

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Respuesta de la Regeneración Natural de Mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) en  
Tratamientos del Suelo y Vegetación en Zaragoza Coahuila México

Por:

**EMANUEL LÓPEZ MATÍAS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Respuesta de la Regeneración Natural de Mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) en  
Tratamientos del Suelo y Vegetación en Zaragoza Coahuila México

Por:

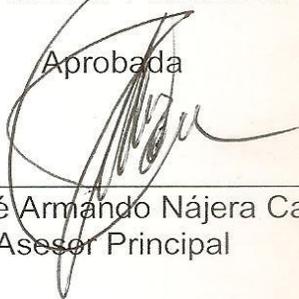
**EMANUEL LÓPEZ MATÍAS**

TESIS

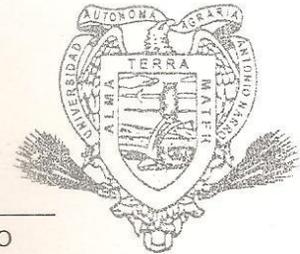
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada



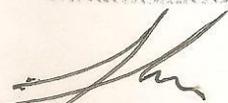
M.C. José Armando Nájera Castro  
Asesor Principal



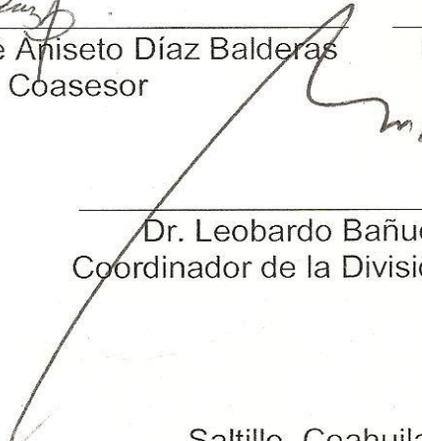
DEPARTAMENTO FORESTAL



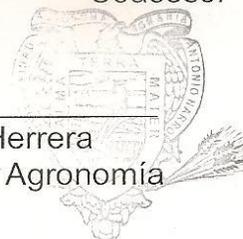
M.C. José Aniseto Díaz Balderas  
Coasesor



Ing. José Antonio Ramírez Díaz  
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2013

## DEDICATORIA

A dios: Por darme la dicha de vivir y guiarme en mi camino.

A mi Madre: Por ser la persona que siempre ha estado a mi lado sin importar la distancia y el tiempo. Por enseñarme la virtud de amar al prójimo sin esperar nada a cambio.

A mi Padre: Por enseñarme la fuerza de la perseverancia y el amor a la familia

A mis Hermanos (as): Por cada palabra y buenos deseos que siempre fueron de gratitud estando tan lejos de casa.

A mi Hijo: Por ser un ángel en mi vida, hacerme sentir el hombre más feliz, por tan solo existir y por enseñarme a amar.

A mi Esposa: Por su ayuda incondicional, que siempre estuvo a mi lado con amor y alegría.

A mis maestros: Que van en la vida sembrado semillas pequeñas de bien, que en un momento esperado estas semillas crecerán y cobijaran a su alrededor. Por sus lecciones y enseñanzas que te marcan la vida. Gracias a todos ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Alma Terra Mater, mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por cobijar mi estancia con sus instalaciones, en mis estudios profesionales.

Al M. C. José Armando Nájera Castro, por brindarme su tiempo y apoyo en la realización de este trabajo

Al M.C. José Aniceto Díaz Balderas, por su asesoría y revisión de este trabajo.

Al Ing. José Antonio Ramírez Díaz, por su asesoría y revisión de este trabajo.

Al personal del Campo Experimental de Zaragoza, Coahuila en la Unidad Regional Norte, perteneciente a la UAAAN, por el apoyo brindado en el área de estudio.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Objetivo general.....	2
1.2.1 Objetivo específico.....	2
1.3 Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Nomenclatura de la especie.....	3
2.2 Descripción del género <i>Prosopis</i> .....	3
2.3 Distribución del género <i>Prosopis</i> en México.....	4
2.4 Importancia ecológica.....	6
2.5 Importancia económica.....	9
2.6 Usos.....	10
2.7 Aspectos de la silvicultura.....	14
.....2.7.1 Regeneración sexual.....	14
.....2.7.2 Regeneración asexual.....	14
.....2.7.3 Generalidades de la silvicultura.....	15
.....2.7.4 Técnicas de preparación del suelo.....	17
2.8 Trabajos a fines.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24

3.1 Descripción del área de estudio.....	24
3.1.2 Ubicación geográfica.....	24
3.1.3 Hidrografía.....	24
3.1.4 Clima.....	25
3.1.5 Fauna.....	26
3.1.6 Vegetación.....	26
3.1.7 Suelo.....	27
3.2 Metodología.....	27
3.2.1 Selección de arboles.....	27
3.2.2 Diseño experimental.....	28
3.2.3 Tratamientos.....	28
3.2.4 Unidad experimental.....	28
3.2.5 Levantamiento de datos y variables medidas.....	29
3.2.6 Análisis de datos.....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1 Evaluación general de las áreas intervenidas.....	30
4.2 Análisis para la variable de renuevo.....	30
4.3 Análisis para la variable altura.....	30
4.4 Comparación de medias por medio de la prueba del rango múltiple de Duncan.....	31
4.5 Análisis de medias por medio de la prueba del rango múltiple de Duncan.	34
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
VI. LITERATURA CITADA.....	39
VII. ANEXOS.....	45

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable de regeneración por factor A (tratamiento).....	31
Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable de altura por factor A (tratamiento).....	32
Cuadro 3. Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable de regeneración para el factor B (árbol).....	33
Cuadro 4. Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable altura para el factor B (árbol).....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución del de Mezquite ( <i>Prosopis sp.</i> ) en México (López, 2012).....	7
Figura 2. Localización del área de estudio del Campo Experimental Zaragoza municipio de Zaragoza, Coahuila en la unidad regional Norte de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.....	25
Figura 3. Variabilidad del renuevo en la población natural del Mezquite ( <i>Prosopis glandulosa</i> Torr.) en los tratamientos.....	35
Figura 4. Variabilidad de las medias en la altura, para población natural de <i>Prosopis glandulosa</i> Torr.....	36
Figura 5. Variabilidad de la regeneración por Tratamiento, para población natural de <i>Prosopis glandulosa</i> Torr. indicada por sus medias.....	37
Figura 6. Variabilidad en la altura de renuevos por Tratamiento, para la población natural de <i>Prosopis glandulosa</i> Torr. indicada por sus medias.....	37

## RESUMEN

En este trabajo se evaluó la regeneración natural de *Prosopis glandulosa* Torr. en un matorral natural ubicado en el Campo Experimental Zaragoza Unidad Norte (UAAAN) en el municipio de Zaragoza, Coahuila. La especie es aprovechada regionalmente para producción de carbón vegetal entre otros usos, como alternativa económica. El diseño experimental fue complemente al azar en arreglo factorial; se establecieron tres tratamientos y un testigo, con 5 repeticiones para un total de 20 unidades experimentales, la unidad experimental comprende de 1 árbol con 4 cuadrantes de 1m x 1m, con un distanciamiento de 1.5 m a partir del la base del árbol. Los tratamientos fueron: T1 Remoción de la vegetación; T2 Remoción de la vegetación y remoción de suelo; T3 Remoción de suelo y T4 Testigo. Los tratamientos se aplicaron en el mes de septiembre del año 2012 y se evaluaron en el mes de octubre del año 2013; las variables que se evaluaron fueron, números de renuevos por cuadrante y su altura. El análisis estadístico presentó diferencias significativas en la variable número de renuevos, resultando mayor el T1 con 10.55 renuevos por m<sup>2</sup>, el cual es estadísticamente diferente al Testigo, que tuvo una media de 3.89 renuevos; El T1 fue 171% mayor al testigo. En la variable altura de renuevos, no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. El T3 presentó la media más alta con 6 cm, y la menor correspondió al T2 con 4.94 cm. La prueba de comparación de medias de Duncan, determinó para el número de renuevos, que el Tratamiento 1 es diferente a los demás, favoreciendo la regeneración del matorral natural de mezquite, se puede considerar para aplicaciones futuras en prácticas silvícolas y en la altura ningún tratamiento mostró incremento significativo.

**Palabras clave:** Regeneración natural, *Prosopis glandulosa* Torr, renuevo, Silvicultura.

## ABSTRACT

This work was aimed to evaluate the natural regeneration of *Prosopis glandulosa* Torr. in a natural scrub, located in Zaragoza Experimental station at North Unit (UAAAN) in the municipio of Zaragoza, Coahuila. This species is exploited regionally for charcoal production and other uses, as an economic alternative. The experimental design was a Complete Randomized Design in a Factorial Arrangement; three treatments and a control were established, with 5 replicates for a total of 20 experimental units, experimental unit comprises 1 tree with 4 quadrants of 1m x 1m, with a spacing of 1.5 m from the tree base. The treatments were: T1 Removal of vegetation; T2 Removal of vegetation and soil removal, T3 soil removal and T4 control. The treatments were applied in September 2012 and were evaluated in October 2013, the variables evaluated were numbers of seedlings per quadrant and its height. Statistical analysis showed significant differences in the variable number of seedlings, and the T1 was higher with 10.55 seedlings per m<sup>2</sup>, which is statistically different from the control, which had an average of 3.89 offspring: The T1 was 171% higher than the control. In the variable height of seedlings, no statistical differences were found among treatments. The T3 had the highest average of 6 cm, and the lowest corresponded to T2 with 4.94 cm. Through the test of comparison of means by Duncan found for the number of seedlings that Treatment 1 favors the regeneration of natural scrub of mesquite, which can be considered for the implementation of future forestry practices, while for height treatment showed no significant increase.

**Keywords:** Natural regeneration, *Prosopis glandulosa* Torr., seedling, Forestry.

## I. INTRODUCCIÓN

El mezquite (*Prosopis spp.*) está presente en zonas áridas y semiáridas, su nombre proviene de la palabra Azteca “Misquitl”, en México. El mezquite en particular es adaptable a condiciones de aridez y variada altura sobre el nivel del mar. Debido al mínimo requerimiento de agua, gracias a su sistema radicular, el mezquite reviste gran importancia en las zonas con precipitaciones menores a los 250 a 500 mm anuales las cuales en México están representadas por el 40% del territorio; es decir, 79 millones de km<sup>2</sup> aproximadamente (López *et al.*, 2006).

El mezquite fue desde tiempos remotos, uno de los principales recursos naturales para los habitantes de las regiones desérticas, quienes encontraron en esta planta múltiples beneficios (CONAZA, 1994). En las poblaciones rurales la madera la utilizan como fuente energética en forma de leña y carbón, para elaboración de postes para cercos, construcción de muebles, parket, artesanías, casas habitación, hormas para zapatos, tablas y tablones. De este árbol el ganado consume sus frutos y hojas, además de la producción de su flor con fines apícolas, aprovechamiento de la goma que exuda y sus propiedades medicinales (Solis, 1997).

La importancia ecológica de *Prosopis*, es de gran importancia; mejora la fertilidad del suelo, es fijadora de N, actúa como planta nodriza de aves y roedores (Golubov *et al.*, 2001).

La regeneración de las masas forestales depende en mucho del comportamiento reproductivo de las especies arbóreas y para ello se tienen dos métodos de reproducción natural, por semillas y por propagación vegetativa (Harold y Hocker, 1984). En la regeneración natural por semilla, la diseminación y el establecimiento de las plantas se realizan sin la intervención del hombre. El papel del hombre se limita en todo caso a la realización de actividades tendientes a modificar las condiciones que faciliten la germinación y crecimiento de las plantas (Pieter, 1988). El mezquite, generalmente presenta problemas con respecto a la germinación de sus semillas en condiciones naturales, ya que poseen una cubierta demasiado dura e impermeable que impide pasar al agua, inhibiendo en parte la germinación (Meza y Osuna, 2003).

## **1.1 Planteamiento del problema**

En la comarca lagunera (región conformada por municipios de Durango y Coahuila), el aprovechamiento del mezquite no ha sido la excepción, de tal forma que algunas comunidades en Coahuila, de los municipios de Viesca, San Pedro de las Colonias, entre otros, dependen de la elaboración de carbón como una de las alternativas más importantes y seguras de ingresos económicos para su subsistencia teniendo una gran demanda a esta especie (SEMARNAT, 1998). Aunado con la poca información y tecnologías de manejo silvícola de la especie, es difícil definir el rumbo de las poblaciones naturales de mezquite para el norte de nuestro país, por ello se plantea el siguiente estudio que tiene como objetivo.

## **1.2 Objetivo general**

Ejecutar técnicas silvícolas en poblaciones de mezquite, para incrementar la regeneración en poblaciones naturales de *Prosopis glandulosa* Torr. para el Norte de Coahuila.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

Evaluar la respuesta en la aplicación de tres tratamientos silvícolas de regeneración en poblaciones naturales de *Prosopis glandulosa* Torr. en el Norte de Coahuila.

Determinar técnicas de preparación del suelo para fomentar la regeneración natural para las poblaciones de *Prosopis glandulosa* Torr. en el Norte de Coahuila.

## **1.3 Hipótesis**

Ho: No existe respuesta a la aplicación de tratamientos de regeneración en el establecimiento y desarrollo de renuevos de *Prosopis glandulosa* en condiciones naturales.

Ha: Al menos un tratamiento de regeneración promueve el establecimiento y desarrollo de renuevos de *Prosopis glandulosa* en condiciones naturales.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Nomenclatura de la especie

Clasificación taxonómica según Burkart (1976).

Reino: Plantae

Filum: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Mimosoideae

Género: *Prosopis*

Especie: *Glandulosa*

### 2.2 Descripción del género *Prosopis*.

El mezquite es un árbol espinoso que alcanza hasta los 10 metros de altura; sus raíces pueden tener más de 50 metros de profundidad y hasta 15 metros en sus laterales. Los tallos presentan corteza oscura y ramas con abundantes espinas axilares o terminales. Las hojas son compuestas, bipinnadas con 12 a 15 pares de folíolos oblongos o lineares, que miden de 5 a 10 mm de largo. Las flores presentan un color amarillo verdoso, están agrupadas en racimos, con medidas de 4 a 10 mm, son bisexuales, tienen cinco sépalos y diez estambres. El fruto es una vaina que puede ser de color paja o rojizo violáceo, con forma alargada, recta o arqueada, puede medir de diez a treinta centímetros de longitud, ser plano o cilíndrico en la madurez y contener de 12 a 20 semillas (Valenzuela, 2011).

Morfología y anatomía de *Prosopis glandulosa* Torr.

Tallos y raíces. Los individuos mayores que crecen en rodales abiertos pueden alcanzar alturas de 7 a 13 m. Existe también un tipo arbustivo que comúnmente invade las tierras de pastoreo. En rodales densos y sobre sitios arenosos se

convierte en un arbusto con varios tallos. Las espinas son axilares de 1 a 4,5 cm de largo; se encuentran a veces en pares, pero por lo común son solitarias. Algunos individuos tienen pocas espinas.

Hojas. Las hojas son glabras y tienen uno o dos pares de pinnas de 6 a 17 cm de largo que llevan 6 a 17 pares de folíolos cada una. El largo de los folíolos es de 5 a 12 veces su ancho, en la mayoría de 1 a 4 cm de largo. Están separados a lo largo del raquis a distancias iguales o mayores de su ancho, y ellos son lineares u oblongos, obtusiformes y con una notable nervadura inferior.

Inflorescencia. La inflorescencia es un racimo espigado de casi 5 a 14 cm de largo. Los pétalos florales son de 2,5 a 3,5 mm de largo y el ovario tiene filamentos.

Legumbre y semilla. La vaina es lineal, aplanada, amarilla y de casi 10 a 20 cm de largo, 1 cm de ancho y 0,5 cm de espesor. Es derecha o ligeramente con ángulo. El exocarpio es duro sobre un mesocarpio de consistencia dulce. Las vainas contienen 5 a 18 semillas ovaladas, pardo lucientes de 5 mm de ancho, 7 mm de largo y 2 mm de espesor (Peter *et al.*, 1983).

### **2.3 Distribución del género *Prosopis* en México**

El matorral de *Prosopis* o mezquital es amplia su distribución en México y ecológica particularmente vasta, ya que se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 2,500 metros de altitud, creciendo preferentemente en llanuras y bajíos, (Tapia *et al.*, 1999). Es común encontrarlo asociado con otras comunidades vegetales; generalmente dicha vegetación comprende el matorral inerme parvifolio de *Flourensia cernua*, matorral parvifolio de *Acacia constricta*, matorral desértico rosetófilo de *Dasyllirion texanum*; también ocurre frecuentemente en pastizales y con gramíneas anuales, en compañía de especies como *Hilaria jamessi*, o bien con arbustivas como: nopal kakanapo (*Opuntia lindheimeri*), chaparro amargoso (*Castela texana*), coyotillo (*karwinskia humboldtiana*), guajillo (*A. berlandieri*), chaparro prieto (*A. rigidula*), huizache (*A. farnesiana*), cenizo (*Leucophyllum frutescens*), entre otros (INE, 1994).

Principalmente su rango de distribución se encuentra en las zonas áridas y semi-áridas, prospera en condiciones climáticas diversas que varían desde los desérticos (Bw), hasta cálidos sub-húmedos (Aw), y templados sub-húmedos (Cw), por lo que se encuentra clasificada como una especie termo-xerófila, siendo su temperatura media anual de distribución de 20 a 29°C (INE, 1994).

Para el establecimiento del mezquite el sustrato es sin duda más importante que el clima, los suelos de los mezquites son siempre profundos, de reacción alcalina (pH de 6.5 a 10.4), de estructura granular, y medianamente ricos en materia orgánica (2 a 5%), sin embargo también se puede desarrollar en lugares arenosos, pedregosos, y aún en llanuras salinas y sobre dunas secas (Sáenz *et al.*, 2004).

El 65% del país está clasificado como árido a semiárido. En estas zonas se ha considerado que el cultivo de mezquite, representa una alternativa de desarrollo agropecuario forestal que podría mejorar los niveles de vida del sector rural.

Alrededor de mundo existen 44 especies de *Prosopis*, de las cuales 40 se distribuyen en el continente Americano, 9 de ellas corresponden al centro de distribución México-texano y las restantes 31 son nativas del centro de distribución sudamericano (Argentina, Paraguay y Chile) (Harsh y Tewari, 1998).

La distribución en nuestro país, (Figura 1) abarca las 9 especies ubicadas dentro de América del Norte y de ellas, 3 son endémicas de nuestro país: *P. tamaulipana*, *P. palmeri* y *P. articulata* (López *et al.*, 2006).

La distribución de las especies de *Prosopis* en la República Mexicana es la siguiente:

*P. palmeri* en Baja California.

*P. pubescens* en el norte de Chihuahua, Sonora, Baja California y Baja California Sur.

*P. tamaulipana* en Tamaulipas, Nuevo León y Veracruz.

*P. laevigata* en los estados de Baja California Sur, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Nuevo León, Querétaro,

Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Zacatecas, Estado de México, Distrito Federal, Guerrero y Chiapas.

*P. glandulosa var. torreyana* en Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Sonora, San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo León, Zacatecas y Yucatán.

*P. glandulosa glandulosa* en los estados de Coahuila, Durango, Tamaulipas, Nuevo León, Guanajuato, Michoacán y Yucatán.

*P. juliflora* en Baja California Sur, Baja California, Sonora, San Luis Potosí, Chihuahua, Zacatecas, Nuevo León, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Querétaro, Estado de México, Morelos, Puebla, Hidalgo y Yucatán.

*P. articulata* en Baja California Sur y Sonora.

*P. reptans cinerascens* en Sonora, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.

*P. velutina* en Sonora (INE, 1994).

En los estados de Sonora, San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Coahuila y Nuevo León, se genera cerca del 98% de la producción forestal del mezquite, obteniéndose carbón, leña, postes para cercas, tablas, tablones y durmientes, representando los dos primeros productos cerca del 90% del valor económico total de la producción (Rodríguez y Maldonado, 1996)

## **2.4 Importancia ecológica**

El mezquite es importante por el papel que desempeña dentro del ecosistema de las zonas áridas, ya que es un excelente controlador de la erosión, fija el nitrógeno de la atmosfera al suelo mejorando su fertilidad, y proporciona alimento y refugio a la fauna silvestre (Carrillo, 2006). Es un recurso que puede ser utilizado para la recuperación de tierras agrícolas con problemas de salinidad en suelo y agua, además se considera útil para estabilizar y mejorar el suelo al incrementar el contenido de materia orgánica, mejora la capacidad de almacenamiento de agua y la



Figura 1. Distribución del Mezquite (*Prosopis*) en México (López, 2012).

tasa de infiltración y una de las capacidades fotosintéticas más altas, esto por el buen aprovechamiento de nitrógeno y agua (Ruiz, 2011).

Las especies de mezquites como freatofitas que son, desempeñan una función importante en la modificación del ambiente extremoso característico de las zonas áridas. Es decir ofrecen un impacto positivo sobre el ecosistema, ya que se convierte en una cerca viva de su propio hábitat. En el ecosistema desértico funciona como sombra y refugio para la fauna silvestre y doméstica, es una eficaz fuente de

alimento y de un microambiente característico bajo su cubierta foliar, permitiendo así que prosperen otras especies anuales y herbáceas que de otro modo no lo harían en terrenos tan inhóspitos, los mezquites proveen de un microclima a herbáceas y epifitas; a hemiparásitas y numerosas formas de fauna, como arañas e insectos (Osuna y Meza, 2003).

Esta y otras especies pueden ser utilizadas para la recuperación de tierras agrícolas con problemas de salinidad en suelo y agua, además de que se consideran útiles para la estabilización y mejoramiento del suelo al incrementar el contenido de materia orgánica (su producción varía desde los 300 Kg/ha hasta los 8,000 Kg/ha), mejorar la capacidad de almacenamiento de agua y la tasa de infiltración y la cantidad de nitrógeno en el suelo (Osuna y Meza, 2003).

Entre las plantas del desierto, el mezquite posee una de las capacidades fotosintéticas más altas, debido sobre todo a su buen aprovechamiento del agua y del nitrógeno, ya que al ser una leguminosa está asociada con bacterias fijadoras de nitrógeno, por lo que su productividad se ve aumentada significativamente (Golubov *et al.*, 2001). Las bacterias del género *Rhizobium* se asocian al mezquite y otras leguminosas formando nódulos que fijan el nitrógeno atmosférico y se estima que una hectárea de mezquite adiciona al suelo el equivalente a 300 kg de nitrógeno en forma de amonio en un año (Osuna y Meza, 2003).

Debido a la resistencia y adaptabilidad del mezquite a la sequía y a las altas temperaturas, puede desarrollarse en zonas con precipitaciones menores a los 250 a 500 mm anuales según la región y temperaturas máximas promedio en verano de más de 40°C (Granados, 1996). Derivado de lo anterior ha desarrollado una vigorosa red de raíces laterales y una vigorosa raíz pivotante que penetra con frecuencia de 3 a 15 m, llegando a 20 m e incluso hasta más de 50 m en busca de agua, por lo que reviste gran importancia en las regiones áridas del mundo, las cuales se han visto acrecentadas por factores como el desarrollo industrial, la tala excesiva y el crecimiento de la población. En estas zonas se ha considerado que el cultivo de mezquite, representa una alternativa de desarrollo agropecuario forestal que podría mejorar los niveles de vida del sector rural. La eficiencia en el uso del agua es

variable y se encuentra entre los 205 a 19,700 kg de agua/kg de materia seca producido (Espinosa *et al.*, 2008).

Existen algunas especies tolerantes a las altas temperaturas y otras a las heladas, pero el máximo crecimiento se ha encontrado a 30 °C; se desarrollan en diferentes niveles de salinidad y se ha encontrado un ligero decremento en el crecimiento a niveles de salinidad de 36,000 mg de cloruro de sodio/litro de solución (Osuna y Meza, 2003). Por lo que los habitantes de las zonas áridas lo utilizan como indicador de posibles fuentes de abastecimiento de agua y de buena calidad del suelo (Espinosa *et al.*, 2008).

## **2.5 Importancia económica**

El mezquite es fuerte y durable, buena para la fabricación de muebles, puertas, ventanas, pisos, objetos decorativos, artesanías y excelente como leña y carbón; se considera como una de las maderas dimensionalmente más estables, con un coeficiente de contracción total de 4 a 5%, comparado con el 8 a 15% de otras maderas duras; su valor calorífico es de 5000 kcal kg<sup>-1</sup>; la gravedad específica varía de 0.7 a 1.0, con valores en la densidad de la madera de 700 a 1200 kg m<sup>3</sup> (López, 1986; Felker, 1996; Pasiiecznik *et al.*, 2001).

La producción de leña y carbón en nuestro país, presentó un incremento de casi un 50% de 1990 al 2001 con 704 mil m<sup>3</sup>r en estos años y se estima que en ese periodo unos 27.4 millones de personas utilizaron leña, 63.8% en el medio rural y el resto en zonas urbanas. Por otra parte, en los Estados Unidos de Norteamérica en 1995 se requirieron alrededor de 14 mil toneladas de mezquite procesado, con ventas de unos seis millones de dólares en la industria para la preparación de alimentos y con un gran potencial en la industria de comprimidos de carbón con una derrama económica de 400 millones de dólares (Felker, 1996; CSAFR, 1997; Patch y Felker, 1997; Tripp y Arriaga, 2001; INEGI, 2003).

## 2.6 Usos

El mezquite posee diversos usos industriales, alimenticios, medicinales, debido a sus estructuras y algunos componentes químicos (goma, vainas, tronco, ramas, hojas y flores) son susceptibles de aprovechamiento (Estrada, 1993).

Actualmente sus principales usos son; forraje para ganado doméstico y fauna silvestre, las flores como fuente de polen y néctar para la producción de miel en explotaciones apícolas, la goma que excreta la planta como fuente de compuestos con efectos positivos en la salud y como sustituto de la goma arábica (uso industrial). La madera del mezquite es fuerte y durable, por lo que puede ser utilizada para la fabricación de muebles, puertas, leña y carbón (Meza y Osuna, 2003). De la planta se utiliza, las hojas, corteza han servido históricamente como uso medicinal (Ruiz, 2011).

Otros beneficios de las poblaciones de mezquite es su aporte como fuente de forraje para el ganado doméstico y fauna silvestre (Harsh y Tewari, 1998).

Entre los usos actuales se encuentran:

### Forraje

Los mezquites se están convirtiendo rápidamente en una de las especies de árboles más importantes para usos múltiples en muchas regiones del mundo. Actualmente las tierras áridas a nivel mundial conforman aproximadamente una tercera parte de la base de terreno y están en una tendencia de alza en su crecimiento. La mayoría de estos lugares áridos, tienen una severa escasez de los recursos naturales vitales para el desarrollo de una sociedad sana. La cosecha de la vaina del mezquite es bastante predecible; anualmente provee una fuente abundante y nutritiva de alimento para numerosas especies de la vida silvestre. Sus semillas conforman una parte importante de la dieta de algunos animales como los ratones, ratas canguro, ratas de madera (*Neotoma*), tejones, bovinos y caprinos (Harsh y Tewari, 1998).

El ganado a menudo corta las vainas de lo más alto que pueden alcanzar y/o se comen las que se encuentran tiradas en el suelo. Aunque las semillas tienen alta

concentración de proteínas, éstas son mayormente no digeribles, y muchas de ellas pasan intactas y enteras por el tracto digestivo de los grandes mamíferos, por lo que se recomienda triturar las vainas para obtener harina, de esta manera el animal se nutre del considerable contenido proteínico del endospermo de la semilla; se puede afirmar que el consumo de la vaina sin moler aporta un elevado contenido energético (aproximado 45% en azúcares), y si además se proporciona la semilla molida, se puede asimilar entre un 7 y 10% de proteínas (Argüelles y Montoya, 1991). Las hojas del mezquite contienen grandes cantidades de nitrógeno y por lo tanto son nutritivas; sin embargo, el ganado no consume el follaje en gran cantidad (INE, 1994).

Dentro de una explotación no maderable el producto principal del mezquite es la vaina, dado que su recolección representa un ingreso adicional para los campesinos de las regiones donde es aprovechado, a la vez que constituye un elemento de buena calidad en la alimentación del ganado por su alto contenido de proteínas y carbohidratos, así como por su palatabilidad. El consumo de la vaina contribuye a disminuir el costo de las raciones alimenticias que son suministradas al ganado ya que ingieren grandes cantidades de esta fruta madura durante el verano y el otoño, cuando éstos se encuentran disponibles. La época de cosecha se presenta en los meses de julio a septiembre; se ha observado que una familia puede recolectar de 200 a 250 kilogramos de vaina diarios. (INE, 2007). Los estados del país donde se utiliza la vaina de mezquite como forraje en cantidad considerable son: San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Coahuila, Nuevo León y Puebla (Galindo, 1983).

#### Alimento para el hombre

Las vainas de mezquite se han propuesto como una fuente de alimentación para consumo humano, ya que contienen grandes cantidades de azúcar y el contenido proteínico de las semillas es similar al del frijol soya. La harina hecha de las semillas y vainas del mezquite mezclada en pequeñas cantidades con harina de trigo ha sido probada en varias recetas que incluyen panes y galletas que han tenido resultados favorables.

Esta especie fue un alimento básico importante para los pueblos indígenas del Suroeste. Las vainas eran una fuente de alimentación confiable porque la fruta se presentaba durante los años de sequía. Las vainas eran cosechadas en grandes cantidades y se guardaban en canastas de granero en los techos de las casas o en los cobertizos. Las semillas se molían como harina la cual era usada para preparar pasteles y panes, el producto básico de su dieta. Se hacían varias bebidas refrescantes de las vainas dulces. Una bebida embriagante al estilo de la cerveza, se preparaba con los jugos de las vainas fermentadas. Las flores se comían crudas o tostadas, en forma de pelotas y guardadas en vasijas de barro (INE, 1994).

### Medicinal

La infusión de algunas partes de la planta se usa para combatir la disentería; el cocimiento de las hojas (bálsamo de mezquite) se emplea para combatir algunas infecciones de los ojos, el cocimiento de la corteza es para vomitivo y como purgante, los extractos en alcohol de las hojas frescas y maduras han mostrado una marcada acción antibacterial contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (Cervantes, 2002).

### Gomas

Al estar expuesto el árbol al ataque de insectos, heridas mecánicas, y en condiciones diversas de estrés fisiológico como calor y falta de agua, el árbol escreta un exudado o goma de color rojo ámbar y a veces oscuro, a nivel del cambium vascular, que previene la desecación del tejido y evita el ingreso de agentes patógenos.

Esta goma ha sido utilizada en la medicina tradicional en poblaciones indígenas. Tradicionalmente la goma de mezquite de Sonora, se ha colectado y comercializado en pequeña escala como golosina, laca para el pelo, pegamento y otros usos domésticos. Actualmente, la cantidad de goma que se colecta en esta región para su comercialización no excede las 2 ton/año. En lo que respecta al estado de San Luis Potosí, la goma de *Prosopis laevigata* se ha comercializado para

su uso en la industria refresquera, ya que presenta semejanzas con la goma arábica (López *et al.*, 2006).

## Madera

Se utiliza en forma de brazuelos, tablas y tablones, postes para cerca, trozas en rollo, durmientes. Además en la elaboración de muebles artesanales, destacando los trabajos de marquetería con madera de mezquite, elaborado en Zacatecas. Entre las características físicas de la madera del mezquite se destaca su albura de color amarillo claro que forma un anillo de media pulgada alrededor del duramen, que es de color café rojizo. La madera es dura, durable, de grano cerrado, que toma un brillo hermoso al pulirla; sin embargo, la madera es quebradiza y con poca resistencia a la flexión, estas características limitan su uso comercial. El contenido del duramen es de 65-80 %.

La madera de mezquite tiene un peso específico de 0.76 y la de la raíz es aún más dura. Debido a estas características, la madera de mezquite es usada para la manufactura de artefactos que necesitan ser muy resistente como muebles, parket, duela, hormas para zapatos, mangos de herramienta y utensilios de cocina, además es muy utilizada para la construcción en las zonas rurales (INE, 1994).

## Leña y carbón

Dentro de los usos maderables de la especie se encuentran, la leña y carbón, los cuales reportan una emisión excelente de calor, tanto para uso domestico como industrial, debido a su alta capacidad calorífica. El principal uso de la leña del mezquite, para la preparación de alimentos. En segundo lugar, se tiene el calentamiento de agua y de hornos, y para la calefacción del hogar. Más del 75% de los usuarios de este energético no comercial, lo consume en el llamado fogón abierto o de tres piedras, cuya eficiencia térmica es muy baja (Galindo y García, 1986).

La forma más usual de aprovechamiento de leña es el conocido como leña en raja, sin que exista una metodología específica para realizar el aprovechamiento, aunque puede observarse que las partes usadas, casi siempre, son las ramas. Las comunidades rurales hacen acopio de leña a partir de los mezquites silvestres que

tienen en su localidad; usualmente colectan los volúmenes suficientes para un plazo corto. Además, suelen realizar por temporadas un aprovechamiento de leña de mezquite para su comercialización (INE, 1994).

## **2.7 Aspectos de la silvicultura**

### **2.7.1 Regeneración sexual**

La regeneración se puede obtener a través de la siembra de las semillas de mezquite que pueden hacerse directamente en el terreno o bien en los semilleros colocando de dos a tres semillas con profundidad de 1.5 a 2 cm para obtener plántulas en viveros, cuando la plántula alcanza de 6 a 8 cm de altura se procede a trasplantar.

### **2.7.2 Regeneración asexual**

En la propagación asexual (rizomas, estacas, acodo aéreo), una parte del tallo o de la raíz que se separa de la planta madre, se coloca bajo determinadas condiciones ambientales y se le induce a formar raíces y tallo, produciendo así una nueva planta independiente, que es idéntica a la de la cual procede. En el Mezquite (*Prosopis sp.*) al igual que en muchas otras especies existe mucha variabilidad genética debido a que tiene el mecanismos de reproducción alógama, es por ello que se requieren los métodos de propagación clonal los cuales reducen la variación genética siendo esto de gran utilidad en experimentos controlados, así como para propagaciones masivas (Hartmann y Kester 1980; Arriaga, *et al.* 1994).

En esta práctica las raíces aparecen en unas 6 a 8 semanas, a través de brotes o retoños del tocón, donde rebrota rápidamente después del corte. Si se usan rebrotes de raíz, estacas o esquejes, se recomienda utilizar material joven y enraizarlo en primavera. Las estacas de 5 cm con nudos, a las 5 semanas tienen un 96 por ciento de enraizamiento. El material joven enraíza con mayor facilidad. Y una de las nuevas técnicas es el cultivo de tejidos (Hartmann y Kester 1980; Arriaga, *et al.* 1994)

### 2.7.3 Generalidades de la silvicultura

Factores que intervienen en el establecimiento de la regeneración natural

La regeneración de los bosques es la condición indispensable para asegurar una producción persistente. De la eficiencia de la regeneración dependerá la renovación y mejoramiento de los bosques aprovechados.

Para que la regeneración se produzca en condiciones adecuadas se deben producir algunas situaciones favorables como (Tiscar, 2003):

- 1). Disponibilidad suficiente de semillas
- 2). Condiciones favorables del suelo para facilitar la germinación y el posterior establecimiento de las plantas
- 3). Ausencia de maleza
- 4). Exclusión del ganado de cualquier tipo de la superficie de regeneración, para evitar compactación al suelo y ramoneo.

Según el éxito de la regeneración natural depende de una fuente de semillas viables, una preparación adecuada del terreno y un ambiente compatible con la germinación y el establecimiento de las plántulas, presentado factores en los que la incompatibilidad de algunos de los elementos da por resultado el fracaso de la regeneración.

Si no ocurre la coincidencia de todos los factores en niveles adecuados, el resultado es una población baja, en situación inversa, propicia un área demasiado sobrepoblada, constituyendo un problema debido a que requiere de aclareos precomerciales si se quieren evitar pérdidas de crecimiento debido a la competencia excesiva (Daniel *et al.*, 1982).

La reproducción, supervivencia y crecimiento de los árboles en un lugar determinado representa una respuesta integrada a un complejo de diversos factores ambientales que fluctúan e interactúan entre sí (Spurr y Barnes, 1984). La regeneración natural depende directamente de la cantidad y calidad de la semilla que

se dispersa; sin embargo, los factores que influyen en la misma pueden agruparse en componentes bióticos, abióticos y antropogénicos (Daniel *et al.*, 1982).

### Densidad de la vegetación

Cuando se ha establecido la regeneración en forma natural deben calificarse características como: cantidad, vigor y distribución en el terreno, las cuales varían en función de la especie, calidad de estación, el potencial de dominancia de las especies competidoras y los objetivos del manejo silvícola (Daniel *et al.*, 1982).

Es importante mantener una densidad adecuada por unidad de superficie de las especies de interés económico, para lograr un óptimo desarrollo de los árboles y uso eficiente del espacio de crecimiento. Siendo la densidad uno de los factores que regulan el crecimiento de las poblaciones; cuando la densidad de población aumenta, la mortalidad afecta una porción mayor de la población, debido a que los individuos de la misma están en competencia por otros factores como luz, nutrientes y agua. Ante esta situación, algunos árboles tienden a ser suprimidos, primero reducen su crecimiento perdiendo su posición dentro de la masa, luego mueren al ser sobrepasados (Daniel *et al.*, 1982).

### Control de competencia

Las especies competidoras ejercen un efecto importante sobre la productividad forestal total, ya que éstas utilizan el espacio de crecimiento que podría ser usado por la especie o especies de interés económico (Pritchett, 1986).

La competencia por la humedad, luz o nutrientes disponibles en el suelo son de importancia para la supervivencia y el crecimiento de los árboles. En la mayoría de los casos la humedad puede ser el factor decisivo para el éxito de las plantas, aunque la luz y los nutrientes pueden ser factores limitantes en condiciones graves (Pritchett, 1986).

## **2.7.4 Técnicas de preparación del suelo**

### Preparación del terreno

Existen diferentes maneras de preparar el terreno donde se pretende establecer la plantación o alguna otra practica, para mejorar las condiciones del suelo y asegurar una mayor sobrevivencia de la planta. La elección del método está en función de diversos factores: superficie a reforestar, disponibilidad de recursos (humanos, económicos, maquinaria y equipo), tipo de suelo, pendiente del terreno y acceso al mismo (CONAFOR, 2010).

### Roza y quema

Es una opción muy económica y consiste en rozar (cortar hasta la base) las plantas leñosas arbustivas o las no deseables, para posteriormente quemar toda la vegetación del terreno. Esta alternativa arrasa indiscriminadamente con toda la vegetación, y por lo demás existe la posibilidad de que las plantas arbustivas rebroten de los tocones que se dejan. También se debe considerar que con la quema se reduce la capacidad de infiltración de agua del suelo aumentando el escurrimiento superficial y el riesgo de erosión, aunado a que los elementos nutritivos liberados con la quema pueden ser arrastrados pendiente abajo.

Estos efectos son aún más drásticos conforme es mayor la pendiente del terreno, por lo que no se recomienda para sitios con pendiente, o en su defecto se sugiere hacer la quema en franjas sobre la línea de plantación(INE, N/A)..

### Uso de herbicidas

Esta opción quizá no es tan práctica y económica, pero como ventaja, tiene que no deja descubierto al suelo, pues la materia vegetal muerta queda en la superficie del terreno. Su desventaja radica en el costo y la contaminación ambiental que se puede causar con el uso del herbicida, por lo que de elegir esta opción se debe buscar el herbicida que presente el residuo de menor toxicidad.

Su uso se recomienda en terrenos que presenten características de suelo adecuadas para la reforestación (que no requiera remoción). Además, es conveniente hacerlo en franjas. (INE, N/A).

#### Preparación manual

Por lo general los trabajos de preparación se realizan con la ayuda de herramientas básicas como azadón, pala, talacho, barreta, pico, coa, hacha o machete, entre otras para la eliminación de vegetación no deseada. Estos trabajos son útiles en terrenos muy accidentados o inaccesibles y son recomendables para superficies menores de 10 hectáreas. Con este método sólo se trabaja el área donde se colocará la planta, evitando alteraciones innecesarias y la pérdida de suelo por la remoción no requerida (CONAFOR 2010).

Tienen como ventaja que el deshierbe puede ser selectivo al dejar en pie las plantas que puedan tener algún beneficio en la recuperación de la vegetación o que presenten algún uso para los pobladores. La materia orgánica proveniente del deshierbe puede ser acumulada y quemada en los sitios donde se introducirá la planta, dejarla en el sitio a manera de cubierta protectora, o revolverla con el suelo que estará en contacto con la planta que se introducirá, para dejarle mejores características al suelo. Se sugiere hacerlo en franjas por dos razones, reducir la superficie a preparar, y no dejar desprotegida las zonas en que no se introducirá planta (INE, N/A).

#### Preparación mecanizada

Para esta labor se utilizan implementos agrícolas tirados por tracción animal o maquinaria. Cuando el suelo está compactado y ubicado en terrenos con pendientes menores al 30 por ciento, la preparación se puede hacer con un subsolador tirado por maquinaria, considerando que con esto se incrementan los costos de la misma. Estas acciones favorecen la captación de agua de lluvia y crean mejores condiciones físicas para el desarrollo de la planta (CONAFOR, 2010).

## 2.8 Trabajos afines

En la Cuenca Hidrológica el Carrizal ubicada aproximadamente 6 km al Suroeste de Tapalpa, Jalisco; Se realizó un modelaje espacial de la influencia de combustibles forestales sobre la regeneración natural de un bosque perturbado. Donde se modela la relación espacial entre la presencia de combustibles forestales y el establecimiento de regeneración. Los datos se obtuvieron de 79 sitios de muestreo distribuidos sistemáticamente en una cuenca hidrográfica de 1400 ha en Tapalpa, Jalisco, México.

Con base en su dominancia, se definieron seis clases de regeneración 1) individuos de especies dominantes en relación con su altura primaria (con relación a su densidad relativa) con altura <60 cm (B-1A) (principalmente *Pinus devoniana*); 2) individuos de especies dominantes primarias con altura entre 0.6- 2.5 m (B-1B) (*Pinus devoniana*); 3) individuos de especies dominantes, todas las alturas (B1); 4) individuos de especies co-dominantes primarias, todas las alturas (B2) (*Pinus oocarpa*); 5) individuos de especies co-dominantes secundarias, todas las alturas (B3) (*Pinus oocarpa* y *Pinus leiophylla*); 6) todos los individuos considerados como brinzales (BT). No se encontró ninguna representación de regeneración natural en condición muerta.

No hubo mucha regeneración natural en forma de plántula (<30 cm altura) (253 plántulas ha<sup>-1</sup> en promedio, con desviación estándar =1372.52), encontrándose principalmente en la parte norte de la cuenca. Esta distribución coincide con la ubicación del arbolado de mayores dimensiones (diámetro medio 32.52 cm y altura media 17.60 m). En estas áreas también se ubican, aunque no en forma única, altas densidades de arbolado de pino (169.20 árboles ha<sup>-1</sup>). Dada la poca presencia de plántulas menores a 30 cm, se trabajó con la regeneración entre 0.60 y 2.5 m de altura (brinzal) (525.32 árboles ha<sup>-1</sup>). Las técnicas geostatísticas (principalmente Cokriging) presentaron los mejores resultados, aunque en un caso fue mejor la DIP. No se debe usar una sola técnica de interpolación para todos los casos. Los resultados apoyarán estrategias de manejo de combustibles forestales.

Se probaron y compararon tres alternativas de interpolación: Distancia Inversa Ponderada [DIP], Kriging Ordinario (interpolación estocástica simple) y Cokriging (interpolación estocástica multivariada). Para Cokriging se usaron nueve variables de combustibles (Flores y Moreno, 2005).

En la Reserva Forestal de Uso Múltiple Guaraní, ubicada dentro de la Reserva de Biosfera Yabotí, en la provincia de Misiones, Argentina se evaluó el Efecto del relieve y la intensidad de tránsito en cosecha sobre la dinámica de la regeneración natural de un bosque Neo-tropical, Universidad Federal Santa Maria. En el área fueron aplicadas diferentes técnicas de aprovechamiento en el año 1999.

Se instalaron 32 pares de parcelas de 4 m<sup>2</sup>, las parcelas se instalaron en sitios con pendiente de 7% a 30% y baja declividad < 7% con dos intensidades de tránsito en cada una de ellas, en ambientes transitados (vías de saca) y no transitados (bajo dosel). Fueron considerados todos los individuos mayores a 30 cm de altura y menores a 10 cm de DAP. Se calcularon los diferentes parámetros para los años 2002 y 2004. Fueron relevados un total de 20.547 renuevos por hectárea, en donde el 61 % fue registrado bajo el dosel.

La densidad en las vías de saca fue estadísticamente inferior a la encontrada, en la primera medición ( $n = 32$ ;  $t = 31,0$ ;  $p = 0,00067$ ). Los mayores incrementos en altura se dieron en las vías de saca. Los mayores incrementos diamétricos promedios fueron registrados en las vías de saca en sitios con pendiente. La diversidad fue mayor en sitios sin pendiente. La similitud entre pares de parcelas disminuye en sitios con pendiente y a mayores intensidades de tránsito.

Tanto el relieve como la intensidad de tránsito tienen una estrecha relación con la regeneración natural de especies arbóreas. Los incrementos en altura y DAP se vieron influenciados por ambos factores. El incremento en DAP fue mayor a mayores intensidades de tránsito mientras que los incrementos en altura fueron mayores a intensidades de tránsito menores y en sitios con pendiente, influenciados por la mayor competencia por luz en estos ambientes.

La dinámica de la regeneración natural establecida en las vías de saca hace pensar que el impacto de la cosecha sobre la regeneración arbórea, está más asociado al tipo de terreno que a la intensidad de tránsito. (Nardia *et al.*, 2007).

En el Parque Nacional Cofre de Perote, México se estudio la regeneración de *Abies religiosa* en claros del dosel contra sotobosque. El propósito de este estudio fue saber cómo contribuyen los claros del dosel a la regeneración del abeto. Se eligieron puntos aleatorios en tres bosques de abetos y se registró el claro más cercano a cada punto. Asimismo, bajo el dosel se realizó otro muestreo aleatorio con el diámetro igual al claro antes registrado. Se registró la edad y el tamaño de los claros, antes de plántulas para cada muestra, donde Se trazaron tres transectos aleatoriamente en tres bosques de abetos, se escogieron 30 puntos al azar en todos los transectos, y en cada punto se tomó una dirección también aleatoria (derecha o izquierda del transecto). En esta ruta se cubrió una distancia máxima de 50 m y se registró el claro más cercano al punto. El tamaño mínimo considerado para el claro fue 5 m de diámetro.

La edad promedio de los claros fue  $7.61 \pm 1.86$  año. El tamaño promedio de los claros fue  $66 \pm 42.8$  m<sup>2</sup>. Los claros más comunes fueron de tamaño intermedio (44-88 m<sup>2</sup>). Las plántulas de *A. religiosa* (H. B. K.) Schlecht & Cham y de *Pinus montezumae* fueron las únicas observadas en los claros o en el sotobosque.

El número de plántulas fue mayor en claros que en sotobosque ( $p \leq 0.001$ ). El número promedio de plántulas en los claros fue  $4,430 \pm 596$  por ha (*A. religiosa*, 95.7% y *P. Montezumae*, 4.3%), mientras que en el sotobosque fue  $993 \pm 316$  por ha (*A. religiosa*, 99% y *P. Montezumae*, 1 %). Hubo una relación significativa entre la edad de los claros y el número de plántulas de *A. religiosa* ( $R=0.62$ ,  $p \leq 0.001$ ). El tamaño de los claros y la interacción tamaño-edad del claro no fueron significativos ( $p > 0.23$ ) y no explicaron la densidad de regeneración (Lara *et al.*, 2009).

En el Municipio de Macuspana, Tabasco, México se trabajó sobre la regeneración natural de la selva alta perennifolia en el Parque Estatal Agua Blanca. El objetivo de esta investigación fue evaluar el proceso de regeneración natural, de un relicto de selva alta perennifolia del parque ya mencionado, así como conocer la

composición florística, diversidad de especies, similitud florística y analizar los factores físicos (profundidad de hojarasca, cobertura de hojarasca, cobertura de copa, humedad y pH del suelo) que pudieran afectar la regeneración.

Se establecieron dos unidades de muestreo de 50 x 50 m, cada una se dividió en 25 subunidades de 10 x 10 m, en las cuales se establecieron al azar cuatro cuadros de 1 x 1 m por cada subunidad. Para llevar a cabo el estudio de regeneración, se censaron todos los individuos  $\leq 1.30$  m y  $\geq 1.30$  m de altura determinando la forma de vida.

La medición de factores físicos se realizó en cada cuadro de 1 x 1 m. Se reporta un total de 152 individuos de plántulas arbóreas representados en 46 especies y pertenecientes a 20 familias. *Rinorea guatemalensis* fue la especie con mayor número de plántulas. El índice de diversidad en la unidad de muestreo (UM) 1 fue  $H' = 3.7$  y  $H' = 3.0$  para la UM 2, la semejanza florística es de un 27%. No hubo correlación entre el número de individuos y el número de especies con cada uno de los factores analizados. Se concluye que el relicto de selva alta perennifolia se encuentra en proceso de regeneración, ya que las especies de plántulas arbóreas reportadas son características de una selva primaria (Sánchez *et al.*, 2011).

Para el trabajo de regeneración natural de *Pinus patula* Schiede ex Schldl. & Cham., que se realizó en el Ejido la Mojonera, Municipio de Zacualtipán, Hidalgo, en áreas de bosque aprovechadas por el método árboles padres. Dentro del Sistema de Desarrollo Silvícola, se contemplan cinco años después de los aprovechamientos para que se considere como establecida la regeneración natural, en base a ello se consideraron las seis anualidades de los años correspondientes a 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 y 2002.

Mediante sitios ubicados al azar dentro de las áreas aprovechadas se obtuvo información respecto a la densidad, altura total, diámetro de la base y diámetro de copa de la especie de interés a fin de determinar el crecimiento a través de los años. Los resultados indican que la regeneración natural se comporta de manera regular y uniforme en las seis áreas evaluadas; considerándose como establecida a los cuatro años después del aprovechamiento con una densidad de 4,200 árboles/ha, una

altura de 2.7 m, diámetro en la base de 3.8 cm y un diámetro de copa de 1.34 m; superando la norma prefijada por el MDS de 2,500 árboles/ha.

Para las anualidades 1998 y 1997 se encontró que la cobertura de copas rebasa ampliamente el parámetro establecido para la evaluación, por lo que puede realizarse un preaclareo de hasta el 40 % distribuido en toda el área a fin de obtener una estructura deseada (Castelán, 2003.).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Descripción del área estudio**

##### Superficie

La unidad del Campo Experimental de Zaragoza, en la unidad regional Norte de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Zaragoza Coahuila, cuenta con aproximadamente 57 hectáreas de tierras agrícolas de riego y una fracción cubierta con vegetación forestal de huizache y mezquite

##### **3.1.2 Ubicación geográfica**

Ubicación: El campo experimental está situado en el Municipio de Zaragoza, Coahuila en el kilómetro 23 de la Carretera Morelos-Acuña a 13 Km al norte de Zaragoza, Coahuila (Figura 2).

Localización: Se encuentra entre las coordenadas 28° 33" de latitud norte y de 100° 55" de longitud oeste; con una altitud de 350 msnm.

Colindancias: Colinda al norte con los municipios de Acuña y Jiménez; al este con los municipios de Acuña, Jiménez, Piedras Negras y Nava; al sur con el municipio de Nava, Morelos y Múzquiz; al oeste con los municipios de Múzquiz y Acuña (UAAAN Campos Experimentales, 2011).

##### **3.1.3 Hidrografía**

El área de estudio se encuentra dentro de la región hidrográfica "RH24-Bravo Conchos", cuenca hidrográfica "RH24F-R. Bravo- Piedras Negras" y en la subcuenca "RH24Fb" la cual corresponde al R. Bravo-R. San Rodrigo.

Al sureste hace una entrada el río la Babia, proveniente del noreste de Múzquiz. Al sureste del municipio corre el río San Antonio, el cual fluye desde el este hasta el sur de Piedras Negras.

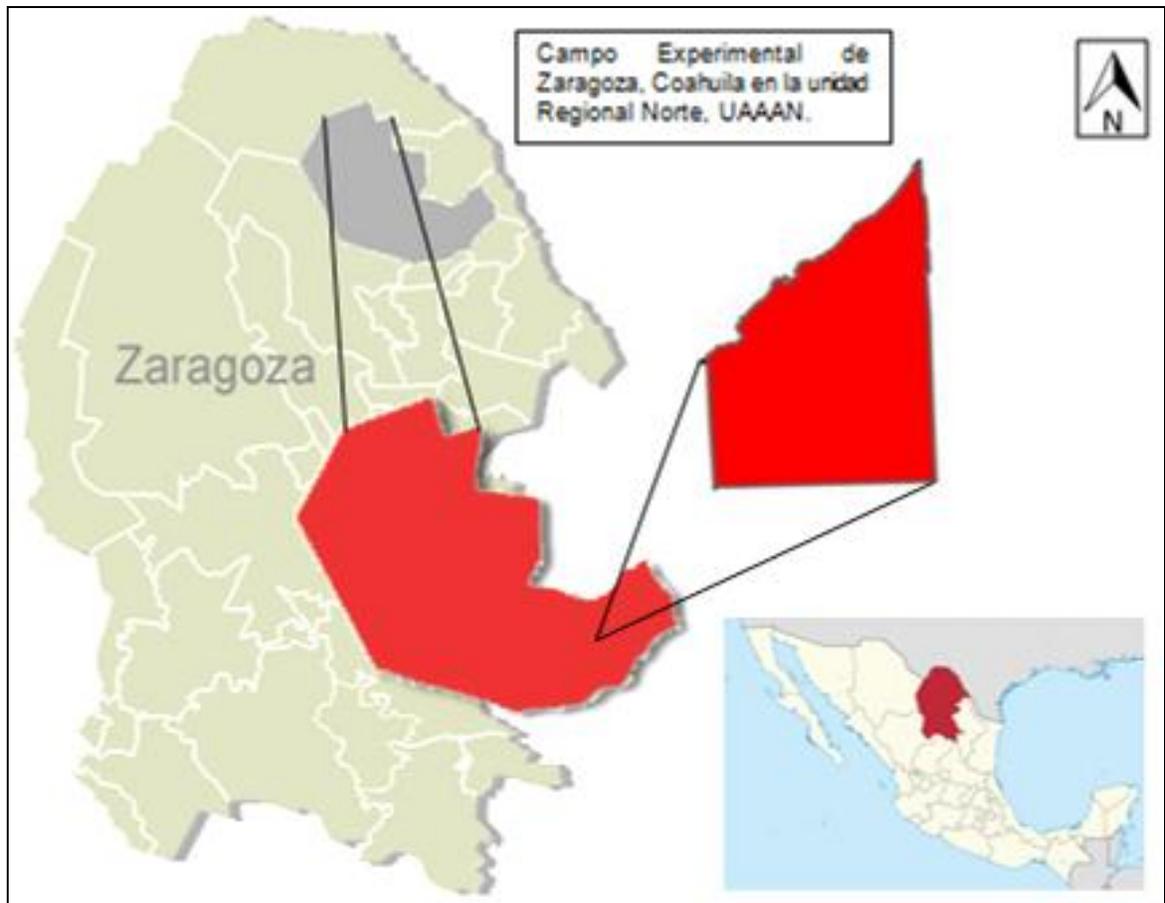


Figura 2. Localización del área de estudio del Campo Experimental de Zaragoza, Coahuila en la unidad regional Norte de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Surgen del centro el río San Rodrigo, que se desplaza al noreste para entrar por el sur de Jiménez y posteriormente entra por el oeste a Piedras Negras (INEGI, 2010).

### 3.1.4 Clima

En la región predominan los climas secos, semicálidos, extremosos, con invierno fresco, lluvias escasas todo el año, con precipitación invernal superior al 10%.

BSo (h)(x'). Árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22° C, temperatura del mes más frío mayor de 18° C; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.

BSoh (x'). Árido, Semicálido, temperatura entre 18 ° C y 22° C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.

BS1hw. Semiárido, templado, temperatura media anual mayor de 18° C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22° C; con lluvias en verano del 5% al 10.2 % anual ( CONABIO, 2008).

En el centro del municipio y en sus partes este y oeste ocurren precipitaciones del rango de los 400 a 500 milímetros anuales, con régimen de lluvias en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y escasas el resto del año.

Las heladas ocurren desde finales de otoño hasta principios de primavera con un periodo libre de heladas de cinco meses que va desde el mes de mayo hasta el mes de septiembre.

### **3.1.5 Fauna**

La fauna la forman diversos mamíferos, tales como murciélago (*Antrozous pallidus*), topo (*Scapanus spp*), oso (*Ursus americanus*), gato montés (*Lynx rufus*), coyote (*Canis latrans*), zorra (*Vulpes velox*), tejón (*Nasua nelsoni*), ardilla (*Ammospermophilus sp*), liebre (*Lepus californicus*), ratón (*Chaetodipus spp*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), venado (*Odocoileus spp*), y aves como calandria (*Mimus saturninus*), colibrí (*Cyananthus latirostris*), garza (*Bubulcus ibis*) y pato (*Anas fulvigula*) (Arita et al., 2004).

### **3.1.6 Vegetación**

Entre la flora se encuentra el Mezquite (*Prosopis glandulosa*), encino (*Quercus ssp.*), huizache (*Acacia farnesiana*), nopal (*Opuntia spp*), chaparro prieto (*Acacia rigidula*), palo blanco (*Celtis laevigata*), gobernadora (*Larrea tridentata*), ruda (*Ruta graveolens*), estafiate (*Artemisia ludoviciana*), hierba de golondrina (*Geranium robertianum*) (Nomenclatura Botánica, S/A).

### **3.1.7 Suelo**

En el área de estudio se encuentran presentes cuatro tipos de suelos, los cuales son:

Xerosol. Suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión.

Rendzina. Tiene una capa superficial rica en materia orgánica que descansa sobre roca caliza y algún material rico en cal, es arcilloso y su susceptibilidad a la erosión es moderada.

Litosol. Suelos sin desarrollo con profundidad menor de 10 centímetros, tiene características muy variables según el material que lo forma. Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona donde se encuentre, pudiendo ser desde moderada a alta.

Yermosol. Tiene una capa superficial de color claro y muy pobre en materia orgánica, el subsuelo puede ser rico en arcilla y carbonatos. La susceptibilidad a la erosión es baja, salvo en pendientes y en terrenos con características irregulares.

## **3.2 Metodología**

### **3.2.1 Selección de arboles**

La selección del arbolado de *Prosopis glandulosa* Torr. fue completamente al azar con condición representativas a la población del mezquite donde solo se buscaron los arboles sexualmente maduros y sin perturbación o daños de los individuos.

### **3.2.2 Diseño experimental**

El diseño experimental fue Complemente al Azar con la Arreglo Factorial 4x5, donde factor A tiene 4 (tratamientos) y factor B (árboles). Por lo cual son 3

tratamientos y 1 testigo y 5 repeticiones por tratamiento, para un total de 20 unidades experimentales.

La unidad experimental es igual a 1 árbol, y por árbol se ubicaron 4 cuadrantes que representan a cada parcela muestral de 1m x 1m y, por lo que el número total de cuadrantes evaluados fue de 80.

### **3.2.3 Tratamientos**

Tratamiento 1 (T1). Eliminación de la vegetación arbustiva y herbácea alrededor de cada árbol semillero.

Tratamiento 2(T2). Eliminación de vegetación y remoción del suelo alrededor de cada árbol semillero.

Tratamiento 3(T3). Sin eliminación de vegetación, con remoción del suelo alrededor de cada árbol semillero.

Tratamiento 4(T4). Testigo sin tratamiento.

#### **Preparación de los tratamientos**

Los tratamientos se aplicaron en el mes de Septiembre del año 2012; para el trabajo de campo se utilizó machete, azadón y pico para la remoción del suelo y de la vegetación que se requirió en cada tratamiento, en un diámetro de 6m de cada árbol.

### **3.2.4 Unidad experimental**

El tratamiento fue aplicado en un radio de 3m en cada uno de los arboles, para abarcar toda la copa del árbol, dejando así la lluvia de semillas y banco de semilla sin competencia y favoreciendo su regeneración.

Para cada unidad se efectuó el reconocimiento de los cuatro cuadrantes entre los puntos cardinales N/E, S/E, S/W y N/W con un distanciamiento de 1.5 m a partir del la base del árbol.

### **3.2.5 Levantamiento de datos y variables medidas**

La toma de los datos se efectuó en el mes de Octubre del año 2013, y se utilizó pintura en aerosol para el reconocimiento en campo, para cada árbol por tratamiento, quedando de la siguiente manera. Árbol 1(A1) color rojo, (A2) color azul, (A3) amarillo, (A4) azul y amarillo, (A5) azul y rojo. Estos colores fueron puestos para facilitar al momento de identificarlos nuevamente, así como la utilización de un GPS Magellan para la toma de coordenada de cada tratamiento.

Con la ayuda de un metro cuadrado de madera se determino el área que corresponde a cada cuadrante y esta sea homogénea. Se colocó entre los puntos cardinales N/E, S/E, S/W y N/W. Con un distanciamiento de 1.5 m a partir de la base del árbol, se midió con la ayuda de una cinta métrica. Posteriormente se midió las siguientes variables

- Numero de renuevos por cuadrante
- La altura promedio de los renuevos

### **3.2.6 Análisis de datos**

Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0, en el cual se incluyeron las dos variables para efectuar el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Prueba del Rango Múltiple de Duncan, para evaluar la variación que hay entre tratamiento y si este tiene la significancia estadística.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Evaluación general de las áreas intervenidas

Los resultados del presente trabajo realizado para *Prosopis glandulosa* torr. para el Norte de Coahuila, donde se efectuó la evaluación después de 13 meses de la aplicación de los tratamientos, se presentan a continuación y se muestra el comportamiento de las 20 unidades experimentales.

Hablando generalmente se cuantificó 211 renuevos para el Tratamiento 1, 118 renuevos para el Tratamiento 2, 105 renuevos para el Tratamiento 3 y para el Tratamiento 4 fueron 70 renuevos.

### 4.2 Análisis para la variable de renuevo

Donde se encontró más renuevos fue en el Tratamiento 1 (Eliminación de la vegetación arbustiva y herbácea), pero cabe mencionar que no fue homogéneo ya que la población de renuevos no fue constante en la Repetición 1, donde sus cuatro cuadrantes sumaron 131 renuevos, dando así diferencia con los demás cuadrantes en los otros árboles, aún estando en el mismo tratamiento.

Así que la variación para los números de renuevos, en el Tratamiento 1 de la Repetición 1, tuvo un número considerable de estos, que fue el siguiente Cuadrante 1 con 21 renuevos, Cuadrante 2 con 20 renuevos, Cuadrante 3 con 23 renuevos y Cuadrante 4 con 67 renuevos. Estos fueron con los más altos números de renuevos a comparación con el T4 (Testigo) que oscilo entre 0 y 7 renuevos por cuadrante.

### 4.3 Análisis para la variable altura

Para la altura de renuevos se obtuvo un promedio general entre tratamientos de 4.9 cm; esta variable fue constante no teniendo significancia en los tratamientos, donde el de menor altura fue de 2 cm y el de mayor altura fue de 11 cm.

En lo que respecta en el tratamiento 4 (testigo) se tiene un rango de 3 a 7 cm. En el tratamiento 1 se tiene un rango de 3.5 a 8 cm, en el tratamiento 2 se tiene un rango de 2 a 11 cm y en el tratamiento 3 se tiene un rango de 3 a 11 cm.

Se puede mencionar que en el tratamiento 2 y 3 hubo una ligera diferencia en lo que respecta la altura.

#### 4.4 Comparación de medias por medio de prueba del rango múltiple de Duncan

Según la Prueba del Rango Múltiple de Duncan, con el diseño experimental completamente al azar con la regla factorial 4x5 donde el factor A tiene 4 (Tratamiento) y factor B (arboles). A continuación se muestra las pruebas de comparación para Tratamientos y por unidad experimental (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable de regeneración por factor A (tratamiento).

<b>Agrupación Duncan</b>	<b>N</b>	<b>Trat</b>	<b>Media</b>
<b>A</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>10.550</b>
<b>BA</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>6.556</b>
<b>BA</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>5.833</b>
<b>B</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>3.889</b>

Como se observa en el Cuadro 1, está el factor A con su respectiva media y el grado de significancia en renuevos, donde el T1 es igual al T2, T3 y con diferencia significativa con el T4; el T2 es igual T1, T3 y T4; el T3 es igual T1, T2 y T4; el T4 es igual T2 y T3 y con una diferencia significativa con el T1. Claramente se ve una significancia en el T1 y T 4. Como se esperaba el T1 donde se elimino la vegetación

arbusativa y arbórea quitando así competencia vegetativa tuvo una mayor cantidad de renuevos a comparación con el T4 (testigo).

Cabe mencionar que el T2 aun quitando la competencia y remoción del suelo propiciado la siembra de las semillas no se obtuvo buenos resultados.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable de altura por factor A (tratamiento).

<b>Agrupación Duncan</b>	<b>N</b>	<b>Trat</b>	<b>Media</b>
<b>A</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>6.0000</b>
<b>A</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>5.2100</b>
<b>A</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>5.0556</b>
<b>A</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>4.9444</b>

En el Cuadro 2 se ve el factor A con su variable de altura, no tuvo grado de significancia, ya que no se presento una diferencia, en el T1 es igual T2, T3, T4; el T2 es igual T1, T3, T4; el T3 es igual T1, T2, T4; el T4 es igual T1, T2, T3 sin a ver significancia entre tratamientos. En esta variable fue constante, sin individuos con mayores dimensiones, donde el de menor altura fue de 2cm y el de mayor altura fue de 11cm manteniéndose en este rango.

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable de regeneración para el factor B (árbol).

<b>Agrupación Duncan</b>	<b>N</b>	<b>Arb</b>	<b>Media</b>
<b>A</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>12.813</b>
<b>B A</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>8.333</b>
<b>B</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>4.786</b>
<b>B</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>3.933</b>
<b>B</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>3.429</b>

En el Cuadro 3 se observa el factor B con la variable regeneración, el Arb1 es igual al Arb2, pero con significancia con el Arb5, Arb3 y Arb4; el Arb2 es igual al Arb1, Arb5, Arb3 y Arb4 sin presentar significancia; el Arb5 es igual al Arb2, Arb3, Arb4 y con significancia con el Arb1; el Arb3 es igual al Arb2, Arb5, Arb4 y con significancia con el Arb1; el Arb4 es igual al Arb3, Arb5, Arb2 y con significancia con el Arb1.

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable altura para el factor B (árbol).

<b>Agrupación Duncan</b>	<b>N</b>	<b>Arb</b>	<b>Media</b>
<b>A</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>5.8571</b>
<b>A</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>5.7000</b>
<b>A</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>5.5143</b>
<b>A</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>4.8333</b>
<b>A</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>4.6875</b>

En el Cuadro 4 se ve el factor B con la variable de altura. No hubo grado de significancia, ya que no presentó una diferencia entre los árboles.–El Arb4 es igual con el Arb3, Arb5, Arb2 y Arb1; el Arb3 es igual al Arb4, Arb5, Arb2 y Arb1, sin presentar significancia; el Arb5 es igual al Arb4, Arb3, Arb2 y Arb1; el Arb2 es igual al Arb4, Arb3, Arb5 y Arb1; el Arb1 es igual al Arb4, Arb3, Arb5 y Arb2.

La variable de altura no presentó grado de significancia, aún estando agrupadas por árbol, de igual forma ya que los renuevos en esta variable fue constante, no hubo individuos con alturas mayores, donde el de menor altura fue de 2 cm y el de mayor altura fue de 11 cm manteniéndose en este rango.

#### **4.5 Análisis de medias por medio de la prueba del rango múltiple de Duncan**

Como se puede observar en la Figura 3, presenta poca variación para el número de renuevo, excepto en el Tratamiento 1 de la Repetición 1, donde sus cuadrantes tuvieron un número considerable: Cuadrante 1 con 21 renuevos, Cuadrante 2 con 20 renuevos, Cuadrante 3 con 23 renuevos y Cuadrante 4 con 67

renuevos. Presentando altos números de renuevos a comparación del testigo (T4) que oscilo entre 0 y 7 renuevos.

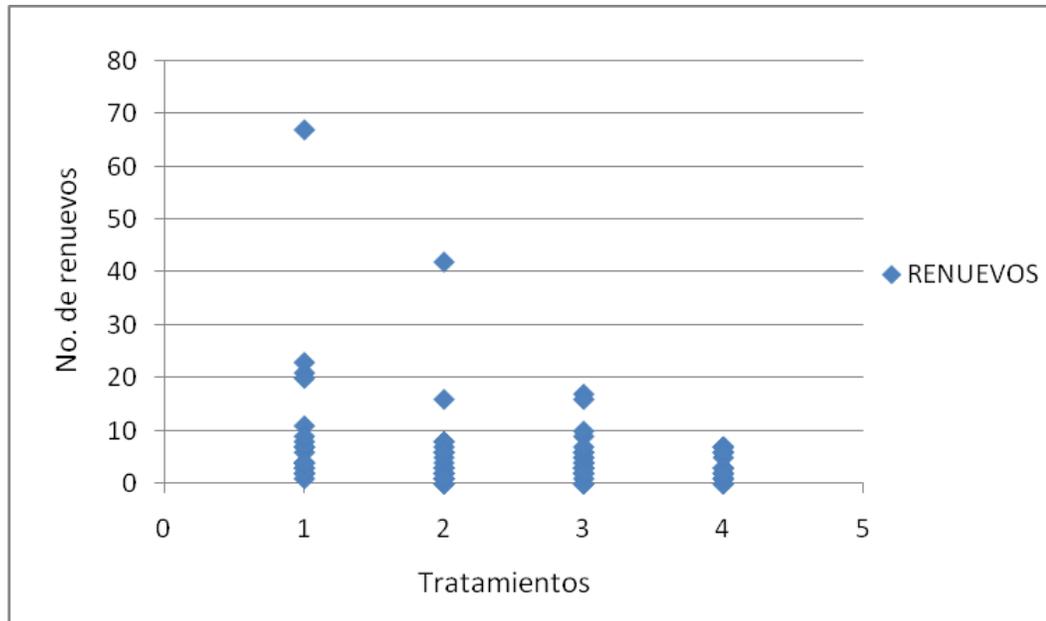


Figura 3. Variabilidad del renuevo en la población natural del Mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) en los tratamientos.

En la Figura 4 se observa la variable altura donde se obtuvo un promedio de 4.9 cm, en esta variable no presento dimensiones significativas, donde el de menor altura fue de 2 cm y el de mayor altura fue de 11 cm.

Se puede mencionar que en el tratamiento 2 y 3 hubo una ligera diferencia en lo que respecta la altura.

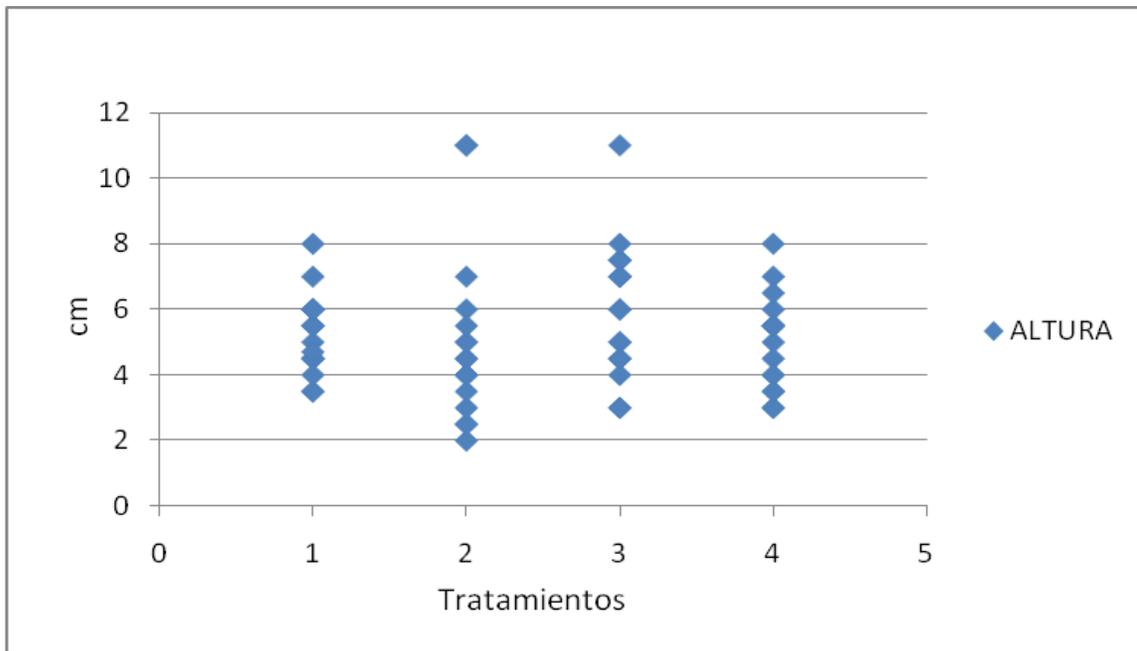


Figura 4. Variabilidad de las medias en la altura, para población natural de *Prosopis glandulosa* Torr. en los tratamientos.

En la Figura 5 se ve diferencia de las medias para altura, el Tratamiento 1 es mayor su significancia, después desciende paulatinamente, le sigue el Tratamiento 2, el Tratamiento 3 y por último fue el Tratamiento 4. El 2 y 4 hay menos diferencia en sus medias, por lo que muestra poca diferencia en la aplicación del tratamiento.

A comparación del Tratamiento 4 (testigo), que queda por debajo de los tratamientos, dejando claro que si tiene efecto la aplicación de los tratamientos.

Para la Figura 6 se observa las medias de la altura, poca variabilidad, se puede determinar que no hubo significancia, aún comparado con el T4 (testigo).

Mediante estos datos se puede mencionar, para tener un mayor incremento en la altura se debe de manejar otras aplicaciones silvícolas.

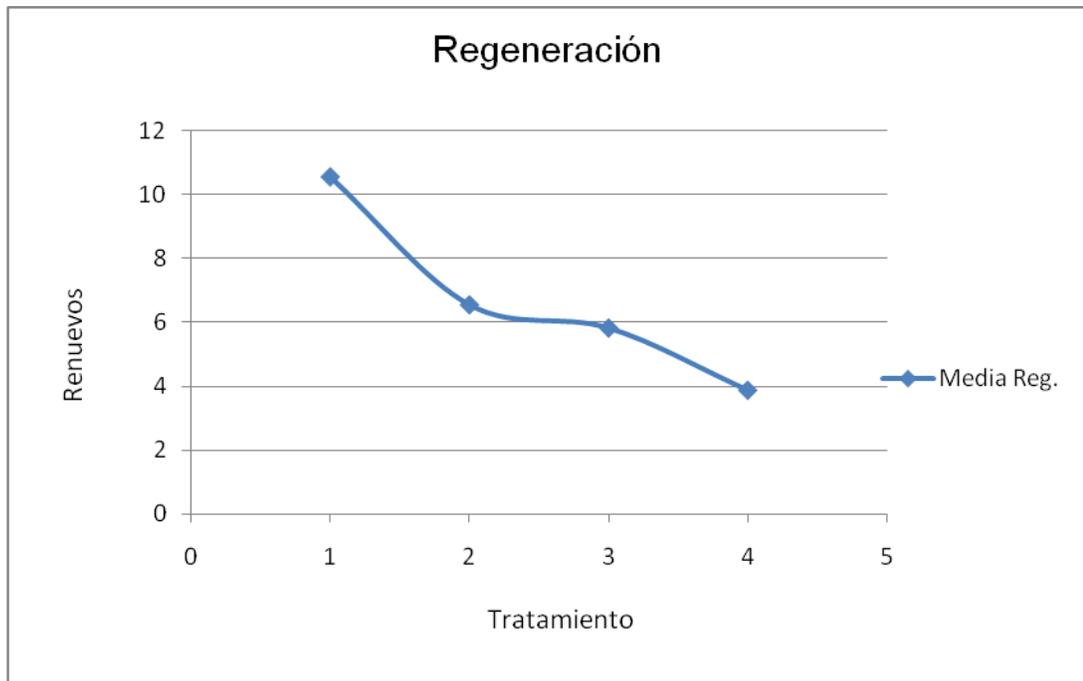


Figura 5. Variabilidad de la regeneración por Tratamiento, para población natural de *Prosopis glandulosa* Torr. indicada por sus medias.

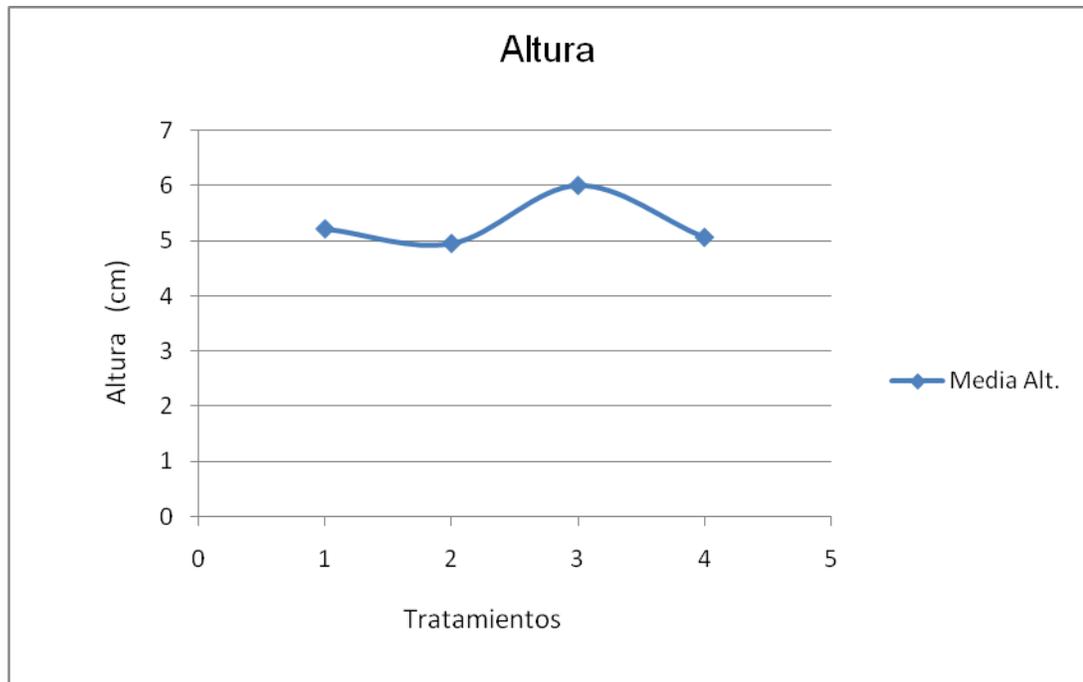


Figura 6. Variabilidad en la altura de renuevos por Tratamiento, para la población natural de *Prosopis glandulosa* Torr. indicada por medio de sus medias.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se rechaza la hipótesis nula, al encontrar diferencia significativa en los Tratamientos para la regeneración natural de *Prosopis glandulosa* torr.

Tratamiento 1. La Prueba del rango múltiple de Duncan presentó significancia para la regeneración natural. Tuvo más renuevos que los demás tratamientos.

Tratamiento 2. La Prueba de Duncan, no se encontró significancia. Es recomendable hacer estos tipos de tratamientos pero darles seguimiento y más cuidados a los renuevos.

Tratamiento 3. La Prueba de Duncan, no se encontró significancia, este requiere de menos trabajo ya que como no existe remoción del suelo es más práctica y económica.

Tratamiento 4. La Prueba de Duncan, no se encontró significancia, aún sin intervención presentó renuevos de las mismas características a las que se intervinieron, pero la población es menor dejando así en declive las nuevas generaciones de la especie.

El análisis estadístico de la prueba del rango múltiple de Duncan, se encontró diferencia en el Tratamiento 1 contra el Tratamiento 4 para el número de renuevos, dejando claro que es recomendable hacer intervenciones silvícolas para la regeneración de matorrales naturales de *Prosopis glandulosa* torr.

Para la variable de altura según el análisis estadístico de la prueba del rango múltiple de Duncan no hay diferencias, dejando claro que para tener mayor crecimiento para los renuevos se deberá considerar otros factores tanto bióticos y abióticos o dejar el rodal sin intervención, ya que con o sin intervención se tiene poca diferencia en los resultados.

## VI. LITERATURA CITADA

- Argüelles G., A., y R. Montoya A. 1991. Explotación del mezquite en San Luis Potosí, una perspectiva histórica. Ediciones del Archivo histórico del Estado de San Luis Potosí. S.L.P., México. 88 p.
- Arita H., T., y G. Rodríguez T. 2004. Patrones geográficos de diversidad de los mamíferos terrestres de América del Norte. Instituto de Ecología, UNAM. Base de datos SNIB-CONABIO proyecto Q068. México. D.F.
- Arriaga V., M., V, Cervantes G., A., Vargas M. 1994. Colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. Manual de reforestación con especies nativas. SEDESOL/INE Facultad de Ciencias UNAM. México, DF.
- Bulfe N., Rivero L., Teresczcuch M., Donagh P. Mac. 2007. Efecto del relieve y la intensidad de tránsito en cosecha sobre la dinámica de la regeneración natural de un bosque neotropical en Misiones, Argentina. Universidad Federal de Santa Maria Brasil. *Ciência Florestal*, vol. 17, núm. 3, pp. 229-238.
- Burkart, A. 1976. "A Monograph of the Genus *Prosopis*". *Journal Arn. Arb.* 57 (3-4).
- Carrillo F., R. 2006. Efecto de la poda sobre el potencial productivo de mezquites nativos (*Prosopis glandulosa* torr, var. *glandulosa*) en la Comarca Lagunera. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 6: 47-54.
- Castelán C., M. 2003. Evaluación de la regeneración natural de *Pinus patula* schiede ex schldl. & cham. En el ejido "La Mojonera", municipio de Zacualtipán, estado de Hidalgo. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo- Texcoco, estado de México
- Cervantes R., M. C. 2002. Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. Primera edición. Ediciones UNAM. México, D.F. 155 p.
- COMISIÓN NACIONAL DE LAS ZONAS ÁRIDAS (CONAZA). 1994. Mezquite (*Prosopis* spp.). Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Instituto Nacional de Ecología. 30 p.

- Comisión Nacional Forestal 2010. Prácticas de reforestación. Manual básico.
- CONABIO, 2008. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cuenca del río sabinas rtp-152.
- CSAFR, 1997. Analysis of the mesquite lumber and BBQ industry. Center for Semi-Arid Forest Resources. Annual Report 1995-1996. Caesar Kleberg Wildlife Research Institute. Texas A&M University. Kingsville, Texas. USA. p. 24-26.
- Daniel T., W. Helms, J., Backer F. 1982. Principios de silvicultura. Trad. de la 2a.Ed. por Ramón Elizondo. McGraw - Hill. México, D.F. 482 p.
- Espinosa H., A., y P. Lina M. 2008. La sobreexplotación del mezquite y el deterioro de los ecosistemas en: Sustentabilidad de la planificación territorial del desarrollo y medio ambiente de la ZMVM en la Zona Centro del País”. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 16 p.
- Estrada, S., L. 1993. Estudios sobre el potencial técnico de aprovechamiento de la goma, vainas, hojas y madera del mezquite (*Prosopis spp*) en México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Estado de México, México.
- Felker P. 1996. Commercializing mesquite, leucaena and cactus in Texas. In: J. Janick (ed.). Progress in new crops. Proceedings of the Third National Symposium New Crops: New Opportunities, New Technologies. ASHS Press, Alexandria, VA. p: 133-137.
- Flores G., J. G., y M. G. Arturo D. 2005. Modelaje espacial de la influencia de combustibles forestales sobre la regeneración natural de un bosque perturbado. Colegio de Postgraduados, México. Agrociencia, vol. 39, núm. 3, mayo-junio, pp. 339-349.
- Flores G., J.G., y D. A. Moreno G. 2005 Modelaje espacial de la influencia de combustibles forestales sobre la regeneración natural de un bosque

- perturbado *Agrociencia*, Colegio de Postgraduados México. vol. 39, núm. 3, pp. 339-349.
- Galindo A., S. 1983. Caracterización de la variación en el mezquite (*Prosopis L.*) y sus usos en el altiplano potosino. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León, N.L., México. 87p.
- Galindo A., S., y E, García M. 1986. Usos del mezquite (*Prosopis L.*) en el Altiplano potosino. *Agrociencia* (63): 7-16 p.
- Golubov J., Mandujano, M., Eguiarte L. 2001. The paradox of mesquites (*Prosopis spp.*): Invading species of biodiversity enhancers. *Bol. Soc.Bot. Mex.* (69): 21-28 p.
- Golubov, J.; Mandujano, M.; Eguiarte, L.E. 2001. The paradox of mesquites (*Prosopis spp.*): Invading species of biodiversity enhancers? *Bol. Soc. Bot. Mex.* 69: 21-28.
- Granados S., D. 1996. El mezquite: el árbol de desierto. Chapingo, serie Ciencias Ambientales, vol II (1): 37-51 p.
- Harold w. y Hocker Jr. 1984. Introducción a la biología forestal. Trad. por Flor A. Bellomo L. A. G. T. Editor. México, D. F. 446 p.
- Harsh, N. and Tewari, J. 1998. *Prosopis* in the arid regions of India: Some important aspects of research and development. In: *Prosopis* species in the arid and semi-arid zones of India. Tewari, J., Pasiiecznik, N., Harsh, N. and Harris J. (eds.). HDRA and The *Prosopis* Society of India. 5-10 p.
- Hartmann, H.T. y E. Kester, D. 1980. Propagación de plantas, principios y prácticas. Edit. CECOSA. México. p. 32-90.
- INE. 1994. Mezquite *Prosopis spp.* Cultivo alternativo para zonas áridas y semiáridas de México. Comisión Nacional de Zonas Áridas. México, D.F. 18 p.
- INEGI. 2003. Estadísticas económicas. Volumen de la producción forestal maderable y no maderable, según principales productos, 1999-2001.

- Lara G., R., L. R. Velásquez S., J. Corral A. 2009. Regeneración de *Abies religiosa* en claros del dosel versus sotobosque, parque nacional cofre de perote, México. *Agrociencia*, vol.43, no.7, p.739-747. ISSN 1405-3195.
- López F., Y., F. M. Goycoolea V, F., M. Alemán V., A. M. Calderón de la B. 2006. "Goma de mezquite una alternativa de uso industrial". *Interciencia*, vol.31 (003):183-189 p.
- López G., J.J. 1986. Tecnología forestal. En: Medina T., J.J. y L.A. Natividad B. Metodología de planeación integral de los recursos naturales. Serie-Recursos Naturales No. 3. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila, México. p. 153-161
- Meza S., R., y E. Osuna L. 2003. Estudio dasométrico del mezquite en la zona de las Pocitas, B.C.S. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Todos Santos. La Paz, B.C.S. México. Folleto Científico No. 3.
- Osuna L., E., y Meza, S. R. 2003. Alternativas para la explotación sostenible del mezquital de Baja California Sur. Folleto técnico número 8 INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Todos Santos. La Paz, Baja California Sur. México. 55 p.
- Pasiecznick, N.M.; Felker, P.; Harris, P.J.C.; Harsh, L.N.; Cruz,G.; Tewari, J.C.; Cadoret, K. and Maldonado, L.J. 2001. The *Prosopis juliflora*–*Prosopis pallida* Complex: A Monograph HDRA, Coventry , Uk. 162 p.
- Patch, L.N. and Felker, P. 1997. Influence of silvicultural treatments on growth of mature mesquite (*Prosopis glandulosa* var. *glandulosa*) nine years after initiation. *Forest Ecology and Management* 3985. xxx C.
- Peter F., Ffolliott y John L. 1983. Manual sobre taxonomía de *Prosopis* en México, Perú y Chile Universidad de Arizona Tucson, Arizona Estados Unidos de América FAO.
- Pritchett W., L. 1986. Suelos forestales: Propiedades, conservación y mejoramiento. Trad. por José Hurtado Vega. Ed. Limusa. México D. F. 634 p.

- Rodríguez F., C., and L. J Maldonado, A. 1996. Overview of past, current and potential uses of mesquite in Mexico. In: *Prosopis* spp: semiarid fuel wood and forage tree building. Felker, R. and Moss, J. (eds). Center for Semi-arid. Forest Resources. Texas A&M University. Washington D.C., EEUU. 641-652 p.
- Ruíz T., D. R. 2011. Uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos del Altiplano Potosino. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- Sáez V., A. A., J. F. Solarte V., A. M. Martínez M., D. Habeych N. 2004. Evaluación de un medio de cultivo a partir del fruto de *Prosopis juliflora*. Uni.EAFIT., vol. 4 (135): 9-17 p.
- Sánchez P., B.R., O. Castillo A., L. del C. Cámara C. 2011. Regeneración natural de la selva alta perennifolia en el parque estatal agua blanca, Macuspana, Tabasco, México, Núm. 32, pp. 63-88. ISSN 1405-2768.
- SEMARNAT 1998. El aprovechamiento del mezquite en la Región Lagunera de Coahuila y su problemática. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Delegación Federal en el Estado de Coahuila. Subdelegación de Recursos Naturales. Documento de apoyo interno. Torreón Coahuila, México.
- Solis G., G., 1997. Evaluación poblacional actual del mezquite y palo fierro en ambientes áridos sujetos a un aprovechamiento continuo. CONACYT. 3888-N9401. Informe Final de Proyecto. Hermosillo Sonora. 86 p.
- Spurr S. H., V. Barnes B. 1982. Ecología forestal. Trad. de la 3era. Edic. por Carlos Luis Raigorodsky Z. A. G. T. Editor. México, D. F. 690 p.
- Tiscar P., A. 2003. Condicionantes y limitaciones de la regeneración natural en un pinar oromediterráneo de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*. Revista Investigación Agraria. Serie Sistemas y Recursos Forestales 12 (2): 55-64.

Tripp de J., M. y G. Arriaga. 2001. Estudio de casos sobre combustibles forestales. México. Proyecto CGP/RLA/133/EC. FAO. Santiago de Chile. 17 p.

UAAAN, Marzo de 2011. Dirección de investigación, "Campos experimentales". Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Valenzuela N., L. M., R. Trucios C., J. C. Ríos S., A. Flores H., J. L. González B. 2011. Caracterización dasométrica y delimitación de rodales de mezquite (*Prosopis spp*) en el estado de Coahuila. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17: 87-96.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

López Ceja Alejandro, 05 noviembre 2012. Bosques templados de México. <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=736356&page=153>

Instituto Nacional de Ecología 2007. Usos y propiedades del mezquite. <http://www2.inec.gob.mx/publicaciones/libros/72/ usos.html>

INEGI. 2010. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas. [http://antares.inegi.org.mx/ analisis/red\\_hidro/SIATL/#](http://antares.inegi.org.mx/ analisis/red_hidro/SIATL/#)

Base de datos de botánica accesible al público en datos nomenclaturales, bibliográficos y muestra acumulados en bases de datos electrónicas del departamento de bioinformática. [www.Tropicos.org](http://www.Tropicos.org)

Instituto Nacional de Ecología, N/A, Capítulo III Reforestación. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/21/reforest.html>

## VII. ANEXOS

### Apéndice 1. Análisis de varianza para la variable regeneración

Variable dependiente: regeneración					
Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
<b>Modelo</b>	19	3574.351351	188.123755	3.31	0.0003
<b>Error</b>	54	3065.000000	56.759259		
<b>Total corregido</b>	73	6639.351351			

R-cuadrada	CV	Raiz CME	Media regeneración
<b>0.538359</b>	110.6164	7.533874	6.810811

Fuente	GL	Tipo I SS	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
<b>Trat</b>	3	451.679129	150.55971	2.65	0.0578
<b>Arb</b>	4	976.081348	244.020337	4.3	0.0043
<b>trat*arb</b>	12	2146.590874	178.882473	3.15	0.0019

## Apéndice 2. Análisis de varianza para la variable altura

Variable dependiente: altura					
Fuente	GL	Suma de Cuadrado de	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
<b>Modelo</b>	19	100.2958333	5.2787281	1.93	0.0302
<b>Error</b>	54	147.384167	2.7293364		
<b>Total corregido</b>	73	247.6800000			

R-cuadrada	CV	Raiz CME	Media altura
<b>0.404941</b>	31.17114	1.65207	5.3000000

Fuente	GL	Tipo I SS	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
<b>trat</b>	3	12.33311111	4.11103704	1.51	0.2233
<b>arb</b>	4	17.30962931	4.32740733	1.59	0.1914
<b>trat*arb</b>	12	70.65309291	5.88775774	2.16	0.0277

### Apéndice 3. Resumen de la desviación estándar

<b>Análisis estadístico</b>						
<b>trat</b>	<b>Arb</b>	<b>N</b>	<b>Nivel de regeneración</b>		<b>Nivel de altura</b>	
			<b>Media</b>	<b>Desv std</b>	<b>Media</b>	<b>Dev std</b>
1	1	4	32.7500000	22.8673712	5.0000000	0.70710678
1	2	4	5.0000000	2.9439203	4.7500000	0.95742711
1	3	4	4.0000000	2.9439203	5.6250000	1.65201897
1	4	4	3.2500000	0.9574271	5.5000000	1.47196014
1	5	4	7.7500000	2.9860788	5.1750000	0.99456858
2	1	4	5.7500000	2.6299556	3.7500000	0.8660254
2	2	4	15.7500000	18.6256991	4.0000000	1.68325082
2	3	3	2.0000000	1.7320508	3.5000000	0.8660254
2	4	4	3.5000000	3.1091264	6.0000000	3.46410162
2	5	3	4.0000000	2.6457513	7.8333333	2.84312035
3	1	4	9.2500000	5.4390563	5.1250000	1.60078106
3	2	4	7.7500000	5.5602758	6.0000000	1.47196014
3	3	4	2.7500000	0.9574271	8.1250000	2.09662427
3	4	3	4.6666667	4.7258156	6.6666667	0.57735027
3	5	3	4.0000000	2.6457513	3.6666667	1.15470054
4	1	4	3.5000000	2.8867513	4.8750000	1.25000000
4	2	3	3.6666667	3.0550505	4.5000000	2.17944947
4	3	4	6.5000000	1.0000000	5.0000000	0.70710678
4	4	3	2.3333333	0.5773503	5.3333333	0.76376262
4	5	4	3.0000000	2.1602469	5.5000000	2.12132034

#### Apéndice 4. Imágenes



Imagen 1. Materiales utilizados en campo para la toma de datos.



Imagen 1. Delimitación de los cuatro cuadrantes de la unidad experimental (árbol).



Imagen 1.



Imagen2.



Imagen 3.



Imagen 4.



Imagen 5.



Imagen 6.

Fotos: Toma de datos en campo