



ARTÍCULO / ARTICLE

## EVALUACIÓN DE INOCULANTES PROMOTORES DE CRECIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE MEZQUITE [*Prosopis laevis* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnston.] EN DURANGO

## ASSESSMENT OF GROWTH-PROMOTER INOCULANTS IN PLANT PRODUCTION OF MESQUITE [*Prosopis laevis* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnston.] IN DURANGO

Alejandro Quiñones Gutiérrez<sup>1</sup>, Vladimir González Ontiveros<sup>1</sup>, José Ramón Chávez Pérez<sup>1</sup>, Alfonso Vargas Martínez<sup>1</sup> y Francisco Barrientos Díaz<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se analizó el efecto de micorrizas y bacterias promotoras del crecimiento en plantas de mezquite (*Prosopis laevis*) sobre la altura total, longitud radicular, peso de raíz y porcentaje de germinación en condiciones de invernadero y durante su adaptación en el sitio de plantación. Para la prueba de germinación se utilizaron distintas técnicas de escarificación en diez mezclas de sustrato, en bloques al azar, con 90 semillas cada uno, mismas que se dividieron en tres grupos de 30. Para evaluar el efecto de la inoculación, el material experimental se remojó durante 24 horas, y se probaron tres tratamientos: T1) combinación de rizobacterias *Azobacter* spp. y *Azospirillum* spp. (Invassore®) a una concentración de  $1 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>; T2) con micorrizas *Glomus intraradices* (Burize®) disuelto en 100 mL de agua (1 propágulo por cc), y T3), que sirvió como testigo, solo con agua destilada. El mayor porcentaje de germinación (70 %) se obtuvo mediante escarificación hídrica a 70 °C. Respecto al peso total, T1 mostró diferencias ( $P > 0.05$ ) que fueron consistentes con el peso de la raíz, en el que las plantas del mismo tratamiento lo incrementaron 51 %. La altura total, la longitud radicular y la altura del tallo también coincidieron, las plantas del T1 tuvieron los valores más altos, con diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Se determinó que la aplicación de rizobacterias en el mezquite favorece su desarrollo, al menos, en cuanto a las variables analizadas.

**Palabras clave:** *Azobacter* spp., *Azospirillum* spp., germinación, *Glomus intraradices* N. C. Schenck & G. S. Sm., longitud radicular, mezquite, *Prosopis laevis* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnston.

### ABSTRACT

The effect of mycorrhizae and growth promoting bacteria in mesquite plants (*Prosopis laevis*) were analyzed on total height, root length, root weight and germination per cent under greenhouse conditions and during adaptation in the planting site. For the germination test, different techniques were used in ten scarifying substrate mixtures, using randomized blocks with 90 seeds each, these were divided into three groups of 30. To evaluate the effect of inoculation, material was soaked for 24 hours, and three treatments were tested: T1) *Azobacter* spp. rhizobacterial combination and *Azospirillum* spp. (Invassore®) at a concentration of  $1 \times 10^8$  CFU mL<sup>-1</sup>; T2) mycorrhizal fungi (*Glomus intraradices*, Burize®) dissolved in 100 mL of water (1 propagule per cc), and T3), which served as a control, only with distilled water. The highest germination per cent (70 %) was obtained by scarification water at 70 °C. On the total weight, T1 differences ( $P > 0.05$ ) were consistent with the weight of the root, in which the plants of the same treatment increased 51%. The total height, root length and stem height also agreed, T1 plants had the highest values, with significant differences ( $P < 0.05$ ). It was determined that application of the mesquite rhizobacteria promoting effects at least in terms of the variables analyzed.

**Key words:** *Azobacter* spp., *Azospirillum* spp., *Glomus intraradices* N. C. Schenck & G. S. Sm., root length, mesquite, *Prosopis laevis* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnston.

Fecha de recepción/date of receipt: 8 de mayo de 2013; Fecha de aceptación/date of acceptance: 10 de agosto de 2013.

<sup>1</sup> Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA) No. 173, Durango. Correo-e: cbta173@yahoo.com.mx

## INTRODUCCIÓN

En México las zonas áridas están representadas por 23 millones de km<sup>2</sup> y las semiáridas por 56 millones de km<sup>2</sup>, que en conjunto representan 40 % de la superficie total del territorio mexicano. Las áreas naturales de mezquite [*Prosopis laevigata* (Humb. *et* Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnston] en el estado de Durango han sido perturbadas por cambios en el uso del suelo, especialmente, con el fin de aumentar la superficie agrícola y ampliar potreros ganaderos (Ríos *et al.*, 2010). En la región de Nuevo Ideal, la producción agropecuaria constituye la principal actividad económica, lo cual afecta los ecosistemas por la tala de matorrales para crear nuevas parcelas, por el sobrepastoreo y la explotación de leña como recurso energético. El carácter multiusos de los mezquites, aunado a las actividades humanas han conducido a su intensa destrucción (Challenger, 1998).

La importancia ecológica del mezquite radica en su capacidad como planta fijadora de nitrógeno atmosférico, el cual enriquece al suelo a su alrededor y propicia la aportación de nutrientes; con ello, se promueve el crecimiento de los matorrales asociados y se previene la erosión del suelo. Además, actúa como planta nodriza de numerosas especies vegetales, lo que a su vez favorece la presencia de aves y roedores (Bravo-Hollis, 1978).

Ante la necesidad de propagar las especies vegetales nativas con potencial de crecer en zonas muy alteradas e inducir la fertilidad del suelo, la creación de microclimas y la regeneración del ciclo hidrológico, a fin de restaurar las condiciones similares a las originales y restablecer, al menos en parte, la flora y fauna nativas, los objetivos del presente estudio consistieron en evaluar dos tipos de escarificación de la semilla de mezquite y su influencia en la germinación, por un lado, y, por otro, analizar el efecto de dos tipos de inoculación con microorganismos simbióticos en campo e invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA) No. 173 que está ubicado en la población Nuevo Ideal, Durango a una altitud de 1 990 m con clima semiseco templado y precipitación promedio anual de 437.9 mm (INEGI, 2002).

### Recolección, tratamiento y almacenamiento de semillas

Se usó semilla de mezquite procedente de cuatro árboles de la localidad Gautimapé, Nuevo Ideal. La cantidad de vainas fue variable, respecto a la productividad del árbol, para un total de 2 000 semillas.

La recolección se llevó a cabo de julio a septiembre, y el recorrido se hizo en línea recta entre los puntos 1 (24°49'52.79"N, longitud 104°53'28.69"O) y 2 (24°50'42.91"N, 104°52'9.62"O), cerca de

## INTRODUCTION

Arid zones in Mexico are represented by 23 million km<sup>2</sup> and the semiarid by 56 million km<sup>2</sup> which as a whole, make up 40% of the total Mexican territory. The natural areas of mesquite [*Prosopis laevigata* (Humb. *et* Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnston] in Durango state have been disturbed by land use changes, especially by the aim of increasing crop lands and game grasslands (Ríos *et al.*, 2010). In the Nuevo Ideal region, the agriculture and livestock production are the main economic activity, which affects the ecosystems from the scrub removal in order to create new plots, as well as by overgrazing and fuel-wood extraction as energy resource. The multifunctional character of mesquite has led to their intense destruction (Challenger, 1998).

The ecological importance of mesquite lies in its ability as a nitrogen fixing plant, which fortifies the surrounding ground and stimulates nutrient contribution; thus, the growth of related scrubs and prevents soil erosion. In addition, it acts as a nursery plant of many vegetal species, which, also favors the presence of birds and rodents (Bravo-Hollis, 1978).

Facing the need to propagate native vegetation species with potential to grow in very disturbed zones and to induce soil fertility, the creation of microclimates and the regeneration of the water cycle in order to restore similar conditions to the original state and reestablish the native flora and fauna at least, in a small proportion, the aims of the actual study were to assess two kinds of scarification of mesquite seed and its influence upon germination, as well as to analyze the effect of two types of inoculation with symbiotic microorganisms in field and greenhouse conditions.

## MATERIALS AND METHODS

The study was conducted at the Center for Agricultural Technology Bachelor (CBTa) No. 173, which is located in the Nuevo Ideal town, Durango state, at an altitude of 1 990 m with semidry temperate climate and average annual rainfall of 437.9 mm (INEGI, 2002).

### Collection, treatment and seeds storage

The mesquite seed that was used from four local trees of Gautimapé, Nuevo Ideal. The amount of pods varied in regard to the productivity of the tree, for a total of 2 000 seeds.

The collection was carried out between July and September, and the survey was made following a straight line between spot 1 (24°49'52.79"N, 104°53'28.69"W) and 2 (24°50'42.91"N, 104°52'9.62"W), near Santiaguillo lagoon (Figure 1). The pods were kept in plastic sacks. Later they were dried through their

la laguna de Santiaguillo (Figura 1). Las vainas se guardaron en costales de plástico. Posteriormente, fueron secadas por exposición a la luz solar, hasta alcanzar 6 % de humedad. El peso de las vainas de cada árbol se obtuvo con una balanza electrónica. Por individuo de mezquite se tomó una muestra de 10 g de la semilla para calcular la cantidad de sanas y dañadas.

exposure to sunlight, until they reached 6% of moisture. The weight of the pods of each tree was obtained by an electronic balance. A 10 g sample was taken from each mesquite tree to calculate de amount of healthy and damaged seeds.



Figura 1. Ruta de recolección de vainas de mezquite.  
Figure 1. Collection route of mesquite pods.

### Método de extracción de semillas

Se utilizó un método mecánico en el que la semilla se separó del endocarpio mediante un prototipo de molino eléctrico modificado para granos, en el cual se dejó una apertura de 2 mm entre los trituradores para facilitar la extracción del material con daños mínimos.

### Germinación

Las semillas se desinfectaron con una solución de fungicida comercial (Tecto SC) 2 % y se enjuagaron con agua corriente. Se usaron 1 000 semillas de mezquite para la prueba de germinación, y se siguió la técnica de escarificación propuesta por Argumedo *et al.* (2001). Cada lote se dividió, al azar, en 10 grupos de 100 semillas para someterlos a 10 tratamientos (T), con 4 repeticiones: T1) testigo, se remojaron en agua destilada durante 8 minutos, a temperatura ambiente

### Seed extraction method

A mechanical method was used in which the seed was separated from the endocarp by using a prototype of a modified electric mill for grains, in which an opening of 2 mm was left between the shredders to facilitate removal of the seed with minimal damage.

### Germination

Seeds were disinfected with a solution of 2 % of commercial fungicide (Tecto SC) and rinsed with tap water. 1000 mesquite seeds were used for the germination test, and the scarification technique proposed by Argumedo *et al.* (2001) was applied. Each set was divided at random into 10 groups of 100 seeds for submission to 10 treatments (T), with 4 replications. (T1) which were those of control, were soaked in distilled water for 8 minutes at room temperature ( $\approx 17^{\circ}\text{C}$ ). Those in the T2 to T8 treatments were placed in hot distilled water at 30, 40, 50,

( $\approx 17^{\circ}\text{C}$ ). En los tratamientos de T2 a T8, se colocaron en agua caliente destilada a 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y  $100^{\circ}\text{C}$  respectivamente durante 8 minutos, todos correspondieron a escarificación hídrica (Argumedo *et al.*, 2001). La escarificación química se realizó en los tratamientos T9 y T10, en los que las semillas se pusieron en una solución de ácido clorhídrico 4 M a  $37^{\circ}\text{C}$  durante 8 y 16 minutos, respectivamente.

La siembra se hizo en charolas de plástico de 100 cavidades, con capacidad de 50 cc, por grupos de los diferentes tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Componentes del sustrato utilizado en la germinación de las semillas de mezquite.

Table 1. Soil components used for the germination of mesquite seeds.

| Componentes                                     | Peso (%) |
|-------------------------------------------------|----------|
| Sustrato fértil canadiense ( <i>peat moss</i> ) | 35       |
| Lombricomposta                                  | 35       |
| Arena                                           | 30       |

Se realizó la inoculación con el tratamiento correspondiente. Para la germinación en invernadero se emplearon charolas de poliestireno con 25 semillas cubiertas con papel absorbente humedecido con agua. Se escarificaron y se enjuagaron con agua corriente y fueron secadas a temperatura ambiente. Se probaron dos tipos de inoculantes promotores de crecimiento: T1 = rizobacterias (*Azotobacter* spp. y *Azospirillum* spp.) y T2 = hongo micorrízico (*Glomus intraradices* N. C. Schenck & G. S. Sm.), para lo cual se sumergieron las semillas en la solución preparada durante 12 h, el inoculante se disolvió en 100 mL de agua (1 propágulo  $\text{cc}^{-1}$ ) y las rizobacterias *Azobacter* spp. y *Azospirillum* spp. (Invassore®). Se utilizaron 100 mL, a una concentración de  $1 \times 10^8$  unidades formadoras de colonias por mL (UFC  $\text{ML}^{-1}$ ). A las 2 semanas de la germinación, las plantas se inocularon nuevamente.

Las plántulas se trasplantaron en tubetes de polipropileno de 25 cavidades, con una capacidad volumétrica de 160 mL. Estos se llenaron con los sustratos propuestos (Cuadro 1); en cada uno de ellos se colocó un individuo de mezquite y todos se mantuvieron bajo malla-sombra de 50 % de luminosidad. Se aplicó riego cada 48 h. El porcentaje de supervivencia se evaluó a los cinco meses posteriores al trasplante.

Para comparar los resultados de los diferentes tratamientos se efectuaron análisis de varianza (ANOVA) y se realizó una comparación de medias por Tukey a un nivel de significancia del 5 % (Steel *et al.*, 1986), para lo cual se usó el paquete estadístico de Olivares (1994).

60, 70, 80, 90 and  $100^{\circ}\text{C}$  for 8 minutes; all of them consisted of water scarification (Argumedo *et al.*, 2001). Chemical scarification treatments were performed in T9 and T10, in which the seeds were placed in a solution of 4 M hydrochloric acid at  $37^{\circ}\text{C}$  for 8 and 16 minutes, respectively.

Sowing was made in plastic trays of 100 cavities each, with a capacity of 50 cc, for groups of different treatments (Table 1).

Inoculation was performed with the corresponding treatment. Polystyrene trays with 25 seeds covered with absorbent paper dampened with water were used for germination in the greenhouse. They were scarified and rinsed with tap water and were dried at room temperature. Two types of growth promoter inoculants were tested: T1 = rhizobacteria (*Azotobacter* spp. and *Azospirillum* spp.) and T2 = mycorrhizal fungi (*Glomus intraradices* N. C. Schenck & G. S. Sm.), for which the seeds were immersed into the prepared solution for 12 h, the inoculum was dissolved in 100 mL of water (1 propagule  $\text{cc}^{-1}$ ) and the *Azobacter* spp rhizobacteria. and *Azospirillum* spp. (Invassore®). 100 mL were used at a concentration of  $1 \times 10^8$  colony forming units per mL (CFU  $\text{mL}^{-1}$ ). At 2 weeks after germination, the plants were inoculated again.

Seedlings were transplanted in 25 polypropylene cavity cells of 160 mL volumetric capacity. These were filled with the substrata that were suggested (Table 1); in each one of them was placed a mesquite seedling, and all of them were put under a 50 % shade mesh. Watering was applied every 48 h, and five months after transplanting the seedlings, their survival per cent was assessed.

In order to compare the results of the different treatments, analyses of variance (ANOVA) were made as well as a Tukey's mean comparison test with a 5 % significance degree (Steel and Torrie, 1986); Olivares' (1994) statistical package was used.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Seed weight

The weight of the pods of each tree had a range from 0.5 to 4.9 kg, which are lower numbers to those reported by Ríos *et al.* (2010) of 0.7 to 7.6 kg per tree, which, probably might be explained by the frequent drought of the region from which the seed came.

### Seed quality

With the mechanical method a 4.7 % of abrasive damage came out, even though the greatest negative impact was caused by weevils (*Algarobius prosopis* Le Conte), which harmed the

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Peso de las semillas

El peso de las vainas de cada árbol correspondió al intervalo de 0.5 a 4.9 kg, cifras inferiores a las registradas por Ríos *et al.* (2010) de 0.7 a 7.6 kg por árbol, lo que probablemente se deba a la sequía recurrente en la región, de donde procede la semilla.

### Calidad de la semilla

Con el método mecánico se obtuvo 4.7 % de daño abrasivo, aunque el mayor impacto negativo lo causaron los gorgojos (*Algarobius prosopis* Le Conte), los cuales afectaron el embrión. Johnson (1983) declara valores entre 8 y 93 % de las semillas dañadas por dicho insecto.

### Análisis proximal de hojas y vainas de los mezquites muestreados

Respecto a la calidad de la vaina de mezquite como forraje, en el Cuadro 2 se observa la media de los análisis bromatológicos.

Cuadro 2. Análisis proximal de la vaina y hoja de mezquite.  
Table 2. Proximal analysis of leaves and pods of *mesquite* trees

| Muestra | Proteínas<br>(%) | Grasa cruda<br>(%) | Ceniza<br>(%) | Fibra cruda<br>(%) | Promedio fibra<br>cruda<br>(%) |
|---------|------------------|--------------------|---------------|--------------------|--------------------------------|
| Vaina   | 13.27            | 3.26               | 12.18         | 23.37              | 22.61                          |
| Hoja    | 10.11            | 2.96               | 5.96          | 25.37              | 24.72                          |

Estos datos concuerdan con Zolfaghari y Harden (1982), quienes consignan semillas con 39.34 % de contenido de proteína. Con base en estos resultados, las vainas y hojas de mezquite constituyen elementos de buena calidad para la alimentación del ganado por su alto contenido de proteína.

### Determinación de germinación de la semilla de mezquite de los diferentes tratamientos

El registro inició a la semana siguiente que fueron sembradas, y posteriormente se tomaron datos cada siete días, durante un mes. El criterio para considerar la germinación de la semilla fue cuando los cotiledones emergieron totalmente.



embryo. Johnson (1983) quotes values between 8 and 93 % of damaged seeds by such insect.

### Proximal analysis of leaves and pods of the sampled *mesquites*

About the quality of mesquite pod as forage, in Table 2 are gathered the mean values of the bromatological analyses.

These data agree with those of Zolfaghari and Harden (1982), who registered 39.34 % of protein content. Based upon these results, mesquite pods and leaves make up elements of good quality for livestock food from its high protein content.

### Germination of *mesquite* seeds from the different treatments

The record started a week after sowing, and later, data were taken every 7 days during one month. The criterion to consider seed germination was the total cotyledon emergence.



The most convenient temperatures to induce germination are between 70 and 80 °C (Table 3); these data agree with those of Argumedo *et al.* (2001). The results of the scarification with chloride acid reveal a low seed germination level, which means that they do not lose their dormancy (Table 4).

### Assessment of fungi mycorrhizal and rhizobacterial inoculation

After five months of being inoculated with mycorrhizal fungi and rhizobacteria, 10 seedlings were randomly selected from each treatment, which were used to determine the variables of total weight, stem weight, root weight, total height, stem height and root length. Table 4 shows the total weight of the inoculated plants is observed that individuals with *Azotobacter* spp. and *Azospirillum* spp. are different from those inoculated with *G. intraradices* and control (0.318, 0.163 and 0.142 g,



Las temperaturas más adecuadas para inducir la germinación están entre 70 y 80 °C (Cuadro 3); estos datos concuerdan con los de Argumedo *et al.* (2001). Los resultados de la escarificación con el ácido clorhídrico evidencian un nivel bajo de germinación en las semillas, lo que significa que no pierden su latencia (Cuadro 4).

respectively) with a 51 % increase, data similar to those quoted by Villegas *et al.* (2010) for this variable (29 % more growth) with *Bacillus amyloliquefaciens* Fukumoto inoculant.



Cuadro 3. Porcentaje de germinación de la semilla de mezquite de los diferentes tratamientos.  
Table 3. Germination per cent of *mezquite* seed under the different treatments.

| Tratamiento              | Condiciones            | % de germinación |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| T <sub>1</sub> (Testigo) | 19 °C (Con remojo)     | 39               |
| T <sub>2</sub>           | 40 °C (8 min)          | 51               |
| T <sub>3</sub>           | 50 °C (8 min)          | 53               |
| T <sub>4</sub>           | 60 °C (8 min)          | 57               |
| T <sub>5</sub>           | 70 °C (8 min)          | 70               |
| T <sub>6</sub>           | 80 °C (8 min)          | 68               |
| T <sub>7</sub>           | 90 °C (8 min)          | 46               |
| T <sub>8</sub>           | 100 °C (8 min)         | 42               |
| T <sub>9</sub>           | HCl 4 M; 37 °C; 8 min  | 25               |
| T <sub>10</sub>          | HCl 4 M; 37 °C; 16 min | 44               |

### Evaluación de la inoculación con hongos micorrízicos y rizobacterias

Después de cinco meses de haber inoculado con hongos micorrízicos y rizobacterias, se eligieron al azar 10 plantas de cada tratamiento, que fueron utilizadas para determinar las variables de peso total, peso del tallo, peso de la raíz, altura total altura de tallo y longitud radicular. En el Cuadro 4 se muestra el peso total de las plantas inoculadas; se observa que los individuos con *Azotobacter* spp. y *Azospirillum* spp. son diferentes a las inoculadas con *G. intraradices* y al testigo (0.318, 0.163 y 0.142 g, respectivamente) con un incremento de 51 %, datos que son similares a los citados por Villegas *et al.* (2010) para esta variable (29 % más de crecimiento) con inoculante de *Bacillus amyloliquefaciens* Fukumoto.

Respecto a la longitud radicular, el tratamiento 1 (inoculado con bacteria) fue diferente a los tratamientos 2 y 3 ( $p > 0.05$ ), resultados que difieren de lo documentado en otros estudios, en los que no se registran diferencias significativas entre la planta de mezquite inoculada y el testigo (Villegas *et al.*, 2010).

La fijación biológica de nitrógeno constituye el principal aporte natural de nitrógeno hacia la biósfera. La adquisición y fijación del nitrógeno es fundamental para el crecimiento y desarrollo vegetal, superada en importancia sólo por la fotosíntesis (Rodríguez, 1982).

Regarding the root length, treatment 1 (inoculated with bacteria) was different from treatments 2 and 3 ( $p > 0.05$ ), results that differ from what is documented in other studies, in which no significant differences were found among mezquite inoculated plants and control (Villegas *et al.*, 2010).

Biological nitrogen fixation is the main natural supply of nitrogen to the biosphere. The acquisition and nitrogen fixation is essential for plant growth and development, surpassed in importance only by photosynthesis (Rodríguez, 1982).

In regard to the variables of fresh weight of stem, root and total weight of the different treatments of assessed mezquite plants, there were significant differences ( $P > 0.05$ ) between treatment T1 (rhizobacteria) and treatments T2 (mycorrhizal fungi) and T3 (control) (Figure 2) (Table 5). In contrast to that reported by Villegas *et al.* (2010) who did not find any differences between plants inoculated with *B. amyloliquefaciens* and those of control. One of the roles of these microorganisms is growth stimulation of plants through the synthesis or induction of phytohormones, such as auxins or gibberellins (AG3) (Jiménez, 2001). Previous studies of the plant-microorganism interaction of desert species such as "cardón" (*Pachycereus pringlei* Britton & Rose) indicate that there is an answer over 35 y 45 %, compared to those plants that are not inoculated (Carrillo *et al.*, 2002).



Cuadro 4. Evaluación de las plantas de mezquite inoculadas con hongo micorrízico y rizobacterias.  
Table 4. Evaluation of mesquite plants inoculated with mycorrhizal fungi and rhizobacteria.

|                      | Altura total<br>(cm) | Altura del tallo<br>(cm) | Longitud radicular<br>(cm) |
|----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------|
| T1 Bacterias         | 9.42 <sup>a</sup>    | 4.28 <sup>a</sup>        | 4.82 <sup>a</sup>          |
| T2 Hongo micorrízico | 6.08 <sup>b</sup>    | 3.16 <sup>b</sup>        | 3.40 <sup>b</sup>          |
| T3 Testigo           | 5.30 <sup>b</sup>    | 2.15 <sup>c</sup>        | 3.15 <sup>b</sup>          |

<sup>a</sup> = Literales iguales dentro de las columnas son tratamientos iguales (P>0.05).

al = Equal letters within columns are equal treatments (P> 0.05).

Respecto a las variables de peso fresco de tallo, raíz y peso total de los diferentes tratamientos de las plantas de mezquite evaluadas, hubo diferencias significativas (P>0.05) entre el tratamiento T1 (rizobacteria) con los tratamientos T2 (hongo micorrízico) y T3 (testigo) (Figura 2) (Cuadro 5). En contraste a lo registrado por Villegas *et al.* (2010), quienes no tuvieron diferencias entre plantas inoculadas con *B. amyloliquefaciens* y el testigo. Una función de estos microorganismos es la estimulación del crecimiento de las plantas, a través de la síntesis o inducción de fitohormona, como las auxinas o giberelinas (AG3) (Jiménez, 2001). Estudios previos de interacción planta-microorganismo en especies del desierto como el cardón (*Pachycereus pringlei* Britton & Rose) indican que existe una respuesta superior a 35 y 45 %, en comparación con aquellas que no son inoculadas (Carrillo *et al.*, 2002).

Cuadro 5. Peso fresco de tallo, raíz y peso total de las plantas de mezquite evaluadas por tratamiento.  
Table 5. Fresh weight of stem, root and total weight of mesquite plants evaluated by treatment.

|              | Peso total<br>(g)   | Peso de la raíz<br>(g) | Peso del tallo<br>(g) |
|--------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| T1 Bacteria  | 0.318 <sup>a1</sup> | 0.099 <sup>a</sup>     | 0.208 <sup>a</sup>    |
| T2 Micorriza | 0.163 <sup>b</sup>  | 0.038 <sup>b</sup>     | 0.126 <sup>ab</sup>   |
| T3 Testigo   | 0.142 <sup>b</sup>  | 0.044 <sup>b</sup>     | 0.098 <sup>b</sup>    |

<sup>a1</sup> Literal igual dentro de las columnas son tratamientos iguales (P>0.05).

al = Equal letters within columns are equal treatments (P> 0.05).

#### Porcentaje de supervivencia de plantas de mezquite de cada tratamiento

Las plantas de mezquite de todos los tratamientos que recibieron 2.5 L de agua al mes, se secaron. El Material vegetal regado con 5 L al mes sobrevivieron en 16.6 % para todos los tratamientos; cuando se aplicaron 10 L de agua al mes la sobrevivencia fue de 90 %. Esto se debe a que en la región existen largos periodos de sequía, que aunado al efecto de las altas temperaturas, aumentan los requerimientos de riego auxiliar, por lo que es recomendable plantar en época de lluvia (Medina *et al.*, 1998).

No se detectaron plagas en el tiempo de experimentación. Los animales silvestres como la tuza (*Geomys* spp.) causaron

#### Survival per cent of mesquite seedlings of each treatment

All the mesquite plants of all treatments that received 2.5 L of water per month, dried. The plant material that was watered with 5 L per month survived 16.6 % in all treatments; when applied 10 L of water per month, survival was 90%. This is because there are long periods of drought, which coupled with the effect of high temperatures in the region, increase auxiliary irrigation requirements, so it is advisable to plant in the rainy season (Medina *et al.*, 1998).

No plagues were found at the time of the experiment. Wild animals such as field mouse (*Geomys* spp.) caused a 5 % damage during the first days of plantation as they gnawed the base of the stem and the roots. Cattle affected 83.3 % of the plot

where mesquite was planted, as they fed from the buds and occasionally, to uproot them from the ground. It is necessary to protect the area until the trees reach a good size (2 -3 m) in order to prevent their being eaten or trampled by livestock (Piña, 1994).

Survival of plant seedlings in times of drought depends on several facts such as auxiliary watering, and by taking care of cattle and rodent predation.

Inoculation with rhizobacteria and mycorrhizal fungi increases the survival of mesquite in dry season with irrigation of 10 L per month in 3.34 and 1.50%, respectively, relative to control. These data are consistent with those obtained by Monroy-Ata *et al.* (2007) who applied mycorrhizal inoculant to mesquite

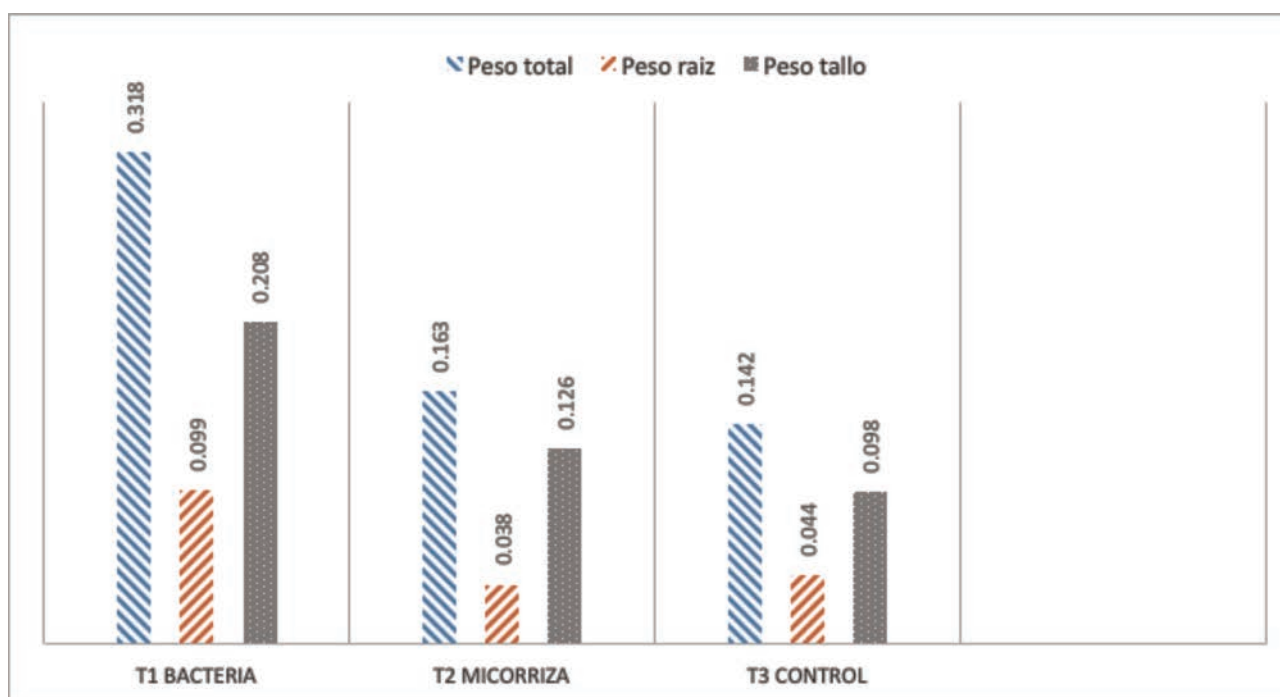


Figura 2. Distribución del peso fresco (total, de raíz y tallo) registrado por los tratamientos aplicados a las plántulas de mezquite.  
Figure 2. Fresh weight distribution (total, root and stem) recorded by the treatments applied to mesquite seedlings.

daños de 5 % en los primeros días de la plantación, al roer la base del tallo y raíces. El ganado bovino afectó 83.3 % de una parcela donde se plantó mezquite, al alimentarse de los brotes de la planta y en ocasiones, sacarla del suelo. Es necesario proteger el área hasta que los árboles alcancen un tamaño suficiente (de 2 a 3 m), con el propósito de que no sean ramoneados y pisoteados por el ganado (Piña, 1994).

La supervivencia de las plantas de mezquite en tiempos de sequía depende, entre otras cosas, de mantener riegos de auxilio, del cuidado del ganado bovino y del de la depredación por roedores.

La inoculación con rizobacterias y hongos micorrízicos incrementa la supervivencia del mezquite en época de sequía con riego de 10 L al mes en 3.34 y 1.50 %, respectivamente, en relación con el testigo. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Monroy-Ata *et al.* (2007), quienes al aplicar inoculantes micorrízicos al mezquite y al huizache (*Acacia* spp.) registraron supervivencia 2.8 veces mayor que el testigo.

## CONCLUSIONES

La semilla de mezquite puede extraerse utilizando un molino mecánico eléctrico. Las vainas y hojas de Nuevo Ideal tienen alto contenido de proteína.

and *acacia* and survival recorded 2.8 times higher than that of control.

## CONCLUSIONS

*Mesquite* seed can be extracted by using an electric-mechanical mill. The pods and leaves of Nuevo Ideal have a high protein content. Scarification by water at 70 to 80 °C for 8 minutes is right to end the dormancy period of the seeds, which will germinate in a moist mix of peat moss, earth worm compost and sand.

Inoculation with *Azotobacter* spp. and *Azospirillum* spp. favored stem and root growth of mesquite, as well as its survival at the field, even in times of drought, by the application of auxiliary watering.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank COSDAC for having sponsored the research project in the 2912 Research and Education Innovation Program (Programa de Investigación e Innovación Educativa 2012) with key number 019.12-P05.

*End of the English version*



La escarificación hídrica a 70 - 80 °C durante 8 minutos es correcta para terminar el periodo de latencia de las semillas, para su posterior germinación en una mezcla húmeda de sustrato fértil canadiense, lombricomposta y arena.

La inoculación con *Azotobacter* spp. y *Azospirillum* spp. favoreció el crecimiento de tallo y raíz en el mezquite, así como supervivencia en campo, aun en tiempo de sequía, mediante la aplicación de riegos de auxilio. 

## AGRADECIMIENTOS

A COSDAC por apoyar el proyecto de investigación en el Programa de Investigación e Innovación Educativa 2012 con clave de Proyecto 019.12-P05.

## REFERENCIAS

- Argumedo J., R., M. Alvarado R. y R. D. Valdez C. 2001. Escarificación de semillas de mezquite (*Prosopis laevigata*) para aumentar la eficiencia en la germinación. In: Memoria de las 5<sup>as</sup> Jornadas de Investigación del 25 al 29 de junio de 2001. Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, Zac., México. 8 p. <http://manosdelatierra.wikispaces.com/file/view/Escarificaci%C3%B3n+de+semillas+de+mezquite.pdf>. (8 de mayo de 2013).
- Bravo-Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. México. 719 p.
- Carrillo, A. 2002. Efecto de *Azospirillum brasilenses* en Cardón. Tesis de maestría en uso, manejo y preservación de los recursos naturales. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, BCS. México. 98 p.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para la Biodiversidad-Instituto de Biología UNAM. Agrupación Sierra Madre. México D. F. México. 813 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2002. Cuaderno Estadístico Municipal de Durango. Durango, Dgo. México. 180 p.
- Jiménez D., R., G. Virgen C., S. Tabares F. y V. Olalde P. 2001. Bacterias promotoras de crecimiento de plantas: agro-biotecnología. Avance y Perspectiva 20: 395-400.
- Medina G., G., J. A. Ruiz C. y R. A. Martínez P. 1998. Los Climas de México. Libro Técnico Núm. 1. SAGAR. INIFAP- CIRPAC. Guadalajara Jal. México. 103 p.
- Monroy-Ata, A., J. Estévez-Torres, R. García-Sánchez y R. Ríos-Gómez. 2007. Establecimiento de plantas mediante el uso de micorrizas y de islas de recursos de un matorral xerófilo deteriorado. Bol. Soc. Bot. Méx. 80 (suplemento):49-57.
- Olivares S., E. 1994. Paquete de diseños experimentales de la Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, NL. México. s/p
- Piña P., F. 1994. Selección de especies forestales para el establecimiento de postes vivos para cercos en Baja California Sur. Campo Experimental Todos Santos. CIR-NO, INIFAP, SARH. La Paz, BCS. México. 14 p.
- Rodríguez C., E. 1982. Improved medium for isolation of *Azospirillum* spp. Appl. Environ. Microbiol. 44(4): 990-991.
- Ríos S., J. C., E. Soto C. y R. Rosales S. 2010. Evaluación de métodos de extracción de semilla para la conservación del mezquite en Durango, México. In: VI Simposio Internacional Sobre Manejo Sostenible de Recursos Forestales. (SIMFOR 2010). Pinar del Río, Cuba. 8 p.
- Steel, R. G., J. H. Torrie and D. A. Dickey. 1986. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. McGraw-Hill Co., Series: McGraw-Hill Series in Probability and Statistics. New York NY. USA. 672 p.
- Villegas-Espinosa, J. A., E. O. Rueda-Puente, B. Murillo-Amador, M. E. Puente, O. Grimaldo-Juárez, S. M. Avilés-Marín y J. F. Ponce-Medina. 2010. Efecto de la inoculación de *Azospirillum halopraeferens* y *Bacillus amyloliquefaciens* en la germinación de *Prosopis chilensis* Tropical and Subtropical Agroecosystems 12(1): 19-32.
- Zolfaghari, R. and M. Harden. 1982. Nutritional value of mesquite beans (*Prosopis glandulosa*). In: Parker, H. W. (ed.). Mesquite Utilization. Texas Tech University. College of Agricultural Sciences. Lubbock, TX. USA. pp. 1-9.

