

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/273727453>

# Producción y trasplante de planta de Agave en vivero

Book · December 2013

CITATION

1

READS

44,689

3 authors, including:



[Sergio Rosales-Mata](#)

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

22 PUBLICATIONS 113 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Jose Sigala](#)

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

56 PUBLICATIONS 234 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

## Producción y trasplante de planta de *Agave* en vivero

Sergio Rosales Mata, José Ángel Sigala Rodríguez, Verónica Bustamante García



Esta publicación fue realizada dentro del proyecto  
**“Transferencia de tecnología en la utilización de un  
paquete tecnológico para la producción de plántula de  
*Agave* en vivero”**, con clave 1950 financiado por la Fundación  
Produce Durango, A.C.



**SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,  
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

Lic. Enrique Martínez y Martínez  
*Secretario*

Lic. Jesús Alberto Aguilar Padilla  
*Subsecretario de Agricultura y Ganadería*

Lic. Arturo Osornio Sánchez  
*Subsecretario de Desarrollo Rural*

Lic. Ricardo Aguilar Castillo  
*Subsecretario de Alimentación y Competitividad*

Lic. Marcos Augusto Bucio Mujica  
*Oficial Mayor*

M. V. Z. Efraín del Castillo del Valle  
*Delegado Federal de la SAGARPA en Durango*

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

Dr. Pedro Brajcich Gallegos  
*Director General*

Dr. Salvador Fernández Rivera  
*Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación*

M. Sc. Arturo Cruz Vázquez  
*Coordinador de Planeación y Desarrollo*

Lic. Luis Carlos Gutiérrez Jaime  
*Coordinador de Administración y Sistemas*

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE  
CENTRO**

Dr. Homero Salinas González  
*Director Regional*

Dr. Uriel Figueroa Viramontes  
*Director de Investigación*

Dr. José Verástegui Chávez  
*Director de Planeación*

Lic. Daniel Santillán Aguilar  
*Director de Administración*

**CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL GUADIANA**

M. C. Andrés Quiñones Chávez  
*Director de Coordinación y Vinculación en Durango*

**Personal Investigador del Campo Experimental Valle del Guadiana**

Investigador	Programa de Investigación
M. C. Rafael Jiménez Ocampo	Carne de Rumiantes
M. C. Evenor Idilio Cuéllar Robles	Frijol y Garbanzo
M. C. Arnulfo Pajarito Ravelero	Frijol y Garbanzo
Dr. Rigoberto Rosales Serna	Frijol y Garbanzo
M.C. Luz María Salazar Sánchez	Frijol y Garbanzo
Ing. Sergio Rosales Mata	Incendios Forestales
M. C. Hilario Flores Gallardo	Ingeniería de Riego
M. C. Adán Castillo Rosales	Maíz
M. C. Carmen Leticia Mar Tovar	Manejo Forestal Sustentable y Servicios Ambientales
M. C. Gerónimo Quiñones Barraza	Manejo Forestal Sustentable y Servicios Ambientales
Dr. Enrique Merlín Bermudes	Plantaciones y Sistemas Agroforestales
Dr. José Ángel Prieto Ruíz	Plantaciones y Sistemas Agroforestales
M. C. José Ángel Sigala Rodríguez	Plantaciones y Sistemas Agroforestales
M. C. Homero Sarmiento López	Plantaciones y Sistemas Agroforestales
M. C. Saúl Santana Espinoza	Sanidad forestal y Agrícola
Dr. Horacio González Ramírez	Socioeconomía
M. C. Jesús López Hernández	Trigo y Avena

# Producción y trasplante de planta de *Agave* en vivero

En el proceso editorial de esta publicación colaboraron:

## **Comisión Editorial del Campo Experimental Valle del Guadiana:**

Presidente: M. C. Jesús López Hernández

Vocales: M. C. Adán Castillos Rosales,

Dr. José Ángel Prieto Ruiz,

M. C. Rafael Jiménez Ocampo,

Dr. Rigoberto Rosales Serna,

M. C. Hilario Flores Gallardo

## **Coordinador de la información:**

Ing. Sergio Rosales Mata

## **Fotografías:**

M. C. Julio Cesar Ríos Saucedo,

Ing. Sergio Rosales Mata y Laura Elena Martínez Nevares

## **Edición:**

Ing. Sergio Rosales Mata, M.C. José Ángel Sigala Rodríguez

y M.C. Verónica Bustamante García.

## **Revisión técnica:**

M. C. Rafael Jiménez Ocampo

M. C. Luz María Salazar Sánchez

## **Diseño**

Lic. Zayra Daniela Noriega García

L. M. A. Jesús Carreón Rodríguez

Campo Experimental Valle del Guadiana  
Carretera Durango-El Mezquital km 4.5 C. P. 34170,  
Durango, México. Apdo. Postal 186.  
Tels. 01 (618) 826-0426, 826-0433 y 826-0435  
Correo electrónico: [direccion.dgo@inifap.gob.mx](mailto:direccion.dgo@inifap.gob.mx)

La presente publicación se terminó de imprimir en Diciembre de 2013  
en la imprenta Tradición Impresa. Lázaro Cárdenas # 503 Norte,  
Col. Fátima C. P. 34060, Durango, México.  
Su tiraje fue de 1000 ejemplares

**Sergio Rosales Mata**

Investigador del programa de Incendios Forestales

Campo Experimental Valle del Guadiana

[rosales.sergio@inifap.gob.mx](mailto:rosales.sergio@inifap.gob.mx)

**José Ángel Sigala Rodríguez**

Investigador del programa de Plantaciones y Sistemas Agroforestales

Campo Experimental Valle del Guadiana

[sigala.jose@inifap.gob.mx](mailto:sigala.jose@inifap.gob.mx)

**Verónica Bustamante García**

Estudiante de Doctorado

Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera de la

Universidad Juárez del Estado de Durango



# Producción y trasplante de planta de *Agave* en vivero

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas  
y Pecuarias.

Progreso 5, Barrio de Santa Catarina

Delegación Coyoacán

C. P. 04010, México, D. F.

Tel. 01 (55) 54 84 19 00

ISBN: 978-607-37-0206-5

Primera edición 2013

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.

Impreso y hecho en México



Cosecha del *Agave* para la producción del mezcal.



Planta de dos años de edad con buenas características morfológicas para ser llevada a campo.



Módulo de producción de planta de Agave en La Constancia, Nombre de Dios, Durango.

## ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN . . . . . 1
- 2. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL VIVERO . . . 3
- 3. COLECTA DE SEMILLA. . . . . 4
- 4. PRUEBAS DE GERMINACIÓN. . . . . 6
- 5. SUSTRATOS. . . . . 7
  - 5.1. Sustratos orgánicos. . . . . 8
  - 5.2. Sustratos inorgánicos. . . . . 9
  - 5.3. Preparación del sustrato. . . . . 11
- 6. ENVASES. . . . . 12
  - 6.1. Lavado y desinfección de las charolas . . . . . 14
  - 6.2. Cobrizado de charolas . . . . . 15
- 7. LLENADO DEL CONTENEDOR. . . . . 17
- 8. SIEMBRA . . . . . 18
- 9. TRASPLANTE . . . . . 19
  - 9.1. Trasplante en charola de poliestireno . . . . . 19
  - 9.2. Trasplante en bolsa de polietileno negro . . . . . 19
  - 9.3. Trasplante en lotes de crecimiento . . . . . 20
  - 9.4. Trasplante en campo . . . . . 21
- 10. FERTILIZACIÓN . . . . . 22
- 11. RIEGO DE LA PLANTA . . . . . 23
- 12. PLAGAS Y ENFERMEDADES . . . . . 25
  - 12.1. Plagas . . . . . 25
  - 12.2. Enfermedades . . . . . 27
- 13. CALIDAD DE LA PLANTA . . . . . 28
- 14. LITERATURA CITADA . . . . . 30
- 15. ANEXO FOTOGRÁFICO . . . . . 37





Planta de *Agave* a un año de edad lista para ser trasplantada.



Trasplante de *Agave* a bolsa de polietileno negro de cinco litros de capacidad.

# Producción y trasplante de planta de *Agave* en vivero

## 1. INTRODUCCIÓN

México es el centro de origen de la familia *Agavaceae*, a la cual pertenecen ocho géneros, destacando por su importancia económica el género *Agave*. En el continente Americano se han descrito 273 especies de esta familia, distribuidas desde Dakota del Norte, EUA, hasta Bolivia y Paraguay. En México se encuentran 205 especies, de las cuales 151 son endémicas. Los estados con mayor diversidad son Oaxaca, Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango y Jalisco (Ramírez, 1995).

Debido a una serie de adaptaciones morfológicas y fisiológicas, las especies de la familia *Agavaceae*, se caracterizan por desarrollarse en ambientes áridos y semiáridos en suelos pobres donde ayudan a la retención de agua y suelo; por lo cual juegan un papel importante en estos hábitats, ya que producen abundantes recursos con un gran valor para los habitantes de estas zonas (Rocha *et al.*, 2006).

El uso del maguey data desde la época prehispánica, principalmente para la elaboración de alimentos (Nobel,



Planta de *Agave* de un mes de edad en envase de 77 cavidades.



Planta de *Agave* a un año de edad en envase de 78 cavidades de pirámide invertida.



1998). Su uso se ha diversificado al utilizarse en obras de restauración, terrazas agrícolas, ornato, medicinas y en la obtención de fibras, forraje, aguamiel, pulque y mezcal (Bautista *et al.*, 2001; García, 2002). La producción de mezcal se considera una de las principales actividades económicas en zonas rurales de los estados de Guerrero, Jalisco, Zacatecas, San Luis Potosí, Tamaulipas, Durango, Guanajuato y Oaxaca (Barragan *et al.*, 2010).

En Durango, tradicionalmente el mezcal se ha producido de plantas de *Agave* obtenidas por recolección en poblaciones naturales, por lo que actualmente no se cuenta con plantaciones comerciales en producción. Para lograr incrementar la producción de mezcal, sin poner en riesgo las poblaciones naturales, se requiere del establecimiento de plantaciones comerciales de *Agave*, que se consideran una alternativa para mitigar los daños ocasionados por la sobreexplotación. Sin embargo, estas plantaciones han presentado problemas de sobrevivencia en campo, debido a la baja calidad de la planta; por ello es necesario utilizar semilla de buena calidad y un adecuado manejo de plántula en vivero; con la finalidad de prevenir y controlar los efectos adversos provocados por depredadores y enfermedades (López y Monárrez, 2012).



Germinación de *Agave* en charola de 330 cavidades a los ocho días de la siembra.



Trasplante manual de planta de *Agave* a charola de 338 cavidades.



Pruebas de germinación para *Agave* en papel absorbente y papel estraza.



Colocación en la germinadora de las pruebas de germinación.

Debido a lo anterior, es necesario impulsar la producción de planta en vivero, para satisfacer la necesidad de planta en cantidad y calidad suficiente (Olivas *et al.*, 2007). Las buenas prácticas de manejo en vivero se ven reflejadas en la calidad de la planta producida, a través de sus características morfológicas, fisiológicas y por su capacidad de adaptación al sitio de plantación (Prieto y Alarcón, 1998; Rodríguez, 2008).

Por tanto en el presente documento, se muestran algunas recomendaciones para la producción de planta de *Agave* en vivero, que podría destinarse al establecimiento de plantaciones comerciales.

## 2. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL VIVERO

La planta de *Agave* se produjo en las instalaciones del Campo Experimental Valle del Guadiana, de INIFAP, ubicado en el kilómetro 4.5 de la carretera Durango-El Mezquital, Durango, Dgo. El área de estudio se encuentra en las coordenadas 23°59'23.6"N y 104°37'30.01"W, con una altitud de 1860 m (Monárrez *et al.*, 2012).

La producción se realizó en un invernadero de 29.4 m de largo y 9.3 m de ancho con cubierta de malla sombra a un 60% de capacidad de retención solar.

### 3. COLECTA DE SEMILLA

Los *Agaves* se reproducen de manera sexual y asexual. La reproducción sexual se logra mediante la polinización que efectúan algunos animales, como los murciélagos nectarívoros y en menor grado, insectos como: las palomillas, abejas, abejorros y aves (García, 2007). La reproducción asexual se realiza por clones de diferentes partes de la roseta o la inflorescencia.

La floración de algunas especies de *Agave* inicia en el mes de febrero, su fructificación varía de marzo a julio (Figura 1), y su germinación inicia en temporada de lluvia. Sin embargo, otras especies producen semillas de octubre a diciembre, por lo que permanecen en latencia hasta la siguiente temporada de lluvias.

### 15. ANEXO FOTOGRÁFICO



Planta madura de *Agave* con Inflorescencia para colecta de semilla.



Frutos de *Agave* inmaduros, en el interior se encuentran almacenada la semilla.



Sánchez M., E. A.; C. Rodríguez M. y R. Vergara G. 2012. Vivero experimental de la división de Ciencias Forestales. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco. Edo. De México, México. 31 p.

SEMARNAT. 2008. Manual: identificación y manejo de plagas y enfermedades en viveros forestales. CONAFOR. México. 144 p.

Vázquez Y., C., A. Orozco., M. Rojas., M. Sánchez y V. Cervantes. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. Fondo de cultura económica. Colección la ciencia para todos. Primera edición. México. D.F. 90 p. [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec\\_2.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_2.htm). (Octubre 2013).

Zumkeller S., D., A. Galbiattib J., C. Paula R. y J. L. Soto G. 2009. Producción de plantas de *Tebeuiaheptaphylla* en diferentes sustratos a niveles de irrigación, en condiciones de invernadero. *Bosque* 30(1):27-34



Figura 1. Fructificación de *Agave durangensis* (izquierda), colecta de semilla con cortaconos (derecha).

Para obtener semilla de buena calidad se debe seleccionar las plantas con mayor altura, y diámetro de la roseta; además que estén libres de plagas y enfermedades. Posteriormente se colectan los frutos que presentan coloración amarilla y aún no liberan la semilla. Debido al alto contenido de humedad, es necesario deshidratar los frutos colocándolos en bolsas de papel estraza a una temperatura de 25°C durante tres semanas para impedir la infección de los frutos por hongos para facilitar la apertura del fruto y la liberación de la semilla; después, se clasifica con base en su coloración, la semilla fértil es de color negro brillante y la infértil es blanca (Figura 2).



Figura 2. Semilla fértil de color negro, semilla vana color blanco.

#### 4. PRUEBAS DE GERMINACIÓN

Para la prueba de germinación y vigor de la semilla se seleccionan 400 semillas tomadas al azar. Después, se desinfectan en una mezcla compuesta por 10% de hipoclorito de sodio (Cloralex®) y 90% de agua durante cinco minutos, y se enjuagan con agua purificada para eliminar los residuos. Posteriormente, se separan en cuatro repeticiones de 100 semillas y se colocan en papel absorbente y estraza, para facilitar su control y evitar su contaminación, se recomienda acomodarlas en 10 filas de 10 semillas (Figura 3).



Figura 3. Desinfección de semilla (izquierda) y semillas en papel absorbente para pruebas de germinación (derecha).

Rocha M.; S. V. Good-Ávila., F. Molina- Frenaner., H. T. Arita., A. Castillo., A. García-Mendoza., A. Silva-Montellano., B. S. Gaut., V. Souza., L.E. Eguiarte. 2006. Pollination biology and adaptive radiation of agavaceae, with special emphasison the genus agave. Aliso vol. 22 pp: 3-29 3-44.

Rodríguez R., H. 2011. Trampeo del picudo del agave *Scyphophorusacupunctatus* Gyll. (Coleoptera: Curculionidae) con feromonas de agregación y volátiles del agave. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Texcoco. Edo. De México, México. 74 p.

Rodríguez T., D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi-Prensa. México, D. F. 156 p.

Ruano, J. R. 2002. Viveros Forestales. Manual de cultivo y proyectos. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. pp: 189-203.

SAGARPA. s/f. Determinación del nivel riesgo fitosanitario para los cultivos de importancia económica en México. [http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/potencialproductivo/especificos/problemas\\_fitosanitarios\\_3.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/potencialproductivo/especificos/problemas_fitosanitarios_3.pdf) (Octubre 2013)

Pérez D., J. F. y J.I. Del Real L. 2007. Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequiliana Weber en la zona de denominación de origen del tequila. Centro de investigación regional del pacífico centro. Campo experimental centro-altos de Jalisco. Libro técnico No 4. 195 p.

Prieto R., J. A. y M. Alarcon B. 1998. Producción de planta forestal. Folleto técnico número 10. Campo Experimental Valle del Guadiana-INFAP-SAGAR. Durango, Dgo. 19 p.

Prieto R., J. A.; J. L. García R.; J. M. Mejía B.; S. Huchín A. y J. L. Aguilar V. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Pub esp Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, México. 48 p.

Prieto R., J. A., J. L. García R., J. C. Monárrez G. y R. E. Madrid A. 2012. Producción de planta del género *Pinus*. Folleto técnico número 50. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango. México. 42 p.

Ramírez, J. 1995. Los magueyes plantas de infinitos usos. CONABIO. Biodiversitas 3: 1-7.

Las muestras se colocan en una cámara de germinación a una temperatura de 30°C con 90% de humedad. Para evitar el daño por hongos y bacterias se recomienda humedecer con una solución formada por fungicida Tecto 60®, o Promyl en, una proporción de 2 g/L de agua, es necesario utilizar un atomizador para humectar homogéneamente. Se recomienda colocar la semilla germinada en un recipiente con agua destilada, para su posterior trasplante en vivero (Figura 4).



Figura 4. Semillas de Agave germinadas, colocadas en un vaso de precipitado con agua destilada para ser trasplantadas en charola.

## 5. SUSTRATOS

El sustrato es un medio que da soporte físico a la planta y su función es anclar el sistema radical al contenedor; además, permite proporcionar buena aireación, almacena la humedad y proporciona los nutrientes necesarios para el funcionamiento adecuado de la planta (Landis *et al.*, 1990). También, protege las raíces de las plantas durante su



producción, transporte y plantación. Se caracteriza por ser un material sólido, ya sea de origen natural, residual, mineral u orgánico, su pH debe ser compatible con la especie forestal (Zumkeller *et al.*, 2009).

### 5.1. Sustratos orgánicos

Este tipo de sustrato favorece la formación de poros que se involucran en la absorción de nutrimentos; además presenta altos niveles de retención de agua y una alta capacidad de intercambio catiónico (Prieto *et al.*, 2009), los productos recomendados son:

- Corteza compostada: Es el resultado de un proceso biológico aeróbico, que bajo condiciones controladas de aireación, humedad y temperaturas se transforma la corteza en un producto estable que puede ser utilizado como sustrato. Actualmente, se ha incrementado su utilización como sustrato, debido a que se encuentra en grandes cantidades como residuos del proceso de aserrado; sin embargo, es necesario molerla para disminuir su tamaño de partícula y facilitar su degradación (Figura 5a).
- Turba (peat moss): Es un material obtenido de la descomposición de residuos vegetales en zonas pantanosas, como musgo o juncos que han sido

Mastre P., G. B. North, E. G Bobich y P. S. Nobel. 2002. Root deployment and shoot growth for two desert species in response to soil rockiness. *American Journal of Botany* 89 (12): 1993-1939

Monárrez G., J. C., J. A. López H., J. L. García R., J. A. Prieto R. y H. A. Larreta N. 2012. Producción de *Pinus cembroides* Zucc. en vivero en diferentes sustratos y envases. Folleto Técnico Núm. 54. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, México. 48 p.

Nobel, P. S. 1998. Los incomparables Agaves y Cactus. 1ª. Edición en español. Editorial Trillas S.A C.V. México. D. F. p 37.

Olivas G., U. E., J. R. Valdez L., A. Aldrate., M. J González N. y C. Vera J. 2007. Áreas de amplitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: definición mediante análisis multicriterio y SIG. *Revista fitotecnia mexicana*. 30 (4): 411-419.

Peñuelas R., J. y L. Ocaña B. 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ediciones Mundi-Prensa. 2ª edición. Madrid. Esp. 190 p.

Landis, T. D., W. Tinus R., E. McDonald S. and P. Barnett J. 1989. Mineral nutrients and fertilization. The Container Tree Nursery Manual, Volume 4. Agric. Handbook. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 71 p.

Landis, T. D., W. Tinus R., E. McDonald S. and P. Barnett J. 1990. Containers and Growing Media, Vol. 2, The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbook. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 88p.

López H., J. A. y J. C. Monárrez G. 2012. Producción de planta forestal del templado-frio en condiciones protegidas. Libro Técnico Núm. 10. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, México. 175 p.

Marshall, J. D. 1985. Carbohydrate status as a measure of seedling quality In: Duryea, M. L. (ed). Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major test. Oregon State University, Corvallis. Pp: 49-58.

preservados bajo el agua en estado de semidescomposición (Figura 5b). Es ampliamente utilizado en la producción de planta de agave, debido a que tiene una alta capacidad de retención de humedad, niveles adecuados de pH y una buena capacidad de intercambio catiónico (Rodríguez, 2008).

## 5.2. Sustratos inorgánicos

Son materiales inertes que proporcionan soporte y estabilidad a la planta generando porosidad en el medio de crecimiento, favoreciendo así la aireación y el drenaje del agua. Los productos comerciales más comunes son:

- Agrolita (perlita): Es un mineral de origen volcánico que se extrae de escurrimientos de lava, se muele y calienta a 1,000 °C (Figura 5d). Es un producto inerte, con una alta capacidad de retención de humedad, pH ligeramente alcalino, carece de capacidad de intercambio catiónico, presenta estabilidad en su estructura, baja densidad y buena relación agua/aire (Prieto *et al.*, 2009).
- Vermiculita: Es un material de origen mineral formado por silicato hidratado de magnesio hierro-aluminio, que al calentarse, sus partículas se expanden, tiene buenas propiedades de amortiguamiento químico y es insoluble en agua (Figura 5c). Se caracteriza por presentar una

alta capacidad de absorción de nutrientes y humedad de 0.4 a 0.5 de agua por metro cubico, proporciona buena aireación y elevada capacidad de intercambio catiónico, por lo que mantiene en reserva nutrimentos para liberarlos posteriormente (Prieto *et al.*, 2009).

Para la producción de planta de *Agave* se recomienda utilizar como sustrato la mezcla base, la cual esta compuesta de 55% Peat moss, 21% de agrolita y 24% vermiculita; además, se aplica fertilizante de liberación controlada (Osmocote 12-25-12®) en dosis de cuatro a cinco gramos por litro de sustrato; también, se puede mezclar con el 50% de corteza compostada y 50% de mezcla base. La primer mezcla genera mejores resultados en el crecimiento de la planta.



Figura 5. Tipos de sustratos utilizados en la producción de *Agave*, a) corteza compostada de pino, b) peat moss, c) vermiculita y d) agrolita.

Bencomo F., W. C. 2008. Evaluación de la reproducción sexual y asexual de cocuy (*Agave cocui Telease*) y su manejo en fase de vivero. Tesis de licenciatura. Universidad Centro Occidental “Lisando Alvarado” Cabudare. pp. 54.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Jalisco (CESAVEJAL). S/F. Guía de referencia para identificar plagas, enfermedades y enemigos naturales asociados al agave azul en Jalisco. Informe electrónico. 22 p. [http://www.cesavejal.org.mx/camp/Guia\\_Agave.pdf](http://www.cesavejal.org.mx/camp/Guia_Agave.pdf). (Octubre 2013).

CONAFOR. 2009. Informe de entidades federativas. ProArbol. Ejercicio fiscal 2008. 338 p.

García M., A. 2002. Distribution of the genus *Agave* (Agavaceae) and its endemic species in Mexico, en Cactus and Succulent Journal (US). (74): 177-187.

García M., A. 2007. Los agaves de México. Jardín Botánico de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciencias (87): 14-23.



## 14. LITERATURA CITADA

Agrios, G. N. 2010. Fitopatología. Editorial Limusa. México. 838 p.

Bautista J. M., O. L. García, J. E. Barbosa C., L. A Parra N. 2001. El Agave tequilana y la producción de tequila. Acta Universitaria. 11(2) 26-34.

Barana C., M. y E. Sancho B. 1991. Fruticultura General. Editorial Universidad Estatal a Distancia San José. Costa Rica. 159 p.

Barragán V. G, A. N. Almaraz, A. M. Vargas A, E. A. Delgado A., N. Naranjo J., J. Herrera C. y J. N. Uribe S. 2010. Variabilidad genética en plantas de Agave durangensis propagada por reproducción somática. In: XVII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. IV Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica. VII Jornada Científica de Biomedicina y Biotecnología Molecular.

## 5.3. Preparación del sustrato

- Preferentemente preparar la mezcla sobre una base de cemento, si no se cuenta con esta base, colocar una lona para evitar contaminación al estar en contacto con el suelo.
- Cuando se utiliza Peat moss, el primer paso es descompactarlo a través de una criba; otro modo para obtener una mezcla uniforme y fina es pisar o desmenuzar el sustrato manualmente. En caso de utilizar corteza de pino compostada, se sugiere cribar el material ya que en ocasiones contiene partículas muy gruesas.
- Agregar las proporciones recomendadas de Peat moss, vermiculita, agrolita o corteza de pino compostada.
- Añadir a la mezcla el fertilizante de lenta liberación (Osmocote® o Multicote®) en dosis de 4 a 5 kg/m<sup>3</sup> de sustrato.
- Después de añadir los materiales, se deben mezclar uniformemente y humedecerlo al agregar agua poco a poco (Figura 6), para identificar el nivel óptimo del sustrato, se toma con la mano una porción de la mezcla y al apretarla no debe escurrir agua (Prieto *et al.*, 2012).



Figura 6. Proceso manual para mezclar los diferentes sustratos utilizados en la producción de planta de *Agave*.

## 6. ENVASES

El envase forestal es el espacio que proporciona soporte físico al sistema radical de la planta; además, permite mantener el sustrato con humedad, aire y nutrientes

**Número de hojas desplegadas.** Se debe cuantificar el número de hojas presentes en la planta. Las plantas de tres años de edad pueden tener de 5 a 6 hojas por planta.

**Diámetro de la roseta.** Se debe medir la distancia que existe desde la punta de una hoja hasta la punta de la hoja que se encuentra enfrente. Planta de tres años de edad pueden tener un diámetro de 20 a 30 cm.

**Peso seco.** Las plantas de *Agave* se colocan en bolsas de papel estraza previamente identificadas; posteriormente, se colocan en una estufa de secado a 80°C por un periodo de 72 h; después, el material se pesa en balanza digital.

**Altura total.** Se determina al medir la distancia vertical desde la base de la planta hasta el ápice de la hoja más joven. Este atributo influye en la competencia de la planta con la vegetación en el sitio de plantación. En plantas de tres años de edad la altura total puede variar de 15 a 20cm.

**Vigor.** Debe tener una coloración verde obscuro, libre de pudrición y daño por insectos.

Cuadro 3. Continuación.

Enfermedad	Síntoma	Método de control
<b>Damping-off</b> <b>Generos</b> <i>Rhizoctonia</i>	Las hifas pueden infectar a las raíces de plántulas que apenas están emergiendo; causan una pudrición suave, muy similar en apariencia a la causada por <i>Pythium</i> . Se reconocen los daños por falta de germinación de la semilla, o por caída de planta recién emergida.	Aplicación de fungicida El uso de <i>Trichoderma lignorum</i> como inhibidor de <i>Rhizoctonia</i> está en aumento. Se puede aplicar en riego por aspersión a las charolas o camas de germinación.

Fuente: SEMARNAT (2008)

13. CALIDAD DE LA PLANTA

Para lograr que los programas de producción de planta logren sus objetivos satisfactoriamente, es indispensable que los productores consideren las características fisiológicas y morfológicas de la planta en vivero; posteriormente, comprueben su capacidad de sobrevivencia y crecimiento adecuado en campo. Estos atributos permiten evaluar el grado de desarrollo y equilibrio de la planta de manera interrelacionados (Rodríguez, 2008). Las plantas de *Agave* durante los primeros meses de crecimiento desarrollan raíces profundas, al pasar a la etapa adulta aumentan el crecimiento y acumulan azúcares en la parte aérea (Mastre *et al.*, 2002). A continuación se describen algunas características morfológicas y fisiológicas para evaluar la calidad de planta de maguey según Bencomo (2008).

minerales esenciales para el crecimiento de la planta (López y Monárrez, 2012); también, evita defectos en la raíz por enroscamiento, facilita la extracción y reduce el estrés de la planta. El diseño de los contenedores incide en el tamaño de las plantas, en la relación entre sus diferentes partes y, en la forma de sus sistemas aéreos y radicales (Pañuelas y Ocaña, 1996).

Las características de los contenedores, varían en función de su operatividad como: la cantidad de planta producida, tamaño deseado de la planta, tipo de sustrato y manejo en vivero; además, ofrecen ventajas y desventajas tanto económicas como operativas.

Para la producción de planta de *Agave* en vivero se recomienda utilizar diferentes tipos de contenedores de acuerdo a la fase de crecimiento. En los primeros seis meses se usa contenedores de 338 cavidades tipo tomatera (Figura 7a); posteriormente, la planta debe cambiarse a contenedores de 77 cavidades (Figura 7c) o de pirámide invertida de 78 cavidades (Figura 7b) hasta que cumpla un año de edad; a partir de esto la planta está lista para ser llevada a campo; sin embargo, el porcentaje de sobrevivencia va a ser menor del 65%, debido a que las características morfológicas de la planta carecen de las condiciones necesarias para su establecimiento. Para



lograr mayores tasas de sobrevivencia, se recomienda después de este periodo en el vivero, trasplantarla a bolsa de polietileno negro o en lotes de crecimiento en suelo agrícola, lo que logrará porcentajes de sobrevivencia mayores al 85% (CONAFOR, 2009).

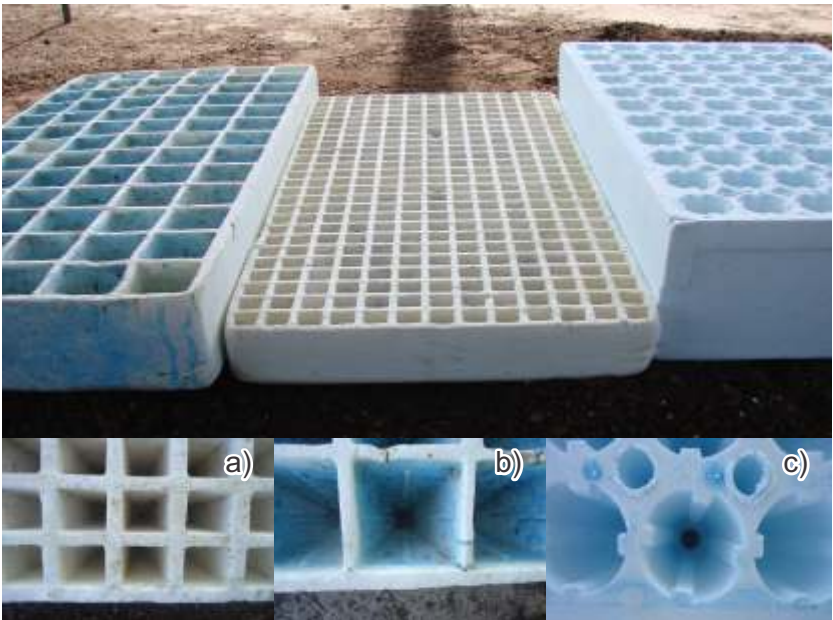


Figura 7. Tipos de envases recomendados para la producción de plántula de agave en vivero: a) tipo tomatera (338 cavidades); b) pirámide invertida (78 cavidades); c) charola de poliestireno 77 cavidades.

### 6.1. Lavado y desinfección de las charolas

El lavado y desinfección de los envases permite eliminar residuos de sustrato de producciones pasadas; así como las raíces y propágulos de agentes patógenos. El procedimiento consiste en, lavar con agua y jabón en polvo,

### 12.2. Enfermedades

En el Cuadro 3 se presentan las enfermedades más comunes provocadas por hongos a las plantas de agave.

Cuadro 3. Enfermedades más comunes provocadas por patógenos fúngicos.

Enfermedad	Síntoma	Método de control
<b>Marchitez:</b> <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Thielaviopsis paradoxa</i> , <i>Cercospora agavicola</i> y/o <i>Pectobacterium carotovora</i>	Las especies de este hongo afectan planta que inicia su germinación, comportándose como un organismo causal de Damping-off; en la producción, daña plantas de todas las edades, en las cuales causa muerte de brotes, ahogamiento de tallos o pudrición de raíz. Planta de dos a seis meses de edad que presenta muerte descendente, es posible que se trate de este hongo	Analizar la calidad del agua de riego en materia de esporas y de ser necesario tratar las plantabandas con aplicaciones sucesivas de <i>Trichoderma harzianum</i> , o <i>T. lignorum</i> . En caso necesario aplicar Tiabendazol en a s p e r s i o n e s consecutivas al follaje y al suelo a las dosis recomendadas.
<b>Anillo rojo :</b> <i>Erwinia spp.</i>	Se presentan lesiones corchosas, de color castaño rojizo, que se presenta tanto en espinas laterales como apicales (CESAVEJAL, s/f)	
<b>Damping-off</b> <b>Generos</b> <i>Pythium</i>	La plántula no nace o pocos días después de la germinación, se dobla por su base, en donde se presenta una constricción oscura y generalmente húmeda. Al revisar el tejido carnoso de la radícula o raíz se observan necrosis húmedas bien definidas.	Sustrato esterilizado. El sustrato debe tener buen drenaje y de ser posible inocularlo con hongos antagonistas del género <i>Trichoderma</i> . Manejar temperatura e insolación, cubrir de manera continua a la planta puede favorecer la enfermedad. Aplicación de fungicidas.

Continúa...

Cuadro 2. Enfermedades más comunes provocadas por plagas

Plaga	Síntoma	Control
<b>Picudo</b> <i>Scyphophorus acupunctatus</i>	Las larvas se alimentan de la piña formando galerías, ocasionando en la planta marchitez, y en ataques severos, la muerte.	Cultural, el cual consiste en la eliminación de plantas infestadas; el biológico, mediante el uso de cepas del hongo <i>Beauveria bassiana</i> para el control de adultos, y el químico usando el insecticida zeta cipermetrina (SAGARPA s/f).
<b>Escarabajo funerario</b> <i>Acanthoderes funeraria</i>	Como adulto raspa las hojas para alimentarse afectando el desarrollo	Se recomienda aplicar en insecticida en su fase adulta debido a que es muy sensible a estos. Para el caso de las larvas no se han encontrado resultados satisfactorios en el uso de insecticidas para su control (SAGARPA s/f).
<b>Gusano cogollero</b> <i>Spodoptera frugiperda</i>	En el estado de larva penetra el cogollo de plantas pequeñas. se detecta al observar hojas perforadas	Extractos de gobernadora, 500-750 ml/L agua, aplicación cada 7 días.
<b>Piojo harinoso</b> <i>Pseudococcus agavis</i>	Se detecta al observar hojas con una maleza de algodón (capa algodonosa)	Se recomienda, cuando sus poblaciones no sean tan altas, la aplicación de aceite mineral o detergente en polvo se pueden reducir sus densidades. o las aplicaciones de suavizante al 0.5% o detergente en polvo al 0.5 % o calidra micronizada al 3% han dado buenos resultados (SAGARPA s/f)
<b>Escama</b> <i>Acutaspis agavis</i>	Este insecto se alimenta de la savia y afecta la capacidad fotosintética. Se detecta al observar manchas circulares en las pencas	En cuanto al control biológico se tiene a la avispa del orden <i>Hymenoptera</i> que parasita a las ninfas, además de catarinas (coleoptera: <i>coccinellidae</i> ). Para el control químico, en el caso de infestaciones severas se pueden aplicar insecticidas de contacto, aceites minerales o vegetales, siendo éstos los que afectan menos a las catarinas (Pérez y Del Real, 2007).

Fuente: CESAVEJAL (s/f).

(de preferencia biodegradable en proporción de 2.5 g L<sup>-1</sup> de agua), las paredes de las cavidades con un cepillo para biberón (Figura 8). Posteriormente, desinfectar las charolas mediante sumersión en una solución compuesta por 90% de agua y 10% de hipoclorito de sodio (Cloralex®) (Prieto *et al.*, 2012).



Figura 8. Lavado y desinfección de charolas de 77 cavidades.

## 6.2. Cobrizado de charolas

El cobrizado de la charola evita la incrustación de raíces en las paredes laterales del contenedor, al provocar la poda química de raíces; además, genera un sistema radical más fibroso. La aplicación de sulfato de cobre, mezclado con pintura vinílica y sellador proporciona mayor tiempo de vida

a los contenedores de poliestireno expandido. Para preparar la solución en 200 litros de agua, agregar 20 litros de pintura vinílica, 2 kg de sulfato de cobre y 2 litros de sellador vinílico (Prieto *et al.*, 2012). Después, las charolas se sumergen en la mezcla de dos a cuatro segundos hasta que la charola este completamente impregnada (Figura 9).



Figura 9. Procedimiento para cobrizar los contenedores de poliestireno expandido: a) y b) Inmersión de la charola en un depósito de 200 L con solución para el cobrizado; c) Esgurrimiento de charola para reutilizar la solución excedente; d) Apilamiento de charola para su secado.

## 12. PLAGAS Y ENFERMEDADES

El *Agave* puede presentar plagas y enfermedades que afectan directa o indirectamente la calidad de la planta, esto depende del estado fenológico en que se presente (Rodríguez, 2011) (Cuadro 2 y 3).

Las plantas presentan una enfermedad cuando una o varias de sus funciones fisiológicas son alteradas por organismos patógenos o por determinadas condiciones del medio ambiente donde se desarrollan. Los tejidos o células de la planta, que son afectados por el patógeno, tienden a debilitarse hasta destruirse; por lo tanto, las células o tejidos disminuyen o detienen sus funciones normales, lo que da como resultado que la planta limite su crecimiento o muera (Agrios, 2010).

### 12.1. Plagas

El Cuadro 2 presenta algunas de las enfermedades provocadas por insectos más comunes en el *agave*.



crecimiento. El *Agave* presenta características diferentes a otras especies vegetales que le permiten tolerar bajos requerimientos hídricos, como el almacenamiento de agua, la baja permeabilidad de la epidermis y la capacidad de resistir la deshidratación (Nobel, 1998).

Durante la siembra se aplican riegos diarios y homogéneos y se trata de aplicar mayor cantidad de agua en las esquinas del contenedor para que el *Agave* crezca uniforme. Los siguientes tres meses, se riegan cada 15 días y se mantiene el vivero húmedo, para propiciar el crecimiento de las plantas. Los cuatro meses posteriores, los riegos se realizan cada tres o cuatro semanas, el tiempo depende de las condiciones atmosféricas para evitar que las plantas pierdan turgencia. Es importante retirar el riego 45 días antes que las plantas sean llevadas a campo, con la finalidad de adaptarlas a las condiciones que enfrentaran en campo (Figura 14).



Figura 14. Riego manual de una producción de *Agave* en vivero.

## 7. LLENADO DEL CONTENEDOR

El llenado de las charolas de poliestireno con el sustrato se puede realizar en forma manual mediante el siguiente procedimiento, una vez preparada la mezcla (Figura 10):

- Llenar todas las cavidades con sustrato.
- Dar dos golpes ligeros a la charola en una superficie uniforme y firme para compactar.
- Llenar los espacios superiores que queden libres después del compactado.
- Dar un golpe ligero a la charola y llenar nuevamente los espacios libres del contenedor, principalmente los de la periferia.
- Eliminar el exceso de sustrato y dejar al ras el contenedor para facilitar la siembra y la penetración de humedad.
- Evitar la compactación en exceso, ya que esto limita el crecimiento de las raíces.



Figura 10. Llenado del contenedor con la mezcla de sustrato.



## 8. SIEMBRA

Para determinar el número de semillas a sembrar y garantizar una adecuada germinación es necesario considerar la viabilidad de la semilla. Cuando se tiene un porcentaje de germinación superior al 90% se recomienda sembrar una semilla por cavidad; si la germinación varía de 70 a 90%, sembrar dos semillas y si es de 50 al 70% sembrar tres semillas por cavidad (Prieto *et al.*, 2012). La profundidad de siembra adecuada varía entre 0.5 y 1.0 cm, enseguida se cubren las semillas completamente con una capa de vermiculita o con el mismo sustrato (Figura 11).



Figura 11. Siembra de *Agave* en contenedor de 338 cavidades

escasez de nutrientes, puede alterar los parámetros morfofisiológicos de la planta.

Para el crecimiento de plantas se han identificado 12 elementos esenciales para su desarrollo, (Marshall, 1985). Estos elementos esenciales se encuentran clasificados en dos grupos, los macronutrientes son: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, usados por las plantas en cantidades relativamente grandes; mientras que los micronutrientes son: Hierro, Manganeso, Zinc, Boro, Cobre y Molibdeno, se utilizan en pequeñas cantidades (Landis *et al.*, 1989).

## 11. RIEGO DE LA PLANTA

Las plantas requieren de un adecuado suministro de agua, ya que un inadecuado abastecimiento podría provocar la muerte por marchitamiento (Vázquez *et al.*, 1997). La importancia de la periodicidad e intensidad de la aplicación de los riegos está en función del desarrollo fisiológico de la planta, retención de agua de la mezcla de sustratos y las condiciones ambientales (Sánchez *et al.*, 2012).

A pesar de que los *Agaves* prosperan en suelos con deficiencia de humedad y cantidades bajas de nutrientes, se ha comprobado que el riego y la fertilización favorecen su

resistir la competencia por humedad y nutrientes con la otra vegetación del sitio de plantación.

Cuadro 1. Ventajas y desventajas de los diferentes métodos de producción de plántula de agave.

Trasplante	Ventaja	Desventaja
<b>Charolas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor manejo de la producción.</li> <li>• Gran producción en poco espacio.</li> <li>• Necesidad menor de sustrato.</li> <li>• Facilidad en el traslado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A cierta edad presentan competencias entre rosetas.</li> <li>• No se logran los parámetros adecuados de calidad.</li> <li>• Inversión inicial costosa</li> </ul>
<b>Bolsa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite manipular las plantas con facilidad.</li> <li>• Se establecen en cualquier sitio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las plantas no pueden permanecer mucho tiempo en las bolsas, pues las raíces atraviesan la bolsa y crecen en el suelo, o bien se enrollan dentro de ella.</li> <li>• Se calientan excesivamente con el sol lo que demanda mayor riego</li> </ul>
<b>Lotes de crecimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se evita el trasplante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No permite la selección de plántulas que permanecerán.</li> <li>• Se dificulta el control de la germinación.</li> </ul>

Fuente: Barana y Sancho (1991)

## 10. FERTILIZACIÓN

La planta de *Agave* tiene un metabolismo ácido crasuláceo; es decir, sus estomas permanecen abiertas durante la noche y cerradas durante la mayor parte del día, lo que permite una pérdida mínima de agua y fotorrespiración reducida; por lo tanto, puede desarrollarse en ambientes con escasa cantidad de agua. Ruano (2002) determina que la fertilización debe ser equilibrada en función de las demandas de la planta, para que tengan suficientes reservas de nutrientes, permitiendo tolerar situaciones de estrés por sequía y temperaturas extremas. El exceso o

## 9. TRASPLANTE

### 9.1. Trasplante en charola de poliestireno

Para la germinación y desarrollo inicial de planta de *Agave* se utilizan durante los primeros seis meses contenedores de 338 cavidades; en una segunda etapa, la planta se trasplanta a contenedores de 77 cavidades o de pirámide invertida durante seis meses, con la finalidad de que la planta tenga mayor espacio para que genere un mayor crecimiento y desarrollo de las rosetas.

### 9.2. Trasplante en bolsa de polietileno negro

Después del desarrollo de la planta en contenedor, se recomienda continuar un año más de crecimiento en bolsa de polietileno negro, con capacidad de volumen de cuatro litros y tierra de monte como sustrato (Figura 12). Después de sacar la planta del contenedor es importante podar la raíz con unas tijeras para promover un estímulo que generará mayor crecimiento de ésta. La forma de producir la planta de contenedor a bolsa, tiene sus implicaciones en manejo y costo de producción; sin embargo, se logra mayor sobrevivencia en campo.





Figura 12: Poda de la raíz y trasplante de planta de *Agave* a bolsa de polietileno negro con tierra de monte.

### 9.3. Trasplante en lotes de crecimiento

Además del trasplante en bolsa, cuando la planta tiene un año de edad se puede trasplantar en lotes de crecimiento de suelos agrícolas. Para el diseño de los lotes de crecimiento se debe dejar una distancia entre surco de 70 a 80 cm y el espacio entre plantas puede ser de 20 cm. Después que la planta logre las características morfológicas adecuadas es necesario retirarla del lote de crecimiento al lugar de la plantación a raíz desnuda (Figura 13).



Figura 13. Establecimiento de un lote de crecimiento en terreno agrícola para plántula de *Agave*. Espacio entre surcos (superior). Espacio entre plantas (inferior).

### 9.4. Trasplante en campo

El *Agave*, entre los dos y tres años de edad, alcanza una altura total que varía de 15 a 20 cm y su diámetro es de 20 a 30 cm; por lo cual, se considera la edad ideal para ser trasladada a campo, ya que tiene el tamaño adecuado para