

NUTRICIÓN PARA AUMENTAR CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE *Agave durangensis* EN VIVERO

Forestal no maderable, Maguey-Mezcal, °Brix

1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA. Dentro de la producción de planta de *Agave durangensis* en vivero, un aspecto de importancia a considerar es la concentración de azúcares (°Brix), los cuales mediante una adecuada nutrición se pueden duplicar en la etapa de vivero. Para lograr esto, la planta debe producirse durante diez meses, en un invernadero con cubierta plástica de polietileno calibre 720 y malla sombra del 60%. Utilizar envases de poliestireno con forma de pirámide invertida Copperblock® de 78 cavidades, con capacidad de 170 mL por cavidad. La mezcla de sustrato compuesta por 50% peat moss, 40% corteza compostada y 10% de perlita o vermiculita, añadiendo 2 kg m⁻³ de fertilizante de lenta liberación Multicote® 12-25-12 (N-P-K) de ocho meses de liberación. La nutrición consiste en la dosis de 149-32-123 ppm de N-P-K, a esta solución se añadirá Fosfito de potasio inmunopotencializador: Fosfito (H₃PO₃) 40%, Potasio (K₂O) 20%, Potencializadores + aditivos y elementos relacionados 40% a razón de 1.5 mL/L de agua.

2. PROBLEMA, OPORTUNIDAD, NECESIDAD ATENDIDO. El *Agave durangensis* es una especie originaria del estado de Durango con importancia económica en la industria mezcalera. En la actualidad se están validando rutinas de nutrición que favorezcan el incremento de la concentración de azúcares en plantas de esta especie. El análisis de la concentración de azúcares totales presentes en la piña es un criterio importante de calidad de planta de agave, debido a que dichos compuestos se relacionan con su contenido de alcohol en la piña. El contenido promedio de azúcares reductores totales en agaves maduros varía de 20 a 30%, el contenido por debajo de 20% se considera de mala calidad, contenidos entre 25 y 30% son de buena calidad, no existe un rango de referencia para plántulas a su salida de invernadero, pero el contenido de azúcares en plantas de agave en el método tradicional en promedio es del 8%. En la presente tecnología se está adoptando la técnica de fertilización para incrementar la concentración de °Brix en plantas de *Agave durangensis* en la etapa de invernadero para mejorar los parámetros de calidad relacionados con este criterio. El incremento de azúcares en piñas de *A. durangensis*, se verá reflejado durante todo su desarrollo.

3. RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS PRODUCTORES AL UTILIZAR LA TECNOLOGÍA. La

nutrición proporcionada a la planta de agave durante su producción en invernadero incrementó la concentración de azúcares en la piña, y la calidad morfológica de plantas de agave en comparación con la tecnología testigo de los viveristas. En la producción de un lote de 70,000 plantas, con el productor cooperante, se obtuvieron incrementos hasta del 20% en el diámetro de piña y de la roseta con más de 6 hojas expandidas con espinas rígidas en sus ápices y bordes, mientras que la concentración de azúcares presentó valores hasta del 23% en promedio 15% más que los productores tradicionales. Esto beneficiará a los viveristas y mezcaleros al obtener planta con mayores atributos morfológicos y fisiológicos al aplicar la tecnología.

4. APOYOS RECIBIDOS POR LOS PRODUCTORES PARA PROMOVER SU ADOPCIÓN. No existen programas sectoriales o estatales que promuevan la adopción de la tecnología por los productores. El INIFAP, durante todo el proceso, únicamente les proporcionó la asesoría técnica y capacitación.

5. SOPORTE DOCUMENTAL DE LA ADOPCIÓN. La adopción está soportada con una carta firmada por el los productores cooperantes C. Oscar Manuel Carreón Mendoza, representante y personal, del Vivero "Cinco Raíces Desarrollo Agrícola y Forestal S.P.R. de R.L. de C.V." ubicado en el km 47 de la carretera Durango-Parral, en el Ejido Nicolás Bravo, municipio de Canatlán, Durango.

6. VINCULACIÓN ACTUAL Y REQUERIDA. Se tiene vinculación con productores mezcaleros de Unión Nacional de Estados con Denominación de Origen Mezcal, S. C. de R. L., Clúster del Mezcal Durango y viveristas particulares. También, con la CONAFOR, Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente, se colabora con el Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional IPN-Durango, la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la UJED y Sistema Producto Agave Mezcal de la SADER.

7. APLICACIÓN POTENCIAL A PROGRAMAS DE DESARROLLO. Esta tecnología tiene un amplio campo de aplicación en la producción de planta de *A. durangensis* de calidad morfológica destinada a programas federales de reforestación como Sembrando Vida, estatales a través de la Secretaría de Recursos

Naturales y Medio Ambiente dentro del Programa Estratégico Forestal 2030 Durango.

Mayor información

Dr. José Leonardo García Rodríguez, M. C. Sergio Rosales Mata, M.C. Homero Sarmiento López y Dr. Erickson Basave Villalobos.

Campo Experimental: Valle del Guadiana. Carr. Durango-El Mezquital km 4.5, Durango, Dgo. C. P. 34170. Tel.015538718700 ext. 82708. Correo-e: garcia.leonardo@inifap.gob.mx. Fuente Financiera: Recursos Fiscales INIFAP. www.gob.mx/inifap



Figura 1. Proceso de producción de plantas de *Agave durangensis* con la tecnología INIFAP.

NUTRICIÓN PARA AUMENTAR CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE *Agave durangensis* EN VIVERO

Forestal no maderable, Maguey-Mezcal, °Brix

1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA. Dentro de la producción de planta de *Agave durangensis* en vivero, un aspecto de importancia a considerar es la concentración de azúcares (°Brix), los cuales mediante una adecuada nutrición se pueden duplicar en la etapa de vivero. Para lograr esto, la planta debe producirse durante diez meses, en un invernadero con cubierta plástica de polietileno calibre 720 y malla sombra del 60%. Utilizar envases de poliestireno con forma de pirámide invertida Copperblock® de 78 cavidades, con capacidad de 170 mL por cavidad. La mezcla de sustrato compuesta por 50% peat moss, 40% corteza compostada y 10% de perlita o vermiculita, añadiendo 2 kg m⁻³ de fertilizante de lenta liberación Multicote® 12-25-12 (N-P-K) de ocho meses de liberación. La nutrición consiste en la dosis de 149-32-123 ppm de N-P-K, a esta solución se añadirá Fosfito de potasio inmonopotencializador: Fosfito (H₃PO₃) 40%, Potasio (K₂O) 20%, Potencializadores + aditivos y elementos relacionados 40% a razón de 1.5 mL/L de agua.

2. PROBLEMA, OPORTUNIDAD, NECESIDAD A ATENDER. El *Agave durangensis* es una especie originaria del estado de Durango con importancia económica en la industria mezcalera. En la actualidad se están validando rutinas de nutrición que favorezcan el incremento de la concentración de azúcares en plantas de esta especie. El análisis de la concentración de azúcares totales presentes en la piña es un criterio importante de calidad de planta de agave, debido a que dichos compuestos se relacionan con el contenido de alcohol en la piña. El contenido promedio de azúcares reductores totales en agaves maduros varía de 20 a 30%, el contenido por debajo de 20% se considera de mala calidad, contenidos entre 25 y 30% son de buena calidad. En la presente tecnología se está transfiriendo la forma de incrementar la concentración de °Brix en plantas de *Agave durangensis* en la etapa de vivero para mejorar los parámetros de calidad relacionados con este criterio. Al establecer plantaciones de agave con concentraciones altas de azúcares, se verá reflejado durante todo su desarrollo.

3. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA. Se aplicó el método de transferencia "aprender haciendo" para lo cual se estableció un módulo de transferencia en las instalaciones del vivero de la Unión Nacional de Estados con Denominación de Origen Mezcal, S. C. de R. L., Delegación Durango, ubicado en la Plata S/N, Tapias, Durango, Dgo., México.

4. SOPORTE TÉCNICO DE LA TRANSFERENCIA.

Las actividades de transferencia realizadas quedan soportadas con la constancia otorgada por los agentes de cambio capacitados Ing. María Teresa Guadalupe Blanco Rodríguez y el MVZ. Juan Gerardo Fuentes López mediante programa de capacitación que abarcó temas como: siembra, tipos de envases, mezclas de sustrato, rutinas de fertilización y labores de cultivo.

5. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA TRANSFERENCIA.

La nutrición proporcionada a 10,000 plantas de agave durante su producción en vivero incrementó su calidad morfológica, además de aumentar la concentración de azúcares, en comparación con la tecnología testigo de los viveristas (Figura 1). Se obtuvieron incrementos mayores a 20% en el diámetro de piña y de la roseta, y número de hojas con respecto al testigo, mientras que para la concentración de azúcares presentó valores hasta del 30%. Esto beneficia a los viveristas y mezcaleros al obtener planta con mayores atributos morfológicos y fisiológicos.

6. AGENTES DE CAMBIO ATENDIDOS. Se atendieron y capacitaron a la Ing. María Teresa Guadalupe Blanco Rodríguez y el MVZ. Juan Gerardo Fuentes López, integrantes de la Unión de Estados con Denominación de Origen Mezcal, S. C., Delegación Durango. La capacitación, durante cuatro meses, se enfocó en el aporte nutricional a plantas de agave cultivado en envases dentro de un invernadero.

7. SOPORTE DOCUMENTAL. La información obtenida durante la realización de las evaluaciones de campo fue publicada en reportes técnicos (INIFAP) y en un artículo en extenso: Rosales M. S.; Ríos S, J. C.; González P., J. S.; García R, J. L. y Quiñonez B, G. 2018. Desempeño morfológico de *Agave durangensis* Gentry en respuesta a la aplicación de soluciones nutritivas y tipos de envases en vivero. *In*: XXI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. Octubre 2018. Pp: 852-855.

8. VINCULACIÓN ACTUAL Y REQUERIDA. Se tiene vinculación con viveristas, prestadores de servicios técnicos profesionales, CONAFOR, y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Unión de Estados con Denominación de Origen Mezcal, S. C., Clúster del Mezcal Durango. Además, se colabora con el ITVG, CIIDIR IPN-Durango y la Facultad de Ciencias Forestales de la UJED. Se requiere la vinculación con el Programa Sembrando vida de la Secretaría de Bienestar del gobierno federal.

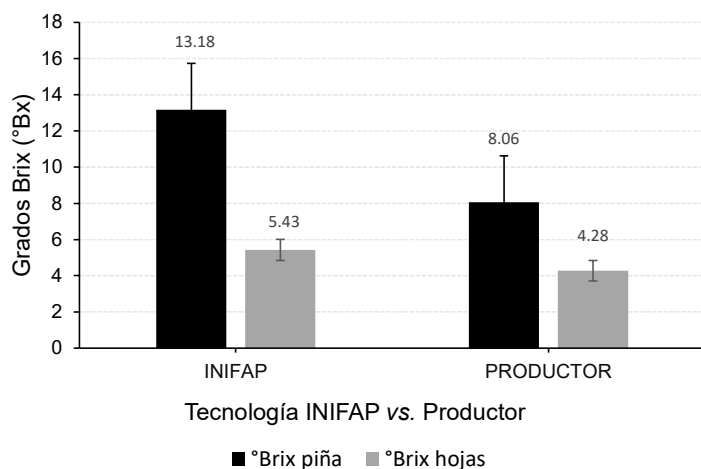
Tecnología transferida en 2021 y reportada en noviembre

Mayor información: Dr. José Leonardo García Rodríguez, M.C. Sergio Rosales Mata y M.C. Maihualy Martínez Fernández.
 Campo Experimental: Valle del Guadiana.

Carr. Durango-El Mezquital km 4.5, Durango, Dgo. C. P. 34170. Tel. 5538718700 ext. 82709 y 82724; 01 800 088 22 22.
 Correo-e: garcia.jose@inifap.gob.mx
 Fuente Financiera: Recursos Fiscales INIFAP.
www.inifap.gob.mx



Figura 1. Planta de *Agave durangensis* a los diez meses de edad en vivero, tecnología testigo (izquierda), tecnología con nutrición propuesta (derecha).



Tecnología INIFAP:
 Planta de agave con una adecuada nutrición, presenta incremento en la morfología y en la concentración de azúcares de un 5.12% en la piña a los diez meses de edad, en comparación con la tecnología del productor. La concentración de azúcares en las hojas no presentó diferencias.

Tecnología Productor:
 Planta de agave sin nutrición en condiciones de invernadero presenta bajas concentraciones de azúcares.



NUTRICIÓN PARA AUMENTAR CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE *Agave durangensis* EN VIVERO

Forestal no maderable, Maguey-Mezcal, °Brix

1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA. Dentro de la producción de planta de *Agave durangensis* en vivero, un aspecto de importancia a considerar es la concentración de azúcares (°Brix), los cuales mediante una adecuada nutrición se pueden duplicar en la etapa de vivero. Para lograr esto, la planta debe producirse durante diez meses, en un invernadero con cubierta plástica de polietileno calibre 720 y malla sombra del 60 %. Utilizar envases de poliestireno con forma de pirámide invertida Copperblock® de 78 cavidades, con capacidad de 170 mL por cavidad. La mezcla de sustrato compuesta por 50% peat moss, 40% corteza compostada y 10% de perlita o vermiculita, añadiendo 2 kg m⁻³ de fertilizante de lenta liberación Multicote® 12-25-12 (N-P-K) de ocho meses de liberación. La nutrición consiste en la dosis de 149-32-123 ppm de N-P-K, a esta solución se añadirá Fosfito de potasio inmonopotencializador: Fosfito (H₃PO₃) 40%, Potasio (K₂O) 20%, Potencializadores + aditivos y elementos relacionados 40% a razón de 1.5 ml/L de agua.

2. PROBLEMA, OPORTUNIDAD, NECESIDAD A ATENDER. El *Agave durangensis* es una especie originaria del estado de Durango con importancia económica en la industria mezcalera. En la actualidad se están validando rutinas de nutrición que favorezcan el incremento de la concentración de azúcares en plantas de esta especie. Debido a que el contenido de alcohol depende del total de azúcares presentes en la piña, el análisis de su concentración es de suma importancia. El contenido promedio de azúcares reductores totales en agaves maduros varía de 20 a 30%, el contenido por debajo de 20% se considera de mala calidad, contenidos entre 25 y 30% son de buena calidad. En la presente tecnología se está validando el incremento la concentración de °Brix en plantas de *Agave durangensis* en la etapa de vivero para mejorar los parámetros de calidad relacionados a este concepto. Al establecer plantaciones de agave con concentraciones altas de azúcares, se verá reflejado durante todo su desarrollo.

3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA VALIDACIÓN. La nutrición de planta de agave durante su producción en vivero incrementó la calidad morfológica de las plantas, además de aumentar la concentración de azúcares, en comparación con la tecnología testigo de los viveristas (Figura 1) y (Cuadro 1), presentando incrementos, en el diámetro de piña y de la roseta, además del número de hojas mayores de 20%, mientras que para la concentración de azúcares presenta valores mayores al 30%. Esto beneficia a los viveristas y mezcaleros al obtener planta con mayores atributos morfológicos y fisiológicos al aplicar la tecnología.

4. RECOMENDACIÓN PARA SU USO. La dosis de fertilización 149-32-123 ppm de N-P-K más Fosfito de potasio inmonopotencializador aumenta el crecimiento de las plantas de agave en su etapa de vivero además de aumentar la concentración de azúcares hasta en un 30% en comparación con la tecnología testigo de los viveristas. Es importante el mantenimiento de las plántulas durante su etapa en vivero, desde la adecuada aplicación del riego, control de malezas y monitoreo de la sanidad del cultivo, para lograr los objetivos de obtener planta de calidad.

5. INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN. El módulo de validación se estableció en el Campo Experimental Valle del Guadiana dentro del municipio de Durango durante 10 meses (periodo de validación). Se realizó una evaluación al finalizar este periodo donde se monitoreó la morfología de las plantas de agave y la concentración de azúcares con ayuda de un refractómetro. Dentro de estas actividades se están formando recursos humanos (tesis de licenciatura en proceso).

6. SOPORTE TÉCNICO DE LA VALIDACIÓN. Memoria fotográfica de la etapa de vivero, diseño experimental, evaluación de las plantas. Informe técnico de los resultados de la validación. Hojas de registro de datos.

7. ÁMBITO DE APLICACIÓN. La tecnología es de aplicación regional, principalmente los municipios productores de mezcal del estado de Durango.

8. USUARIOS POTENCIALES. Productores agrícolas y forestales, viveristas, Prestadores de servicios técnicos profesionales, productores de mezcal a nivel industrial y artesanal (Clúster de Mezcal Durango), además de dependencias de gobierno como: CONAFOR, SEMARNAT, CONAZA y la Secretaría del Bienestar para el programa "Sembrando Vida".

9. COSTO ESTIMADO. El costo de producción de planta de agave en vivero con una rutina nutricional que aumente los °Brix a los diez meses de edad cuesta en promedio \$2.33 por planta.

10. SOPORTE DOCUMENTAL. La información obtenida durante la realización de las evaluaciones de campo fue publicada en reportes técnicos (INIFAP) y en un artículo en extenso: Rosales M. S.; Ríos S, J. C.; González P., J. S.; García R, J. L. y Quiñonez B, G. 2018. Desempeño morfológico de *Agave durangensis* Gentry en respuesta a la aplicación de soluciones nutritivas y tipos de envases en vivero. *in: XXI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. Octubre 2018. pp 852-855.

11. PROPIEDAD INTELECTUAL. Publicaciones de la serie INIFAP registradas en el ISBN.



Mayor información: Dr. José Leonardo García Rodríguez, M.C. Sergio Rosales Mata y M.C. Maihualy Martínez Fernández.
Campo Experimental: Valle del Guadiana

Carr. Durango-El Mezquital km 4.5, Durango, Dgo. C. P. 34170. Tel. (618) 8260433. Correo-e: garcia.leonardo@inifap.gob.mx. www.inifap.gob.mx

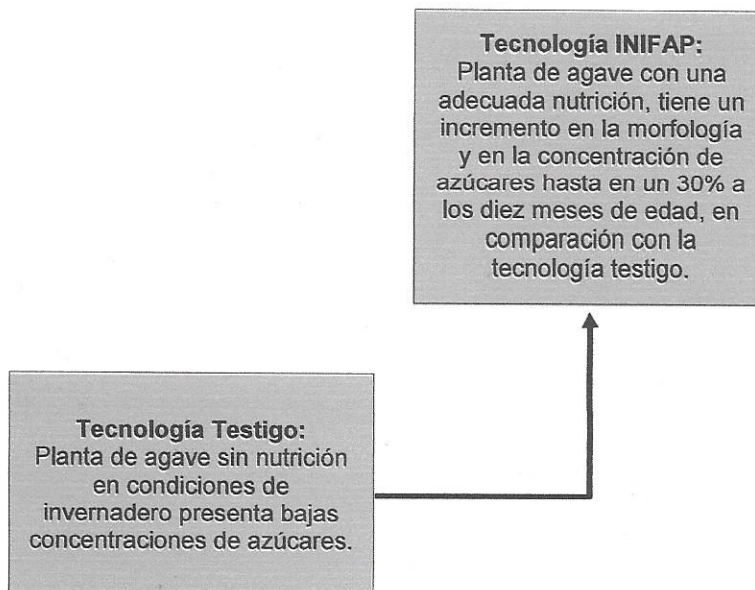


Figura 1. Planta de *Agave durangensis* a los diez meses de edad en vivero, tecnología testigo (derecha), tecnología con nutrición adecuada (izquierda)

Ventajas comparativas de los datos de validación

Cuadro 1. Variables evaluadas en plantas de *Agave durangensis* a los diez meses de edad en vivero

Tratamiento	Costo (\$)	Altura (cm)	Diámetro Piña (mm)	Diámetro roseta (cm)	Biomasa seca total	Número de Hojas	°Brix (%)
Testigo	2.18	3.41	11.72	4.23	0.72	3.78	9.88
Tecnología INIFAP	2.33	6.99	23.18	10.06	2.78	7.47	14.74



NUTRICIÓN PARA AUMENTAR CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE *Agave durangensis* EN VIVERO

Forestal no maderable, Maguey-Mezcal, °Brix

1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA. Dentro de la producción de planta de *Agave durangensis* en vivero, un aspecto de importancia a considerar es la concentración de azúcares (°Brix), los cuales mediante una adecuada nutrición se pueden incrementar en la etapa de vivero. Para lograr esto, la planta debe producirse durante diez meses, en un invernadero con cubierta plástica de polietileno calibre 720 y malla sombra del 60 %. Utilizar envases de poliestireno con forma de pirámide invertida Copperblock® de 78 cavidades, con capacidad de 170 mL por cavidad. La mezcla de sustrato compuesta por 50% peat moss, 40% corteza compostada y 10% de perlita o vermiculita, añadiendo 2 kg m⁻³ de fertilizante de lenta liberación Multicote® 12-25-12 (N-P-K) de ocho meses de liberación. La nutrición consiste en la dosis de 149-32-123 ppm de N-P-K, a esta solución se añadirá Fosfito de potasio inmonopotencializador: Fosfito (H₃PO₃) 40%, Potasio (K₂O) 20%, Potencializadores + aditivos y elementos relacionados 40% a razón de 1.5 mL/L de agua.

2. PROBLEMA, OPORTUNIDAD, NECESIDAD A ATENDER. El *Agave durangensis* es una especie originaria del estado de Durango con importancia económica en la industria mezcalera. En la actualidad no existe información sobre rutinas de nutrición que favorezcan el incremento de la concentración de azúcares en plantas de esta especie. Debido a que el contenido de alcohol depende del total de azúcares presentes en la piña, el análisis de su concentración es de suma importancia. El contenido promedio de azúcares reductores totales en agaves maduros varía de 20 a 30%, el contenido por debajo de 20% se considera de mala calidad, contenidos entre 25 y 30% son de buena calidad. Por lo anterior, la presente tecnología tiene la finalidad de incrementar la concentración de °Brix en plantas de *Agave durangensis* en la etapa de vivero para mejorar los parámetros de calidad relacionados a este concepto. Al establecer plantaciones de agave con concentraciones altas de azúcares, se verá reflejado durante todo su desarrollo.

3. BENEFICIOS ESPERADOS. La tecnología proporciona plantas de agave con mejores características morfológicas en comparación con

la tecnología testigo (sin nutrición), además de duplicar la concentración de azúcares, con indicadores de calidad para el establecimiento de plantaciones. Con lo que se podrá aumentar la superficie plantada y contribuir a la conservación de poblaciones naturales de agave.

4. ÁMBITO DE APLICACIÓN. La tecnología es de aplicación estatal, en el área de distribución de la especie, principalmente, en la zona sur del estado de Durango. Esta tecnología se ha probado en el Valle del Guadiana, por lo que su aplicación a otros ámbitos deberá ser validada previamente.

5. USUARIOS POTENCIALES. Industria del mezcal, sistema producto Maguey-Mezcal, viveristas, Prestadores de Servicios Técnicos Profesionales, dependencias de gobierno como: CONAFOR, SEMARNAT y la Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Durango.

6. COSTO ESTIMADO. Producir planta vivero con una rutina nutricional que aumente los °Brix a los diez meses de edad cuesta en promedio \$2.33 por planta.

7. SOPORTE DOCUMENTAL. La información obtenida durante la realización de las evaluaciones de campo fue publicada en reportes técnicos (INIFAP) y en un artículo en extenso: Rosales M. S.; Ríos S, J. C.; González P., J. S.; García R, J. L. y Quiñonez B, G. 2018. Desempeño morfológico de *Agave durangensis* Gentry en respuesta a la aplicación de soluciones nutritivas y tipos de envases en vivero. *in*: XXI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. Octubre 2018. pp 852-855.

8. PROPIEDAD INTELECTUAL. Los resultados obtenidos están protegidos mediante derechos de autor para las publicaciones generadas en los proyectos.

Mayor información: M.C. Sergio Rosales Mata, Dr. José Leonardo García Rodríguez y M.C. Maihualy Martínez Fernández.

Campo Experimental: Valle del Guadiana
Carr. Durango-El Mezquital km 4.5, Durango, Dgo.
C. P. 34170. Tel. 01-800-088-22-22 Ext. 82708.
Correo-e: rosales.sergio@inifap.gob.mx.
www.inifap.gob.mx



Figura 1. Planta de *Agave durangensis* a los diez meses de edad en vivero, tecnología testigo (riego solo con agua).

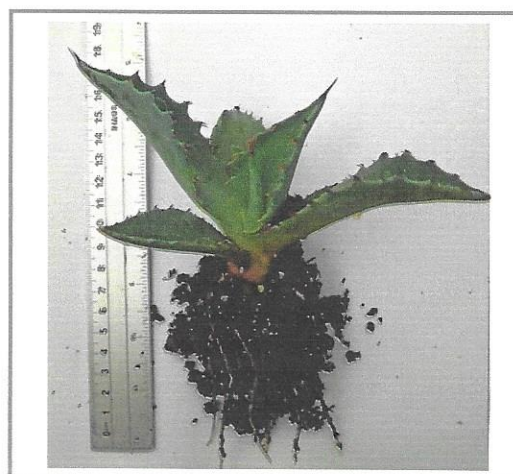


Figura 2. Planta de *Agave durangensis* a los diez meses de edad en vivero, tecnología con nutrición adecuada.

VENTAJAS COMPARATIVAS

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos, para las diferentes variables analizadas, presentando un mejor desarrollo morfológico la tecnología INIFAP, con una diferencia de 3.39 mm en el diámetro de la piña y más de una hoja en promedio, en comparación con la tecnología testigo. Además de un incremento de 85% en la concentración de azúcares (Cuadro 1),

Cuadro 1. Variables evaluadas en plantas de *Agave durangensis* a los diez meses de edad en vivero

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro Piña (mm)	Número de Hojas	°Brix (%)
Testigo	5.65 a	24.40 b	7.10 b	07.44 b
Tecnología INIFAP	5.65 a	27.79 a	8.15 a	13.80 a

