

# Efecto de la escarificación de la semilla y del sustrato sobre el crecimiento de plántulas de *Agave salmiana*

## Effect of seed scarification and substrate on growth of *Agave salmiana* seedlings

A.B. Sánchez-Urdaneta<sup>1</sup>, I. Ortega<sup>2</sup>, I. Cano<sup>2</sup>, A. González<sup>2</sup>, C.B. Peña-Valdivia<sup>3</sup>, G. Rivero<sup>1</sup>, G. Sthormes<sup>1</sup>, D. Pacheco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Botánica y Estadística, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (LUZ). Av. Ziruma, Ciudad Universitaria, Núcleo Agropecuario. Maracaibo, Venezuela. <sup>2</sup>Facultad de Agronomía, LUZ. <sup>3</sup>Botánica, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, México.

### Resumen

Se evaluó el efecto de la escarificación y de diferentes sustratos sobre el crecimiento de plántulas de *Agave salmiana*. Las semillas fueron recolectadas en San Luis Potosí, México. Se utilizó un diseño experimental totalmente al azar con arreglo factorial de tratamientos y cuatro repeticiones. Se cuantificó el número y midió la altura de las plántulas emergidas (NPE y AP) y la longitud de la raíz más larga (LRL). El mayor NPE (8,25) se presentó en las semillas escarificadas y remojadas 24 h creciendo en concha de coco. Con concha de coco LRL fue 90 y 42% mayor comparada con lodo cervecero y vermicompost. La escarificación y remojo 24 h incrementó el crecimiento de la raíz (1,25 cm) y fue diferente entre la condición de escarificación.

**Palabras clave:** maguey, escarificación, sustratos, desarrollo.

### Abstract

The effect of scarification and different substrates in the growth of seedling *Agave salmiana* were evaluated on nursery conditions. The seeds were collected in San Luis Potosí, Mexico. A totally random experimental design with factorial treatment arrangement was used, with four replications. Number and height

of emerged seedlings (NES and HS) and roots length (RL) were quantified. In those scarified seeds and seed soaking growing in coconut shell the largest NES (8.25) was observed. With coconut shell the seedling root length was 90 and 42% higher compared to brewery sludge and vermicompost. The seed scarification and seed soaking favored the root growth (1.25 cm) and it was different between the scarification condition.

**Key words:** maguey, scarification, substrates, development.

## Introducción

*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck, Agavaceae, es una de las 200 especies conocidas como maguey en Venezuela y una zona amplia de América Latina. Esta especie tiene importancia prehispánica y actual en México por el aprovechamiento de las hojas, inflorescencias y el jugo con el que se elaboran bebidas alcohólicas, conocidas como aguamiel, pulque y mezcal, entre otras (Aguirre *et al.*, 2001; De León-Rodríguez *et al.*, 2008). Además, los magueyes han sido utilizados en México por las poblaciones indígenas como alimento, medicina, fibra y brebajes, contienen también sustancias utilizadas para la síntesis de corticosteroides, fito-fungicidas y otras (De León-Rodríguez *et al.*, 2008). En Venezuela los magueyes han sido utilizados para la obtención de fibras y elaboración de bebidas alcohólicas.

La reproducción natural del maguey parece ser casi exclusivamente asexual, a través de hijuelos, aun cuando todos los años se observan nuevos individuos de las poblaciones naturales que florecen extensivamente y producen abundantes semillas. Además, se ha señalado que el deterioro acelerado de su hábitat ha generado condiciones inadecuadas para la germinación. No obstante, la propagación sexual y

## Introduction

*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck, Agavaceae, is one of 200 species known like "maguey" in Venezuela and a wide region of Latin America. This specie have pre Hispanic and current importance at México because taking in advantage of leaves, inflorescences and juice used for alcoholic beverages, known like "aguamiel", "pulque" and "mescal", among others (Aguirre *et al.*, 2001; De León-Rodríguez *et al.*, 2008). Also, "magueyes" have been used in México by indigenous populations as feeding, medicine, fiber and beverages, also have substances used for synthesis of corticosteroids, phyto-fungicides and others (De León-Rodríguez *et al.*, 2008). In Venezuela, "magueyes" have been used to obtain fibers and to do alcoholic beverages.

Natural reproduction of "maguey" seems to be almost exclusively asexual, through little shoots, even though all the years new individual are observed in natural populations that extensively get blossom and produce a lot of seeds. Besides, it has been detached that accelerate damage of its habitat have generated inadequate conditions for germination. However, sexual and asexual propagation in "magueyes" depend on specie (Aguirre

asexual en los magueyes es dependiente de la especie (Aguirre *et al.*, 2001). Ha sido reportado que la reproducción por semillas requiere cuidados mayores e incrementa el tiempo de crecimiento y desarrollo de la planta (Anónimo, 1988) e igualmente incrementa la variabilidad genética en plantaciones cultivadas, disminuyendo la probabilidad de daños por plagas y enfermedades (Piven *et al.*, 2001).

Experimentalmente, se ha observado que en general las especies de *Agave* presentan porcentajes de germinación elevados (cerca de 100%) en dependencia de la temperatura (entre 24 y 35°C) y de las condiciones ambientales donde se desarrollaron las plantas madres (Peña-Valdivia *et al.*, 2006).

En condiciones controladas (25°C y 100% de humedad) la germinación media de *A. salmiana* proveniente de la localidad Minera Las Cuevas, San Luis Potosí, México fue 90% en 120 h (Peña-Valdivia *et al.*, 2006). Por otro lado, la escarificación, imbibición acelerada y la combinación de ambos procesos incrementaron el crecimiento del hipocótilo y la raíz, por lo que se concluyó que la germinación de estas semillas podría ser insensible a cierto daño mecánico, o al exceso de humedad en períodos relativamente cortos, de uno a tres días (Sánchez-Urdaneta *et al.*, 2002).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la escarificación mecánica y el uso de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de maguey (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck) en condiciones de vivero.

*et al.*, 2001). Reproducción por semillas requiere altos cuidados e incrementa el tiempo de desarrollo de la planta (Anónimo, 1988) e igualmente incrementa la variabilidad genética en plantaciones cultivadas, disminuyendo la probabilidad de daños por plagas y enfermedades (Piven *et al.*, 2001).

Experimentalmente, se ha observado que especies de *Agave* muestran altos porcentajes de germinación (cerca de 100%) dependiendo de la temperatura (entre 24 y 35°C) y de las condiciones ambientales donde las plantas madres crecen (Peña-Valdivia *et al.*, 2006).

En condiciones controladas (25°C y 100% de humedad) la germinación media de *A. salmiana* proveniente de la localidad Minera Las Cuevas, San Luis Potosí, México, fue 90% en 120 h (Peña-Valdivia *et al.*, 2006). Por otro lado, la escarificación, imbibición acelerada y la combinación de ambos procesos incrementaron el crecimiento del hipocótilo y la raíz, por lo que se concluyó que la germinación de estas semillas podría ser insensible a cierto daño mecánico, o al exceso de humedad en períodos relativamente cortos, de uno a tres días (Sánchez-Urdaneta *et al.*, 2002).

El propósito de esta investigación fue evaluar el efecto de la escarificación mecánica y el uso de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de maguey (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck) en condiciones de vivero.

## Materials and methods

El ensayo se realizó en un vivero de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

## Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el propagador del Vivero de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, situado a 10°41'12" LN y 71°38'05" LO, ubicado dentro de la altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia, zona de vida perteneciente a bosque muy seco tropical (Ewel y Madriz, 1968).

Se utilizaron semillas de *A. salmiana* recolectadas en la Sierra de Álvarez, localidad Minera Las Cuevas, San Luis Potosí, México a 2280 msnm, 21°59'26" LN y 100°39'11" LO, con clima BS<sub>1</sub>kw(e)gw" (García, 1988). Las semillas provinieron de una planta representante de las poblaciones silvestres de la especie; fueron recolectadas en madurez fisiológica (cápsulas con coloración amarillo verdoso), se secaron a la sombra y se almacenaron en refrigeradora (5±1°C), desde el 2000 hasta el 2004 cuando fueron utilizadas. Las semillas fueron escarificadas, con una incisión de aproximadamente 1 mm de profundidad, en la región del vértice opuesto al micrópilo, para lo cual se utilizó un bisturí (Peña-Valdivia *et al.*, 2006) y se sembraron en tres sustratos (S). Se cuantificó el número de plántulas emergidas a partir de los 15 días después de la siembra y se midió la altura de las plántulas emergidas y la longitud de la raíz más larga una vez finalizada la fase experimental, 45 días después de la siembra. Las semillas fueron colocadas en vasos plásticos con capacidad de 40 mL, se aplicó riego sin restricción, según la capacidad hídrica de los sustratos, el indicador de germinación fue la emergencia de las plántulas.

located at 10°41'12" NL and 71°38'05" WL, Maracaibo plain, Zulia state, life region identified as very dry tropical forest (Ewel and Madriz, 1968).

Seeds of *A. salmiana* recollected in Sierra de Álvarez, Las Cuevas locality, San Luis Potosí, México to 2280 masl, 21°59'26" NL 100°39'11" WL, with climate BS<sub>1</sub>kw(e)gw" (García, 1988). Seeds come from a plant representing wild populations of specie; they were recollected on physiological maturity (capsules with greenish yellow coloration), dried on shadow and stored in refrigeration (5±1°C), from 2000 to 2004 when they were used. Seeds were scarified, with an incisión of 1 mm depth approximately, on the vertex opposite to micropyle, by using an scalpel (Peña-Valdivia *et al.*, 2006) and they were sowed into three substrates (S). The number of emerged seedlings was quantified from 15 days after sowing and height was measured and length of longer root once experimental phase finished, 45 days after sowing. Seeds were placed on plastic container with 40 mL capacity, free irrigation was applied, according to the hydric capacity of substrates; the germination indicator was the seedlings emergency.

An experimental design totally at random with factorial arrangement of four replications was used; the experimental units were formed by 12 seeds. Factors and study levels were: scarification condition with three levels (intact seeds (IS), intact seeds in soaking during 24 h (IS24) and scarified mechanically seeds followed by soaking during 24 h (SMS) and substrate with three levels (brewery

Se utilizó un diseño experimental totalmente al azar con arreglo factorial de tratamientos y cuatro repeticiones, las unidades experimentales estuvieron constituidas por 12 semillas. Los factores y niveles de estudio fueron: condición de escarificación con tres niveles (semillas intactas (CE1), semillas intactas en remojo durante 24 h (CE2) y semillas escarificadas mecánicamente seguidas de remojo durante 24 h (CE3)) y sustrato con tres niveles (lodo cervecero (S1), vermicompost (S2), concha de coco (S3)); así, fueron generados nueve tratamientos. El lodo cervecero es producto de la decantación y lavado de residuos de la industria cervecera.

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y subsecuente comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey para los efectos simples y LSMEANS para las interacciones, utilizando el paquete estadístico SAS® para computadora personal (SAS, 1999-2000, versión 9.1). La representación gráfica de los datos se realizó con el programa Sigma Plot de Jandel Scientific® (2001, versión 7.1), para computadora personal.

## Resultados y discusión

### Número de plántulas emergidas

La evaluación del número de plántulas emergidas se inicio 15 días después de la siembra y hasta los 45 días, cuando habían emergido más del 50% de las plántulas. El número de plántulas emergidas presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,0163$ ) por efec-

sludge (S1), vermicompost (S2), coconut shell (S3)); thus, nine treatments were generate. Brewery sludge is product of decantation and residue washing of brewery.

An analysis of variance was accomplished on data obtained and a subsequent means multiple comparison with Tukey test for simple effects and LSMEANS for interactions, by using statistical program SAS® for personal computer (SAS, 1999-2000, version 9.1). The data graphic representation was done with Sigma Plot program of Jandel Scientific® (2001, versión 7.1), for personal computer.

## Results and discussion

### Number of emerged seedlings

Evaluation of emerged seedling number began 15 days after sowing and until 45 days, when emerged more than 50% of seedlings. Number of emerged seedlings showed statistical differences ( $P < 0.0163$ ) by effect of substrate. The multiple ranks tests of Tukey determined differences between S3 and S2 with values between 6.75 and 3.33 emerged seedlings in average, respectively (table 1). Even though statistical differences by effect of scarification condition were found, the higher number of emerged seedlings was observed in SMS (6.08) and the lower one in IS (4.50). Apparently, SMS and IS24 conditions favored number of emerged seedlings, when higher values were evident.

Godínez *et al.* (2007) mentioned that in field conditions the emergency

to del sustrato. La prueba de rangos múltiples de Tukey determinó diferencias entre S3 y S2 con valores entre 6,75 y 3,33 plántulas emergidas en promedio, respectivamente (cuadro 1). Aún cuando no se presentaron diferencias estadísticas por efecto de la condición de escarificación, el mayor número de plántulas emergidas se observó en CE3 (6,08) y el menor en CE1 (4,50). Aparentemente las condiciones CE3 y CE2 favorecieron el número de plántulas emergidas, al presentar los mayores valores.

Godínez *et al.* (2007) señalaron que en condiciones de campo el tiempo de emergencia de las plántulas jue-

time of seedlings play an important role for its survival. Jones *et al.* (1997) established that the hypotheses that explain this phenomenon have been separated into two categories: genetic and maternal effects, and environmental effects. The first one propose that bigger seeds, more vigorous or those having better adapted genotypes have a tendency to early germination, which implies that seedlings emergency time is related with seed size. The second one, propose that seeds with early germination takes advantage of several environmental factors present in temporary way at the moment of

**Cuadro 1. Numero de plántulas emergidas y longitud de la raíz más larga de *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck, a partir de semillas, recolectadas en San Luis Potosí, México, en tres condiciones de escarificación y tres sustratos diferentes.**

**Table 1. Number of emerged seedlings and length of longer root of *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck, from seeds, collected at San Luis Potosí, Mexico, in three scarification conditions and three different substrates.**

Variable	Sustratos		
	S1	S2	S3
Número de plántulas emergidas	5,23 <sup>ab</sup>	3,33 <sup>b</sup>	6,75 <sup>a</sup>
Longitud de la raíz más larga (cm)	0,95 <sup>ab</sup>	0,71 <sup>b</sup>	1,35 <sup>a</sup>
Variable	Condición de escarificación		
	CE1	CE2	CE3
Longitud de la raíz más larga (cm)	0,85 <sup>ab</sup>	0,98 <sup>b</sup>	1,25 <sup>a</sup>

S1: lodo cervecero, S2: vermicompost y S3: concha de coco. CE1: semillas intactas, CE2: semillas intactas en remojo durante 24 h y CE3: semillas escarificadas mecánicamente seguidas de remojo durante 24 h. Letras iguales en la misma fila indican que no hubo diferencia estadística. n=12.

ga un papel muy importante en su sobrevivencia. En ese sentido, Jones *et al.* (1997) indicaron que la hipótesis que explica ese fenómeno se ha separado en dos categorías: efectos genéticos y maternos, y efectos ambientales. La primera propone que las semillas más grandes, por lo tanto, más vigorosas o las que poseen genotipos mejor adaptados tienden a germinar primero, lo que implica que el tiempo de emergencia de las plántulas está relacionado con el tamaño de la semilla. La segunda, propone que las semillas que germinan primero toman ventaja de ciertos factores ambientales que están presentes en forma temporal al momento de la germinación, como luz, disponibilidad de agua o nutrientes (Jones y Sharitz, 1989). Lo cual generó un mayor tamaño en las plántulas que emergieron primero. Evidentemente que la composición nutrimental, aspecto físico-químico, porosidad, textura, entre otros, de los diferentes sustratos pudieron afectar la emergencia de las plántulas en esta investigación.

### **Longitud de la raíz más larga**

Se obtuvieron diferencias estadísticas por efecto de la condición de escarificación ( $P < 0,0153$ ) y sustrato utilizado ( $P < 0,0001$ ) para la longitud de la raíz más larga. Las semillas embebidas durante 24 h (CE3) generaron plántulas con la mayor longitud (1,25 cm), diferentes a CE1 (0,85 cm; cuadro 1). Igualmente se encontraron diferencias estadísticas ( $P < 0,0001$ ) entre S3 (1,35 cm) y el resto de los sustratos (0,95 cm para S2 y 0,71 cm para S1; Figura 3B). Probablemente,

like light, water or nutrients availability (Jones and Sharitz, 1989). This caused a higher size in seedlings with early germination. Obviously, nutrimental composition, physical-chemical aspect, porosity, texture, among others, of different substrates could affect the emergence of seedlings in this research.

### **Length of longer root**

Statistical differences by effect of scarification conditions ( $P < 0.0153$ ) and substrate used ( $P < 0.0001$ ) for length of longer root. The soaked seeds during 24 h (SMS) generated seedlings with higher length (1.25 cm), different to IS (0.85 cm; table 1). Also, statistical differences ( $P < 0.0001$ ) between S3 (1.35 cm) and the rest of substrates (0.95 cm for S2 and 0.71 cm for S1; figure 3B). Probably, the substrates compaction S1 and S2 avoided a higher roots development, the increase of porosity and structure S3 favored growth of "maguey" roots (table 1).

By using coconut shell as substrate, the root length was 90% longer (1.35 cm) than brewery sludge (0.71 cm) and 42% than vermicompost (0.95 cm). The scarification condition SMS increased 1.47 times the root growth respect to condition SC1 (0.85 cm).

The organic matter content had influence on soil physical properties (like porosity and fertility, among others). Also, it was related to water availability (Pugnaire *et al.*, 2004) and soil compaction. Likewise, an increase on organic matter content in soil was related to a decrease in thermic conductivity, avoiding extreme



blemente la compactación de los sustratos S1 y S2 impidió un mayor desarrollo de las raíces, el incremento de la porosidad y estructura de S3 favoreció el crecimiento de las raíces de maguey (cuadro 1).

Con la concha de coco como sustrato, la longitud de la raíz fue 90% más larga (1,35 cm) que con el lodo cervecero (0,71 cm) y 42% que con el vermicompost (0,95 cm). La condición de escarificación CE3 incremento 1,47 veces el crecimiento de la raíz respecto a la condición CE1 (0,85 cm).

El contenido de materia orgánica influyó sobre las propiedades físicas del suelo (como la porosidad, la fertilidad, entre otros), a la vez se relacionó con la disponibilidad de agua (Pugnaire *et al.*, 2004) y la compactación del suelo. Asimismo, un incremento en el suelo del contenido de materia orgánica estuvo relacionado con una disminución en la conductividad térmica, evitando así fluctuaciones extremas en la temperatura (Pugnaire *et al.*, 2004). Estas variaciones de la temperatura y la humedad del sustrato han sido relacionadas entre sí, y modularon los modelos de crecimiento de las plantas anuales, la densidad y la composición de las especie en sus comunidades (Evans y Young, 1989) donde las respuestas fenotípicas a estos factores fueron específicos de las especies (Rebollo *et al.*, 2001). Esto sugiere, tal como lo señalaron Pugnaire *et al.* (2004) que la temperatura y las propiedades del suelo juegan un papel importante en la regulación de la disponibilidad de agua para las plantas.

Por otro lado, Peña-Valdivia *et al.* (2006) encontraron que la escari-

fluctuations in temperature (Pugnaire *et al.*, 2004). These variations on temperature and substrate humidity have been related among them, and they showed models of annual plants growth, density and composition of specie in their communities (Evans and Young, 1989) where phenotypical responses to these factors were specific of species (Rebollo *et al.*, 2001). Pugnaire *et al.* (2004) suggested that temperature and soil properties play an important role in regulation of water availability for plants.

On the other hand, Peña-Valdivia *et al.* (2006) found that scarification, accelerated imbibition previous to germination and combination of both conditions increased growth of hypocotyl and root in "maguey" seeds of three México regions, respect to treatments with intact seeds.

### Seedling height

Emerged seedlings height varied in a significant way by effect of scarification method and type of substrate ( $P < 0.0293$ ). Presence of three different groups, the first one formed by treatment SMS-S3, statistically different to the rest of treatments, with value of 2.30 cm. The second group formed by treatments SMS-S2 and IS-S1, both with seedling length of 1.60 cm, followed by treatments IS24-S3 (1.48 cm), SMS-S1 (1.46 cm), IS-S2 (1.36 cm) and IS-S3 (1.21 cm), without statistical differences among them. Third group was formed by treatments IS24-S1 (0.73 cm) and IS24-S2 (0.55 cm), without statistical differences among them (figure 1). The IS condition



ficación, imbibición acelerada previa a la germinación y la combinación de ambas condiciones incrementaron el crecimiento del hipocótilo y la raíz en las semillas de maguey de tres regiones de México, respecto a los tratamientos con semillas intactas.

### Altura de las plántulas

La altura de las plántulas emergidas varió significativamente por efecto del método de escarificación y el tipo de sustrato ( $P < 0,0293$ ). Se evidenció la presencia de tres grupos diferentes, el primero conformado por el tratamiento CE3-S3 diferente estadísticamente al resto de los tratamientos, con valor de 2,30 cm. El segundo grupo conformado por los tratamientos CE3-S2, CE1-S1 ambos con longitud de las plántulas de 1,60 cm, seguidos por los tratamientos CE2-S3 (1,48 cm), CE3-S1 (1,46 cm), CE1-S2 (1,36 cm) y CE1-S3 (1,21 cm), sin diferencias estadísticas entre estos últimos. El tercer grupo estuvo conformado por los tratamientos CE2-S1 (0,73 cm) y CE2-S2 (0,55 cm), sin diferencias estadísticas entre ellos (figura 1). La condición CE1 presentó una disminución en la altura de las plántulas con relación al sustrato utilizado. La disminución fue de 15 y 24% cuando las plántulas crecieron en sustrato de vermicompost y concha de coco comparado con el lodo cervecero (figura 1). También se evidenció que, en general, la escarificación de las semillas propició el desarrollo menor de las plántulas.

### Conclusión

El crecimiento de las plántulas de maguey se modificó ampliamente

showed a decrease on seedling in relation to substrate used. Decrease was of 15 and 24% when seedlings grow up on vermicompost and coconut shell substrate compared to the brewery sludge (figure 1). In general, it was evident that seeds scarification favored the lower seedlings development.

### Conclusion

"Maguey" seedlings growth was widely modified with substrates used, the use of coconut shell as substrate and seeds imbibition during 24 h favored the emergence process, seedling height and root growth of *Agave salmiana*.

*End of english version*

---

con los sustratos utilizados, la utilización de concha de coco como sustrato y la imbibición de las semillas durante 24 h favoreció el proceso de emergencia, altura de las plántulas y el crecimiento de la raíz de *Agave salmiana*.

### Literatura citada

- Aguirre R., J.R.H., Charcas S., J.L. Flores F. 2001. El maguey mezcalero potosino. COPOCYT, UASLP. San Luis Potosí, México. 87 p.
- Anónimo. 1988. El maguey: árbol de las maravillas. Museo Nacional de Culturas Populares. México, DF. 178 p.
- De León-Rodríguez, A., P. Escalante-Minakata, A.P. Barba de la Rosa, H.P. Blaschek. 2008. Optimization of fermentation conditions for the

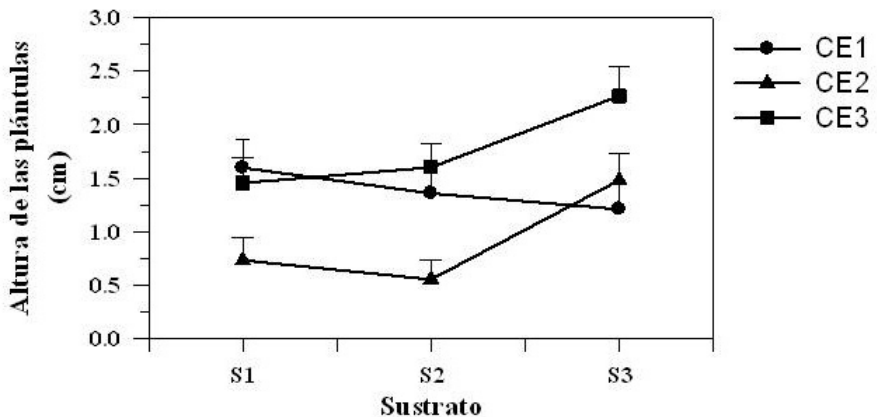


Figura 1. Altura de las plántulas de *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck, provenientes de semillas originarias de San Luis Potosí, México, en tres condiciones de escarificación y tres sustratos diferentes. S1: lodo cervecero, S2: vermicompost y S3: concha de coco. CE1: semillas intactas, CE2: semillas intactas en remojo durante 24 h y CE3: semillas escarificadas mecánicamente seguidas de remojo durante 24 h. n=12.

Figure 1. Seedlings height of *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck, coming from seeds of San Luis Potosí, Mexico, in three scarification conditions and three different substrates. S1: brewery sludge, S2: vermicompost and S3: coconut shell. IS: intact seeds, IS24: intact seeds soaked during 24 h and SMS: seeds mechanically scarified and after soaked during 24 h. n=12.

production of the mescal from *Agave salmiana* using response surface methodology. Chemical Engineering and Processing 47:76-82.

Evans, R.A. y J.A. Young. 1989. Characterization and analysis of abiotic factors and their influences on vegetation. pp. 13-28. En: L.F. Huenneke y H.A. Mooney (Eds.). Grassland Structure and Function: California Annual Grassland. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.

Ewel, J.J. y A. Madriz. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Edit. Sucre. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección de Investigación. 264 p.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM, México. 271 p.

Godínez I., O., G.Á. Pérez, L. López M., E. García M., J.I. Valdez H., H. De los Santos P. y A.T. Santos. 2007. Lluvia de semillas y emergencia de plántulas de *Fagus grandifolia* subsp. Mexicana en la Mojonera, Hidalgo, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 78:117-128.

Jones, R.H. y R.R. Sharitz. 1989. Potential advantages and disadvantages of germinating early for trees in flood plain forests. Oecologia 81:443-449.

- Jones, R.H., B. Allen y R.R. Sharitz. 1997. Why do early emerging seedlings have survival advantage?: a test using *Acer rubrum* (Aceraceae). *Amer. J. Bot.* 84:1714-1718.
- Peña-Valdivia, C.B., A.B. Sánchez-Urdaneta, J.R. Aguirre R., C. Trejo, E. Cárdenas y A. Villegas-Monter. 2006. Temperature and mechanical scarification on the germination of 'maguey' (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck) seeds. *Seed Science and Technology* 34:47-56.
- Piven, N.M., F.A. Barredo-Pool, I.C. Borges-Argaez, M.A. Herrera-Alamillo, A. Mayo-Mosqueda, J.L. Herrera-Herrera y M.L. Robert. 2001. Reproductive biology of henequen (*Agave fourcroydes*) and its wild ancestor *Agave angustifolia* (Agavaceae). I. Gametophyte development. *American Journal of Botany* 88:1966-1976.
- Pugnaire, F.I., C. Armas y F. Valladares. 2004. Soil as a mediator in plant-plant interactions in a semi-arid community. *Journal of Vegetation Science* 15:85-92.
- Rebollo, S., L. Pérez-Camacho, M.T. García-de Juan, J.M. Rey Benayas y A. Gómez-Sal. 2001. Recruitment in a mediterranean annual plant community: seed bank, emergent, litter, and intrad- and inter-specific interactions. *Oikos* 95:485-495.
- Sánchez-Urdaneta, A.B., C.B. Peña-Valdivia, J.R. Aguirre R. 2002. Caracterización de la germinación de semillas de *Agave salmiana*. *Memorias del Congreso Nacional de Citogenética, Saltillo, Coahuila, México.* pp. 382.
- SAS. 1999-2000. SAS user's guide. Statistics. Version 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA. 1290 p.
- SigmaPlot of Jandel Scientific. 2001. User's guide. Flying Raichu von. Version 7.1. SPSS Science Inc. 435 p.