

Agave angustifolia Haw.

Técnicas para el trasplante de vitroplantas a condiciones de agostadero



GOBIERNO
FEDERAL

SAGARPA



CIAD



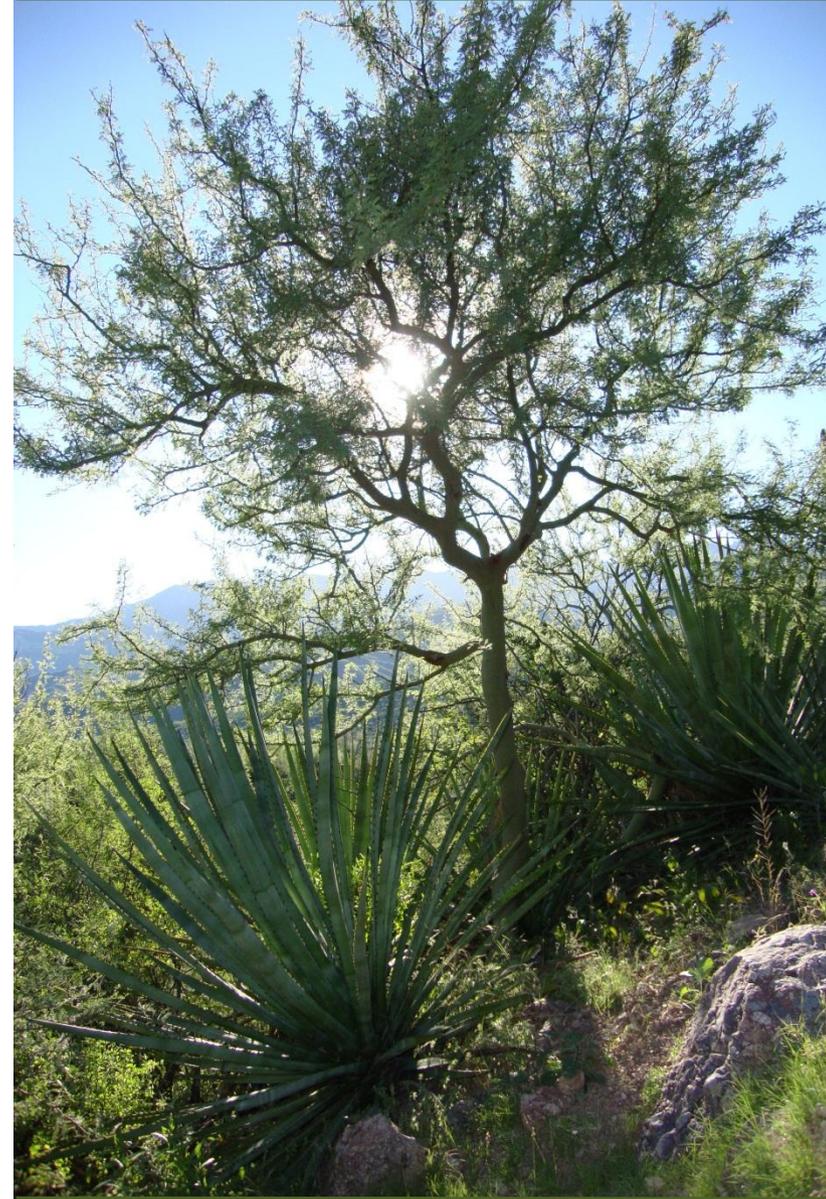
UES

Universidad Estatal de Sonora
Valor, Inteligencia y Determinación



SINAREFI

Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos
para la Alimentación y la Agricultura



GOBIERNO
FEDERAL

SAGARPA



CIAD



UES

Universidad Estatal de Sonora
Valor, Inteligencia y Determinación



SINAREFI

Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos
para la Alimentación y la Agricultura

SAGARPA

Secretaría de Agricultura, Ganadería,
Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
*Av. Municipio Libre 377. Col. Santa Cruz Atoyac,
Del. Benito Juárez, C.P. 03310, México, D.F.
Tel: 3871-1000, contacto@sagarpa.gob.mx*

SINAREFI

Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos
para la Alimentación y la Agricultura
*Av. Presidente Juárez No. 13, Col. El Cortijo,
Tlalnepantla, CP. 54000, Edo. De México
Tel. 3622-0667 al 70, asistente.rfaa@snics.gob.mx*

CIAD, A.C.

Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo, A.C.
*Carretera a La Victoria km 0.6. Col. Ejido La Victoria
Hermosillo, CP. 83304, Sonora
Tel 662-2892400 ext. 326, esqueda@ciad.mx*

UES

Universidad Estatal de Sonora
*Rosales No. 189 Col. Centro,
Hermosillo, CP. 83000, Sonora
Tel. (662) 2895900, contacto@ues.mx*

Elaboraron:

Dr. Martín Esqueda Valle
Ecól. Martha L. Coronado Andrade
M. en C. Aldo Hiram Gutiérrez Saldaña
M. en C. Tania Fragoso Gadea

Introducción

El agave es una planta perenne conocida comúnmente como maguey, posee hojas alargadas y suculentas dispuestas en espiral sobre un tallo corto, formando una roseta. México es el centro de origen y diversidad natural del género *Agave* y cuenta con 150 de las más de 200 especies que existen, distribuidas principalmente en ecosistemas áridos. Su importancia ecológica radica en el número de especies animales y vegetales con las cuales establece asociaciones y en su capacidad de retención de suelos. Desde épocas prehispánicas se han utilizado para cubrir diversas necesidades de tipo alimenticio, habitacional, espirituales y de recreación. De éstas, uno de sus usos más conocidos y tradicionales es la obtención de bebidas alcohólicas y recientemente ha destacado su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales que contengan inulina y sus derivados, por su alta concentración de este tipo de azúcares (Gentry, 1982; López *et al.*, 2003; Sánchez-Teyer *et al.*, 2009; Saldívar-Esparza, 2007; Berumen-Barbosa, 2009; Ravenscroft *et al.*, 2009).

En Sonora se han descrito más de 26 taxones entre los que destaca *Agave angustifolia*, que crece de manera silvestre en la mayor parte de la porción occidental de la Sierra Madre, distribuyéndose al azar o de manera aislada. Esta especie se ha utilizado durante siglos para la elaboración tradicional del bacanora, cuyo nombre proviene de la localidad donde se produce principalmente, Bacanora, Sonora. Para obtener esta bebida alcohólica se requiere la cocción del tallo, la fermentación y la destilación de sus jugos, conocidos como mostos (Núñez-Noriega, 2003; Barraza-Morales *et al.*, 2006; Sánchez-Teyer *et al.*, 2009; Cervantes-Mendívil *et al.*, 2007; Cházaro-Basáñez *et al.*, 2007).

La materia prima para la elaboración de bacanora, proviene básicamente de las poblaciones silvestres, por lo que se encuentran mermadas debido al sobreaprovechamiento de los últimos años. Por otro lado, las condiciones climáticas extremas de la región y las características biológicas de la especie han dificultado su recuperación natural y los intentos por establecer cultivos en general han tenido poco éxito en campo (Núñez-Noriega, 2001, 2003; Cervantes-Mendivil *et al.*, 2007).

La técnica de cultivo de tejidos vegetales se presenta como una alternativa para la conservación de agave y otros grupos de plantas de zonas áridas (Rubluo *et al.*, 1993; Martínez-Palacios *et al.*, 2003). La micropropagación es la reproducción vegetativa empleando técnicas de cultivo *in vitro*, lo que permite la rápida y eficiente multiplicación de plantas silvestres y cultivares valiosos, la producción de plantas libres de enfermedades y la generación de individuos rejuvenecidos, más vigorosos y de rápido crecimiento (Ewaid y Kretzschmar, 1996).

En los últimos años se ha desarrollado investigación con la finalidad de brindar una alternativa integral para recuperar poblaciones de *A. angustifolia*, mediante la micropropagación del agave y un criterio holístico de trasplante. Se ha generado un protocolo de propagación *in vitro* en medio sólido y líquido de *A. angustifolia*. Además está estandarizado el proceso de aclimatación y endurecimiento de las vitroplantas (Esqueda y Vargas, 2007). Esto permitirá, además de solucionar el grave problema de escasez de plantas, obtener materia prima de calidad, maguey altamente productivo y éxito en la recuperación de poblaciones silvestres.

Características de *Agave angustifolia*

Al igual que el resto de los agaves, *A. angustifolia* posee como característica biológica un ciclo de vida largo, pues en general tarda alrededor de 6 a 8 años para que se produzcan frutos con semilla, aunque no siempre los forma. Además se trata de una planta que presenta un solo evento reproductivo sexual, al término del cual, la planta muere. Por otro lado, tiene un porcentaje incierto de fertilidad, así como una tasa germinativa y de supervivencia baja, debido a que en la mayoría de los casos las semillas caen en un medio adverso y están sujetas a ser consumidas por herbívoros. En respuesta a ello y como una adaptación al medio, los agaves han desarrollado de manera alternativa la reproducción asexual mediante rizomas, bulbilos y bulbillos (Sánchez-Teyer *et al.*, 2009; Cervantes-Mendivil *et al.*, 2007).

Morfológicamente *A. angustifolia* consiste de rosetas cespitosas ampliamente abiertas de 1.0 a 1.5 m de alto por 1.5 a 2.0 m de diámetro, con tallos desde 20 a 60 cm de largo (Figura 1). Sus hojas maduras tienen formas que varían de lineales a lanceoladas de 60 a 120 por 3.5 a 10 cm, son ascendentes a horizontales, de color verde claro a verde grisáceo. Además son planas o cóncavas hacia el ápice, convexas hacia la base, estrechas, angostándose hacia la base y terminando en una espina apical de 1.5 a 3.5 cm de longitud. Ésta es cónica, de color marrón oscuro o gris y su forma puede ser plana o acanalada hacia arriba. El margen es de recto a ondulado, color marrón rojizo a oscuro, con bases estrechas y puntas curvas, algunas veces es cartilaginoso y posee dientes de 2 a 5 mm de longitud (Gentry, 1982; Núñez-Noriega, 2003; Vázquez-García *et al.*, 2007).



Figura 1. *Agave angustifolia*. A. Crecimiento silvestre. B. Desarrollo en rosetas de hojas. C. Dientes. D. Inflorescencia.

Aprovechamiento de *Agave angustifolia*

En Sonora la producción de bebidas alcohólicas a partir de agave estuvo prohibida por más de 70 años. Así, el desarrollo de la industria del bacanora se truncó en comparación con el del tequila. A partir de la derogación de la “ley seca” en 1992, se incrementó poco a poco la elaboración de este destilado. En el año 2000 el bacanora adquirió la denominación de origen para 35 municipios del estado (Figura 2), con la finalidad de proteger a las localidades productoras y asegurar la calidad con respecto a la región (Núñez-Noriega, 2003).

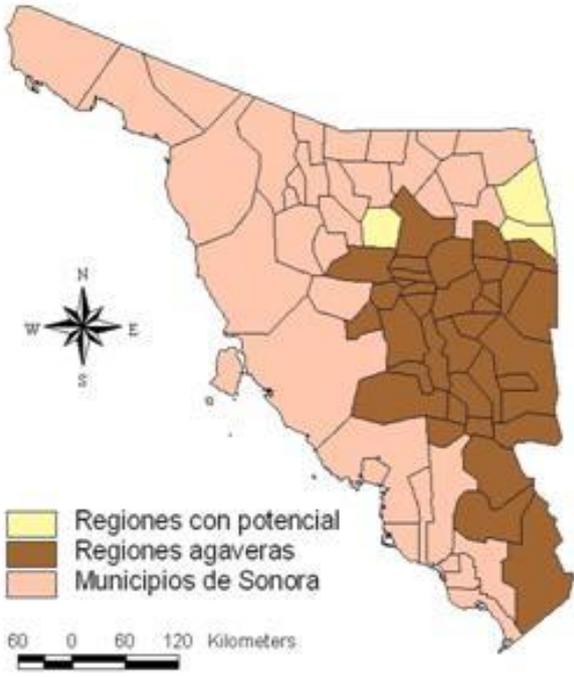


Figura 2. Regiones agaveras con denominación de origen para la elaboración de bacanora (Núñez-Noriega, 2003)

Problemática

A partir del incremento en la elaboración del bacanora, se han realizado grandes esfuerzos con poco éxito por establecer cultivos de *A. angustifolia*. Por lo que la materia prima sigue proviniendo básicamente de los agaves silvestres, provocando su disminución de manera considerable. Bajo la perspectiva de algunos productores, existe suficiente disponibilidad de materia prima para su elaboración. Otras fuentes indican que deben caminar mucho para encontrar las plantas, por lo que se evidencia el deterioro ecológico del recurso biótico. Para disminuir la presión sobre el agave silvestre y contar con materia prima suficiente, ya sea para bacanora u otros productos, se necesita recuperar las poblaciones silvestres de *A. angustifolia* (Núñez-Noriega, 2003; Cervantes-Mendivil *et al.*, 2007).

Estos numerosos esfuerzos se han realizado por diferentes universidades, centros de investigación, instituciones y particulares tratando de lograr cultivos intensivos o un trasplante a agostadero sin mucho éxito o con porcentajes de sobrevivencia poco alentadores. Por ello, se ha trabajado desde el 2007 en un protocolo que permita el establecimiento de poblaciones de *A. angustifolia* en agostadero, accesible para la mayoría de los productores interesados en lograr un alto índice de prendimiento de este agave.

Protocolo de trasplante

Selección y caracterización de sitios para trasplante

Existen dos tipos de factores a considerar en la selección del sitio, los bióticos y abióticos, que juegan un papel decisivo en la distribución y desarrollo de las plantas. Entre los componentes bióticos se encuentran las características de la vegetación, así como las interacciones entre los seres vivos como plantas, hongos y animales. Existen relaciones entre organismos que determinan la presencia o ausencia de algunas especies en una comunidad vegetal, así como su estructura y dinámica (Padilla-Ruiz y Pugnaire, 2006).

Con respecto a los componentes abióticos, éstos tienen una relación estrecha con las plantas, pues algunos de ellos limitan su desarrollo o distribución espacial (Nobel *et al.*, 1998). Éstos incluyen las características del suelo entre las que se encuentran las fisiográficas como altitud, pendiente y exposición; estructurales y de composición como textura y pedregosidad; y aspectos climáticos como temperatura y precipitación, entre otros. Los factores abióticos adversos como la desecación del suelo, niveles de radiación y temperatura inadecuados, limitan la supervivencia de las plántulas recién germinadas o trasplantadas (Padilla-Ruiz, 2008). También se requiere evaluar la accesibilidad del sitio por todas las labores del trasplante.

Uno de los primeros factores a considerar después de la vegetación será la topografía del sitio. Se seleccionará con una pendiente no excesiva, es decir, evitar terrenos con demasiada inclinación. Asimismo las características edáficas, aun cuando se ha visto que los tipos de suelo no se relacionan directamente con la

distribución de *A. angustifolia* y lo que influye en el establecimiento de sus semillas son la estructura y otras características físicas del suelo. Los terrenos franco-arenosos son favorables para su crecimiento, debido a su capacidad equilibrada de retener agua y permitir el drenaje necesario; así como poco profundos por la morfología fibrosa y corta de su raíz.

Agave angustifolia puede desarrollarse sobre terrenos pedregosos; sin embargo, si es moderada a baja facilitará las labores de trasplante. Confirmar que no existan problemas de salinidad ni sodicidad en el sitio. Además, las coloraciones de suelo marrones a anaranjados son deseables, evitando aquellas de tonalidades claras que indican un bajo contenido de materia orgánica.

En cuanto a las condiciones climáticas, la presencia de lluvias de invierno o equipatas ayudan a un mejor desarrollo de *A. angustifolia* (Armenta-Calderón, 2002). Las bajas temperaturas son un aspecto limitante, por lo que es importante analizar cuándo ocurren las heladas en el sitio y cómo se da el flujo de los vientos.

Selección de plantas nodriza

Aunque el agave tiene una gran capacidad de adaptarse a diferentes ecosistemas, tiende a distribuirse en hábitats abiertos, que permiten la penetración de luz solar la mayor parte del año. Dentro de todos estos tipos de vegetación, existen especies vegetales que proveen de abrigo y nutrientes al agave, además de evitar pérdidas de suelo por erosión. En el Cuadro 1 se enlistan aquellas especies que predominan en los terrenos de agostadero apropiados para el trasplante de *A. angustifolia* en Sonora (Cervantes-Mendívil *et al.*, 2007). En algunos estudios realizados en la sierra alta de Sonora, esta especie se observó fuertemente

asociada con plantas arbustivas y arbóreas, variando según el tipo de vegetación. Así, es importante conocer los tipos de asociación que determinan su distribución (Armenta-Calderón, 2002; Barraza-Morales *et al.*, 2006).

Cuadro 1. Principales especies vegetales asociadas con *Agave angustifolia* en Sonora

Nombre científico	Nombre común
<i>Bursera laxiflora</i>	Torote prieto
<i>Cercidium floridum</i>	Palo verde
<i>Cercidium sonorae</i>	Palo de brea
<i>Fouquieria macdougalli</i>	Ocotillo
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	Palo brasil
<i>Ipomoea arborescens</i>	Palo blanco
<i>Jatropha cardiophylla</i>	Sangrengado
<i>Lysiloma divaricatum</i>	Mauto
<i>Lysiloma microphylla</i>	Tepeguaje
<i>Mimosa laxiflora</i>	Uña de gato
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	Echo
<i>Sapium biloculare</i>	Hierba de la flecha
<i>Stenocereus thurberi</i>	Pithaya

(Cervantes-Mendívil *et al.*, 2007).

Por ello se seleccionarán los sitios con este tipo de plantas que proporcionan un ambiente adecuado para que sobreviva el maguey trasplantado (Figura 3).



Figura 3. Vegetación asociada con *Agave angustifolia*.

Para definir el número de agaves a trasplantar por hectárea se debe realizar un análisis de vegetación. Una manera rápida sería como se muestra en la figura 4. Se traza una línea de 100 m y se registra el número de plantas por especie, así como las dimensiones de toda aquella que toque la línea. Así se conocerán los árboles y arbustos presentes y definirán las plantas nodrizas, así como cuántos agaves se colocarán en cada una de ellas según su dimensión.

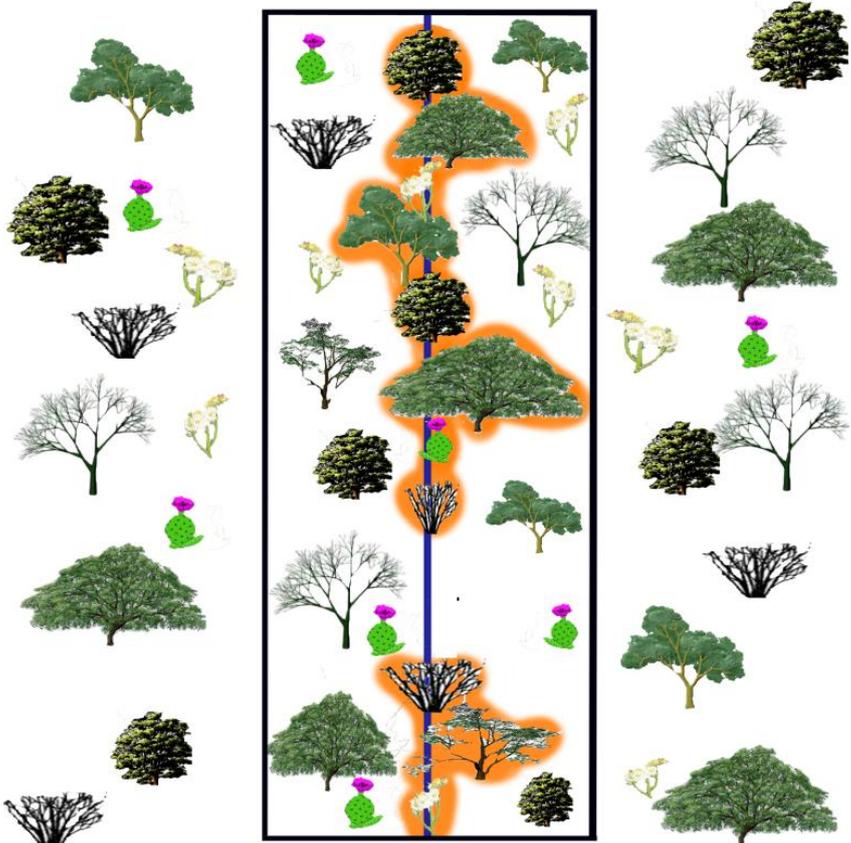


Figura 4. Análisis de vegetación.

Preparación del terreno

El cercado del terreno donde se realizará el trasplante no es obligatorio pero sí aconsejable, ya que el ganado provoca pérdida de plantas por pisoteo, arrancado o acostamiento. Con animales en el área, evitar el trasplante en sitios con mayor riesgo como senderos y echaderos (Figura 5).



Figura 5. Ganado y echaderos.

No limpiar en exceso el área de trasplante; es decir, no quitar la vegetación que favorece el establecimiento del agave. No podar las nodrizas más de lo necesario, sólo aquello que impida el trasplante. Eliminar únicamente las herbáceas de la cepa (hoyo) donde se colocará el agave. Aunque los agaves están protegidos por espinas y dientes, la vegetación que los rodea disminuirá su disponibilidad como alimento para los animales. En diversos terrenos no es necesaria labor alguna de limpieza.

Trazado y formación de cepas

Las cepas se realizarán siguiendo el patrón de la vegetación acorde con los árboles y arbustos seleccionados anteriormente. El tamaño de la planta nodriza definirá el número de agaves a colocar. Por lo general en arbustos se trasplantan dos o tres, mientras que en árboles debe analizarse individualmente. En la figura 6 se muestra

un ejemplo del trazado de la plantación en agostadero. La parte superior indica las plantas presentes y en la parte inferior con los círculos se simula su cobertura aproximada. El número 1 señala una sección donde la vegetación sería más cerrada, con una cantidad de agaves más alta que en otras secciones (número 2) donde la vegetación es más abierta con una mayor penetración de luz. Con el número 3 se indica que una misma especie, dependiendo de las condiciones del área puede servir de nodriza a un número diferente de individuos. También es importante considerar la exposición a la radiación solar. En la mayoría de los casos, los efectos por la intensidad luminosa que reciben las plantas a mediodía hacia la puesta del sol son mayores que por la mañana, por la acumulación de calor a lo largo del día. Sin embargo, lo anterior debe analizarse en cada sitio porque alguna elevación como una sierra, puede modificar este patrón.

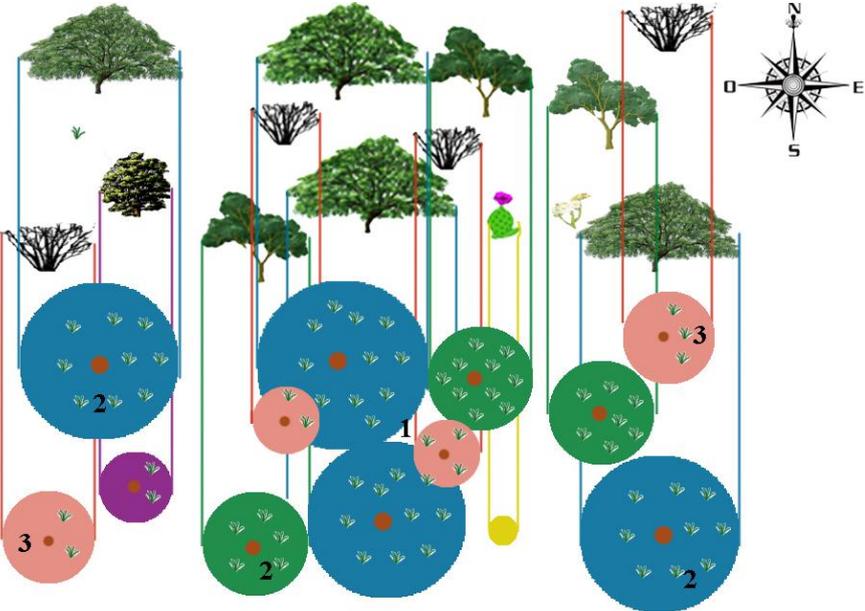


Figura 6. Trazo de cepas para trasplante de agaves.

El tamaño de las cepas será al menos el doble que el cepellón para permitir un mejor crecimiento de las raíces (Figura 7A). Si es bolsa de un kilogramo, con el ancho y profundo de una pala normal será suficiente. Las cepas deben realizarse de preferencia antes de la época de lluvias.

Trasplante de agaves

Para lograr un mayor porcentaje de prendimiento en el trasplante, es de vital importancia realizarlo después de la primera lluvia de consideración, la cual variará según la zona de trabajo. Comúnmente ocurre en el mes de julio o principios de agosto.

Para retirar la bolsa que contiene el agave, se realizarán uno o dos cortes según el tamaño de la planta, procurando esta labor sobre la cepa (Figura 7B,C). Se cubrirá el hoyo con la misma tierra que se extrajo, apisonando levemente. Es importante señalar, que el agave debe estar bien enterrado, de lo contrario con alguna lluvia o el paso de algún animal podría ser desenterrado. Procurar que las raíces no duren mucho expuestas y en caso de que presenten hijuelos, no dañarlos.

Manejo y cuidados de plantas trasplantadas

Cuando el trasplante se realiza de manera correcta, los cuidados son mínimos. Se recomienda visitar periódicamente el sitio para evitar pérdida de plantas por remoción con las lluvias o animales.

Con un indicio de enfermedad en algún agave es importante analizar el agente causal. Si el problema puede volverse grave es mejor retirar la planta infectada y evitar su propagación.



Figura 7. Trasplante de *Agave angustifolia*. A. Realización de la cepa. B-C. Corte para retiro de bolsa. D-E. Colocación de planta y apisonamiento de tierra. F. *Agave* trasplantado.

Recomendaciones

Como una primera opción de reforestación, analizar los factores bióticos y abióticos de sitios donde existieron poblaciones silvestres de agave.

Trasladar los agaves a la zona donde se trasplantarán una temporada antes de su colocación en campo para asegurar una mejor aclimatación a las condiciones del área.

Seleccionar los agaves con una talla mínima entre 25 y 30 cm para un mejor desarrollo inicial.

Aplique su experiencia como productor/colector de *A. angustifolia* para un mayor éxito en el trasplante.

Literatura citada

- Armenta-Calderón, A.D., 2002. Hongos micorrízicos y filamentosos asociados con *Agave angustifolia* Haw. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Sonora, México, p. 84.
- Barraza-Morales, A., Sánchez-Teyer, F.L., Robert-Díaz, M., Esqueda-Valle, M., Gardea, A., 2006. Variabilidad genética en *Agave angustifolia* Haw. de la sierra sonorense, México, determinada con marcadores AFLP. *Rev. Fitotec. Mex.* 29: 1-8.
- Berumen-Barbosa, M.E., 2009. Oaxaca. La Actividad Productiva Maguey-Mezcal. Edición electrónica gratuita. Texto completo en www.eumed.net/libros/2009a/492/, Oaxaca, México.
- Cervantes-Mendivil, T., Armenta-Calderón, A.D., Sánchez-Arellano, J.G., 2007. El cultivo del maguey bacanora (*Agave angustifolia* Haw.) en la sierra de Sonora. Publicación Técnica No. 1. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Costa de Hermosillo. INIFAP, Fundación Produce Sonora A.C. y Unisierra, Hermosillo, Sonora, México.
- Cházaro-Basáñez, M.J., Valencia-Pelayo, O.M., Vázquez-García, J.A., 2007. Nuevas especies y nuevos registros de agave (Agavaceae) en Jalisco, México. In: Vázquez-García, J.A., Cházaro-Basáñez, M.J., Hernández, V.G., Flores, B.E. (Ed.), *Agaves del Occidente de México*. Universidad de Guadalajara, México, pp. 39-51.
- Esqueda, M. y G. Vargas. 2007. Biotecnología aplicada en el aprovechamiento sostenible de agave. *Reconversión* 9: 10-13.
- Ewaid, D. y U. Kretschmar. 1996. The influence of micrografting *in vitro* on tissue culture behavior and vegetative propagation of old European larch trees. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 44: 249-252.
- Gentry, S.H., 1982. *Agaves of Continental North America*. The University of Arizona Press., Tucson, Arizona, U.S.A.
- López, M.G., Mancilla-Magalli, N.A., Mendoza-Díaz, G., 2003. Molecular structures of fructans of *Agave tequilana* Weber var. azul. *J. Agric. Food Chem.* 51: 7835-7840.
- Martínez-Palacios, A., P. Ortega-Larrocea, V. Chávez y R. Bye. 2003. Somatic embryogenesis and organogenesis of *Agave victoriae-reginae*: Considerations for its conservation. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 74: 2:135-142.

- Nobel, P.S., Castañeda, G., North, G., Pimienta-Barrios, E., Ruiz-Corral, J.A., 1998. Temperatures influences on leaf CO₂ exchanges, cell viability and cultivation range for *Agave tequilana*. *J. Arid Environ.* 39: 1-19.
- Núñez-Noriega, L., 2001. La Producción de Mezcal Bacanora: una Oportunidad Económica para Sonora. CIAD, A.C, Hermosillo, Sonora, México.
- Núñez-Noriega, L., 2003. Estrategias para el Desarrollo de la Industria del Bacanora. CIAD, A.C., Hermosillo, Sonora, México.
- Padilla-Ruiz, F.M., 2008. Factores limitantes y estrategias de establecimiento de plantas leñosas en ambientes semiáridos. Implicaciones para la restauración. *Ecosistemas* 17: 155-159.
- Padilla-Ruiz, F.M., Pugnaire, F.I., 2006. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4, 196-202.
- Ravenscroft, N., Cescutti, P., Hearshaw, M.A., Ramsout, R., Rizzo, R., Timme, E.M., 2009. Structural analysis of fructans from *Agave americana* grown in South Africa for spirit production. *J. Agric. Food Chem.* 57: 3995-4003.
- Rubluo, A., V. Chávez, A. Martínez y A. Martínez-Palacios. 1993. Strategies for the recovery of endangered orchids and cacti through *in vitro* culture. *Biol. Conserv.* 63: 163-169.
- Saldívar-Esparza, S.M., 2007. Usos prehispánicos del agave. In: Vázquez-García, J.A., Cházaro-Basáñez, M.J., Hernández-Vera, G., Flores-Berrios, E. (Ed.), *Agaves del Occidente de México*. Universidad de Guadalajara, México, pp. 248-256.
- Sánchez-Teyer, F.L., S. Moreno-Salazar, M. Esqueda, A. Barraza, M.L. Robert. 2009. Genetic variability of wild *Agave angustifolia* populations based on AFLP: a basic study for conservation. *J. Arid Environ.* 73: 611-616.
- Vázquez-García, J.A., Cházaro-Basáñez, M.J., Hernández-Vera, G., Vargas-Rodríguez, Y.L., Zamora-Tavares, M.P., 2007a. Taxonomía del género *Agave* (Agavaceae) en el occidente de México: una panorámica preliminar. In: Vázquez-García, J.A., Cházaro-Basáñez, M.J., Hernández-Vera, G., Flores-Berrios, E. (Ed.), *Agaves del Occidente de México*. Universidad de Guadalajara, México, pp. 145-191.