

## SELECCIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS PARA LA RESTAURACIÓN DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO

### SELECTION OF TREE AND SHRUB SPECIES FOR THE RESTORATION OF THE TAMAULIPAN THORN SHRUB

José Antonio Vega-López<sup>1</sup>, Eduardo Alanís-Rodríguez<sup>2</sup>, Víctor Manuel Molina-Guerra<sup>1,2</sup>, Enrique Buendía-Rodríguez<sup>3\*</sup>, Juan Daniel Marín-Solís<sup>4\*</sup> y Alejandro Guadalupe Alcalá-Rojas<sup>5</sup>

<sup>1</sup>RENAC, S.A. de C.V. Corregidora 102 Nte, Col. Centro, C.P. 67700, Linares, N.L., México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales (UANL-FCF). Km 145 Carretera Linares-Cd. Victoria. 67700, Apartado Postal 41, Linares, N.L., México.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México (INIFAP-CEVAMEX). Km. 13.5 Carretera los Reyes-Textcoco. 56250, Apartado Postal 10. Coatlínchán, Textcoco, Estado de México, México. \*Autor por correspondencia, correo-e: buendia.enrique@inifap.gob.mx

<sup>4</sup>Geoprospect, S.A. de C.V. José S. Vivanco #310, Col. San Francisco, C.P. 67700, Linares N.L., México.

<sup>5</sup>Ternium, S.A. de C.V., Universidad 992, Col. Cuauthemoc, C.P. 66450, San Nicolás de los Garza N.L., México.

RECIBIDO: 15/06/2017 **RESUMEN**

ACEPTADO: 12/10/2017

PALABRAS CLAVE:

crecimiento en altura,  
crecimiento en diámetro,  
matorral Espinoso  
tamaulipeco,  
Sobrevivencia de  
especies trasplante.

KEYWORDS:

growth in height,  
growth in diameter,  
tamaulipan  
thornscrub,  
survival of  
transplant species.

El matorral espinoso tamaulipeco es un ecosistema que se encuentran altamente fragmentado por el cambio de uso de suelo. Para recuperar estas áreas degradadas es necesario definir especies representativas que tengan los mejores resultados para la restauración ecológica. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la sobrevivencia y desarrollo de especies representativas del matorral espinoso tamaulipeco después de ser trasplantadas y seleccionar las más adecuadas en función de su supervivencia e incremento en diámetro basal y altura total, en el municipio de Pesquería, Nuevo León. Se realizó el censo de las 11 especies trasplantadas mediante tres mediciones en diferentes etapas de desarrollo (inicio, seis meses y un año), a las cuales se contabilizó la sobrevivencia y se midió el diámetro basal y la altura total. Se encontró que las especies que registraron mayor porcentaje de sobrevivencia fueron *Forestiera angustifolia*, *Prosopis glandulosa*, *Castela erecta* con 100, 83 y 75 % respectivamente; en incrementos del diámetro de las especies *Prosopis glandulosa*, *Leucophyllum frutescens*, *Eysenhardtia texana*, *Cordia boissieri*, *Acacia amentacea* y *Acacia farnesiana* mostraron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ); a su vez en altura para *Prosopis glandulosa* y *Leucophyllum frutescens* mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Las especies *Cordia boissieri*, *Castela erecta*, *Zanthoxylum fagara*, *Parkinsonia texana* y *Croton incanus* mostraron buena capacidad de rebrotes una vez establecidas. Se concluye que las especies con mejor potencial para la restauración fueron *Prosopis glandulosa*, *Leucophyllum frutescens* y *Eysenhardtia texana* con un 55%.

#### ABSTRACT

The Tamaulipan thornscrub is an ecosystem that is highly fragmented by the change of land use. To recover these degraded areas it is necessary to define representative species that have the best results for ecological restoration. The objective of this work was to evaluate the survival and development of representative species of Tamaulipan thornscrub after being transplanted and to select the most appropriate ones according to their survival and increase in basal diameter and total height at the municipality of Pesquería, Nuevo León. The census of the 11 transplanted species was carried out by means of three measurements at different stages of development (transplantation, six months and one year), in which survival was recorded and baseline diameter and total height were measured. It was found that the species that registered the higher percentage of survival were *Forestiera angustifolia*, *Prosopis glandulosa*, *Castela erecta* with 100, 83 and 75% respectively; in diameter increments, *Prosopis glandulosa*, *Leucophyllum frutescens*, *Eysenhardtia texana*, *Cordia boissieri*, *Acacia amentacea* and *Acacia farnesiana* showed significant differences ( $p < 0.05$ ); as well as height for *Prosopis glandulosa* and *Leucophyllum frutescens* showed significant differences ( $p < 0.05$ ). The species *Cordia boissieri*, *Castela erecta*, *Zanthoxylum fagara*, *Parkinsonia texana* and *Croton incanus* showed good sprouting capacity once established. It was concluded that the species with the best potential for restoration were *Prosopis glandulosa*, *Leucophyllum frutescens* and *Eysenhardtia texana* with 55%.

## INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas y semiáridas en México abarcan aproximadamente el 50% del territorio nacional (González-Medrano, 2003; INEGI, 2003), aunque algunos autores como Challenger y Soberón, (2008) reportan apenas un 35%. Este ecosistema se caracteriza por presentar una escasa y errática precipitación, lo que limita una producción sostenida. Estas condiciones ambientales y la falta de planeación y gestión sustentable han generado una problemática de sobreexplotación de sus recursos naturales (Toledo y Ordoñez, 1998; Arámbula, 2005; Aide et al., 2013; Rosete-Vergés et al., 2014).

Los matorrales son los ecosistemas más abundantes de México, sin embargo y a pesar de su escasa riqueza de especies (por km<sup>2</sup>) su contribución a la flora fanerogámica se estima en unas 6 000 especies, cifra mayor a las reportadas en las selvas húmedas (Challenger y Soberón, 2008). Autores como Alanís et al. (2013), Mora-Donjuán et al. (2013a y 2013b), Molina-Guerra et al. (2013) y Martínez-Salvador (2013) mencionan que en la actualidad, los matorrales han sido transformados por diferentes actividades productivas como minería, ganadería extensiva, agricultura altamente técnica y de subsistencia; también se ha manipulado este tipo de vegetación para poder extraer en mayor medida especies como candelilla, orégano, lechuguilla, mezquite, entre otras. Todos estos factores han causado una disminución de la cobertura vegetal y cambios en su estructura original. Para recuperar las áreas afectadas en menor tiempo se puede recurrir a la restauración ecológica, que se define como el conjunto de acciones con una visión a largo plazo, mediante el cual se asiste, facilita o simula la sucesión natural (Clewell et al., 2004; Young, 2013) y se obtiene rápidamente la estructura y funcionamiento del ecosistema (Barrera y Ríos, 2002). La práctica más común para este fin es la reforestación con árboles y arbustos nativos (Butterfield, 1995; Hooper et al., 2002).

Debido a lo anterior, en el presente trabajo se identificó la necesidad de reforestar un área de conservación de flora y fauna del matorral espinoso tamaulipeco, siendo un problema que los viveros de la localidad producen una limitada oferta de especies nativas. Con lo que se limita la disponibilidad de planta para cierta actividad de restauración. Para incorporar una riqueza de especies similares a una comunidad madura, se procedió a rescatar especies arbóreas y arbustivas de un área donde existía autorización de cambio de uso del suelo por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para ser reubicadas en el área degradada.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la sobrevivencia y desarrollo de especies representativas del matorral espinoso tamaulipeco después de ser trasplantadas y

seleccionar para las más adecuadas en función de su supervivencia e incremento en diámetro basal y altura total, en el municipio de Pesquería, Nuevo León.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** Se encuentra en el municipio de Pesquería, Nuevo León, México, entre las coordenadas 25° 45' N y 99° 57' W (Fig. 1), dentro de la provincia de la Llanura Costera del Golfo. La temperatura media anual se encuentra entre los 20-24°C, con una precipitación anual entre 500 y 700 mm y una altitud de 330 msnm. El clima es semicálido subhúmedo con lluvias escasas todo el año (ACx) (García, 1981).

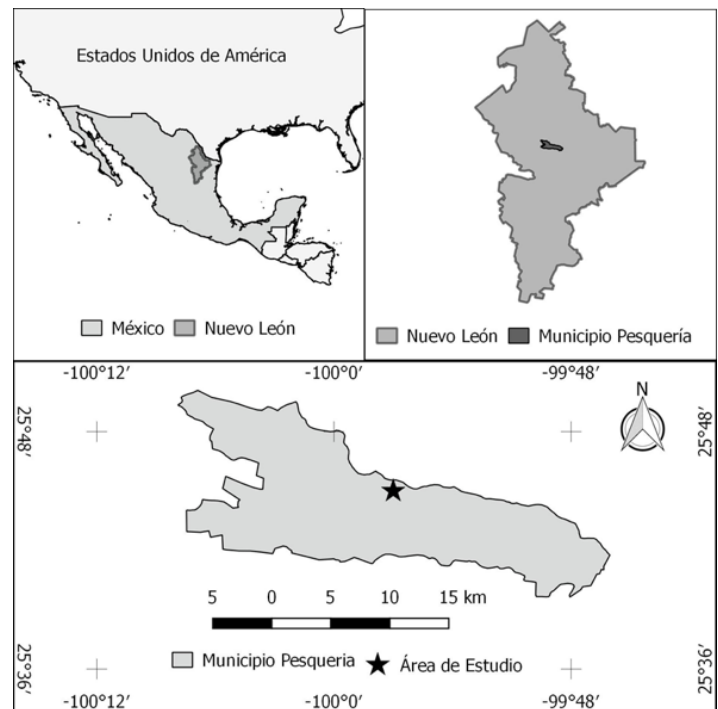


Figura 1. Mapa de localización geográfica del área de estudio.

**Toma de datos.** En el trasplante se seleccionaron 11 especies arbóreas y arbustivas nativas del Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET), distribuidas en ocho familias y 10 géneros (Tabla 1), el cual fue realizado en diciembre de 2014 sobre un terreno desprovisto de vegetación, el cual tiene un historial de uso agrícola y pertenece a un área de conservación de flora y fauna de la empresa metalúrgica Ternium®. En la Tabla 1 se muestra la familia, nombre científico, nombre común y forma biológica de los individuos rescatados. Las 11 especies se seleccionaron debido a su alta abundancia en la localidad del rescate, ya que han sido documentadas con altos índices de valor de importancia en el MET (Alanís et al., 2013; Mora-Donjuán et al., 2013a; Molina-Guerra et al., 2013). Se trasplantaron 366 individuos en marco real a 3x3 m, para facilitar los riegos y deshierbes. Se realizaron tres mediciones en diferentes etapas de desarrollo para cada una de las plantas, la primera durante el trasplante, otra a seis meses y finalmente, a un año de establecidas.

Tabla 1. Listado de las especies con mayor abundancia en el área de estudio.

Familia	Especie	Nombre Común	Forma biológica
Fabaceae	<i>Acacia amentacea</i> DC.	Gavia	Arbusto
	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Huizache	Arbusto
	<i>Eysenhardtia texana</i> Scheele	Vara dulce	Arbusto
	<i>Prosopis glandulosa</i> Torr.	Mezquite	Árbol
Simaroubaceae	<i>Castela erecta</i> subsp. <i>texana</i> (Torr & A. Gray) Cronquist	Chaparro amargoso	Arbusto
Boraginaceae	<i>Cordia boissieri</i> A. DC.	Anacahuita	Árbol
Euphorbiaceae	<i>Croton incanus</i> Kunth	Salvia	Arbusto
Oceaceae	<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	Panalero	Arbusto
Serophulariaceae	<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berland.) I.M. Johnst.	Cenizo	Arbusto
Caesalpinaceae	<i>Parkinsonia texana</i> (A. Gray) S. Watson	Palo verde	Árbol
Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Colima	Arbusto

Las variables recopiladas fueron sobrevivencia, además, diámetro basal ( $d_{0.10}$ ) y altura total ( $at$ ), estos datos fueron medidos del tallo principal, en caso de que este no sobreviviera (2da y 3ra evaluación), se midió el nuevo rebrote con mayor altura y diámetro (rebrote que tome el rol de tallo principal). Las mediciones para sobrevivencia se realizaron mediante la siguiente ecuación:

**Estimación de sobrevivencia.** Este parámetro permite tener una estimación cuantitativa del éxito de la plantación bajo la influencia de los factores del sitio (CONAFOR, 2010). El valor obtenido es la proporción de árboles que están vivos en relación con los árboles efectivamente plantados.

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{\sum_{i=1}^n m_i} * 100$$

Donde:  $P$ = Proporción estimada de árboles,  $a_i$ =Número de plantas vivas en el sitio de muestreo,  $i, m_i$ = Número de plantas vivas y muertas en el sitio de muestreo  $i$

**Análisis de datos.** Para determinar diferencias estadísticas en los valores de crecimiento de diámetro y altura total se realizó un análisis no paramétrico utilizando la prueba de una vía de Kruskal-Wallis, debido a que no presentan una distribución normal. La hipótesis nula ( $H_0$ ) planteada es que no existe diferencia significativa en crecimiento en diámetro basal y altura total contra la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) que es al menos en un periodo evaluado existe diferencia significativa en crecimiento, tanto en altura como en diámetro con un grado de significancia ( $p < 0.05$ ), de ser así la  $H_0$  se rechaza. Los análisis fueron realizados con el programa

estadístico IBM Statistic 20.0®

Para determinar las especies con mejores resultados en un programa de restauración se consideraron tres factores principales: la supervivencia, y el crecimiento en diámetro basal y altura total. Se elaboró un gráfico bajo los criterios de sobrevivencia (50%), diámetro basal (25%) y altura total (25%). La sobrevivencia presenta mayor porcentaje debido a que es la variable que garantiza el éxito del establecimiento de la comunidad vegetal y con menor valor el incremento de las variables de diámetro basal y altura total. Los resultados se distribuyeron en cuatro grupos de acuerdo a la respuesta de adaptación, estructurados como excelente (81-100%), bueno (61-80%), regular (41-60%) y mala (<40%). Para determinar diferencias entre grupos se realizó una prueba de T posterior al análisis.

## RESULTADOS

**Sobrevivencia.** Considerando todas las especies se reportó una sobrevivencia durante la segunda y tercera evaluación de 63.9 y 51.6%, respectivamente. Las especies que presentaron mayor sobrevivencia a un año de haber sido trasplantadas fueron *Forestiera angustifolia* (100%), *Prosopis glandulosa* (83%), *Castela erecta* (75%) y *Zanthoxylum fagara* (70%). Las cuatro especies antes mencionadas presentaron rebrotes desde la base del tallo durante la segunda y tercera evaluación. Las especies que presentaron menor sobrevivencia fueron *Acacia amentacea* (36%), *A. farnesiana* (21%) y *Leucophyllum frutescens* (19%), que no presentaron rebrotes en la base del tallo (Fig. 2).

**Crecimiento en diámetro.** En general, las especies de matorral son de crecimiento lento y están adaptadas a condiciones climáticas adversas. Los diámetros basales de las especies *A. amentacea* ( $p=0.00$ ), *A. farnesiana*

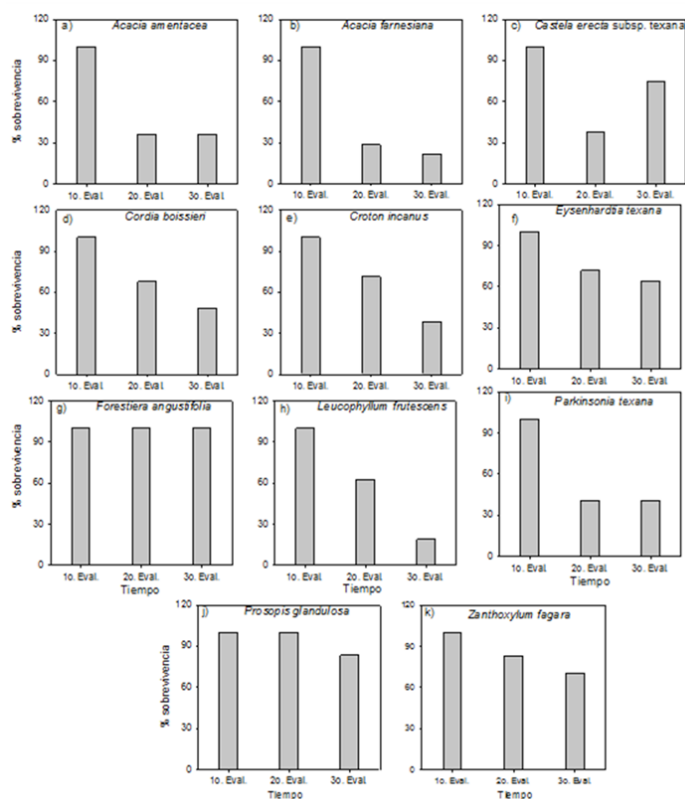


Figura 2. Sobrevivencia de las 11 especies estudiadas en tres periodos de evaluación (Al trasplante, seis meses y un año de establecimiento).

( $p=0.037$ ), *L. frutescens* ( $p=0.02$ ) y *P. glandulosa* presentaron diferencias significativas ( $p<0.05$ ) durante el tiempo de evaluación. *A. amentacea* presentó un mayor incremento en comparación *A. farnesiana*, mientras que *C. erecta* estadísticamente no presentó diferencias significativas. Todas ellas con excepción de *E. texana* presentaron los mismos valores al inicio y a los seis meses, pero incrementaron de tamaño al año de evaluación. *Cordia boissieri* presentó una disminución significativa ( $p=0.003$ ) del diámetro a los seis meses, pero incrementó al año (Fig. 3).

Durante el establecimiento el 79.9% de individuos se encontraron en la categoría diamétrica de <10 mm, 18.7 % entre 10-20 mm y menos del 1.4 % en 20 mm, seis meses después se registró el 33.4 %, 28.5 % y 1.9 % en las primeras categorías diamétricas respectivamente, ya que se presentó una mortalidad del 36.2 % (Tabla 2). El incremento en diámetro presentado fue del 15.8 % principalmente en los individuos cercanos a las categorías diamétricas inmediatas superiores. De los 297 individuos que se encontraron en la categoría 1 (>10 mm) en la primera evaluación, 47 individuos pasaron a la categoría 2 (10 a 20 mm) en la segunda medición y de ellos solo 1, paso a la categoría 3 (20 a 30 mm). De los 74 individuos que se ubicaron en la categoría 2 y 3 evaluados en la primera medición, ninguno pasó a la categoría inmediata superior.

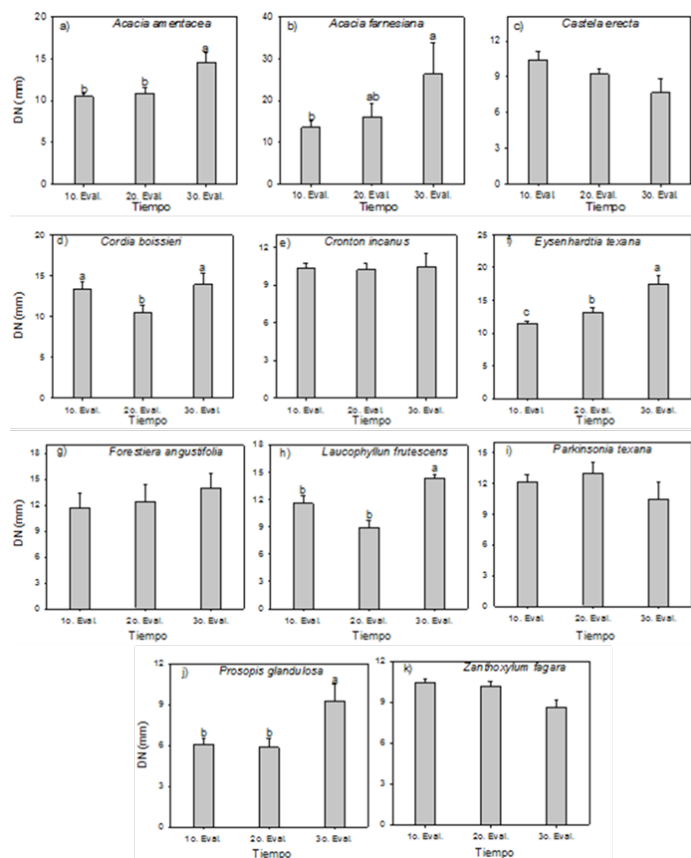


Figura 3. Crecimiento en diámetro de las 11 especies estudiadas en tres periodos de evaluación (Al trasplante, seis meses y un año de establecimiento). DN: Diámetro Normal (mm). Medias seguidas por diferentes letras (a, b, c) indican niveles diferentes de significancia para  $p<0.05$ .

Tabla 2. Categorías diamétricas de las plantas reubicadas.

Categoría Diamétrica (mm)	Establecimiento (%)	Seis meses (%)	Un año (%)
0-10	79.9	33.4	19.6
10-20	18.7	28.5	27.2
20-30	1.4	1.9	3.3
30-40	0	0	0.8
Mortalidad	0	36.2	49.1

**Crecimiento en altura.** La única especie que presentó un incremento significativo en altura fue *L. frutescens* ( $p=0.05$ ). Mientras que las especies *C. erecta* ( $p=0.012$ ), *C. boissieri* ( $p=0.003$ ), *Parkinsonia texana* ( $p=0.08$ ) y *Zanthoxylum fagara* ( $p=0.00$ ) presentaron mortalidad del tallo principal, pero como se mencionó anteriormente presentaron nuevos rebrotes en la base del tallo, tomando uno de estos el rol de tallo principal, sin embargo no alcanzaron la altura original. Por lo que al evaluarlas presentan un “decremento en altura” y se ve reflejado con diferencias significativas. El resto de las especies no mostraron diferencias en altura durante las mediciones (Fig. 4).

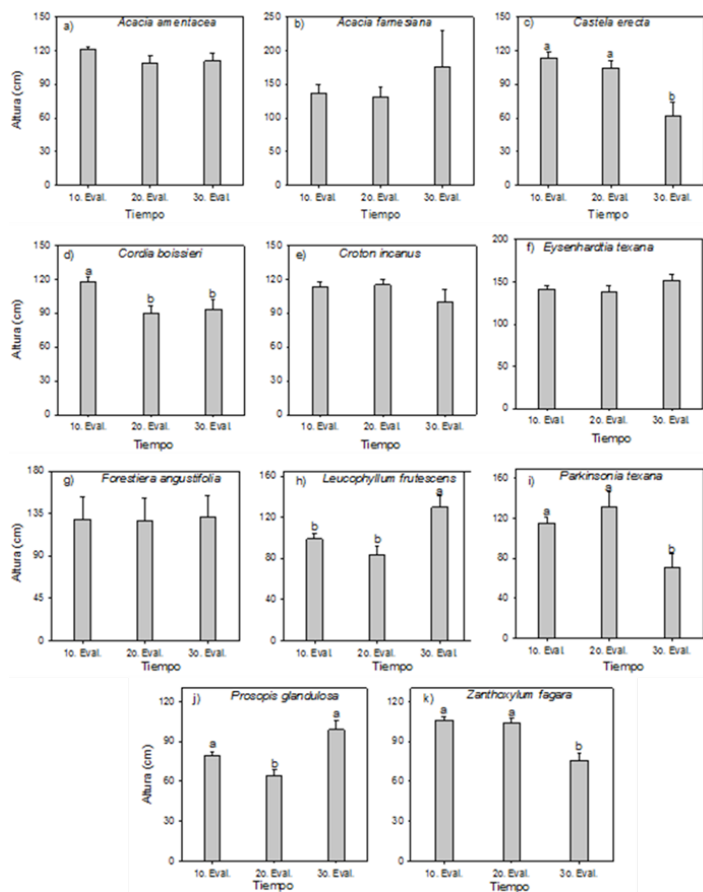


Figura 4. Crecimiento en altura de las 11 especies estudiadas en tres periodos de evaluación (Al trasplante, seis meses y un año de establecimiento). Medias seguidas por diferentes letras (a, b, c) indican niveles diferentes de significancia para  $p < 0.05$ .

**Selección de especies para programas de rescate.** De acuerdo a los valores de supervivencia y crecimiento en diámetro ( $d_{0.10}$ ) y altura ( $at$ ), la especie que presentó los mayores valores fue *P. glandulosa*, siendo la especie que presentó valores altos en las tres variables consideradas (45, 21 y 22%, respectivamente), seguida por *L. frutescens*, a pesar de presentar valores bajos de supervivencia es una especie que incrementó en  $d_{0.10}$  y  $at$ , como se puede observar en las figuras 4 y 5. *E. texana*, *C. boissieri* y *A. amentacea* presentaron valores intermedios de supervivencia y de  $d_{0.10}$ . Mientras *F. angustifolia* presentó un alto valor de supervivencia sin incremento en las demás variables estudiadas. La especie *C. erecta*, *Z. fagara*, *P. texana* y *C. incanus* pese a que no presentaron incremento en su  $d_{0.10}$  y  $at$  del tallo principal, si presentaron rebrotes en la base del tallo, estrategia que le permite acaparar espacio del dosel (Fig. 5).

## DISCUSIÓN

**Sobrevivencia.** El presente trabajo mostró especies con alto porcentaje de supervivencia, como *F. angustifolia* y *P. glandulosa* (100 y 83% a un año del establecimiento respectivamente). A nivel general, considerando todas

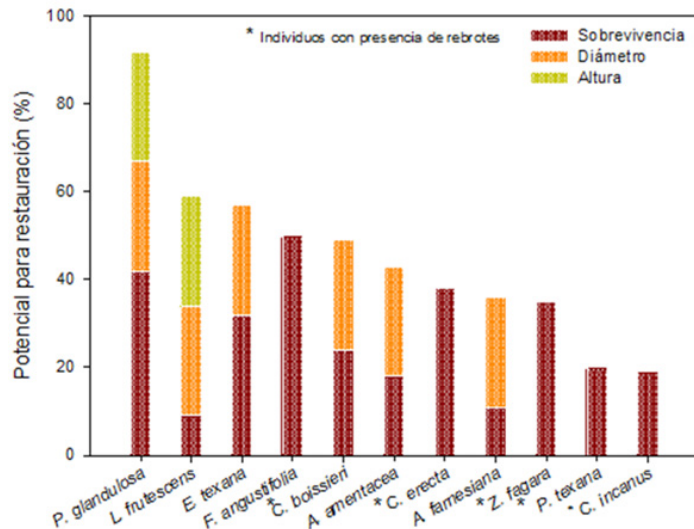


Figura 5. Importancia de las especies para la restauración del Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET).

las especies se reportó una supervivencia durante la segunda y tercera evaluación de 63.9 y 51.6%, respectivamente. Estos valores fueron similares a los reportados por López-Aguillón y López-García (2013) que evaluaron una reforestación en Linares Nuevo León, a seis meses después de la plantación reportaron un 97 % de supervivencia, mientras que a 16 años de haber sido establecida, donde reportaron una supervivencia mayor al 70%, las especies *Pithecellobium pallens* y *Cordia boissieri* registraron los valores más altos. Alanís et al. (2016) evaluaron la supervivencia de un rescate de especies del MET en el municipio de Pesquería, registrando un 85% a seis meses de la plantación. En Colombia, Díaz-Páez y Polanía (2015) rescataron plántulas nativas de 20-40 cm de altura y encontraron que la técnica mostró altos porcentajes de supervivencia. Foroughbakhch et al. (2001) evaluaron una plantación de *P. glandulosa* y registraron una supervivencia de 44% después de 14 años de evaluación en el noreste de México. Alanís-Flores y González-Alanís (2003) y Zurita-Zaragoza (2009), mencionan que esta especie es regeneradora de suelos y requiere de abundante agua durante el establecimiento de la plantación, pero después una vez adaptada es tolerante a la sequía y requiere abundante sol.

Los valores bajos de supervivencia para *A. amentacea* y *A. farnesiana* no coinciden con los resultados observados por Alanís et al., (2008) y Pequeño et al., (2012), quienes encontraron que éstas son especies pioneras que pueden regenerarse naturalmente en áreas desprovistas de vegetación en el MET, además de que, de acuerdo a Pequeño-Ledezma et al. (2012) en los estudios mencionados, se adaptaron mejor a las condiciones del trasplante. Además, el género *Acacia* es utilizado en diversas plantaciones forestales con fines de conservación y comerciales a nivel mundial (Pinilla y Navarrete, 2013; Venier et al., 2013).

**Crecimiento en diámetro.** De las 11 especies evaluadas en el estudio, cinco presentaron incremento en diámetro (*A. amentacea*, *A. farnesiana*, *E. texana*, *L. frutescens* y *P. glandulosa*) mientras que en seis no se observó diferencia (*C. erecta*, *C. boissieri*, *C. incanus*, *F. angusifolia*, *P. texana* y *Z. fagara*). De estas últimas cinco presentaron estrategia de rebrote en la base del tallo (únicamente *F. angusifolia* no mostró crecimiento ni rebrote).

Herrera (1984), Grime (2006) y Schuch et al. (2008), mencionan que una estrategia que presentan algunas especies vegetales es el rebrote después de un disturbio, característica que les permite restablecerse de sucesos naturales como incendios, heladas o huracanes. Por ejemplo, Scuch et al. (2008) encontraron que *C. boissieri* se regenera satisfactoriamente después de un episodio con presencia de heladas. En México y Estados Unidos se ha documentado la capacidad que tienen las especies del MET de reestablecerse después del tratamiento de incendio y corte total (Alanís et al., 2008; Jiménez et al., 2013; Ansley, 2013; Ansley et al., 2015).

En este estudio se presentan incrementos mayores que los reportados por García-Alanís (1997) en el MET para especies leñosas donde se registró un incremento en diámetro de 0.57 cm. durante un año, mientras que Foroughbakhch et al. (2001), reportaron el crecimiento de 6.3 cm. de diámetro en *A. farnesiana* después de 14 años de evaluación.

*Leucophyllum frutescens* presentó mortalidad en la mayor parte del tallo principal, pero con latencia en la parte inferior y se recuperó presentando incremento y posteriormente disminución de la altura, debido a la ausencia de lluvias durante los seis meses posteriores a su establecimiento, este factor también es reportado por Fowler et al. (2011), donde mencionan que el MET ha sido influenciado por el fuego y las especies tienen capacidad de rebrotar. La especie con menor crecimiento fue *C. boissieri*, ya que presentó muerte en la parte aérea del tallo principal y recuperación al momento de realizar la tercera evaluación. Alanís-Flores y Ballester-Franzoni (2007) y Foroughbakhch et al., (2001), reportaron que *C. boissieri* presentó un crecimiento de lento a moderado (9.8 cm de diámetro después de 14 años de evaluación).

**Crecimiento en altura.** Como lo describe Arriaga et al. (1994) algunas especies del matorral presentan crecimiento limitado debido a las escasas precipitaciones y altas temperaturas de las localidades donde se desarrollan, e incluso decremento a un año de establecidas, debido a la pérdida de la parte aérea de la plántula y su posterior rebrote (Grime, 2006 y Schuch et al., 2008). En el presente estudio *P. glandulosa* no presentó crecimiento después de un año de realizado el trasplante, sin embargo, se ha reportado que a mediano plazo se presentó un aumento de 3.71 m. en altura para una plantación de cinco años (García-Mosqueda et

al., 2014) y de 3.0 m. a 14 años de su establecimiento (Foroughbakhch et al., 2001). *Leucophyllum frutescens* presentó incremento en altura, debido a que su crecimiento es mayor si tiene buen drenaje (suelos arenosos). Esta especie presentó mortalidad en parte del tallo principal en la evaluación a seis meses debido posiblemente a la ausencia de agua, y presentó recuperación al momento de realizar la evaluación anual.

En este estudio especies como *A. amentacea*, *A. farnesiana*, *C. incanus*, *E. texana* y *F. angusifoliano* presentaron diferencia en altura, resultados similares a los reportados por Vargas-Mena (1991), que menciona que en una plantación de un año con *A. farnesiana* en Guerrero, México, presentó crecimiento significativo. Por su parte, Foroughbakhch et al. (2001) observó un crecimiento de 4.5 m. de altura para *A. farnesiana* después de 14 años de haber sido plantada en una reforestación de evaluación a mediano plazo.

## CONCLUSIONES

De las 11 especies evaluadas, las mejores para realizar rescate fueron *P. glandulosa*, *L. frutescens* y *E. texana* con un 55% de potencial para la restauración (unión de los tres parámetros). Si la selección fuera por parámetros separados, *F. angustifolia*, *P. glandulosa* y *C. erecta* mostraron un mejor resultado de sobrevivencia; *P. glandulosa*, *L. frutescens*, *E. texana*, *C. boissieri*, *A. amentacea*, y *A. farnesiana* si se selecciona por el incremento en diámetro; y finalmente si la selección es por altura *P. glandulosa* y *L. frutescens*.

Especies como *L. frutescens*, *C. erecta*, *C. boissieri*, *Parkinsonia texana* y *Zanthoxylum fagara* tienen presencia de rebrotes tiempo después de su establecimiento, asegurando así el crecimiento en diámetro y altura, lo cual permite que se establezcan con mayor eficiencia, restableciendo en mejor medida la estructura de la vegetación nativa del MET.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología el apoyo económico al primer autor. Se le agradece a la empresa Ternium México, S.A. de C.V., en especial al Ing. Luis Rech y el Ing. Alejandro Alcalá por todas las facilidades otorgadas para la realización de la presente investigación y a la empresa RENAC S.A. de C.V. por el apoyo en la logística de las actividades en campo y el financiamiento de los gastos de trasporte y alimentación de las brigadas de campo.

## LITERATURA CITADA

Aide, T. M., Clark, M. L., Grau, H. R., López-Carr, D.,

- Levy, M. A., Redo, D. y Muñiz, M. (2013). Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001-2010). *Biotropica*, 45(2): 262-271.
- Alanís-Flores G. y González-Alanís D. (2003). Flora nativa ornamental para el área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México: descripción botánica y requerimientos de las especies para el paisaje urbano. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 128 pp.
- Alanís-Flores G. J., Ballester-Franzoni C. (2007). El valor de nuestras plantas. Fondo editorial de Nuevo León. NL., México. 157 pp.
- Alanís, E., Jiménez, J., Aguirre, O., Treviño, E., Jurado, E. y González, M. (2008). Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL*, 11(1):56-62.
- Alanís, E., J. Jiménez, P., González, M.A., Yerana J.I., Cuellar, L.G. y Mora-Olivo, A. (2013). Análisis de la vegetación secundaria del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Phyton International Journal of Experimental Botany*. 82(2): 185-191.
- Alanís, E., Molina, V.M., Rechy, L., Alcalá, A.G., Marín, J.D. y Pequeño, M.A. 2016. Composición, diversidad y sobrevivencia de un área restaurada en el Complejo Siderúrgico de Ternium, Pesquería, México. Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas. UNAM. Primera edición. Cuernavaca, Morelos. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias; Universidad Autónoma del Estado de Morelos; Ciudad de México; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pp 255-274.
- Ansley, R.J., Kramp, B.A. y Jones, D.L. (2015). Honey Mesquite (*Prosopis glandulosa*) seedling responses to seasonal timing of fire and fireline intensity. *Rangeland Ecology and Management*, 68(2):194-203.
- Arámbula, L.T. (2005). Problemática y alternativa de desarrollo de las zonas áridas y semiáridas de México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 4(2): 17.
- Arriaga, M., Cervantes, G. y Vargas-Mena, A. (1994). Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. SEDESOL.
- Barrera, J. y Ríos, H. (2002). Acercamiento a la ecología de la restauración. *Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis*, 13(1):33-46.
- Butterfield, R. P. (1995). Promoting biodiversity: advances in evaluating native species for reforestation. *Forest Ecology and Management*, 75(1-3): 111-121.
- Challenger, A. y J. Soberón (2008). Los ecosistemas terrestres, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 87-108.
- Clewell, A., Aronson, J. y Winterhalder, K. (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. *Sociedad Internacional para la restauración ecológica*. Tucson, Arizona, Estados Unidos de América.
- CONAFOR, 2010. Comisión Nacional Forestal. 2010. Prácticas de reforestación. Manual Básico. Primera Edición. Zapopan, Jalisco, México. Pp 62.
- Díaz-Páez, M. y Polanía, J. (2015). Póster - I SRRE. Avances en restauración con nucleación de especies nativas en San Félix, Bello (Antioquia): en el I Simposio Regional de Restauración Ecológica Nodo REDCRE Cali-Suroccidente. Disponible en: [https://issuu.com/semilleroCyrunalmed/docs/\\_d\\_az-p\\_ez\\_polania\\_2015\\_-\\_p\\_/1](https://issuu.com/semilleroCyrunalmed/docs/_d_az-p_ez_polania_2015_-_p_/1).
- Fowler, N. L., Best, C. F., Price, D. M. y Hempel, A. L. (2011). Ecological requirements of the Zapata bladderpod (*Physaria thamnophila*), an endangered Tamaulipan thornscrub plant. *The Southwestern Naturalist*, 56(3), 341-352.
- Foroughbakhch, F., Hauad, L. A., Cespedes, A. E., Ponce, E. E. y González, N. (2001). Evaluation of 15 indigenous and introduced species for reforestation and agroforestry in northeastern Mexico. *Agroforestry Systems*, 51(3): 213-221.
- García-Alanís, L. C. (1997). Estudio fenológico y de crecimiento de once especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco en Linares, Nuevo León, México.
- García E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Offset Larios, México, D. F. 286 p.
- García-Mosqueda, G.E. Jiménez-Pérez, J. Aguirre-Calderón, O.A. González-Rodríguez, H. Carrillo-Parra, A. Espinosa-Ramírez, M. y García-García D. A. (2014). Biomasa de dos especies de matorral en tres densidades de plantación en Tamaulipas, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 10(2): 52-59.
- Grime, J. P. (2006). Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties. John Wiley y Sons. Chichester, UK.
- González-Medrano, F. (2003). Las comunidades vegetales de México. Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F.
- Herrera, C. M. (1984). Tipos morfológicos y funcionales en plantas del matorral mediterráneo del sur de España.

*Studia Oecologica*, 5(1): 7-34.

Hooper, E., Condit, R. y Legendre, P. (2002). Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications*, 12(6): 1626-1641.

INEGI. (2003). Conjunto de datos vectoriales de la carta de vegetación primaria 1 : 1 000 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.

Jiménez, J., Alanís, E., González, M.A., Aguirre, O.A. y Treviño, E.J. (2013). Characterizing regeneration of woody species in areas with different land-history tenure in the Tamaulipan thornscrub, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 58(3):299-304.

López-Aguillón, R. y López-García, M. (2013). Evaluación y comportamiento paisajístico de especies nativas en Linares, N.L., 16 años de evaluación. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(17): 164-173.

Martínez-Salvador, M. (2013). Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México. Libro Técnico Núm. 05. INIFAP-CIRNORC-SE La Campana. 230 pp.

Mora-Donjuán, C.A., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., González Tagle, M. A., Yerena Yamallel, J. y Cuellar Rodríguez, L. G. (2013a). Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada*, 12(1): 29-34.

Mora-Donjuán, C. A., Jiménez Pérez, J., Alanís Rodríguez, E., Camacho, R., Alonso, E., Yerena Yamallel, J. I. y González Tagle, M. A. (2013b). Efecto de la ganadería en la composición y diversidad arbórea y arbustiva del matorral espinoso tamaulipeco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(17), 124-137.

Molina-Guerra, V. M., Pando-Moreno, M., Alanís-Rodríguez, E., Canizales-Velázquez, P. A., González-Rodríguez, H. y Jiménez-Pérez, J. (2013). Composición y diversidad vegetal de dos sistemas de pastoreo en el matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(3): 361-371.

Pequeño-Ledezma, M.A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M.A., Yerena-Yamallel, J.I., Cuellar-Rodríguez, L.G. y Mora-Olivo, A. (2012). Análisis de la restauración pasiva post-pecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Ciencia UAT*, 24(2):48-53.

Pinilla, J. C., y Navarrete, M. (2013). Antecedentes del crecimiento de *Acacia mearnsii* De Wild según distintas densidades iniciales para dos sitios en la región del Bio. *Ciencia e Investigación Forestal*. 19(2):71-91.

Rosete-Vergés, F. A., Pérez-Damián, J. L., Villalobos-Delgado, M., Navarro-Salas, E. N., Salinas-Chávez, E., y Remond-Noa, R. (2014). El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y bosques*, 20(1): 21-35.

Schuch, U. K., Kelly, J. J. y Priebe, S. (2008). Damage on Ornamental Landscape Plants Resulting from the January 2007 Freeze in Arizona. Turfgrass, Landscape and Urban IPM. <http://hdl.handle.net/10150/216641>.

Toledo, V. M. y Ordoñez, M. D. J. (1998). El panorama de la biodiversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres. *Ramamoorthy, TP, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds.). Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF, 739-757.*

Vargas-Mena, A. (1991). Sobrevivencia y Crecimiento de Leguminosas Utilizadas en la Reforestación de la Selva Baja Caducifolia en la Montaña de Guerrero. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM: México 65 pp.

Venier, P., Cabido, M., Mangeaud, A. y Funes, G. (2013). Crecimiento y supervivencia de plántulas de cinco especies de Acacia (Fabaceae), que coexisten en bosques secos neotropicales de Argentina, en distintas condiciones de disponibilidad de luz y agua. *Revista Biología Tropical*, 61(2): 501-514.

Young, T. P. (2013). Restoration Ecology: The New Frontier, 2nd edition. *Restoration Ecology*, 21:526.

Zurita-Zaragoza, M. (2009). Guía de Árboles y Otras Plantas Nativas en la Zona Metropolitana de Monterrey. Nuevo León, México: *Fondo Editorial de Nuevo León*. 316 p.