

Desarrollo y rendimiento de cultivos anuales en sistemas agroforestales: alternativa productiva para el Altiplano Semiárido Mexicano

Crop development and yield in agroforestry systems: a productive alternative for the Mexican Semi-arid Highlands

Rigoberto Rosales-Serna¹, José Leonardo García-Rodríguez¹, José Ángel Sigala-Rodríguez^{1*} y Saúl Santana-Espinoza².

¹ INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170.

² INIFAP – Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte. Matamoros, Coahuila C. P. 27440.

*Autor para correspondencia: sigala.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

La agroforestería es una alternativa a los sistemas intensivos de cultivo que concilia la diversificación de la producción agropecuaria y la provisión de servicios ecosistémicos. En Durango, México, existe necesidad de establecer plantaciones intensivas de *Agave durangensis* (maguey cenizo) para la producción de mezcal. Sin embargo, los productores requieren opciones productivas durante el turno de cosecha del agave para obtener bienes de subsistencia. El objetivo fue evaluar el rendimiento de forraje y grano en cultivos anuales con posibilidades de adaptación en sistemas agroforestales en plantaciones de maguey cenizo. Se evaluaron tres esquemas de fertilización: 1) fertilización química granulada, 2) fertilización química foliar y 3) abono orgánico. Se encontró efecto significativo de la fertilización en la producción de forraje verde y seco en maíz y avena. Ambos cultivos mostraron mayores rendimientos de forraje mediante la fertilización orgánica y química granulada, con diferencias sobre la fertilización foliar. El frijol fue el cultivo que manifestó el mejor desarrollo fenológico y rendimientos altos en grano (2.1 t ha⁻¹), comparado con la producción media de temporal, indistintamente del tratamiento de fertilización. Asimismo, el rendimiento de grano en maíz fue igual estadísticamente entre los tratamientos de fertilización (de 1.4 t ha⁻¹ a 1.7 t ha⁻¹). La incorporación de cultivos anuales en plantaciones de maguey cenizo, bajo un arreglo agroforestal, no afectaron negativamente el crecimiento de las plantas. Se concluye que la agroforestería puede implementarse como una alternativa para diversificar la disponibilidad de productos, contribuyendo a la sostenibilidad de la producción agrícola en el Altiplano Semiárido de México.

Palabras clave: Agave, frijol común, plantaciones comerciales, sistemas productivos, sostenibilidad.

ABSTRACT

Agroforestry is an alternative to intensive crop systems that conciliate the diversification of agricultural production and the ecosystem services provision. In Durango, Mexico, there is a need to establish intensive plantations of *Agave durangensis* (maguey cenizo) for mescal production. However, the farmers demand productive options during agave cultivation to get subsistence assets. The objective was to evaluate the forage and grain yield in crops under an agroforestry arrangement with maguey cenizo plantations. Three fertilization schemes were evaluated: 1) granulated chemical fertilization, 2) foliar chemical fertilization, and 3) organic fertilization. A significant effect of fertilization in fresh and dry forage production of maize and oat was found. Both crops showed higher forage yield with organic and granulated fertilization than with foliar fertilization. The common bean was the crop that showed better phenological development and increased grain yield (2.1 t ha⁻¹) compared with the average rainfed production, regardless of treatment. Likewise, maize grain yield was statistically the same among fertilization treatments (from 1.4 t ha⁻¹ to 1.7 t ha⁻¹). Incorporating crops into maguey cenizo plantations under an agroforestry arrangement did not negatively affect the agave plants' growth. We conclude that agroforestry can be applied as an alternative the diversification of agricultural products, which contributes to the sustainability of agricultural production in the semi-arid highlands of Mexico.

Keywords: Agave, commercial plantations, common bean, production systems, sustainability.



INTRODUCCIÓN

En el estado de Durango, México, la producción de maguey cenizo (*Agave durangensis* Gentry), maguey tepemete (*Agave angustifolia* Haw.) y maguey i'gok (*Agave americana* L.) está encaminada a la elaboración de destilados y ensambles, conocidos como mezcal, siendo una actividad de importancia ecológica, social y económica (Rosales et al., 2020). Lo anterior ha significado una demanda creciente de materia prima a partir de poblaciones naturales o del cultivo intensivo (plantaciones), principalmente de maguey cenizo, que se ha convertido en la fuente principal de azúcares reductores para la elaboración del mezcal. El incremento en la demanda de dicha materia prima supone el establecimiento de sistemas intensivos de producción o plantaciones comerciales de maguey cenizo, lo cual cada vez es más evidente en el estado de Durango.

El establecimiento de plantaciones de maguey cenizo implica la producción de planta en contenedores bajo condiciones de invernadero, para después trasplantarlas a camas de crecimiento a raíz desnuda en sistema de acolchado en intemperie (Rosales et al., 2018). Luego de 16 meses de viverización, se realiza el trasplante definitivo en campo, cuyo turno de cosecha (jima) se da hasta el inicio del desarrollo del escape floral, periodo que dura entre ocho y doce años. Por ello, los productores requieren opciones productivas durante el turno de cosecha del agave, con la finalidad de obtener bienes para su subsistencia como granos y forrajes. En este sentido, los espacios entre plantas e hileras de maguey representan una superficie útil para generar diferentes opciones productivas y obtener beneficios durante el crecimiento de la plantación. Sin embargo, dichas opciones aún están poco exploradas en plantaciones comerciales de maguey cenizo, por lo que se requieren estudios para evaluar el rendimiento de diferentes cultivos anuales bajo el esquema de agroforestería, con la finalidad de contribuir a la sostenibilidad de los sistemas productivos que en el Altiplano Semiárido de México.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos más importantes en Durango, con base en su adaptabilidad, superficie de siembra y valor alimenticio relacionado con el contenido de proteína, hierro, polifenoles y almidón resistente en el grano (Yadav y Raverkar, 2021). Además, muestra

beneficios múltiples para mantener la fertilidad del suelo e incrementar los ingresos económicos obtenidos por los agricultores. El maíz (*Zea mays* L.) y la avena (*Avena sativa* L.) también se encuentran entre los cultivos más importantes para la producción de grano (principalmente maíz) y forraje en el Altiplano Semiárido de México (Montemayor et al., 2012; Sánchez et al., 2014). Para todos estos cultivos, se han liberado cultivares mejorados que muestran mejor adaptación en condiciones de temporal, además de resistencia a enfermedades causadas por fitopatógenos presentes en los sistemas agrícolas.

La variedad de frijol Pinto Centauro se generó en Durango y tiene madurez precoz (< 95 días después de la siembra, DDS) y adaptación en condiciones de temporal en la región (>450 mm) (Rosales et al., 2012). La variedad de polinización libre de maíz CAFIME se desarrolló en Durango y muestra madurez precoz (<110 DDS), así como resistencia al estrés hídrico (INIFAP, 2012). Por otro lado, se han liberado diferentes variedades adaptadas en Durango, aunque Turquesa tiene precocidad, rendimiento alto (forraje y grano) y tolerancia a la roya del tallo (Villaseñor et al., 2009). En este contexto, el objetivo fue evaluar el rendimiento de forraje (maíz y avena) y grano (frijol común y maíz) de dichas variedades vegetales para conocer sus posibilidades de adaptación en sistemas agroforestales de maguey cenizo bajos las condiciones agroecológicas del estado de Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el ciclo primavera-verano 2022, se estableció una parcela comercial con un sistema agroforestal en el estado de Durango, México. Se utilizó una plantación comercial de maguey cenizo (*A. durangensis*) como cultivo principal, para evaluar la adaptación y rendimiento de tres especies vegetales anuales: frijol común cv. Pinto Centauro, maíz cv. CAFIME y avena cv. Turquesa. La plantación de maguey se estableció el 15 de julio de 2022, para lo cual se utilizó el sistema rectangular con 4 m entre líneas y 3 m entre plantas. Las hileras de plantas de maguey tuvieron una longitud total de 150 m, con orientación norte-sur. Las plantas de maguey cenizo se produjeron en los viveros locales del INIFAP (C. E. Valle del Guadiana, Durango) y se derivaron de semillas colectadas localmente, y luego de pasar por un



periodo de crecimiento en charola y dos años de cultivarse a raíz desnuda en camas con acolchado.

Los cultivos agrícolas se sembraron mecánicamente el 3 de agosto en los espacios entre líneas de plantas de maguey cenizo. Las plantas de los cultivos se sembraron en dos surcos (frijol común y maíz) por cada franja o callejón, con una longitud de 150 m y 0.81 m de separación; mientras que, la avena se sembró en camas de 2.6 m de ancho y 0.15 m entre hileras de plantas. Cada franja se dividió en tres parcelas experimentales de 50 m de longitud, para establecer tres tratamientos de fertilización aplicados en una ocasión durante la fase vegetativa. Los tratamientos aplicados fueron: 1) fertilización química granulada aplicada al suelo, 2) fertilización química foliar y 3) abono orgánico incorporado en el suelo, los cuales fueron establecidos en un diseño completamente aleatorio con cuatro repeticiones.

El fertilizante químico granulado se aplicó a la dosis 35-50-00 (para N-P₂O₅-K₂O) en frijol común, 120-60-00 para avena y 200-90-00 para maíz. El tratamiento orgánico consistió en 6 t ha⁻¹ de composta incorporada mecánicamente en el suelo. Para el caso de la fertilización foliar, se asperjó una mezcla de fertilizantes foliares (6 L ha⁻¹ UAN 32® + 5 L ha⁻¹ FertigroP®) en la fase vegetativa. Para el control de la maleza se realizaron dos escardas mecánicas y se aplicó herbicida [fomesafen (frijol común) y 2,4-D amina (maíz y avena)] en una ocasión. Además, se asperjó insecticida (dimetoato) una vez, para el control del picudo de la vaina (*Apion* sp.) en frijol común.

Se registró la fenología, que incluyó el número de días después de la siembra (DDS) para llegar al inicio de floración y madurez en frijol; así como el número de días para la aparición de la espiga en maíz y avena. El inicio de la floración del frijol se registró cuando más del 50% de las plantas mostró una flor abierta y la madurez fisiológica, cuando la mayoría de las plantas presentó el cambio en la coloración de las hojas, del verde al amarillo, típico de la maduración (CIAT, 1987). En el caso de las gramíneas se registró la aparición de la espiga y la madurez fisiológica, la cual fue acelerada por el estrés hídrico y las temperaturas bajas que se registraron al final del ciclo biológico de las plantas. En maíz y avena, se determinó el rendimiento de forraje durante el periodo de llenado del grano,

rendimiento de grano (frijol común y maíz) y peso de 100 semillas. Para la determinación del rendimiento de forraje en maíz, se consideró como parcela útil dos surcos de 3 m de longitud y 0.81 m de separación (4.86 m²), con cuatro repeticiones. Las plantas se cortaron manualmente con la hoz, a 10 cm sobre la superficie del suelo, se obtuvo inmediatamente el peso de forraje verde (FV) en una báscula digital. Después, se tomó una sub-muestra de peso conocido (1 kg), proveniente de plantas completas, se colocó en bolsas de papel y se introdujo en la estufa (60 °C) para determinar el peso seco, registrado cuando se observó estabilidad en las lecturas. Las proporciones de humedad y materia seca fueron utilizadas para la estimación del peso seco del forraje obtenido en cada parcela útil, para luego transformar los valores al rendimiento en kg/ha. En el caso de la avena, se procedió de igual forma, únicamente se ajustó el procedimiento de muestreo (cuadrante de 1 m²) debido a la siembra en camas.

El rendimiento de grano se determinó en frijol y maíz, mediante la cosecha de una parcela útil de dos surcos de 5 m de longitud y una separación de 0.81 m (8.1 m²), con cuatro repeticiones. Las plantas de frijol se secaron de manera natural, al sol y luego se trillaron mecánicamente. El grano obtenido se limpió con una sopladora mecánica y se pesó para luego estimar el rendimiento en kg ha⁻¹. Además, en cada repetición se tomó una submuestra aleatoria de 100 granos, completos y sin daño visible, para obtener el peso de 100 semillas (g). En el caso del maíz se procedió de la misma manera, nada más que en las muestras cosechadas se separaron las mazorcas del totomoxtle y todas se desgranaron manualmente, para luego limpiar el grano con la sopladora mecánica. Para conocer el efecto de la fertilización en el rendimiento de grano y forraje, se realizó un análisis de varianza de una vía y, en caso un efecto significativo, se realizó una comparación de medias entre tratamientos mediante la prueba de Tukey (p ≤ 0.05). En el análisis de varianza y la prueba de medias se utilizó el software estadístico SAS® Ver. 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo fenológico de los cultivos anuales

El frijol mostró precocidad en la floración, con 34 días después de la siembra (DDS), en comparación con el



maíz y avena (Tabla 1), con respecto a los otros cultivos. Se encontró que el tipo de fertilización no influyó significativamente en el desarrollo fenológico de los cultivos. El ciclo corto a floración puede favorecer la adaptación y el rendimiento en condiciones de temporal, debido al reducido periodo de lluvias y temperaturas favorables para el desarrollo de los cultivos. Se ha demostrado que

existe una relación estrecha, entre el número de días a la floración y la fecha en la que se alcanza la madurez en frijol y otros cultivos. Coherentemente, se observó que el frijol fue el único cultivo que alcanzó la plena madurez dentro del periodo de lluvias del 2022, en el cual hubo reducción de las precipitaciones y descenso en las temperaturas para la segunda quincena de octubre.

Tabla 1. Desarrollo fenológico en cultivos anuales cultivados bajo un esquema agroforestal en una plantación de maguey cenizo en Durango, México.

Especie	Fert. Químico Granulado			Abono Orgánico			Fert. Químico Foliar		
	¹ DF	DMF	P100S	¹ DF	DMF	P100S	¹ DF	DMF	P100S
Frijol	34	90	30.9	34	90	31.4	34	90	31.4
Maíz	65	--	15.8	65	--	17.2	65	--	15.9
Avena	71	--	--	71	--	--	71	--	--
Media	56.7	--	23.3	56.7	--	24.3	56.7	--	23.6

¹DF = días a floración después de siembra, DMF = días a madurez fisiológica después de siembra, P100S = peso de 100 semillas (g).

La precocidad en floración y madurez es una característica distintiva de la variedad de frijol Pinto Centauro, lo que favorece su productividad en condiciones de temporal. Por el contrario, la avena y maíz mostraron afectaciones significativas en su desarrollo fenológico a causa de la disminución de la lluvia y temperatura al final del ciclo de cultivo, lo que redujo el rendimiento de forraje y grano (maíz). Por lo tanto, para la región semiárida del norte de México, es recomendable que los cultivos para grano (frijol o maíz) se siembren tan pronto se registren las primeras lluvias. Por otra parte, la avena, como cultivo de alternativo para forraje, se puede sembrar después de que pasó la fecha de siembra de frijol y antes del 15 de agosto. En la región, tanto el maíz como la avena representan una opción para la producción de forraje bajo el esquema agroforestal; aunque, es necesario considerar las fechas límite para la siembra de cada especie, con la finalidad de favorecer el crecimiento y desarrollo de la planta, al mismo tiempo que se incremente el rendimiento.

El tamaño de la semilla fue estadísticamente igual entre tratamientos de fertilización en el cultivo de frijol (30.9 -31.4 g 100 semillas⁻¹, Tabla 1), debido a que se alcanzó la madurez natural de la planta de frijol de la variedad Pinto Centauro. En el caso del maíz, se observó que el tamaño de la semilla fue afectado por efecto de las condiciones agrometeorológicas registradas durante el ciclo de cultivo, que causó reducción del peso del grano (15.8 a 17.2 g semillas⁻¹), cuando se comparó con los resultados obtenidos

en otros estudios agroforestales realizados con la misma variedad (16.8 a 19.9 g semillas⁻¹) (Torres, 2015). La plantación de maguey no mostró efecto significativo sobre la fenología, rendimiento y peso de la semilla de las especies evaluadas; mientras que, la aplicación de diferentes métodos de fertilización influyó significativamente en el rendimiento de forraje de las gramíneas. El frijol mostró estabilidad del rendimiento a través de métodos de fertilización, lo que se relacionó con la precocidad de la variedad incluida en el estudio y su adaptación en condiciones de temporal.

Rendimiento de grano y forraje

Se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos de fertilización para el rendimiento de forraje verde y seco en maíz y avena (Tabla 2). El rendimiento medio de forraje en maíz fue mayor en el tratamiento orgánico con 36.2 t ha⁻¹ de FV y 12.6 t ha⁻¹ de FS, aunque resultó estadísticamente igual al registrado en el tratamiento químico granulado (36.3 t ha⁻¹ y 12.2 t ha⁻¹). En contraste, los rendimientos en forraje, tanto verde como seco, con las aplicaciones foliares fueron significativamente inferiores. En este sentido, el cultivo de maíz en plantaciones de maguey cenizo representa una opción productiva especialmente para la obtención de forraje verde, que puede usarse en la elaboración de ensilados para alimentación del ganado. La aplicación de fertilización orgánica y química permitió la obtención de niveles aceptables de productividad de forraje de maíz, incluso resultaron ligeramente superiores con



respecto al promedio productivo de maíz forrajero (35.2 t ha^{-1}) en el estado de Durango (SIAP, 2023).

Tabla 2. Rendimiento de forraje y grano en cultivos anuales cultivados en una plantación de maguey cenizo establecido en Durango, México. Ciclo primavera-verano 2022.

Especie	Fertilizante Químico			Abono Orgánico			Fertilizante Foliar		
	¹ RFV (t ha^{-1})	RFS (t ha^{-1})	RG (t ha^{-1})	¹ RFV (t ha^{-1})	RFS (t ha^{-1})	RG (t ha^{-1})	¹ RFV (t ha^{-1})	RFS (t ha^{-1})	RG (t ha^{-1})
Frijol	--	--	2.1	--	--	2.1	--	--	2.1
Maíz	36.3 ^a	12.2 ^a	1.7	36.2 ^a	12.6 ^a	1.6	28.4 ^b	9.2 ^b	1.4
Avena	11.6 ^a	3.7 ^a	--	12.6 ^a	3.5 ^a	--	7.8 ^b	2.7 ^b	--
Media	24.0	8.0	1.9	24.4	8.1	1.9	18.1	6.0	1.8

¹RFV = rendimiento de forraje verde, RFS = rendimiento de forraje seco, RG = rendimiento de grano. a-bLetras diferentes en cada renglón indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey; $p \leq 0.05$) entre tratamientos de fertilización.

En el caso de avena, se registraron rendimientos más altos de forraje verde con el tratamiento orgánico (12.6 t ha^{-1}), mientras que en forraje seco se alcanzó un total de 3.5 t ha^{-1} . A pesar de las variaciones, se observó igualdad estadística entre el tratamiento orgánico y químico granulado (11.6 t ha^{-1} y 3.7 t ha^{-1}), pero ambos esquemas de fertilización superaron significativamente a las aplicaciones foliares. La avena mostró nivel bajo de rendimiento de forraje en el sistema agroforestal en plantaciones de maguey cenizo, con productividad inferior al promedio estatal (16.0 t ha^{-1}). Lo anterior, representa 117 a 123 pacas con 30 kg de forraje henificado obtenidos en el sistema agroforestal, que son utilizables en la alimentación animal, pero resulta inferior al registrado comúnmente en Durango ($200 \text{ pacas ha}^{-1}$).

Se observó que los cereales requieren niveles altos de macronutrientes en la fertilización que se aplica durante la etapa vegetativa, por lo que las aplicaciones foliares fueron insuficientes para satisfacer los requerimientos nutricionales del maíz y avena. Estas especies representan una opción productiva de forraje, especialmente para la elaboración de ensilados en maíz; mientras que la avena puede usarse en la producción de forraje henificado para la alimentación del ganado durante la época seca del año.

Por otra parte, el frijol mostró un nivel alto de rendimiento de grano (2.1 t ha^{-1}) y estadísticamente igual entre los tratamientos de fertilización. Lo anterior muestra que este cultivo es una opción productiva que puede proporcionar alimento y

beneficios económicos adicionales durante el crecimiento de maguey cenizo en plantaciones comerciales. El rendimiento de grano en frijol obtenido en este estudio superó ampliamente el promedio estatal registrado en Durango (0.57 t ha^{-1}), lo que puede atribuirse a la variedad utilizada y las condiciones agrometeorológicas registradas durante 2022. En el caso de maíz, se observó mayor variación en la producción de grano entre los tratamientos de fertilización (de 1.4 a 1.7 t ha^{-1}); aunque, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. La productividad de grano en maíz, en el sistema productivo con maguey cenizo, fue inferior al promedio estatal (2.5 t ha^{-1}) obtenido en 2021 (SIAP, 2023). El frijol común representó una importante opción productiva durante el periodo de crecimiento del maguey cenizo, obteniendo beneficios adicionales para la alimentación y el ingreso económico de los productores, así como para el mantenimiento de la fertilidad del suelo.

Crecimiento de las plantas de maguey cenizo

Debido al periodo breve de evaluación, todos los tratamientos de fertilización resultaron estadísticamente iguales para la altura de la planta (Figura 1A) y diámetro de roseta (Figura 1B) en maguey cenizo, aunque se registró variación ligera entre las fechas de evaluación. Los valores mostraron variación entre 20.9 cm a 25.9 cm para la altura de la planta, en cada tratamiento; mientras que, el diámetro de roseta mostró incrementos entre fechas de evaluación: 1er (19.9 - 21.6 cm) y 2do (24.3 - 26.4 cm). Los resultados mostraron que luego de la plantación del maguey cenizo, el diámetro de roseta registró prioridad de crecimiento para ampliar el

aparato fotosintético y, con ello, favorecer la producción de fotoasimilados útiles para fortalecer el crecimiento radical y apical de la planta.

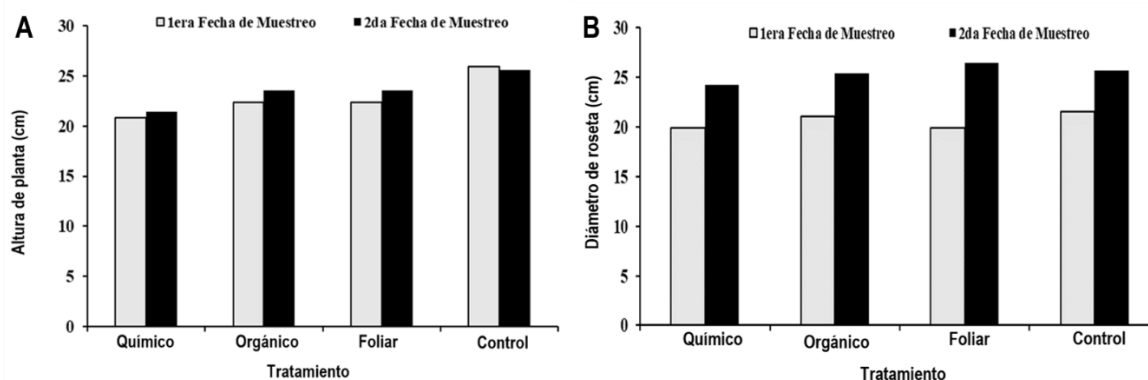


Figura 1. Altura de planta (A) y diámetro de roseta (B) de maguey cenizo (*Agave durangensis*) en dos fechas de evaluación bajo un sistema agroforestal en combinación cultivos agrícolas en Durango, México.

La implementación de sistemas agroforestales en plantaciones intensivas de maguey, no mostraron efecto evidente sobre el crecimiento de la planta de maguey cenizo. Además, se diversificó la disponibilidad de productos y se avanzó en la sostenibilidad de la producción agrícola, especialmente con la fijación biológica de nitrógeno que realiza el frijol de manera natural (Palmero et al., 2022). Es recomendable avanzar en el estudio de arreglos topológicos y sistemas de cultivo que optimicen la productividad de los cultivos agrícolas, sin afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas de maguey. En dichos sistemas se debe evaluar un número mayor de variedades de frijol, para seleccionar aquellas que muestren nivel alto de adaptación, rendimiento y calidad de grano. Con ello, se incrementarán los beneficios económicos, sociales y nutricionales de esta especie endémica de Durango y otras entidades de México.

CONCLUSIONES

Es posible establecer sistemas agroforestales en plantaciones comerciales de maguey cenizo, establecidas en Durango y otras entidades del Altiplano Semiárido de México. Bajo estos esquemas, no se observan efectos negativos considerables del maguey sobre los cultivos anuales, especialmente en frijol de temporal. Este cultivo representó la mejor opción productiva, económica y alimenticia, por su adaptación local en plantaciones agroforestales con maguey cenizo.

Otra opción productiva bajo sistemas agroforestales con agave es el cultivo de maíz, especialmente para la producción de forraje verde. En contraparte, la avena fue la opción menos favorecida en rendimientos; no obstante, es recomendable estudiar otras variedades que puedan adaptarse mejor en sistemas agroforestales.

La fertilización orgánica produjo rendimientos similares a los obtenidos con el uso de productos químicos, por lo que puede considerarse un esquema de fertilización viable para los sistemas agroforestales, contribuyendo así a la sostenibilidad de la producción agrícola.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCyTED) por el apoyo en el financiamiento de este estudio mediante el proyecto: Innovaciones tecnológicas en plantaciones comerciales de agave mezcalero en el estado de Durango (Folio 974, COCYTED/DG-009/2022).

LITERATURA CITADA

Barraza S., S., P. A. Domínguez C., E. Montiel A., J. J. Navar C., y M. A. Díaz V. 2014. La producción de mezcal en el municipio de Durango, México. *Ra Ximhai* 10 (6): 65-74.



- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. In: A. van Shoonhoven y M. A. Pastor-Corrales (comps.). Cali, Colombia. 87 p.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2012. Paquete tecnológico del maíz de temporal para el sureste del estado de Coahuila. Consultado en línea 26/02/2023. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/151.pdf>
- Montemayor T., J. A., J. L. Lara M., J. L. Woo R., J. Munguía L., M. Rivera G., y R. Trucíos C. 2012. Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México. *Agrociencia* 46: 267-278.
- Palmero, F., J. A. Fernandez, F. O. Garcia, R. J. Haro, P. V. Prasad, F. Salvagiotti, and I. A. Ciampitti. 2022. A quantitative review into the contributions of biological nitrogen fixation to agricultural systems by grain legumes. *European Journal of Agronomy*, 136, 126514.
- Rosales S., R., F. J. Ibarra P., E. I. Cuéllar R. 2012. Pinto Centauro, nueva variedad de frijol para el estado de Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(7): 1467-1474.
- Rosales M., S., J. C. Ríos S., J. L. García R., M. Martínez F., G. Quiñonez B., y R. Rosales S. 2018. Establecimiento de plantaciones de maguey cenizo. Folleto Técnico Núm. 109. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo., México. 28 p.
- Rosales S., R., J. C. Ríos S., S. Rosales M., S. Santana E., y P. A. Domínguez M. 2020. Fertilización química y crecimiento de maguey cenizo y sotol en plantaciones comerciales establecidas en Durango. *Ciencia e Innovación* 3(1): 43-52.
- Sánchez G., R. A., H. Gutiérrez B., A. Serna P., R. Gutiérrez L., y A. Espinoza C. 2014. Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de las Ciencias Pecuarias* 5(2): 131-142.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2023. Consultado el 21 de abril de 2023 desde <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Torres M., M. 2015. Evaluación de la eficiencia productiva en un sistema agroforestal de *Pinus greggii*- cultivos agrícolas en Durango. SEP-Tecnológico de México-Instituto Tecnológico del Salto. El Salto, Dgo. Méx. 88 p.
- Villaseñor M., H. E., E. Espitia R., J. Huerta E., L. Osorio A., y J. López H. 2009. Turquesa, nueva variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. *Agricultura Técnica en México* 35(4): 480-485.
- Yadav, S. K., and K. P. Raverkar. 2021. Growth promoting rhizobacteria from french bean rhizosphere and their effect on french bean productivity. In: Asaduzzaman, M. and M. Afroz. (eds.). *Agricultural development in Asia. Potential use of nano-materials and nano-technology*. IntechOpen, London. U. K. pp. 1-21.

