduardo Alanís Rodríguez<sup>1</sup>, José Isidro Uvalle Saucedá<sup>1</sup>, Pamela Anabel Canizales Velázquez<sup>1</sup> y Luis Rocha Domínguez<sup>1</sup>

### RESUMEN

Las plantaciones forestales con especies exóticas generan controversia a nivel mundial y tal es el caso de la presencia de eucaliptos en México. En el presente estudio se caracterizó la regeneración natural de vegetación leñosa en el Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET), que se localiza en el noreste del país, dentro de una plantación original de *Eucalyptus* spp. La investigación se llevó a cabo 27 años después de su establecimiento y en ella se instalaron 11 sitios de muestreo de 250 m<sup>2</sup> (10 x 25 m) para evaluar todos los ejemplares con crecimiento secundario que presentaran un diámetro basal ( $d_{0.50}$ ) mayor o igual a 0.5 cm. Los datos recabados permitieron estimar índices de riqueza y diversidad, así como abundancia relativa, dominancia y frecuencia; con estos números se calculó el Índice de Valor de Importancia. Se demostró que en la zona existe renovación de las especies de interés en la siembra original y los parámetros poblacionales propios son similares a las de otras áreas con características parecidas; además se presentó sucesión ecológica, después de haber sido sujetas a actividades agrícolas, pecuarias y forestales (matarraza). Se registró alta densidad (4 301 ind ha<sup>-1</sup>) y mayor cantidad de individuos de clases diamétricas bajas (<2 cm).

**Palabras clave:** Diversidad, *Eucalyptus*, dominancia, Índice de Valor de Importancia, regeneración, riqueza de especies.

### ABSTRACT

Forest plantations with exotic species are of great controversy worldwide. This research characterizes the natural regeneration of woody vegetation of Tamaulipan thornscrub (MET) in a plantation of *Eucalyptus* spp. Eleven sampling sites of 250 m<sup>2</sup> (10 x 25 m) were established in the plantation area and all wood species larger than one centimeter of basal diameter were registered and measured. Richness and diversity indices as well as values of relative abundance, dominance, frequency were estimated which were used to calculate the Importance Value Index. Results show that there is natural regeneration of native woody species under the plantation of *Eucalyptus* spp.; density, crown area, richness and diversity values were similar to other regenerated areas after agricultural activities, livestock and forestry (clear cutting). High density (4 301 ind ha<sup>-1</sup>) and more individuals of lower diameter classes (<2 cm) were recorded.

**Key words:** Diversity, *Eucalyptus*, dominance, Importance Value Index, regeneration, richness.

## INTRODUCCIÓN

Conforme la población humana se incrementó también lo hizo la demanda de actividades productivas a mayor escala, lo cual generó que el cambio de uso de suelo fuese cada vez más frecuente (Gayoso y Alarcón, 1999). Este proceso se agudizó durante los últimos dos siglos y, como consecuencia, desapareció más superficie forestal que durante toda la historia de la humanidad (Cincotta *et al.*, 2000); su menoscabo acelerado acarrea pérdida de variación genética en los ecosistemas nativos, a la vez que merma la biodiversidad, así como múltiples bienes y servicios ambientales, además de contribuir al calentamiento global, a la alteración de ciclos hidrológicos y biogeoquímicos y la fragmentación del hábitat (Velázquez *et al.*, 2002). En México, esta problemática situación proviene, principalmente, de la ampliación de los territorios agrícolas, ganaderos y forestales en los que en muchas ocasiones se incorporan especies exóticas con fines comerciales (Martínez *et al.*, 2006). En el último caso, esa tendencia ha aumentado a medida que la industria papelería crece (PIAF, 1998; Hidalgo, 2002); tan solo en 2004 hubo una producción de 2 millones de m<sup>3</sup>r de celulosa y algunas proyecciones indican que para 2020 puede ser de 4 millones de m<sup>3</sup>r (FAO, 2004).

El género *Eucalyptus* es de los más utilizados a nivel mundial para el establecimiento de plantaciones. Su importancia económica deriva de los múltiples usos que se les da a su madera: producción de pasta para papel, fabricación de tableros de fibras (Golfín *et al.*, 2007), como material de construcción y como leña además de proveer materia prima para la elaboración de productos farmacéuticos, cosméticos, de perfumería y de limpieza, entre otros (Moré *et al.*, 2010).

En el mundo existen parcelas introducidas con *Eucalyptus globulus* Labill. y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. El cultivo de estas especies fuera de su área de distribución natural ha sido poco aceptada ecológica, social y políticamente, en particular, por el impacto ambiental que causan, al amenazar la diversidad biológica en los ecosistemas (Veiras y Soto, 2010; Souto *et al.*, 1993; Ávila *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2006); en el caso de la fauna, algunas especies pierden su fuente de alimento y en cuanto a la flora, cuando existe escasez de recursos, los individuos de este género compiten por el agua y los nutrientes con los taxa nativos, y sus hojas exudan sustancias alelopáticas que impiden la germinación de algunos vegetales, así como el desarrollo de microorganismos en el suelo.

También se ha documentado el descenso del nivel freático, que afecta directamente a los cauces de agua, pozos y fuentes, lo que provoca la desecación de las plantas en sus inmediaciones, el empobrecimiento de suelos e incluso su pérdida por erosión; sin embargo, esto se puede mitigar con planificación correcta y conocimiento profuso sobre el momento preciso para realizar la siembra (Sisa, 2004). En el contexto nacional existen pocos estudios

## INTRODUCTION

As the human population increased so did the demand for larger-scale productive activities, which provoked that land use change became more frequent (Gayoso and Alarcón, 1999). This process accelerated during the last two hundred years, and as a result, the forest area disappeared more than throughout the whole history of mankind (Cincotta *et al.*, 2000). Its impairment leads to a fast loss of genetic variation in native ecosystems, while biodiversity and multiple environmental goods and services decrease, and contribute to global warming, to the alteration of hydrological and biogeochemical cycles and habitat fragmentation (Velázquez *et al.*, 2002). In Mexico, this problem comes mainly from the expansion of agriculture, livestock and forest lands in which often exotic species are used for commercial purposes (Martínez *et al.*, 2006). In the latter case, this trend has increased as the paper industry grows (PIAF, 1998; Hidalgo, 2002); only in 2004 the production was of 2 million m<sup>3</sup>r cellulose and some projections show that by 2020 it can get up to 4 million m<sup>3</sup>r (FAO, 2004).

The *Eucalyptus* genus is one of the mostly used worldwide to establish plantations. Its economic importance comes from the multiple uses of its wood: paper pulp, fiber boards (Golfín *et al.*, 2007) as building material and firewood as well as raw material for pharmaceutical cleansing products, cosmetics, perfumes, among others (Moré *et al.*, 2010).

There are plots worldwide with *Eucalyptus globulus* Labill. and *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. as introduced species. The cultivation of these species outside their natural range has been poorly accepted ecologically, socially and politically, particularly by their environmental impact as they threaten the biological diversity in ecosystems (Veiras and Soto, 2010; Souto *et al.*, 1993; Ávila *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2006); in the case of wildlife, some species lose their food source and as for the flora, when resources are scarce, individuals of this genus compete for water and nutrients with native taxa, and leaves exude allelopathic substances that inhibit the germination of some plants, and the development of soil microorganisms.

It has been documented too, the decline in the water level, which directly affects waterways, wells and springs, which dries out the plants in the vicinity, the impoverishment of soil and even its loss through erosion, but this can be mitigated with proper planning and knowledge on the precise time for planting (Sisa, 2004). In the national scope there are few studies that analyze objectively and review the relevance of using eucalyptus (Martínez *et al.*, 2006); some of them relate to the assessment of environmental aspects that determine your property (Cecon y Martínez-Ramos, 1999; Delgado *et al.*, 2010), its clonal micropropagation (Martínez *et al.*, 2005) and the political and social situation arising (Hidalgo, 2002).

que analizan de manera objetiva y crítica la pertinencia de utilizar eucalipto (Martínez *et al.*, 2006); algunos de ellos se refieren a la evaluación de los aspectos ambientales que determinan su establecimiento (Ceccon y Martínez-Ramos, 1999; Delgado *et al.*, 2010), su micropropagación clonal (Martínez *et al.*, 2005) y la situación política y social derivada (Hidalgo, 2002).

En el noreste de México también hay pocas investigaciones acerca de los impactos que tienen las plantaciones de eucalipto sobre la composición y variedad de las comunidades nativas, a pesar de que, para evaluar la regeneración de sus componentes leñosos es importante conocer la estructura vertical y horizontal tanto de la vegetación original, como de la introducida, además de comparar la riqueza y diversidad entre ambas. Esta información es fundamental para la conservación o restauración en áreas reducidas o fragmentadas (Rosenzweig, 1995).

En la presente investigación se caracterizó la regeneración natural del Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) en una plantación de *Eucalyptus* spp. en el noreste de México, 27 años después de su establecimiento. Para ello se consideró la estructura de los individuos de interés, a partir de los índices de abundancia, dominancia y frecuencia relativa, así como de riqueza, diversidad y de valor de importancia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El trabajo se desarrolló en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, campus Linares (Figura 1), entre las coordenadas 25° 09' y 24° 33' de latitud norte y 99° 54' y 99° 07' de longitud oeste. Las especies que destacan por su abundancia y cobertura son *Acacia amentacea* DC., *Acacia farnesiana* (L.) Willd., *Havardia pallens* (Benth.) Britton *et Rose*, *Cordia boissieri* A. DC., *Karwinskia humboldtiana* (Schult.) Zucc. y *Prosopis glandulosa* Torr. (Espinoza y Nívar, 2005; Alanís *et al.*, 2008a). Se eligió un sitio con *E. globulus* y *E. camaldulensis*, cuya plantación data de 1984, con una densidad de 4 766 individuos por hectárea y una superficie total de ocho hectáreas. El área de estudio se encuentra a una altitud entre 360 y 370 m, con pendiente < 3 % y suelo de tipo Vertisol. El clima de la región es semiseco, muy cálido, con lluvia en el verano. Las temperaturas promedio mensuales varían desde 14.7 °C en enero a 22.3 °C en agosto; la precipitación promedio anual fluctúa de 500 a 700 mm (INEGI, 1986).

### Análisis de la vegetación

En el verano de 2011 se evaluó la regeneración de las especies leñosas del MET. Para ello se establecieron 11 sitios de muestreo rectangulares de 250 m<sup>2</sup> (Alanís *et al.*, 2008a; Jiménez *et al.*, 2009; Jiménez *et al.*, 2013). La forma se

In northeastern Mexico there is little research on the impacts of plantations of this genus about the composition and diversity of native communities, however, in order to evaluate the regeneration of their woody components, it is important to know the vertical and horizontal structure both of the original vegetation, and the introduced, in addition to comparing the richness and diversity between them. The information thus produced is essential to the conservation or restoration in small or fragmented areas (Rosenzweig, 1995).

In this research the natural regeneration of Tamaulipan thorn scrub (MET) was characterized in a plantation of *Eucalyptus* spp. in northeastern Mexico, 27 years after its establishment. Therefore, the following was considered: the structure of the selected individuals, starting from abundance indexes, dominance and relative frequency as well as richness of species, diversity and importance value.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

This work was carried out in the Forest Science School of the Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares campus (Figure 1), between the following coordinates: 25° 09' - 24° 33' north and 99° 54' - 99° 07' west. The outstanding species for their abundance and cover are: *Acacia amentacea* DC., *Acacia farnesiana* (L.) Willd., *Havardia pallens* (Benth.) Britton *et Rose*, *Cordia boissieri* A. DC., *Karwinskia humboldtiana* (Schult.) Zucc. and *Prosopis glandulosa* Torr. (Espinoza and Nívar, 2005; Alanís *et al.*, 2008a). A site was chosen where *E. globulus* and *E. camaldulensis* grow, which were planted in 1984, with a density of 4 766 trees per hectare and a total area of eight hectares. The study area is found at an altitude between 360 and 370 m, with a slope of < 3 % and Vertisol soil. The climate of the region is semidry, very warm, with summer rains. Average monthly temperatures vary from 14.7 °C in January to 22.3 °C in August; the average annual precipitation fluctuates from 500 to 700 mm (INEGI, 1986).

### Vegetation analysis

The regeneration of woody species of MET was assessed in the summer of 2011. So, 11 rectangular 250 m<sup>2</sup> sampling plots were established (Alanís *et al.*, 2008a; Jiménez *et al.*, 2009; Jiménez *et al.*, 2013). This shape was determined as it is so easy to mark it and to measure dense vegetation (Alanís *et al.*, 2008b). The distribution of blocks was at random and to obtain the minimal, a species-area curve was designed for each community, according to Müller-Dombois and Ellenberg (1974). In each location a census of all the woody individuals  $\geq 0.5$  cm of basal diameter ( $d_{0.50}$ ) (CATE, 1984) was made; in addition, two crown diameters were measured ( $d_{copp}$ ) with a conventional tape: one in the north-south direction and the other in the east-west

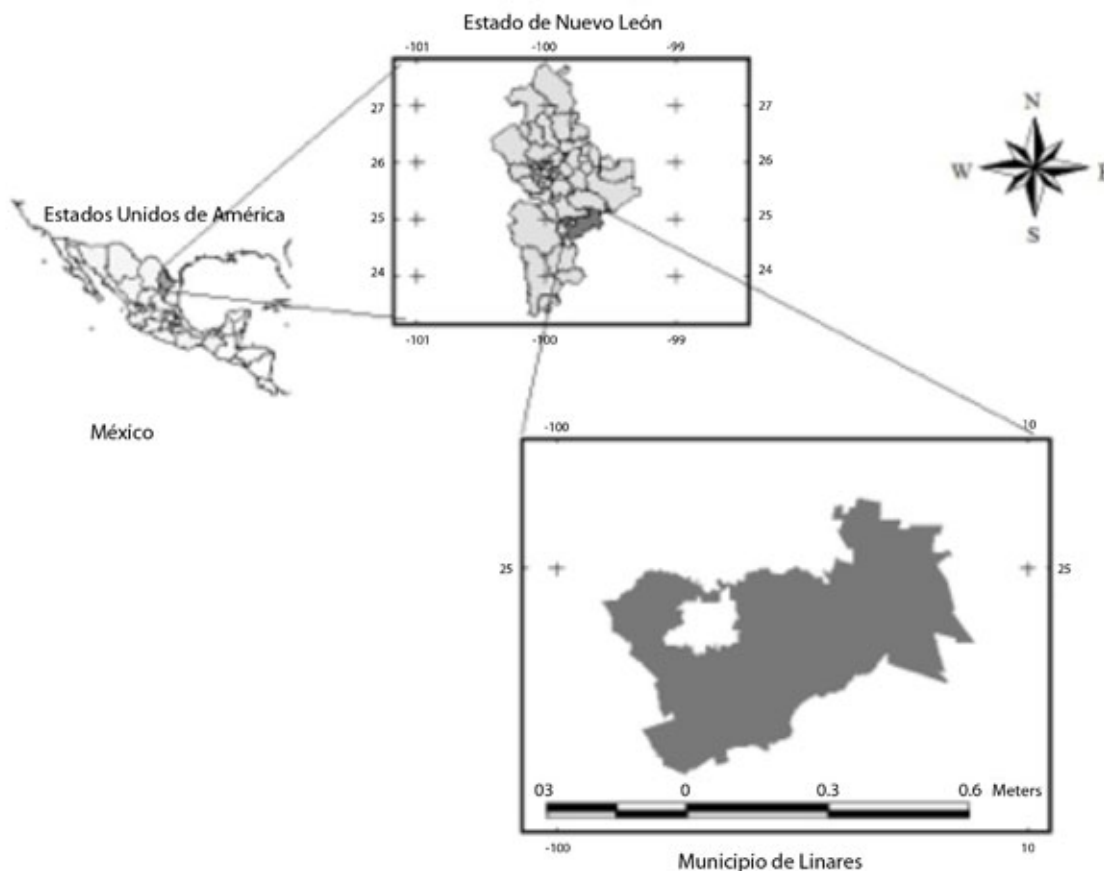


Figura 1. Ubicación del campus Linares de la Universidad Autónoma de Nuevo León  
 Figure 1. Location of Linares campus of the Universidad Autónoma de Nuevo León

determinó por la facilidad de su delimitación y medición en vegetación densa (Alanís *et al.*, 2008b). La distribución de los bloques fue al azar y para obtener el número mínimo se elaboró una curva especie - área para cada comunidad, de acuerdo al criterio de Müeller-Dombois y Ellenberg (1974). En cada localidad se realizó un censo de todos los individuos leñosos  $\geq 0.5$  cm de diámetro basal ( $d_{0.50}$ ) (CATIE, 1984); además, se midieron dos diámetros de la copa ( $d_{\text{copa}}$ ); en sentidos norte-sur y este-oeste, con una cinta métrica. Se realizaron colectas botánicas de los individuos considerados, los cuales fueron identificados por el personal docente de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.

### Análisis de la información

Se determinó la abundancia de cada especie (número de individuos) y su dominancia, en función de la cobertura de la copa; y su frecuencia, con base en la presencia en los sitios de muestreo; los datos se transformaron en valores relativos, y se utilizaron para obtener el Índice de Valor de Importancia (IVI), a nivel de taxón, el cual adquiere valores porcentuales en una escala del 0 al 100 (Müeller y Ellenberg 1974; Magurran,

direction. Botanic collects of the specimens that were selected were carried out, which were identified by the teachers of the Faculty of Forest Sciences of the Universidad Autónoma de Nuevo León.

### Analysis of information

The abundance of each species (number of individuals) and their dominance depending on canopy cover; as well as their frequency, based on the presence in the sampling sites was determined; the data were transformed into relative values, and used to obtain the Importance Value Index (IVI), at the taxon level, which acquires percentage values on a scale from 0 to 100 (Müeller-Dombois and Ellenberg, 1974; Magurran, 2004). To estimate the relative abundance, following equation was used:

$$AR_i = \left( \frac{A_i}{\sum A_i} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

2004). Para la estimación de la abundancia relativa se empleó la siguiente ecuación:

$$AR_i = \left( \frac{A_i}{\sum A_i} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Donde:

$AR_i$  = Abundancia relativa de la especie  $i$  respecto a la abundancia total (sumatoria del número de individuos de todas las especies)  
 $A_i$  = Abundancia absoluta de la especie

La dominancia relativa se calculó considerando los valores de cobertura de copa de cada especie. El área de la copa por individuo se estimó usando los dos diámetros de copa registrados en campo:

$$DR_i = \left( \frac{D_i}{\sum D_i} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Donde:

$DR_i$  = Dominancia relativa de la especie  $i$  respecto a la dominancia total  
 $D_i$  = Dominancia absoluta

La frecuencia absoluta se evaluó con la siguiente ecuación:

$$F_i = \frac{P_i}{NS} \quad (3)$$

Donde:

$F_i$  = Frecuencia absoluta  
 $P_i$  = Número de sitios en los que está presente la especie  $i$   
 $NS$  = Número total de sitios de muestreo

Para la frecuencia relativa se utilizó la siguiente expresión:

$$FR_i = \left( \frac{F_i}{\sum F_i} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

$i = 1 \dots n$

Donde:

$FR_i$  = Frecuencia relativa de la especie  $i$  respecto a la frecuencia total  
 $F_i$  = Frecuencia absoluta

El índice de valor de importancia ( $IVI$ ) adquiere valores porcentuales de 0 a 100% y se define como:

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3} \quad (5)$$

Where:

$AR_i$  = Relative abundance of the  $i$  species in regard to the total abundance (sum of the number of individuals of all species)  
 $A_i$  = Absolute abundance of the species

The relative dominance was calculated from the canopy cover values of each species. The canopy area per individual was estimated by using the two canopy diameters taken at the field.

$$DR_i = \left( \frac{D_i}{\sum D_i} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Where:

$DR_i$  = Relative dominance of the  $i$  species in regard to total dominance  
 $D_i$  = Absolute dominance,

The was determined by the following equation:

$$F_i = \frac{P_i}{NS} \quad (3)$$

Where:

$F_i$  = Absolute frequency  
 $P_i$  = Number of sites in which the  $i$  species is present  
 $NS$  = Total number of the sampling sites

The following formula was used to determine relative frequency:

$$FR_i = \left( \frac{F_i}{\sum F_i} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

$i = 1 \dots n$

Where:

$FR_i$  = Relative frequency of the  $i$  species in regard to total frequency  
 $F_i$  = Absolute frequency

The importance value index ( $IVI$ ) is in percent values from 0 to 100% and is defined:

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3} \quad (5)$$

Margalef's index ( $D_{Mg}$ ) was used to estimate the richness of species:

$$D_{Mg} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)} \quad (6)$$

Para estimar la riqueza de especies se usó el índice de Margalef ( $D_{Mg}$ ):

$$D_{Mg} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)} \quad (6)$$

Donde:

$D_{Mg}$  = Índice de Margalef  
 $S$  = Número total de especies presentes  
 $N$  = Número total de individuos

Con el fin de conocer la diversidad de especies se obtuvo el índice de Shannon ( $H'$ ), mediante las ecuaciones (Magurran, 2004):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i) \quad (7)$$

$$p_i = n_i / N \quad (8)$$

Donde:

$H'$  = Índice de Shannon  
 $S$  = Número total de especies presentes,  
 $N$  = Número total de individuos  
 $n_i$  = Número de individuos de la especie  $i$

El análisis de densidad de las especies nativas se realizó con modelos paramétricos que describen de forma gráfica la relación entre abundancia y especies, ordenadas en categorías que van de la mayor a la menor abundancia (Villarreal *et al.*, 2006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registró la presencia de 18 familias, 22 géneros y 26 especies leñosas (Cuadro 1), de las cuales 24 son nativas del Matorral Espinoso Tamaulipeco y las dos restantes: *E. globulus* y *E. camaldulensis*. La familia mejor representada fue Fabaceae con siete taxa, lo que concuerda con los resultados de Jiménez *et al.* (2009), en un sitio abandonado hace 21 años y en el que se aplicó matarrasa. La predominancia de leguminosas en áreas con vegetación secundaria relativamente joven puede relacionarse con diversos factores, como su tolerancia a la baja disponibilidad de nutrientes en el suelo y su dificultad para crear condiciones de sombra (Alanís, 2006). Esto también coincide con lo documentado por González *et al.* (1997) y García y Jurado (2008), quienes consignan que cuando se abandonan las áreas donde se elimina la cobertura vegetal natural para destinarlas a usos agrícolas y pecuarios, es probable que su suelo tenga una baja disponibilidad de nitrógeno; por lo tanto, especies capaces de fijar el nitrógeno atmosférico (característica común de las leguminosas) frecuentemente están presentes en las primeras etapas sucesionales.

Where:

$D_{Mg}$  = Margalef's index  
 $S$  = Total number of present species  
 $N$  = Total number of individuals

In order to know the diversity of species, the Shannon index ( $H'$ ) was determined by the following equations (Magurran, 2004):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i) \quad (7)$$

$$p_i = n_i / N \quad (8)$$

Where:

$H'$  = Shannon's index  
 $S$  = Total number of present species,  
 $N$  = Total number of individuals  
 $n_i$  = Number of individuals of the  $i$  species

The analysis of density of the native species was made with parametric models that graphically describe the relation between abundance and species, ordered in categories from the greatest to the smallest abundance (Villarreal *et al.*, 2006).

## RESULTS AND DISCUSSION

The presence of 18 families, 22 genera and 26 woody species were recorded (Table 1), 24 out of which are from the Tamaulipan thornscrub and the remaining two are: *E. globulus* and *E. camaldulensis*. The best represented family was Fabaceae with seven taxa, which agrees with the results of Jiménez *et al.* (2009), in a site that was left abandoned for 21 years and where clear-cutting was applied. The predominance of leguminosae in relative young secondary vegetation might be related with several factors, as tolerance to a low availability of soil nutrients and their difficulty to create shadow conditions (Alanís, 2006). This is coincidental too with González *et al.* (1997) and García and Jurado (2008), who reported that when areas where the natural vegetation is removed to bound them for agriculture and livestock uses are abandoned, probably have a low availability of nitrogen; therefore, species that fix atmospheric nitrogen (a property of leguminosae) are frequently present in the first successional stages.

### Importance Value Index (IVI)

*Mimosa monancistra* Benth. was the species with greatest density, frequency and IVI, which is coincidental with what Camargo and García (2001) and Flores *et al.* (2006) published as they quote it as opportunistic and typically secondary, since it colonizes open areas that result from anthropic activities. The seed germinates in a few days and the seedling grows very

Cuadro 1. Especies leñosas presentes en el área de estudio.  
Table 1. Woody species present at the study area.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Forma de vida
<i>Acacia amentacea</i> D.C.	Gavia	Mimosaceae	Arbustiva
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	Huizache	Mimosaceae	Arbustiva
<i>Acacia wrightii</i> Benth.	Uña de gato	Mimosaceae	Arbórea
<i>Amyris madrensis</i> S. Watson	Barretilla	Rutaceae	Arbustiva
<i>Celtis pallida</i> Torr.	Granjeno	Ulmaceae	Arbustiva
<i>Condalia hookeri</i> M. C. Johnst.	Brasil	Rhamnaceae	Arbórea
<i>Cordia boissieri</i> A. DC.	Anacahuita	Boraginaceae	Arbustiva
<i>Croton cortesianus</i> Kunth	Palillo	Euphorbiaceae	Arbustiva
<i>Croton torreyanus</i> auct. non Müll. Arg.	Salvia	Euphorbiaceae	Arbustiva
<i>Dyospiros texana</i> Scheele.	Chapote blanco	Ebenaceae	Arbórea
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Eucalipto	Myrtaceae	Arbórea
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	Myrtaceae	Arbórea
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Vara dulce	Fabaceae	Arbustiva
<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	Panalero	Oleaceae	Arbustiva
<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton et Rose	Tenaza	Fabaceae	Arbórea
<i>Helietta parvifolia</i> (A. Gray ex Hemsl.) Benth.	Barreta	Rutaceae	Arbustiva
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	Coyotillo	Rhamnaceae	Arbustiva
<i>Lantana camara</i> L.	Lantana	Verbenaceae	Arbustiva
<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berland.) I. M. Johnst.	Cenizo	Scrophulariaceae	Arbustiva
<i>Malpighia glabra</i> auct. non L.	Manzanita	Malpighiaceae	Arbustiva
<i>Mimosa monancistra</i> Benth.	Charrasquillo	Mimosaceae	Arbustiva
<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Retama	Caesalpinaceae	Arbórea
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst.	Mezquite	Mimosaceae	Arbórea
<i>Randia rhagocarpa</i> Standl.	Cruceto	Rubiaceae	Arbustiva
<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) T.D. Penn.	Coma	Sapotaceae	Arbórea
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Colima	Rutaceae	Arbustiva

### Índice de Valor de Importancia (IVI)

La especie con mayor densidad, frecuencia e IVI fue *Mimosa monancistra* Benth., que coincide con lo publicado por Camargo y García (2001) y Flores et al. (2006), autores que la citan como oportunista y típicamente secundaria, ya que coloniza áreas abiertas resultantes de actividades antrópicas. La semilla germina en pocos días y la plántula emergente crece muy rápido; además tiene el potencial de regenerarse vegetativamente a partir de tocones y raíces. Es importante mencionar que aun sin tratamiento silvícola *M. monancistra* presentó mayor valor de IVI que la suma del mismo correspondiente a los dos taxa de *Eucalyptus* (Cuadro 2).

fast; in addition, it has the potential of vegetative regeneration from stumps and roots. It is important to mention that even without forestry treatment, *M. monancistra* revealed the highest IVI value than the sum of it that belong to the two *Eucalyptus* taxa (Cuadro 2).

### Density

This factor was estimated over 4 766 ind ha<sup>-1</sup>, and *M. monancistra* con 2 225 ind ha<sup>-1</sup>, that adds to 46.5 % of the total. Also, with great numbers were *Acacia amentacea* (516 ind ha<sup>-1</sup>), *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. (367 ind ha<sup>-1</sup>) and *K. humboldtiana* (295 ind ha<sup>-1</sup>);

Cuadro 2. Abundancia (absoluta y relativa), dominancia (absoluta y relativa), frecuencia e Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies evaluadas.

Table 2. Abundance (absolute and relative), dominance (absolute and relative), frequency and Importance Value Index (IVI) of the assessed species.

Especies	Abundancia relativa		Dominancia relativa		Frecuencia (%)	IVI
	N	ha <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup>	ha <sup>-1</sup>		
<i>Mimosa monancistra</i> Benth.	2 225	46.5	2 044.6	18.7	7.6	24.3
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	240	5.0	3 491.7	31.7	6.9	14.6
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	225	4.7	1 282.3	11.8	7.6	8.1
<i>Acacia amentacea</i> D.C.	516	10.8	503.8	4.8	6.9	7.5
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	367	7.7	435.0	4.1	6.9	6.3
<i>Acacia wrightii</i> Benth.	109	2.3	1 024.7	9.5	5.6	5.8
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	295	6.2	294.8	2.9	7.6	5.6
<i>Dyospiros texana</i> Scheele.	156	3.3	16.3	0.3	6.9	3.5
<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	135	2.8	123.0	1.3	5.6	3.3
<i>Cordia boissieri</i> A. DC.	40	0.8	256.8	2.5	4.9	2.8
<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton et Rose	69	1.4	89.7	1.0	5.6	2.7
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	33	0.7	265.2	2.6	3.6	2.3
<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) T.D. Penn.	69	1.4	171.4	1.7	2.9	2.1
<i>Condalia hookeri</i> M. C. Johnst	40	0.8	38.0	0.5	3.6	1.7
<i>Celtis pallida</i> Torr.	29	0.6	223.6	2.2	2.3	1.7
<i>Malpighia glabra</i> auct. non L.	55	1.1	44.9	0.6	1.6	1.2
<i>Croton cortesianus</i> Kunth	44	0.9	1.0	0.2	2.3	1.2
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst.	7	0.2	24.3	0.4	1.6	0.8
<i>Randia rhagocarpa</i> Standl.	7	0.2	0.7	0.2	1.6	0.7
<i>Lantana camara</i> L.	7	0.2	1.3	0.2	1.6	0.7
<i>Amyris madrensis</i> S. Watson	15	0.3	31.5	0.5	1.0	0.6
<i>Croton torreyanus</i> auct. non Müll. Arg.	7	0.2	1.2	0.2	1.0	0.5
<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berland.) I. M. Johnst.	4	0.1	7.0	0.3	1.0	0.5
<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	4	0.1	13.2	0.3	1.0	0.5
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	4	0.1	3.5	0.2	1.0	0.5
<i>Helietta parvifolia</i> (A. Gray ex Hemsl.) Benth.	4	0.1	0.2	0.2	1.0	0.4
TOTAL	4 766	100	11 047.1	100	100	100



## Densidad

Este factor se estimó en 4 766 ind ha<sup>-1</sup> y sobresalió *M. monancistra* con 2 225 ind ha<sup>-1</sup>, que representa 46.5 % del total. También tuvieron números considerables *Acacia amentacea* (516 ind ha<sup>-1</sup>), *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. (367 ind ha<sup>-1</sup>) y *K. humboldtiana* (295 ind ha<sup>-1</sup>); *E. camaldulensis* registró 240 ind ha<sup>-1</sup> y *E. globulus*, 225 ind ha<sup>-1</sup>, que en conjunto constituyen 9.7 % de la abundancia relativa del área evaluada. Las especies nativas del MET registraron una densidad de 4 301 ind ha<sup>-1</sup> (Cuadro 2).

El número de especies con poca representación fue alto (abundancia relativa ≤2%), y disminuyó progresivamente hacia aquellas con alta abundancia, siguiendo una exponencial negativa ( $R^2 = 0.862$ ) (Figura 2). Esta tendencia, conforme aumenta la abundancia relativa de las especies, es común en la vegetación leñosa del MET, tanto madura (Mora *et al.*, 2013) como disturbada (Pequeño *et al.*, 2012). Cabe destacar que únicamente *M. monancistra* y *A. amentacea* presentaron un valor elevado en este parámetro (≥10%).

*E. camaldulensis* registró 240 ind ha<sup>-1</sup> and *E. globulus*, 225 ind ha<sup>-1</sup>, that as a whole, make up 9.7 % of the relative abundance of the assessed area. The native species of MET had a density of 4 301 ind ha<sup>-1</sup> (Table 2).

The number of species with little representation was high (relative abundance ≤2%), and progressively lowered towards those of great abundance, in a negative exponential ( $R^2 = 0.862$ ) (Figure 2). This tendency, as the relative abundance of species increase, it is regularly found in woody vegetation of MET, both, mature (Mora *et al.*, 2013) and disturbed (Pequeño *et al.*, 2012). It is worth-noting that only *M. monancistra* and *A. amentacea* showed a high value in this parameter (≥10%).

Figure 3 shows the relation between abundance and species, ordered in categories from highest to lowest (Villarreal *et al.*, 2006), in which there are only considered those with more than 15 ind ha<sup>-1</sup>. The diversity - dominance distribution indicates the existence of one that is highly represented (*M. monancistra*), followed by the three typical of MET (*A. amentacea*, *Z. fagara* and *K. humboldtiana*). The rest have a density under 156 ind ha<sup>-1</sup>.

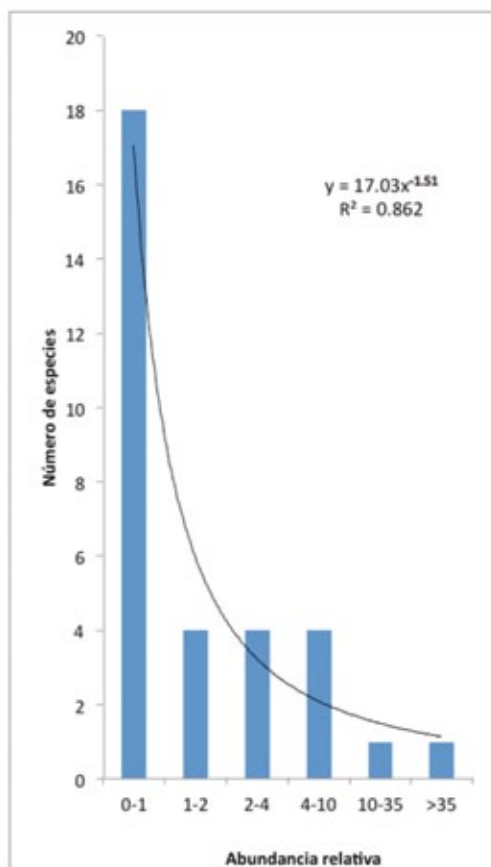


Figura 2. Abundancia relativa de las especies en el área de estudio.

Figure 2. Relative abundance of the species in the study area.

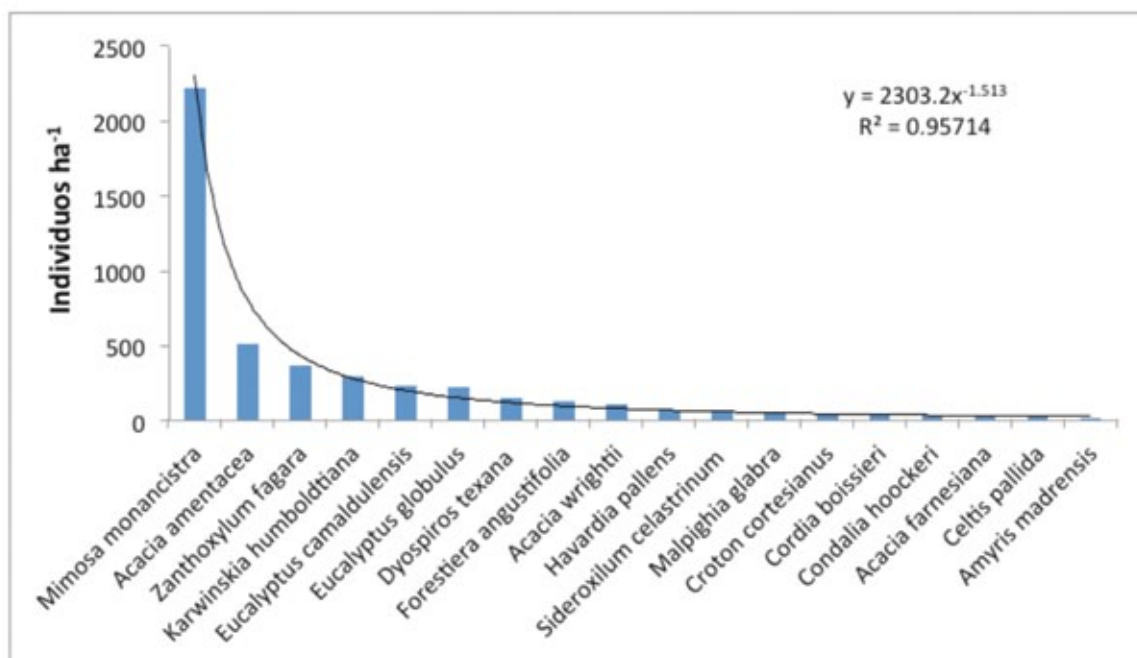


Figura 3. Modelo paramétrico de distribución dominancia - diversidad.  
Figure 3. Parametric model of the dominance - diversity distribution.

La Figura 3 muestra la relación entre abundancia y especies, ordenadas en categorías de la mayor a la menor (Villarreal *et al.*, 2006), en la que solo se consideran aquellas con más de 15 ind ha<sup>-1</sup>. La distribución de diversidad - dominancia indica la existencia de una altamente representada (*M. monancistra*), seguida de tres típicas del MET (*A. amentacea*, *Z. fagara* y *K. humboldtiana*). Las restantes presentan densidad menor a 156 ind ha<sup>-1</sup>.

### Cobertura

Los dos taxa de *Eucalyptus* suman, en conjunto, 4 774 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (43.5 % del total). La que registró mayor número fue *E. camaldulensis* con 3 491.7 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> y corresponde a 31.7 % del absoluto; *M. monancistra*, ocupó 2 044.6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> y *E. globulus*, 1 282.3 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. La suma final de todas las especies regeneradas del MET fue de 6 273.1 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, y la foliar de 11 047.1 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, cifra que incluye tanto nativas como exóticas y corresponde a una cobertura mayor a 100 %, y por lo tanto, la sobreposición de las copas.

### Clases diamétricas

En la Figura 4 se observa la densidad de todos los individuos (regeneración del MET y *Eucalyptus* spp.) por hectárea y clase diamétrica. Es notable un decremento en la densidad conforme aumenta el diámetro, y sobresale la clase de 0 - 5 cm, con más de 4 000 ind ha<sup>-1</sup>.

### Cover

The two *Eucalyptus* taxa, together, sum 4 774 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (43.5 % of the total). *E. camaldulensis* had the highest number with 3 491.7 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> that is 31.7 % of the absolute; *M. monancistra* is present 2 044.6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> and *E. globulus*, 1 282.3 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. The final sum of the regenerated species of MET was 6 273.1 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> and of the foliar, 11 047.1 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>; this number includes native and exotic and make up a cover over 100 %, and thus, canopies overlap.

### Diametric classes

In Figure 4 can be observed the density of all individuals (regeneration of MET and *Eucalyptus* spp.) per hectare and diametric class. A decrease in density as is worth-noting as diameter increases, in which the 0 - 5 cm class outstands with more than 4 000 ind ha<sup>-1</sup>.

The regenerated vegetation of MET showed a decrease as diameters increased; the 0 - 2 cm class was the best represented, with more than 3 500 ind ha<sup>-1</sup> (2 193 ind ha<sup>-1</sup> of *M. monancistra*). It is worth noting that most of the individuals had small sizes (0 - 4 cm), with only 175 ind ha<sup>-1</sup> larger than 4 cm and *A. farnesiana* outstands with 91 ind ha<sup>-1</sup> (Figure 5).



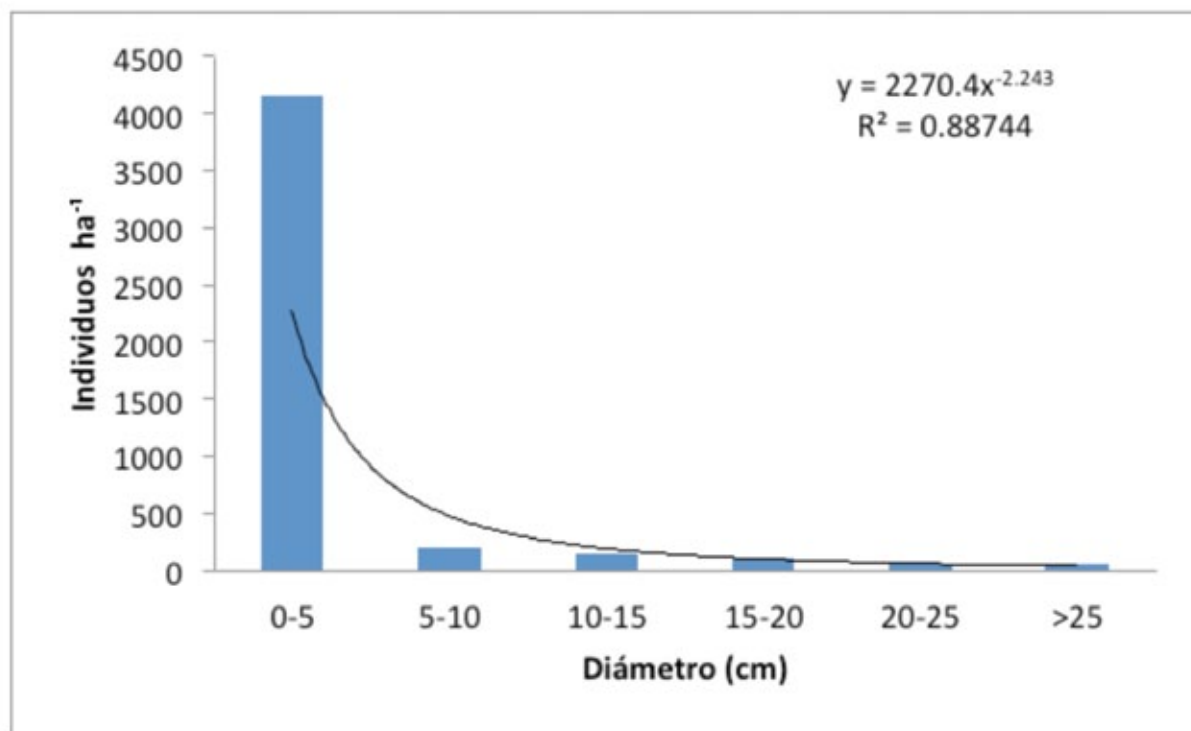


Figura 4. Densidad (regeneración del MET y *Eucalyptus* spp.) por clase diamétrica en el área de estudio.  
 Figure 4. Density (regeneration of MET and *Eucalyptus* spp.) by diametric class in the study area.

La vegetación regenerada del MET presentó un decremento conforme aumentó el diámetro; la clase 0 - 2 cm resultó la mejor representada, con más de 3 500 ind ha<sup>-1</sup> (2 193 ind ha<sup>-1</sup> de *M. monancistra*). Cabe destacar que la mayoría de los individuos correspondieron a los de dimensiones menores (0 - 4 cm), con solo 175 ind ha<sup>-1</sup> de más de 4 cm y sobresale *A. farnesiana* con 91 ind ha<sup>-1</sup> (Figura 5). Estos datos sugieren que hay regeneración activa, en la cual están presentes una gran cantidad de ejemplares de porte menor y pocos individuos grandes, lo que coincide con los estudios de Pequeño *et al.* (2012) y Jiménez *et al.* (2012), realizados en el mismo ecosistema en áreas con historial pecuario y agrícola, respectivamente.

La densidad de *Eucalyptus* spp. presentó una distribución normal, con pocos ejemplares de dimensiones menores (0 - 5 cm) y mayores (> 25 cm); las clases intermedias son las mejor representadas, y la mayor proporción de individuos correspondió a dimensiones de 5 a 20 cm (Figura 6).

### Riqueza y diversidad

La riqueza específica (S = 31) y el índice de riqueza de Margalef ( $D_{Mg} = 4.30$ ) fueron superiores a los registrados por Alanís *et al.* (2008a), Jiménez *et al.* (2009) y Jiménez *et al.* (2012) en diversos estudios realizados en áreas regeneradas del MET con historial de uso ganadero (intensivo y extensivo), agrícola

These data suggest that there is an active regeneration going on, in which there is a great amount of small samples and a few big, which agrees what Pequeño *et al.* (2012) and Jiménez *et al.* (2012) found in their studies carried out in the same ecosystem in areas with livestock and agriculture history.

The density of *Eucalyptus* spp. showed a normal distribution, with a few samples of small (0-5 cm) and large sizes (> 25 cm); the in-between classes are the best represented, and the greatest ratio of individuals was from 5 to 20 cm (Figure 6).

### Richness and diversity

Species richness (S = 31) and Margalef's richness index ( $D_{Mg} = 4.30$ ) were higher to those of Alanís *et al.* (2008a), Jiménez *et al.* (2009) and Jiménez *et al.* (2012) in several studies carried out in regenerated lands of MET with a history of livestock (intensive and extensive), agriculture and forest use after 21 years of having been abandoned. They also coincide with that reported by Mora *et al.* (2013) who assessed an area of MET with mature vegetation. This is a reaction to the prevalence of heterogeneous light conditions in the assessed area; thus, there are open spaces, where heliophilic species establish successfully, as others with canopy cover of *Eucalyptus* spp., in which shadow tolerant taxa grow. Shannon's diversity index was 2.13, a similar number to that reported by Alanís *et al.* (2008a) in regenerated lands after livestock ( $H' = 2.10$ ), agriculture ( $H' = 2.24$ )

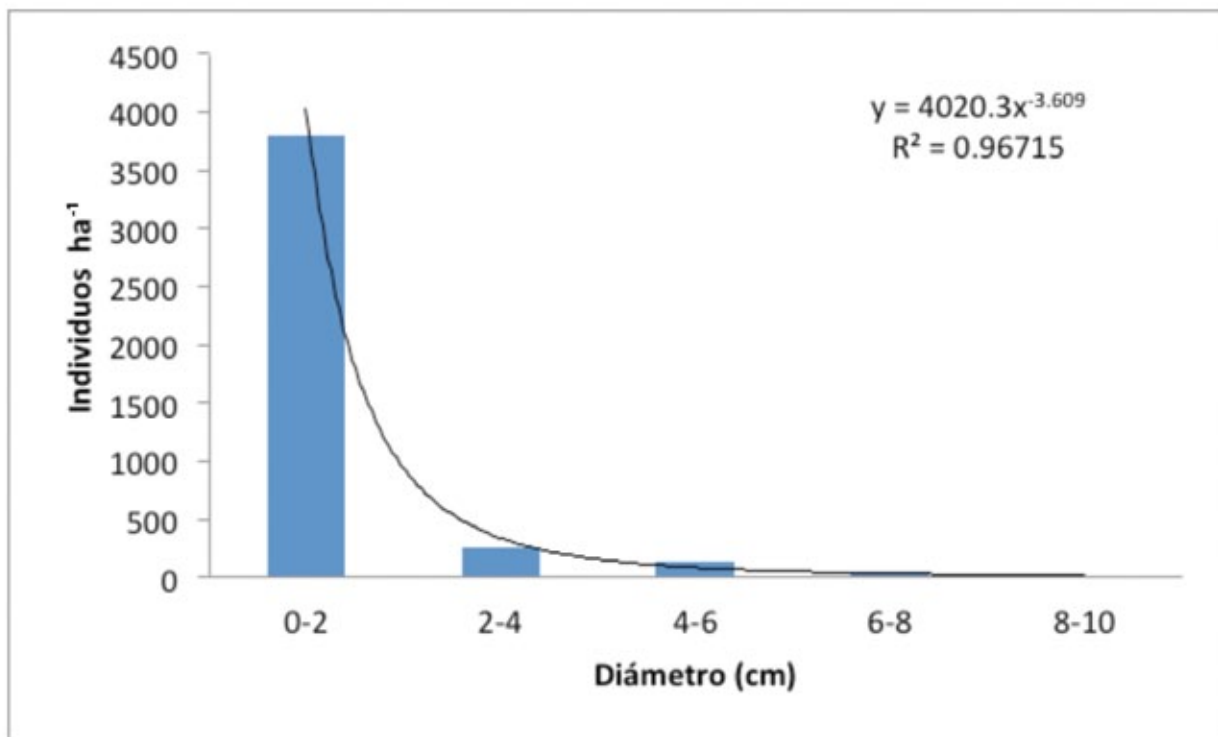


Figura 5. Densidad de individuos regenerados del MET por clase diamétrica en el área de estudio.  
Figure 5. Density of regeneration individuals of MET by diametric class in the study area.

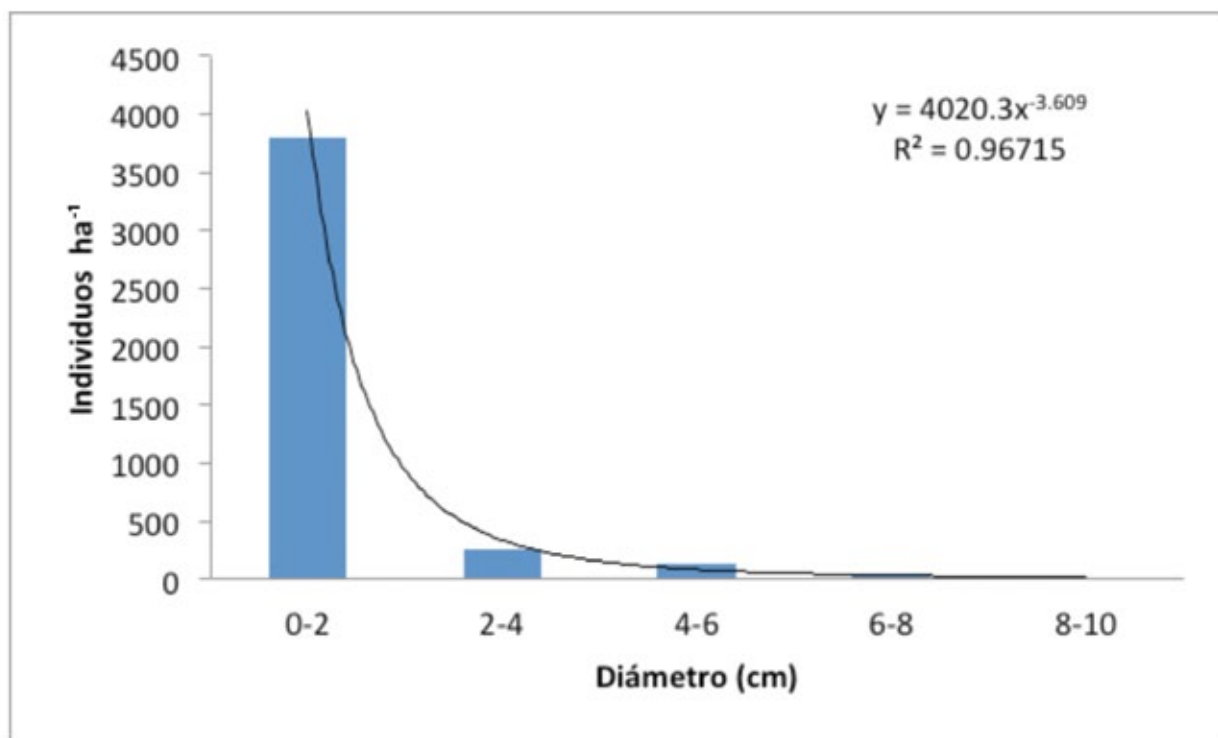


Figura 6. Densidad de individuos de *Eucalyptus* spp. por clase diamétrica en el área de estudio.  
Figure 6. Density of *Eucalyptus* spp. trees by diametric class in the study area.

y forestal con 21 años de abandono. También coinciden con los documentados por Mora *et al.* (2013) quienes evaluaron un área del MET con vegetación madura. Lo anterior responde a que el área evaluada posee condiciones lumínicas heterogéneas, por lo que existen tanto espacios abiertos, donde se establecen adecuadamente las especies heliófilas, como áreas con cobertura de copa de *Eucalyptus* spp., en las que se desarrollan taxa tolerantes a la sombra. El índice de diversidad de Shannon fue de 2.13, valor similar a lo registrado por Alanís *et al.* (2008a) en áreas regeneradas después de actividades ganaderas ( $H'=2.10$ ), agrícolas ( $H'=2.24$ ) y forestales de matarrasa ( $H'=2.27$ ) y similar a lo consignado por Mora *et al.* (2013) en un área con vegetación madura ( $H'=2.26$ ).

## CONCLUSIONES

En el Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) hay regeneración natural de especies leñosas nativas en plantaciones de *Eucalyptus*, 27 años después de haberse establecido. Se presenta alta densidad (4 301 ind ha<sup>-1</sup>), especialmente en las clases diamétricas bajas y hay decremento conforme aumenta el diámetro; este parámetro se conforma principalmente por *M. monancistra*. En taxones nativos la cobertura de copa es superior a la del eucalipto. Los valores de riqueza de especies e índice de Margalef respecto al restablecimiento son mayores a los registrados en áreas cercanas con características similares, lo cual se debe a que la copa de *Eucalyptus* spp. provee condiciones lumínicas heterogéneas que propician ambientes favorables para que se desarrollen variedades tanto heliófilas como tolerantes a la sombra. El resultado del índice de Shannon es semejante al de áreas regeneradas del MET después de actividades productivas y de un área con vegetación madura. 🌱

## AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León por todas las facilidades otorgadas para el establecimiento y desarrollo de la investigación y a todas las personas que participaron en las actividades de campo.

## REFERENCIAS

- Alanís, E. 2006. Diversidad de especies arbóreas y arbustivas en áreas con distinto historial de uso antropogénico en el matorral espinoso tamaulipeco. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, NL México. 97 p.
- Alanís, E., J. Jiménez P., O. Aguirre C., E. Treviño G., E. Jurado Y y M. González T. 2008a. Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. Revista Ciencia UANL 11 (1): 56-62.
- Alanís, E., J. Jiménez, D. Espinoza, E. Jurado, O. A. Aguirre y M. A. González, 2008b. Evaluación del estrato arbóreo en un área restaurada post-incendio en el Parque Ecológico Chipinque. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 14 (2): 113-118.

and forest activities of clear-cutting ( $H'=2.27$ ) and similar to what Mora *et al.* (2013) reported in a place with mature vegetation ( $H'=2.26$ ).

## CONCLUSIONS

In the Tamaulipan thornscrub (MET) there is natural regeneration of the native woody species in *Eucalyptus* plantations, 27 years after their establishment. There is high density (4 301 ind ha<sup>-1</sup>), especially in the low diametric classes and there is a decrease as diameter increases; this este parameter is mainly made up by *M. monancistra*. In native taxons, the canopy cover is larger than that of eucalyptus. The values of species richness and Margalef's index in regard to the reestablishment are greater than those recorded in neighboring areas with similar characteristics, which is due to the fact that the canopy of *Eucalyptus* spp. provides heterogeneous light conditions that promote good environments to develop both heliophyllic and tolerant varieties. The result of Shannon's index is similar to that of regenerated areas of MET after productive activities and of zone with mature vegetation. 🌱

## ACKNOWLEDGEMENTS

To the Facultad de Ciencias Forestales of the Universidad Autónoma de Nuevo León for its support provided to establish and develop this research and to all the people who took place in field activities.

*End of the English version*



- Ávila, L., W. Murillo, E. Durango, F. Torres, W. Quiñones y F. Echeverri. 2007. Efectos alelopáticos diferenciales de extractos de eucalipto. *Rev. Scientia et Technica* 8 (33): 203-204.
- Camargo S., L. y V. García. 2001. El género *Mimosa* L. (Fabaceae) y la restauración ecológica. *Contactos* 39: 34-42.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATE). 1984. Departamento de recursos naturales renovables. Normas para la Investigación Silvicultural para especies leñosas. Manual Técnico No.1. Turrialba, Costa Rica. 113 p.
- Ceccon, E. y M. Martínez-Ramos. 1999. Aspectos ambientales referentes al establecimiento de plantaciones de eucalipto de gran escala en áreas tropicales: aplicación al caso de México. *Revista Interciencia* 24 (6): 352-359.
- Cincotta, R. P., J. Winszewski and R. Engelman. 2000. Human population in the biodiversity hotspots. *Nature* 404: 990-991
- De Jesus-Hitzchky, A. P. Carraro and L. Scanava Jr. 2008. Assessment of Impacts of the Forest Incentive Program based on *Eucalyptus* Monoculture with the „NOVA-Tec System”. *Journal of Technology Management & Innovation* 3 (4): 119-132.
- Delgado C., C. E., J. R. Valdez L., A. M. Fierros G., H. M. de los Santos P. y A. Gómez G. 2010. Aptitud de áreas para plantaciones de eucalipto en Oaxaca y Veracruz: proceso de análisis jerarquizado vs. álgebra booleana. *Rev. Mex. Cien. For.* 1 (1): 123-133
- Espinoza, R. B. y J. de J. Nívar. 2005. Producción de biomasa, diversidad y ecología de especies en un gradiente de productividad en el matorral espinoso tamaulipeco del nordeste de México. *Revista Chapingo. Serie de Ciencias Forestales y del Ambiente* 11 (1): 25-31.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020. Informe Nacional México. Latin American Forestry Sector Outlook Study Working Paper. Rome, Italy. 96 p.
- Flores, E., J. Frías, P. Jurado, J. Figueroa, V. Olalde y A. Valdivia. 2006. Influencia del gatuño (*Mimosa monanctistra* Benth.) en la infiltración de agua y la cantidad de forraje en pastizales con diferente grado de disturbio en el altiplano central mexicano. *Técnica Pecuaria de México* 33 (1): 27-40.
- García, J. y E. Jurado. 2008. Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares N.L., México. *Ra Ximhai* 4 (1): 1 - 21.
- Gayoso, J. y D. Alarcón. 1999. Guía de conservación de suelos forestales. Proyecto Certificación del Manejo Forestal en las Regiones Octava, Décima y Duodécima. Programa de Producción Forestal y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 96 p.
- Golfín, J. I., R. Díez, E. Hermoso, C. Baso, J. M. Casas y O. González. 2007. Caracterización de la madera de *Eucalyptus globulus* para uso estructural. *Boletín del CIDEU* 4: 91-100.
- González, M., E. Treviño y E. Jurado. 1997. Diversidad florística de la vegetación secundaria en un área de matorral del noreste de México. *Journal International of Phytologia*. 83 (4): 280-281.
- Hidalgo, O. 2002. La Plantación de Eucalipto en Chiapas. Biodiversidad en América Latina y El Caribe 294: 1-8.
- Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). 1986. Síntesis geográfica del estado de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F. México. 170 p.
- Jiménez, J., E. Alanís, O. Aguirre, M. Pando y M. González. 2009. Análisis sobre el efecto del uso del suelo en la diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco. *Madera y Bosques* 15 (3): 5-20.
- Jiménez, J., E. Alanís, J. L. Ruiz, M. A. González, J. I. Yerena y G. J. Alanís. 2012. Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el NE de México. *Ciencia UANL* 15 (2): 66-71.
- Jiménez, J., E. Alanís, M. A. González, O. A. Aguirre y E. J. Treviño. 2013. Characterizing woody species regeneration in areas with different land history tenure in the tamaulipan Thornscrub, Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 58 (3): 299-304.
- Magurran, A. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company, Oxford, UK. pp. 106 -121.
- Martínez, R., H. Azpíroz, J. Rodríguez, V. Cetina y M. Gutiérrez. 2006. Importancia de las plantaciones forestales de *Eucalyptus*. *Ra Ximhai* 2 (3): 815-846.
- Martínez, R., H. Azpíroz, J. Rodríguez, V. Cetina, M. Gutiérrez y J. Sahagún. 2005. Micropropagación clonal *in vitro* de *Eucalyptus grandis* y *E. urophylla*. *Ra Ximhai* 1 (1): 111-130.
- Mora, C. A., E. Alanís, J. Jiménez, M. A. González, J. I. Yerena y L. G. Cuellar. 2013. Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada*. 12 (1): 29-34.
- Moré E. M. Fanlo; R. Melero; R. Cristóbal. 2010. Guía para la producción sostenible de plantas aromáticas y medicinales. Innovación y transferencia para el desarrollo rural (Intrader). Centro Tecnológico Forestal de Catalunya. Solsona, Lleida, España. 265 p.
- Müller - Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons, New York, NY. USA. 54 p.
- Pequeño, M. A., E. Alanís, J. Jiménez, M. A. González, J. I. Yerena, G. Cuellar y A. Mora. 2012. Análisis de la restauración pasiva post-pecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Ciencia UAT* 24 (2): 42-47.
- Programa de Investigaciones de Impactos Ambientales de Plantaciones Forestales (PIAF). 1998. Evaluación del impacto ambiental de las plantaciones forestales industriales. Componente suelo y agua. (Informe final, Fase II). Santafé de Bogotá, Colombia. 76 p.
- Rosenzweig, M. L. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 460 p.
- Sisa, J. 2004. Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labil.). Universidad Austral de Chile. EcoAldea, Fitoterapia y Natura. 114 p.
- Souto, X. C., L. González y M. J. Reigosa. 1993. Estudio de los efectos alelopáticos producidos por partes aéreas de distintas especies arbóreas (*Eucalyptus globulus*, *Acacia melanoxylon*, *Quercus robur*, *Pinus radiata*) en descomposición en el suelo. Congreso Forestal Español. Pontevedra, España. Tomo 1: 189 - 194.
- Veiras, X. y M. Soto. 2010. La conflictividad de las plantaciones de eucalipto en España (y Portugal). Campaña de Bosques y Clima de Greenpeace España. Madrid, España 96 p.
- Velázquez, A., J. F. Mas, J. R. Diaz, R. Mayorga, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México. *Gaceta Ecológica*, 62: 21 - 37.
- Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 236 p.