



VII CONGRESO INTERNACIONAL
XIX CONGRESO NACIONAL
SOBRE
**RECURSOS BIÓTICOS
DE ZONAS ÁRIDAS**

Instituto de Innovación en Biosistemas para
el Desarrollo Sustentable en Zonas Áridas



Memoria

19 y 20 de Octubre de 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS



Directorio

Universidad Autónoma Chapingo

Dr. Ángel Garduño García
Rector

M.C. Noe López Martínez
Director General Académico

Dra. Consuelo Olivia Lobato Calleros
Directora General de Investigación y Posgrado

Ing. Jorge Torres Bibriesca
Director General de Administración

Dr. Samuel Pérez Nieto
Director General de Patronato

Mtra. Tania Jessica Pérez Buendía
Directora General de Difusión Cultural y Servicio

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas

Dr. José Manuel Cisneros Vázquez
Vicerrector

M.C. Oscar Esquivel Arriaga
Subdirector Académico

Dr. Marco Andrés López Santiago
Subdirector de Investigación

Dr. Jorge Alberto Ortiz Salazar
Subdirector Administrativo

Dr. Pablo Arenas Báez
Subdirector de Patronato

Ing. Fernando Simental Rentería
Jefe de Servicios Generales y Asistenciales



VII CONGRESO
INTERNACIONAL
SOBRE
XIX CONGRESO
NACIONAL
**RECURSOS BIÓTICOS
DE ZONAS ÁRIDAS**

Memoria:

Ponencias Orales y Carteles

Compiladores:

Dr. Gonzalo Abelino Torres, Dr. Jesús G. Arreola Ávila, M. C. Rafael Carrillo Flores,
M.C. Cristóbal Hernández Bautista, M.C. Fabián Rosales Noriega, M.C. Gonzalo Hernández Ibarra,
Dr. Miguel Ángel Mata Espinosa, M.C. Sandra Maciel Torres, Dr. Ricardo Trejo Calzada,
Dr. Luis Gerardo Yáñez Chávez, Dr. Emmanuel Roblero Méndez.



Coordinadora General

M.C. Sandra Patricia Maciel Torres

Editores

Dr. Gonzalo Abelino Torres

Dr. Jesús G. Arreola Ávila

M. C. Rafael Carrillo Flores

M.C. Cristóbal Hernández Bautista

M.C. Fabián Rosales Noriega

M.C. Gonzalo Hernández Ibarra

Dr. Miguel Ángel Mata Espinosa

M.C. Sandra Maciel Torres

Dr. Ricardo Trejo Calzada

Dr. Luis Gerardo Yáñez Chávez

Dr. Emmanuel Roblero Méndez

Primera Edición: Octubre de 2023.

DR © Universidad Autónoma Chapingo

km 38.5 Carretera México - Texcoco

Chapingo Texcoco, Edo. De México, C.P. 56230

Tel. 01(595)9521500

Publicado por:

Universidad Autónoma Chapingo

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas

Km. 40 Carr. Gómez Palacio – Chihuahua,

Bermejillo, Durango, México.

C.P. 35230

Teléfonos: 871 980 13 40 al 56 y 871 980 00 66 al 69

e-mail: rebiza@chapingo.uruz.edu.mx



Presentación

El uso sostenible de los recursos naturales y la conservación del medio ambiente en zonas áridas, es esencial en tiempos donde nos enfrentamos a eventos que ponen en riesgo la existencia humana. Por lo que, se requiere un enfoque integral que involucre a las comunidades locales, gobiernos y organizaciones. Además de la adopción de prácticas sostenibles, la inversión en tecnologías apropiadas y la educación ambiental son elementos clave para abordar los desafíos únicos que enfrentan estas regiones.

De esta manera, la Universidad Autónoma Chapingo a través de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas y en conjunto con otras instituciones de enseñanza e investigación han realizado con éxito durante 19 años consecutivos el Congreso Nacional Sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas, y por séptimo año el evento a nivel internacional para contribuir al análisis de las problemáticas trascendentales.

En este **VII Congreso Internacional y XIX Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas**, se pretende generar un espacio donde investigadores, académicos, profesionistas, productores, estudiantes, sociedad civil e interesados, con el objetivo de difundir y debatir los resultados de investigación relacionados con los sistemas de producción agropecuarios y aprovechamiento de recursos naturales de zonas áridas y semiáridas de México.

Atentamente

Comité Organizador



Conferencistas Magistrales



Dr. Carlos C. Pérez Marín

Facultad de Veterinaria,
Universidad de Córdoba,
España.



Dr. Clemente Gallegos Vázquez

Curador del Depositario Nacional de Opuntia
Investigador del CRUCEN-UACH
México



Dr. José Villanueva Díaz

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales y Agropecuarias
México



Ph.D. Giuseppe Luigi Cirelli

Department of Agriculture
University of Catania
Italia



Dra. Maria Wurzinger

Department of Sustainable Agricultural Systems
Division of Livestock Sciences
BOKU - University of Natural Resources and
Life Sciences Vienna
Austria



Dra. Marta Hernández Rodríguez

Departamento de Recursos Genéticos
Colegio de Postgraduados
México





Nota Importante:

La redacción y contenidos de los trabajos de investigación son responsabilidad del (los) autor (es).



VII CONGRESO
INTERNACIONAL
SOBRE
XIX CONGRESO
NACIONAL
**RECURSOS BIÓTICOS
DE ZONAS ÁRIDAS**

Memoria:

Ponencias Orales



Contenido

Ponencias Orales

Evaluación de la fermentación y el valor nutritivo del ensilado de vaina de mezquite rehidratada	1
Evaluación del efecto de la adición de ácidos grasos en la dieta para corderos en finalización: producción de calor corporal	6
Adición de aceite esencial de orégano en la fermentación <i>in vitro</i> de una dieta alta en concentrado.....	10
Efecto de la adición de ácidos grasos en dieta sobre la producción y rendimiento en canal de corderos para carne en un ambiente árido	15
Rendimiento de forraje y valor nutritivo del ensilado de sorgo a diferente altura de corte considerando los nudos de la planta.....	19
Engorda de corderos usando raciones con inclusión creciente de maguey (<i>Agave salmiana</i>)	24
Rendimiento y calidad de forraje de <i>Lotus corniculatus</i> L. y <i>Medicago sativa</i> al variar la frecuencia de defoliación en condiciones semi-controladas de invernadero	30
Respuesta de leguminosas forrajeras a la inoculación y fertilización nitrogenada en La Región Lagunera.....	34
Dinámica de crecimiento de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) Variedad CUF-101 a diferentes edades de rebrote	39
Efecto del tipo de sustrato de suelo sobre la producción de forraje de <i>Lotus corniculatus</i> L.....	44
Comportamiento morfológico, fisiológico y productivo de diferentes materiales genéticos de <i>Lotus corniculatus</i> L. en campo bajo condiciones de tratamiento magnético de agua de riego	47
Comparación productiva de materiales de Sorgo [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] para estimar rendimientos de forraje en el sureste de Coahuila. México.....	50
Instalación de una planta tratadora de agua híbrida anaerobia.....	55
Desarrollo de un vehículo autónomo para control de cenicilla en rosales	58
Diversificación agroalimentaria del frijol en Zacatecas, México: potencial nutricional y agrícola	60
Desarrollo de una máquina para medir la dureza del huevo de gallina.....	67
Aislamiento de <i>Cryptococcus neoformans</i> de excretas de palomas (<i>Columba livia</i>) en áreas y superficies públicas en el municipio de Gómez Palacio.....	69
Determinación de indicadores socioambientales para la gestión de los residuos sólidos urbanos en la reserva ecológica municipal sierra y cañón de Jimulco.....	75



Producción de forraje de <i>Amelichloa clandestina</i> posterior a un pastoreo alta intensidad-baja frecuencia	79
Seroprevalencia de brucelosis en cinco hatos caprinos de La Loma, Durango.....	82
Técnicas de cultivo para mejorar la eficiencia en el uso del agua en tomate de invernadero en Imbabura, Ecuador.....	87
Diversidad fúngica en suelos de huertas de <i>Carya illinoensis</i> sembradas en el centro-norte, de México.....	90
Respuesta reproductiva de cabras multiparas al incluir residuos de panadería en dieta	94
Inclusión de concentrado a base de residuos de panadería durante la pre-concepción sobre el peso y tamaño al nacimiento de la progenie.....	99
Impacto sobre el rendimiento y microbioma rizosférico bacteriano de tres razas de maíz criollo antes y después de la inoculación bacteriana a la semilla	105
Acumulación de materia seca en un pastizal de <i>Amelichloa clandestina</i> en la estación de primavera.....	109
Riqueza y abundancia de aves silvestres en invierno y primavera en humedales artificiales de la sierra Santa Lucía, Durango.....	114
Bulbos sin diferenciar de 10 genotipos de Ajo (<i>Allium sativum</i> L.) en Calera, Zacatecas, México.	119
Inducción de brotación en árboles de Pistache (<i>Pistacia vera</i> L.) en una región con baja acumulación de frío.....	123
Sustitución de herbicidas sintéticos en frutales: manejo de arvenses en Nogal pecanero	127
Caracterización morfológica de accesiones de Higo (<i>Ficus carica</i> L.) En La Comarca Lagunera	133
Estado actual del conocimiento y conservación de la flora vascular de La Comarca Lagunera México.....	136
Análisis de la evolución del índice de aridez en las regiones áridas del noroeste de México mediante técnicas de análisis espacial y datos de sensores remotos (1980-2020)	142
Humedad superficial del suelo en bosque de encino y pastizal amacollado	146
Cambio de las temperaturas anuales (máxima y mínima) y su relación con el cambio en la precipitación	150
Escala del sensor remoto en relación con los índices de vegetación para cultivo de maíz forrajero.....	154
Caracterización edafológica donde crecen formas silvestres de frijol común	158



EVALUACIÓN DE LA FERMENTACIÓN Y EL VALOR NUTRITIVO DEL ENSILADO DE VAINA DE MEZQUITE REHIDRATADA

Juan I. Sánchez Duarte^{1*}, Omar Iván Santana², Manuel de Jesús Flores Nájera¹, David G. Reta Sánchez, Jorge A. Granados Niño³

¹INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Matamoros. Coahuila C.P. 27440. ²INIFAP-Campo Experimental Pabellón. Pabellón de Arteaga, Ags. C.P. 20660. ³Facultad De Agricultura y Zootecnia - UJED. Venecia. Durango C.P. 35111. *correo-e: sanchez.juan@inifap.gob.mx

Introducción

El mezquite (*Prosopis* spp.) es un arbusto muy común en la Comarca Lagunera porque tiene alta adaptabilidad a las condiciones semidesérticas de esta región. Ecológicamente el árbol de mezquite es muy importante porque fija nitrógeno al suelo, hace que algunas especies de matorrales crezcan alrededor de él, ayuda a retener humedad en el suelo y previene la erosión del mismo (Villegas-Espinoza *et al.*, 2014). Entre los principales usos regionales del mezquite destacan: la elaboración del carbón o como leña, como material de construcción, uso medicinal e industrial y como alimento para las cabras (Pérez, 2016).

La vaina de mezquite se ha utilizado en la alimentación como un suplemento en cabras en pastoreo. Los animales en pastoreo normalmente consumen la vaina de mezquite fresca cuando aún no ha caído del árbol y/o cuando esta ha perdido humedad y se encuentra sobre el suelo. Otra forma común es que los caprinocultores recolectan la vaina de mezquite y la almacenan para ofrecerse a las cabras en sus casas (Arnero, 2015). Sin embargo, debido a que es muy susceptible al deterioro por escarabajos u otros insectos cuando está en campo o almacenado, su disponibilidad en el tiempo se reduce.

Las características nutricionales de la vaina de mezquite varían de acuerdo a su estado de madurez, pero cuando esta se ha secado es cuando se aprovecha mayormente. La materia seca (MS) de la vaina de mezquite seca varía de 90 a 95% con contenidos de proteína cruda (PC) de 9 a 22%, fibra detergente neutro (FDN) de hasta 40% y un contenido de carbohidratos entre 25 y 72% (Pérez *et al.*, 2016; Armijo-Najera *et al.*, 2019). Sin embargo, debido a que la mayor parte de la PC se encuentra en la semilla, es posible que las cabras no la aprovechen totalmente (Arnero, 2015).

Existen algunas desventajas de usar cantidades excesivas de vaina de mezquite en la suplementación de ganado caprino. La vaina de mezquite contiene alcaloides citotóxicos que pueden causar intoxicación en cabras (Arnero, 2015). Además, existe la evidencia práctica entre caprinocultores que un consumo excesivo de vaina de mezquite ocasiona timpanismo en las cabras porque la semilla obstruye el orificio retículo-omasal en el tracto digestivo. Por lo que la trituración de la vaina de mezquite ayudaría a evitar este tipo de problemas en las cabras. El objetivo del presente estudio fue evaluar algunos parámetros de fermentación y el valor nutritivo del ensilado de vaina de mezquite rehidratada.



Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Campo Experimental La Laguna, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). La recolección de la vaina de mezquite se realizó a partir de julio del 2022 en predios de pastoreo de las cabras en Matamoros, Coahuila. Se evaluó el efecto de adicionar diferentes niveles de agua (0, 10, 20, 30, 40 y 50%) sobre algunos parámetros de la fermentación (pH y N-amoniaco) y el valor nutritivo (MS, PC, FDN, fibra detergente ácida [FDA], carbohidratos no fibrosos [CNF], nutrientes digestibles totales [NDT] y las energías digestibles [ED], metabolizable [EM], neta para mantenimiento [EN_m] y neta para ganancia [EN_g]) del ensilado de la vaina seca de mezquite bajo un diseño completamente al azar. La adición del agua fue para poder identificar el mejor nivel de humedad al que se puede conservar la vaina de mezquite ensilada. Esto nos permitirá poder almacenar la vaina de mezquite como ensilado y utilizarla como un suplemento alimenticio para cabras en cualquier época del año.

La vaina de mezquite recolectada se trituró con un molino (Modelo JF5; Terramark, JF Máquinas Agrícolas) y se realizó una curva de humedad con los tratamientos de agua por triplicado descritos en base a peso (Figura 1). De manera general, a medida que aumenta el nivel de agua en los tratamientos, la húmeda aumenta y la MS se reduce gradualmente. Esto nos permitió conocer la MS real de cada tratamiento para utilizar una misma densidad al momento de realizar los ensilados. Los ensilados se elaboraron con mini-silo hechos con tubos de PVC (10.5 cm de diámetro x 18 cm de largo) sellados de la parte superior e inferior con una tapa de inserción del mismo material. En la parte central de la tapa inferior de cada mini-silo se realizó un orificio con una broca de 2.78 mm para permitir escurrimiento al momento de realizar la compactación de la vaina de mezquite. Se utilizaron tres mini-silos por tratamiento. La vaina de mezquite seca y molida se mezcló con su tratamiento de humedad respectivo manualmente en un recipiente de plástico y se incluyó en capas de 10 cm en cada mini-silo utilizando una densidad de 720 kg de MS/m³. La densidad de cada tratamiento en el mini-silo se logró utilizando el contenido de MS de cada tratamiento y el volumen de cada mini-silo. El volumen de cada mini-silo se calculó como: $V = \pi r^2 \times h$, donde r es el radio y h es la altura de cada mini-silo. La compactación de la vaina de mezquite rehidratada en cada mini-silo se realizó con una prensa manual, la cual está compuesta de un brazo metálico fijado en la parte superior que entra en el mini-silo y un gato hidráulico de 4 toneladas que genera la presión levantando el mini-silo. Cada mini-silo se selló y se dejó fermentar durante 30 días en el laboratorio.

Al abrir los mini-silos se tomaron muestras de 20 g de ensilado fresco a los que se le añadieron 200 ml de agua desionizada y se mezclaron por 30 s en una licuadora de alta velocidad. La mezcla se filtró a través de tres capas de malla quesera y el pH se midió en la fase líquida utilizando un potenciómetro portátil (OHAUS Modelo ST2100, Parsippany, NJ, USA). El nitrógeno amoniacal (N-amoniaco) de los ensilados se determinó utilizando el procedimiento Kjeldhal de acuerdo a los métodos AOAC (1990). Del remanente de material de cada mini-silo se tomaron 500 g de muestra y se secaron a 60 °C en una estufa de aire forzado por 72 horas para posteriores análisis bromatológicos. Las muestras secas se molieron para pasar una criba de 1 mm en un molino Wiley (Arthur T. Thomas, Swedesboro, NJ.). En cada muestra molida se determinó el contenido de N total con el método de Dumas mediante combustión en seco (Leco FP-528, St. Joseph, MO) y la PC se calculó como N total x 6.25. El análisis de fibras se realizó de manera secuencial iniciando con la determinación de la FDN en 0.5 g de muestra que se introdujeron en bolsas Ankom F-57 (Ankom Tech., Macedonia, NY) y utilizando α -amilasa termo-estable y sulfito de sodio en el analizador de fibras (A200, Ankom Tech., Macedonia, NY); después de que las bolsas se secaron y se registró el peso, se determinó la FDA con CTAB y H₂SO₄ en el mismo analizador de fibras.



Finalmente, en las mismas bolsas se determinó lignina utilizando H_2SO_4 al 72%. El contenido de cenizas se determinó al incinerar 2.0 g de muestra seca introducida en crisoles que fueron secados en una mufla a 550 °C por 6 h. El contenido de CNF se obtuvo por diferencia como: $CNF (\%) = 100 - (\% PC + \% FDN + \% \text{Cenizas} + \% EE)$, en donde el EE (extracto etéreo) se asumió fuera de 0.07% para todas las muestras. La estimación de NDT y parámetros energéticos se realizaron de acuerdo a Armijo-Najera (2019).

Los resultados se analizaron por ANOVA utilizando un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Cuando se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), se aplicó la prueba de Tukey para comparar las medias entre tratamientos al mismo nivel de significancia.

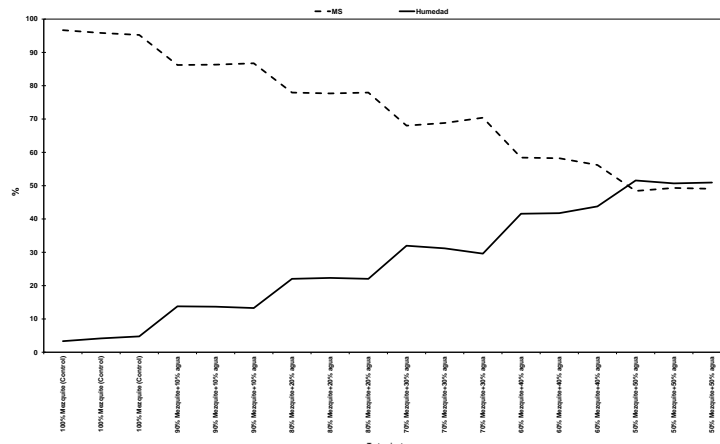


Figura 1. Curva de humedad con los tratamientos aplicados a la vaina seca de mezquite.

Resultados y discusión

Fermentación

El pH del ensilado de vaina de mezquite rehidratada con agua fue diferente entre tratamientos (Figura 1). Se observó un pH mayor del ensilado cuando se agregaron 0 y 10% de agua, intermedio cuando se añadieron 20 y 30% de agua e inferior cuando se usaron 40 y 50% de agua. El pH intermedio observado del ensilado de vaina de mezquite del presente estudio está por encima del pH (3.7-4.0) de ensilados de maíz forrajero con 30-40% de MS, pero este se asemeja al pH (4.3-4.5) del ensilado de leguminosa con 30-35% de MS (Kung *et al.*, 2018). El N-amoniaco del ensilado de vaina de mezquite en nuestro estudio también fue afectado por los tratamientos (Figura 2). La mayor concentración de N-amoniaco en el ensilado fue cuando se aplicaron 40 y 50% de agua e inferior cuando se utilizaron 20 y 30% de agua. La fermentación microbiana y la degradación de la proteína durante el proceso de fermentación de los ensilados incrementa la cantidad de nitrógeno amoniaco (Muck *et al.*, 2003). Las concentraciones de N-amoniaco del ensilado de vaina de mezquite más bajas (5.6 -6.51 %) son similares a las que se reportan en ensilados de maíz forrajero con 30-35% de MS (Kung *et al.*, 2018). Entonces, de acuerdo a estos parámetros fermentativos, se puede considerar que los tratamientos que propician una mejor fermentación de la vaina de mezquite es cuando se aplican entre 20-30% de agua. Esto debido a que la vaina de mezquite se conserva en un pH deseable y se tienen menos pérdidas de proteína en forma de N-amoniaco durante la fermentación en el silo.

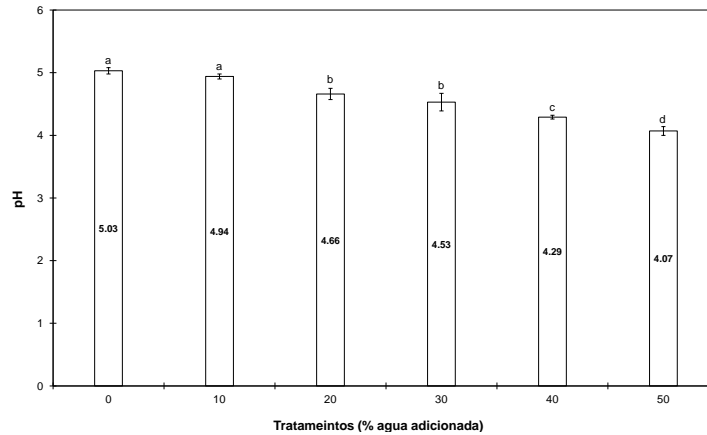


Figura 2. pH del ensilado de vaina de mezquite rehidratada ($P < .0001$; $EE = 0.04$).

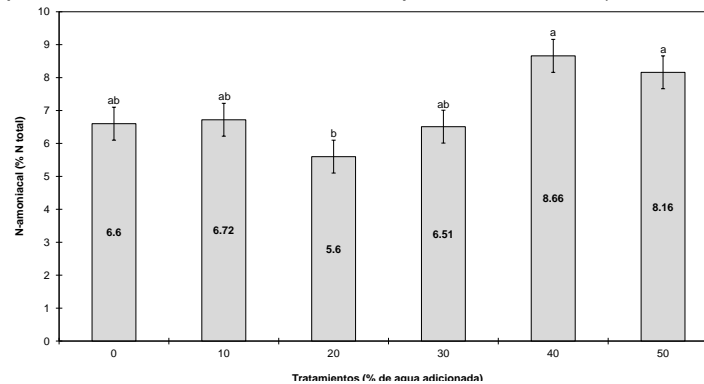


Figura 3. N-amoniaco del ensilado de vaina de mezquite rehidratada ($P = 0.008$; $EE = 0.49$).

Valor nutritivo

El valor nutritivo del ensilado de vaina de mezquite rehidratada se observa en el Cuadro 1. La PC fue similar entre tratamientos, pero las concentraciones de FDN y FDA fueron aumentando a medida que se incrementaron los niveles de agua adicionada. En los tratamientos de 20 y hasta 40% de agua es cuando se observaron concentraciones intermedias de fibras. La lignina fue superior en el tratamiento de 50% de agua y no hubo diferencia entre el resto de los tratamientos. El contenido de CNF en el ensilado se reducen a medida que aumenta la adición de agua, pero es a partir del tratamiento de 20 y hasta 40% de agua cuando el nivel de estos carbohidratos no desciende hasta lo observado con el tratamiento de 50% de agua. Estos valores coinciden con los aumentos de FDN y FDA en el ensilado a medida que aumentan los tratamientos de agua. Lo que confirma que las bacterias en el silo utilizan mayormente porciones de los CNF para producir ácido láctico y acidificar el ensilado (Kung and Shaver, 2001; Kung et al., 2018). Esto permite que vayan quedando una mayor proporción de componentes fibrosos (FDN y FDA) en comparación a los no fibrosos (CNF) en el ensilado.

Los NDT, la ED y EN_m fueron similares entre los tratamientos evaluados (Cuadro 1). Sin embargo, la EM y la EN_g fueron diferentes entre los tratamientos. La EM y la EN_g del ensilado fueron superiores en el tratamiento de 10% de agua e inferiores cuando se agregaron 50% de agua. La EM promedio contenida en los tratamientos entre 10 y 40% de agua (1.15 Mca/kg de MS) está por debajo del reportado en un silo de maíz (2.0 Mca/kg) pero similar a una paja de trigo (1.18 Mca/kg de MS; INRA, 2018).

**Cuadro 1.** Valor nutritivo del ensilado de vaina de mezquite rehidratada.

Componente	Tratamientos (% de agua adicionada)						EE	Valor P
	0	10	20	30	40	50		
PC (% MS)	10.43	10.17	10.95	11.21	11.26	11.81	0.38	0.09
FDN (% MS)	38.52 ^{cd}	37.97 ^d	43.49 ^{bc}	45.54 ^b	45.40 ^b	52.35 ^a	1.11	<.0001
FDA (% MS)	24.26 ^c	24.17 ^c	29.58 ^b	30.76 ^b	30.74 ^b	36.46 ^a	0.90	<.0001
Lignina	6.46 ^b	7.06 ^b	7.98 ^b	8.61 ^b	8.50 ^b	11.71 ^a	0.53	0.0002
CNF (% MS)	45.72 ^a	46.67 ^a	39.91 ^b	37.68 ^b	39.91 ^b	30.73 ^c	1.05	<.0001
NDT (% MS)	87.96	88.33	87.23	86.86	86.79	86.03	0.53	0.09
ED (Mcal/kg MS)	3.87	3.89	3.84	3.82	3.82	3.79	0.02	0.08
EM (Mcal/kg MS)	3.17 ^{ab}	3.19 ^a	3.15 ^{ab}	3.13 ^{ab}	3.13 ^{ab}	3.10 ^b	0.02	0.05
EN _m (Mcal/kg MS)	1.82	1.82	1.81	1.80	1.79	1.78	0.009	0.09
EN _g (Mcal/kg MS)	1.14 ^{ab}	1.15 ^a	1.13 ^{ab}	1.13 ^{ab}	1.13 ^{ab}	1.12 ^b	0.006	0.02

PC = proteína cruda, FDN = fibra detergente neutro, FDA = fibra detergente ácida, CNF = carbohidratos no fibrosos, NDT = nutrientes digestibles totales, ED = energía digestible, EM = energía metabolizable, EN_m = energía neta para mantenimiento, EN_g = energía neta para ganancia. ^{abc}Medias dentro de cada fila con literal desigual difieren al nivel de probabilidad indicado.

Conclusiones

Al ensilar la vaina de mezquite molida adicionando entre 20 y 30% de agua se logra una fermentación adecuada en el silo y se preserva la calidad nutritiva del ensilado porque se conserva la PC, FDN y energía. Por lo tanto, es posible conservar adecuadamente la vaina de mezquite como ensilado para usarse como un suplemento potencial para cabras. Sin embargo, es necesario realizar investigación sobre los costos de producción del ensilado y su uso y efectos potenciales en los animales alimentados con ensilado de vaina de mezquite.

Referencias

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition. 2200 Wilson Boulevard, Arlington. Virginia 22201, USA.
- Armijo-Najera, M. G., A. Moreno-Reséndez, E. Blanco-Contreras, V. J. Borroel-García, J. L. Reyes-Carrillo. 2019. Vaina de mezquite (*Prosopis* spp.) alimento para ganado caprino en el semidesierto. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 10(1):113-122.
- Arnero, Ch. M. A. 2015. La vaina de mezquite (*Prosopis* spp) en la alimentación del ganado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monografía. División Regional de Ciencia Animal. Torreón, Coahuila, México.
- INRA, 2018. INRA feeding system for ruminants. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 640 pp.
- Kung, Jr. L., R. d. Shaver, R. J. Grant, and R. J. Schmidt. 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J. Dairy Sci.* 101:4020-4033.
- Kung, L. and R. Shaver. 2001. Interpretation and use of silage fermentation analysis report. *Focus on Forage.* University of Wisconsin. Vol. 3. No. 13.
- Muck, R. E., L. E. Moser, and R. E. Pitt. 2003. Postharvest factors affecting ensiling. p. 251-304. *In: Silage science and technology.* Agron. Monogr. 42. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Pérez, H. R. 216. Bromatología de la vaina de mezquite (*Prodopis* spp.) como alternativa para consumo sustentable en la Comarca Lagunera. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monografía. Torreón, Coahuila, México.
- Villegas-Espinoza, J. A., P. E. O. Rueda, A. B. Murillo, M. E. Puente, E. F. H. Ruíz, S. S. Zamora y F. A. Beltran-Morales. 2014. Bacterias promotoras de crecimiento de plantas autóctonas y su efecto en *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 5(6):1041-1053.



EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN LA DIETA PARA CORDEROS EN FINALIZACIÓN: PRODUCCION DE CALOR CORPORAL

Alma B. Jaramillo^{1*}, Marco A. Lopez-Santiago¹, Miguel A. Mata-Espinosa¹, Sandra P. Maciel-Torres¹, Pablo Arenas-Baez¹, Jorge A. Maldonado Jáquez², L. Danilo Granados-Rivera³

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas-UACH. C.P. 35230 Bermejillo, Dgo., México. ²Campo Experimental La Laguna-INIFAP. C.P. 27440. Matamoros, Coahuila, México. ³Campo Experimental General Terán-INIFAP. C.P. 67400. General Terán, Nuevo León, México * Autor de correspondencia: ajaramillo@chapingo.urzu.edu.mx

Introducción

En el mundo, la producción de carne ovina es de 9 millones de toneladas (FAO, 2018). Según La Organización Internacional de Textiles de Lana (2022), los países con mayor número de ovino en el mundo son China (14%), India (5%) y Australia (5%); México (1.33%) tiene una baja participación en este sentido. Por otro parte, la producción con ovinos de pelo ha incrementado en los últimos años, debido a la percepción de que son animales con mayor tolerancia al calor, siendo esta característica importante ante el calentamiento global que estamos padeciendo. Lo que lo convierte en un importante recurso genético (Concepta et al., 2020). Al respecto, se ha demostrado que el planeta se está calentando de una forma constante (Corrales, 2018). Lo cual, ha perjudicado al sector agropecuario, en particular, en zonas áridas y semiáridas del mundo (Kadzere et al., 2002; Avendaño-Reyes et al., 2004; Martínez-Partida et al., 2011; Vicente et al., 2020). Ante este cambio climático, las explotaciones ganaderas tienen que aumentar sus esfuerzos para disipar el calor corporal de su ganado, ya que, de lo contrario, se incrementa la tasa de respiración, temperatura corporal, consumo de agua y existe una disminución del consumo de materia seca (Marai et al., 2002). Lo que lleva a un decremento en la productividad de las granjas, debido a que los animales se encuentran fuera de rangos de temperaturas que les permita expresar su máximo potencial genético (Cedeño, 2017). En este sentido, es necesario generar tecnologías que apoyen a los ganaderos en la disminución del estrés por calor de sus animales. Para ello, existen varias estrategias, una de las cuales es a través de la manipulación de la dieta (Oliveira, 2017). Por ejemplo, Pereira (2011) reporta que la inclusión de niveles crecientes de grasa protegida (GP) en la dieta de corderos mestizos Suffolk, aumento el peso de la canal. No obstante, existe escasa información del efecto de las grasas protegidas en la producción de calor corporal, en particular en ovinos de pelo en el noroeste de México. Con base en lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar el cambio en la producción de calor corporal de corderos en finalización suplementados con una mezcla de ácidos grasos en diferentes horas después de la alimentación.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la Posta Zootécnica de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA), perteneciente a la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) en Bermejillo, Mapimí, Dgo. Se ubica en las coordenadas geográficas 25° 52'28'' LN y 103° 37'07'' LO a 1119 msnm, con precipitación media anual de 200 mm y una temperatura promedio de 21°C (Medina et al., 2005).



Los corderos fueron manejados conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 y a la Ley Federal de Sanidad Animal que rige a los Estados Unidos Mexicanos (SENASICA, 2016). Se seleccionaron 21 corderos de la raza *Dorper* con edad de 45 días y peso vivo (PV) promedio de 14 ± 2.85 kg. Los animales se asignaron a tres tratamientos T1 (100g; n=7) (PV= 14.2 ± 4.1 kg y edad $45 \pm$ días; T2 (50 g; n=7); (PV= 13.9 ± 2.3 kg y edad $45 \pm$ días y T3 (Testigo; n=7); (PV= 13.8 ± 2.2 kg y edad $45 \pm$ días). Adicionalmente, y únicamente para las variables de temperatura rectal y corporal, con los mismos grupos, se tuvieron tres tratamientos por efecto de la hora de alimentación. T1 (Ayunas), T2 (1 hora después) y T3 (2 horas después).

Los corderos fueron confinados en un corral de adaptación, donde se alimentaron con una dieta a base de triticale y alfalfa por 15 días. Tuvieron acceso a agua potable limpia y fresca *ad libitum*. Al ingresar al corral de adaptación se registró el peso inicial y se les dio un manejo sanitario consistente de desparasitación (Endectoplex L. A + ADE, 1ml/50 kg.), vacunación (*Clostridium* y Antrax) y vitaminado (A-5 Mineralizante con Vit. D, 1-5 ml/animal y Sel + E, 0.25 ml/animal). Posteriormente, los animales fueron alojados en corraletas individuales provistas de comederos y bebederos limpios, en donde se ofreció una dieta integral compuesta por el 60% de concentrado y 40% forraje, desde el día 1 hasta el día 90, la dieta se fue ajustando en forma semanal con base en el 5% de peso vivo de los animales. El alimento se ofreció diariamente en dos horarios establecidos.

El periodo experimental tuvo una duración de 90 días. A partir del día 45 se inició con la adición en la dieta de una mezcla comercial de ácidos grasos (AG) (LactoMil, OLEOMEX-Jalisco, Mex.). Esta mezcla se agregó a razón de 10 g el día 45 para los grupos 1 y 2. La cantidad de AG se duplicó diariamente hasta alcanzar la cantidad establecida en el diseño experimental (100 y 50 gramos, respectivamente).

Se registró información de consumo de alimento y agua. Asimismo, cada semanal se colectó información de temperatura corporal (Región dorso-ventral (barril) y región caudal (rectal)) y termográfica. Esta información se colectó cuando el animal estaba en ayunas (T1), 1 hora (T2) y 3 horas (T3) después de servir alimento y agua. Con el termómetro Deltatrak auto-cal (Mod. 11063, Jalisco, Mex.) se tomó la temperatura rectal. La temperatura corporal (Región dorso-ventral (Barril) -Termográfica) se tomó con una cámara térmica infrarroja portátil ZKTeco (Mod. ZK-178K, China).

El análisis estadístico fue en un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo de mediadas repetidas, a través del procedimiento MIXED (SAS, 2008). Para ello, se obtuvieron los criterios de información Bayesiano de Schwarz y Akaike que ayudaron a determinar la estructura de covarianza más adecuada para cada variable. La comparación de medias de mínimos cuadrados se realizó a través de la prueba de Tukey ajustada.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestran el consumo de alimento y de agua de los corderos. La inclusión, de ácidos grasos en la dieta de los corderos no modificó ni el consumo de alimento ni el consumo de agua. No obstante, existió una interacción tratamiento por tiempo a partir de la 7 semana. Esto podría ser positivo, debido a que al incrementarse el consumo, se está en la posibilidad de cubrir los requerimientos nutricionales e incrementar la ganancia de peso de los corderos (NRC, 1985). Con respecto al consumo de agua, en el total de los tratamientos hubo un consumo dentro del rango para cubrir sus requerimientos, el cual deber ser de 3 a 4 L/kg de MS consumida en ambientes con temperaturas promedio de 30°C (NRC, 1985).



Cuadro 1. Consumo promedio semanal de agua y alimento de corderos Dorper alimentados con ácidos grasos en etapa de finalización.

Variables	Tratamientos					p-Valor	
	T1	T2	T3	EEM	Trat.	Semana	Trat*Semana
Consumo de alimento (kg)	1.02	1.09	0.93	0.09	0.53	<0.0001	0.01
Consumo de agua (L)	3.57	3.59	3.26	0.28	0.67	<0.0001	0.51

T1= 100 g de ácidos grasos; T2= 50 g; T3= testigo.

La temperatura rectal y corporal no se modificó por efecto de incluir ácidos grasos en la dieta. No obstante, hubo un efecto por la hora de alimentación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Temperatura rectal y corporal de corderos Dorper adicionados con ácidos grasos en etapa de finalización.

Variables	Tratamientos					p-Valor	
	T1	T2	T3	EEM	Trata.	Semana	Trat*Semana
Temperatura rectal	39.08 b	39.27 a	39.45 a	0.05	<0.0001	<0.0001	0.1547
Temperatura corporal	36.56 b	37.83 ab	39.57 a	0.11	<0.0001	<0.0001	<0.0001

T1= Ayunas; T2= 1 hora después; T3= tres horas después. Medias con una letra ^{abc} común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Los corderos después de las tres horas de alimentación tuvieron un incremento en la temperatura rectal y corporal. En ayunas mantuvieron una temperatura de 36.5 °C, lo que supera la temperatura de la zona termoneutral de 30 °C (límites superiores) para ovinos de pelo, reportada por Neves et al., (2009), lo cual respaldaría la hipótesis de que los ovinos de pelo tienen una mayor tolerancia a las altas temperaturas. La temperatura corporal más alta se presentó en el T3 (3 horas después del alimento) con 39.57 °C, esta elevación puede estar provocada por la activación de mecanismos fisiológicos, metabólicos y endocrinológicos (Vicente et al, 2020), los cuales provocan un gasto de energía obtenida por el metabolismo del consumo de materia seca y agua.

Conclusión

Bajo las condiciones experimentales del presente estudio, se concluye que la inclusión de ácidos grasos en la dieta de corderos en finalización incrementa el consumo de materia seca a finales del periodo de engorda. No modifica el consumo de agua ni modifica la temperatura rectal y corporal de los corderos. El consumo de alimento incrementa la temperatura rectal y corporal en corderos. Es importante destacar, que la temperatura corporal en todos los tratamientos estuvo por encima de la temperatura de confort reportada para corderos, lo que implica que los corderos *Dorper* pudieran ser más tolerantes a ambientes con altas temperatura, esto se respalda en el hecho que se incrementó el consumo de alimento y no se modificó el consumo de agua.

Referencias

- Avendaño Reyes, L., Álvarez-Valenzuela, F., Saucedo-Quintana, S., Correa Calderón, A., Molina-Ramírez, L. y Cisneros, F. (2004). Assessment of some productive traits of the pelibuey sheep in northwest México. *Cuban J. Agr. Sci.* 38(2):129-134. ISBN: 0864-0408
- Cedeño, M. (2017). *Sensibilidad al estrés térmico de ovejas lecheras: El caso de la raza Manchega en la Granja Experimental de la UAB* (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Barcelona). Sitio web: <https://core.ac.uk/download/pdf/154765758.pdf>
- Concepta M. McManus, Danielle A. Faria, Carolina M. Lucci, Helder Louvandini, Sidney A. Pereira, Samuel R. Paiva. (2020). Heat stress effects on sheep: Are hair sheep more heat resistant?, *Theriogenology*, Vol 155:157-167, ISSN 0093-691X, <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.047>.



- Corrales, J. (2018). *Efecto del uso de sombra en ovinos de pelo engordados bajo estrés calórico: Parámetros productivos y fisiológicos* (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California - Instituto de Ciencias Agrícolas), Repositorio institucional: <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/server/api/core/bitstreams/038e66ff-392f-4bf4-a2c3-bc3d9aea21bc/content>
- FAO (2018). Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT: statistics database. <https://www.fao.org/home/en>
- Organización Internacional de Textiles de Lana – IWTO. (2022). World Sheep Numbers & Wool Production, *IWTO Market Information* Ed.17. Sitio web: <https://iwto.org/wp-content/uploads/2022/04/IWTO-Market-Information-Sample-Edition-17.pdf>
- Kadzere, C., Murphy, M., Silanikove, N. y Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Liv. Prod. Sci.* 77: 59-91 DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X)
- Marai, I., Habeeb A. y Gad, A. (2002). Reproductive traits of female rabbits as affected by heat stress and light regime, under sub-tropical conditions of Egypt. *J. Anim. Sci.* 75:451–458. DOI: <https://doi.org/10.1017/S135772980005390X>
- Martínez, J., Jiménez, L., Herrera, J., Valtierra, E., Sánchez, E. y López, M. (2011). Ganadería ovino - caprina en el marco del programa de desarrollo rural en Baja California, *Revista Universidad y Ciencia*, 27(3): 331-344 ISSN 0186-2979.
- Medina, G., Díaz, P., López, H., Ruíz, C. y Marín, S. (2005). *Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango. (Periodo 1961 - 2003)*. Libro Técnico № 1. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC-INIFAP; 2005.
- Neves M., De Azevedo M., Barros M., Guim A., Leite A., Chagas J. (2009). Níveis críticos do Índice de Conforto Térmico para ovinos da raça Santa Inês criados a pasto no agreste do Estado de Pernambuco, Brasil. *Acta Sci Anim Sci* 2009;31(2):167-175. Sitio web: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303126496011>
- NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio, 2001. Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203498/NOM-062-ZOO-1999_220801.pdf
- NRC. (1985) *Nutrient Requirements of Sheep, Sixth Revised Edition, Subcommittee on Sheep Nutrition*, Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture, Nation Research Council, National Academy Press, Washington, D.C.
- Oliveira, R., Carvalho, G., Oliveira, R., Tosto, M., Santos, E., Ribeiro, R., Silva, T., Correia, B. y Rufino, L. (2017). Palm kernel cake obtained from biodiesel production in diets for goats: feeding behavior and physiological parameters, *Trop Anim Health Prod*. DOI: 10.1007/s11250-017-1340-6
- Pereira, L. (2011). *Níveis crescentes de gordura protegida na terminação de cordeiros em confinamento*, (Universidad Federal Da Grande Dourados. Dourados – MS). Repositorio institucional: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/712/1/LuizFernandoPereiraOrtiz.pdf>
- SAS (2008) Instituto de Sistemas de Análisis Estadístico. Versión 9.1, SAS Institute Inc., Cary, Carolina del Norte, EE. UU.
- SENASICA (2016). Ley Federal de Sanidad animal, SENASICA, México. Sitio web: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/ley-federal-de-sanidad-animal>
- Vicente R., Macías U., Avendaño L., Correa A., López M., Lara A. (2020). Impacto del estrés por calor en la producción de ovinos de pelo. Revisión, *Rev. Mex. de Cienc. Pecuarias* Vol. 11 no.1 Mérida, Yucatán. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4923>



ADICIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO EN LA FERMENTACIÓN *IN VITRO* DE UNA DIETA ALTA EN CONCENTRADO

Carrillo-Hurtado, A. G.^{1*}; Huerta-Bravo, M¹; Miranda-Romero, L. A¹; Kawas, J. R.²; Méndez-Zamora G³

¹Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zootecnia. Km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo CP. 56230 Estado de México, México. ²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Francisco Villa S/N, Colonia Ex-hacienda El Canadá, CP. 66050. Escobedo, Nuevo León, México. ³Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Francisco Villa s/n, Ex Hacienda El Canadá, CP. 66050. Escobedo, Nuevo León, México. * Autor de correspondencia. alvin_carillo@hotmail.com

Introducción

El aceite esencial de orégano (AEO) es un aditivo fitogénico, identificado como alternativa a aditivos convencionales prohibidos para su uso comercial (Benchaar et al., 2008; Valenzuela-Grijalva et al., 2017). La investigación se ha centrado en el AEO de origen europeo (*Origanum vulgare*), pero México arraiga una variedad (*Lippia berlandieri* Schauer) que también es potencial en la alimentación animal (Mata-González y Meléndez-González, 2005; Méndez-Zamora et al., 2016), aunado a esto parece que, a una dosis particular, puede tener un impacto variado, y esta influencia puede estar relacionada con el tipo de sustrato que está siendo fermentado (Macheboeuf et al., 2008). De manera *in vitro* Cardozo et al., (2007) demostraron que el AEO no obtuvo efectos importantes en la fermentación cuando el pH era de 7 (dietas altas en forraje) pero cuando fue de 5.5 (dietas altas en concentrado) sus efectos fueron favorables aumentando la concentración de ácido propiónico y reduciendo su relación con el ácido acético. Existe evidencia que a medida que se incrementa la dosis de AEO la producción de metano se reduce, pero también se reduce la producción de gas total (Patra y Yu 2012), sin embargo, de igual manera se ha informado que no existe ningún efecto en estas variables (Castañeda et al., 2019). El objetivo del estudio fue analizar mediante la fermentación ruminal *In vitro* la producción de gas y la producción de ácidos grasos volátiles (AGV's) de una dieta alta en concentrado, al variar el origen y dosis del AEO.

Materiales y métodos

Diseño experimental y de tratamientos. El sustrato que se fermentó fue de una dieta balanceada (NASEM, 2007) para la engorda intensiva de borregos (16% de PC y 2.8 Mcal kg⁻¹ MS de EM). El diseño de tratamientos fue factorial, se utilizaron dos factores: origen de AEO, dos niveles) y dosis de adición (cuatro niveles: 140, 280, 560 y 1120 ppm del sustrato base húmeda), también se tuvo un testigo sin adición de AEO. El origen de AEO fue: orégano mexicano, *Lippia berlandieri* Schauer (AEOM; 67.9% carvacrol); y europeo, *Origanum vulgare* (AEOE; 17.4% carvacrol). El diseño experimental fue completamente al azar con 3 repeticiones, considerando como unidad experimental un vial de 125 mL.

Producción de gas *in vitro*. La fermentación se determinó mediante la técnica de producción de gas *in vitro*, siguiendo el procedimiento descrito por Theodorou et al. (1994), para lo cual se colocaron 500 mg del alimento concentrado como sustrato en frascos ámbar de 125 mL de capacidad y se les añadió, simultáneamente, un flujo continuo de bióxido de carbono y 90 mL de inóculo ruminal diluido 1:9 con una solución mineral reducida. Los frascos se sellaron herméticamente con un tapón de goma y un anillo de aluminio y se incubaron a 39 ° C. Después de 24 h se determinó el volumen total de gas de fermentación se midió con una jeringa de vidrio de 50 mL de capacidad.



En cada medición y después de registrar el volumen, el gas atrapado en la jeringa se transfirió a frascos de vidrio (125 mL de capacidad) herméticamente cerrados, los cuales tenían 45 mL de una solución 1M de hidróxido de potasio (KOH) se mezcló perfectamente el gas con la solución de KOH con el fin de hacer reaccionar todo el CO₂ con el KOH. El volumen de gas residual que retorna a la jeringa después de la mezcla corresponderá al volumen de metano más gases menores (CH₄+GM). El volumen de CH₄+GM se ajustó a metano teórico (CH₄) multiplicando por 0.77 cada valor de CH₄+GM (Zhong et al., 2016). Con los valores anteriores se determinó el CO₂ por diferencia.

Ácidos grasos volátiles. La concentración de los ácidos de cadena corta ácido butírico, acético, propiónico y la relación de estos últimos se midió a las 24 h por la técnica de cromatografía en un cromatógrafo modelo Star 3400 Cx (Varían®, Palo Alto, CA, Estados Unidos), equipado con una columna ZB- WAX de 30 m x 0.53 mm x 0.5 μm (Phenomenex®, Torrance, CA, Estados Unidos) utilizando nitrógeno como gas de arrastre y un detector de tipo FID (detector de ionización de flama). El volumen inyectado del líquido al cromatógrafo fue de 1 μL, la temperatura del inyector y detector fue 250°C, mientras que para la columna primero se realizó un calentamiento a 90°C durante 2 minutos para después aumentar 20°C/minuto hasta llegar a una temperatura final de 200°C y estabilizarse durante 3 minutos. El software utilizado para el manejo del equipo, así como para la lectura de los cromatogramas fue el Software Control ± Varían Star 3400cx (Varían® Palo Alto, California, Estados Unidos).

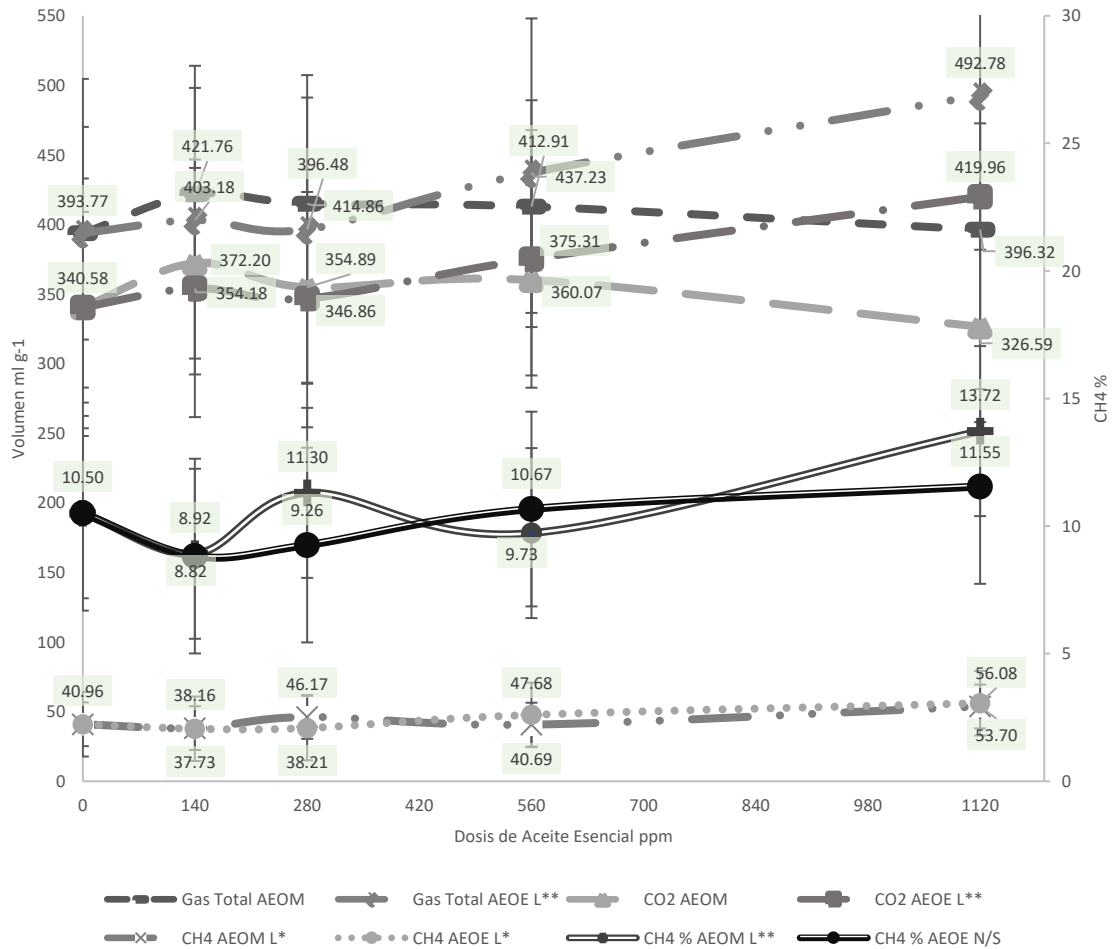
Análisis estadístico. Todas las variables se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con el procedimiento del modelo lineal general GLM de SAS. Para definir la tendencia de respuesta a los niveles de adición (dosis) se recurrió al análisis de los contrastes de polinomios ortogonales para determinar el efecto lineal, cuadrático o cúbico; este análisis se hizo para cada tipo (origen) de orégano. En este análisis se corrigió el coeficiente de contraste de polinomio ortogonal, debido a que las dosis no son equidistantes, a través del procedimiento IML de SAS.

Resultados y discusión

Hubo algunos efectos importantes en volumen total de gas producido (Figura 1). El AEOE mostró una tendencia lineal ($P < 0.05$) en incrementar el volumen conforme se aumenta la dosis, al igual que en la producción de CO₂. Para el caso del volumen de CH₄ parece tender a incrementar ($P < 0.10$) con la adición creciente de AEO tanto mexicano como europeo, pero mostrado en porcentaje del volumen total, solo el mexicano mantiene esta tendencia significativa ($P < 0.50$). Los resultados de AEOE difieren a los obtenidos *in vitro* por Patra y Yu (2012) y Cobellis et al. (2016). En ambos estudios se reportó un marcado decremento de la producción de gas conforme se aumentaba la dosis de AEOE. La falta de respuesta en la producción de metano con la adición de AEO (Figura 1) no concuerda con lo reportado por Patra y Yu, (2012), esto autores observaron que la producción de metano se redujo 13% con respecto al control. Como este es un experimento *in vitro* los parámetros de medición de CH₄ solo se estimaron en base a la cantidad de sustrato fermentado, pero en condiciones de producción, habría que estimar en base a unidad de producto (litros de leche, gramos de ganancia de peso etc.) o de tiempo (día, periodo, lactancia) y entonces podría ser más probable encontrar diferencias de la adición de AEO.



Figura 1. Producción de gas de una dieta alta en concentrado con la adición de AEO.



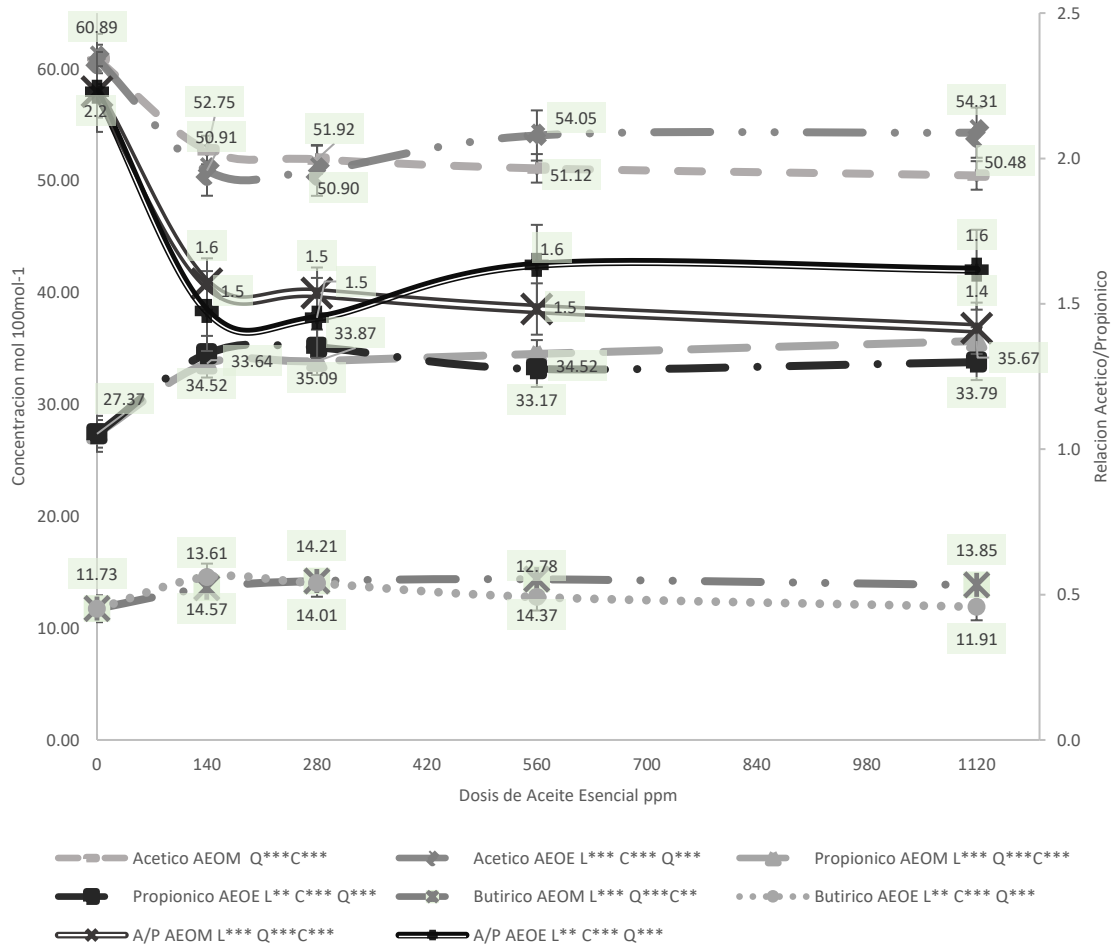
AEO= Aceite esencial de orégano; AEOM= Aceite esencial de orégano mexicano; AEOE= Aceite esencial de orégano europeo; CO₂= Dióxido de carbono; CH₄= Metano. Efectos significativos de los polinomios ortogonales (** P< 0.01; * P< 0.05; NS, no significativo).

La producción de AGVs fue afectada por la dosis (Figura 2) mientras que su interacción afectó la concentración de ácido acético (P>0.05), aunque los dos orígenes muestran una tendencia cuadrática y cubica altamente significativa (P<0.01), el AEOM suprime la producción de este ácido graso de cadena corta conforme se incrementa la dosis de manera marcada. El AEOM tiende a aumentar más la producción de ácido propiónico conforme se incrementó su adición al sustrato. Los dos aceites afectaron la producción de ácido butírico de manera similar. El efecto en los ácidos acético y propiónico se reflejó en su relación, donde el AEOM tiende a reducir más este indicador.

El AEOM puede afectar más a las cepas microbianas involucradas en la digestión de la fibra, como sugiere la menor proporción de acetato a propionato observada conforme se incrementa la dosis (Figura 3) lo que coincide con los resultados de algunos investigadores que demostraron que algunos aceites esenciales tienen efectos positivos en las proporciones molares de AGVs al disminuir la producción de acetato y aumentar la producción de propionato (Mohammed et al., 2004; Busquet et al., 2005).



Figura 2. Producción de AGV's de una dieta alta en concentrado con la adición de AEO



AEO= Aceite esencial de orégano; AEOM= Aceite esencial de orégano mexicano; AEOE= Aceite esencial de orégano europeo; AGVs= Ácidos grasos volátiles, A/P= Relación acético-propiónico. Efectos significativos de los polinomios ortogonales (***) $P < 0.01$; ** $P < 0.05$; $P < 0.10$ lineales (L), cuadráticos (Q) y cúbicos (C). NS, no significativo.

Conclusiones

La inclusión de aceite esencial de orégano en dietas altas en concentrado puede mejorar ciertos parámetros importantes de fermentación. El aceite esencial de orégano de origen europeo incrementa la producción de gas total, mientras que el de origen mexicano disminuye la relación de ácido acético con respecto al ácido propiónico en la fermentación ruminal *in vitro*. La producción de metano requiere mayor investigación para dilucidar como es que el aceite esencial de orégano puede aumentar la eficiencia de la digestión disminuyendo las emisiones de este gas en la fermentación ruminal.



Referencias

- Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Colombatto, D., McAllister, T. A., & Beauchemin, K. A. (2008). A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1-4), 209-228.
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Cardozo, P. W., & Kamel, C. (2005). Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture. *Journal of Dairy Science*, 88(7), 2508-2516.
- Castañeda-Correa, A., Corral-Luna, A., Hume, M. E., Anderson, R. C., Ruiz-Barrera, O., Castillo-Castillo, Y., Rodríguez-Almeida, F., Salinas-Chavira, J., & Arzola-Alvarez, C. (2019). Effects of thymol and carvacrol, alone or in combination, on fermentation and microbial diversity during in vitro culture of bovine rumen microbes. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 54(3), 170-175.
- Cobellis, G., Trabalza-Marinucci, M., Marcotullio, M. C., & Yu, Z. (2016). Evaluation of different essential oils in modulating methane and ammonia production, rumen fermentation, and rumen bacteria in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, 215, 25-36.
- Mata-González, R., & Meléndez-González, R. (2005). Growth characteristics of Mexican oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) under salt stress. *The Southwestern Naturalist*, 50, 1-6.
- Méndez-Zamora, G., Durán-Meléndez, L. A., Aquino-López, J. L., Santellano-Estrada, E., & Silva-Vázquez, R. (2016). Efecto del aceite de orégano (*Poliomintha longiflora* Gray) sobre la productividad y calidad de carne de conejos. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 3(8), 259-265.
- Mohammed, N., Ajisaka, N., Lila, Z. A., Hara, K., Mikuni, K., Hara, K., Kanda, S., & Itabashi, H. (2004). Effect of Japanese horseradish oil on methane production and ruminal fermentation in vitro and in steers. *Journal of Animal Science*, 82(6), 1839-1846.
- NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. *National Academies Press*, Washington, D. C.
- Patra, A. K., & Yu, Z. (2012). Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(12), 4271-4280.
- Theodorou, M. K., Williams, B. A., Dhanoa, M. S., McAllan, A. B. & France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 48(3-4):185-197.
- Valenzuela-Grijalva, N. V., Pinelli-Saavedra, A., Muhlia-Almazan, A., Domínguez-Díaz, D., & González-Ríos, H. (2017). Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production. *Journal of Animal Science and Technology*, 59(1), 1-17.
- Macheboeuf, D., Morgavi, D. P., Papon, Y., Mousset, J. L., & Arturo-Schaan, M. (2008). Dose-response effects of essential oils on in vitro fermentation activity of the rumen microbial population. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1-4), 335-350.
- Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., Ferret, A., & Kamel, C. (2005). Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on in vitro rumen microbial fermentation of a high-concentrate diet for beef cattle. *Journal of animal science*, 83(11), 2572-2579.
- Zhong, R. Z.; Fang, Y., Sun, H. X., Wang, M., & Zhou, D. W. (2016). Rumen methane output and fermentation characteristics of gramineous forage and leguminous forage at differing harvest dates determined using an in vitro gas production technique. *Journal of integrative agriculture*, 15(2), 414-423.



EFFECTO DE LA ADICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN DIETA SOBRE LA PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO EN CANAL DE CORDEROS PARA CARNE EN UN AMBIENTE ÁRIDO

Karim Antonio Carreón Negrete^{1*}, Marco Andrés López Santiago¹, Miguel Ángel Mata Espinosa¹, Sandra Patricia Maciel Torres¹, Pablo Arenas Baez¹, Jorge Alonso Maldonado Jáquez², Lorenzo Danilo Granados Rivera³

¹Universidad Autónoma Chapingo Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA-UACH), ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental La Laguna, ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental General Terán *Autor de correspondencia: ka_ant67@hotmail.com

Introducción

Las zonas áridas se caracterizan por tener condiciones ambientales extremas, que dificultan el desarrollo y asentamiento de poblaciones (Cornejo, 2009). En este sentido, la posibilidad de que sean ocupadas dependerá en mayor grado de la disponibilidad de agua (Villagra *et al.*, 2013). Estas regiones, cubren el 40% de la superficie continental (5.2 billones de hectáreas), y allí habitan en forma aproximada el 57.5% de la población mundial (Martinelli & Martínez, 2014). Asimismo, se estima que el 56% de las ovejas se encuentran en regiones áridas y semi áridas, por lo que para estas zonas es de alta importancia la producción ovina (Pulina *et al.*, 2018). A este respecto, dicho sistema tiene un papel crucial socioeconómico a nivel mundial, principalmente, en zonas en desarrollo (Marino *et al.*, 2016). En México, el inventario nacional asciende a 8.6 millones. Se estima que, en forma aproximada el 34% de los productores pecuarios del país dependen en forma exclusiva de la producción ovina para obtener ingresos. La mayor demanda de carne ovina (85%) en el país, se encuentra en el centro (Díaz *et al.*, 2018), y el mercado nacional no es capaz de cubrir la demanda de carne de cordero del país. Lo cual, es una ventana de oportunidad para productores pecuarios. Si bien en México existe una alta producción de ovinos es pastoreo, también son producidos de manera intensiva. Los cuales, se encuentran estabulados y su alimentación es a través de una dieta balanceada, con el objetivo de maximizar el potencial de crecimiento de los corderos (Haenlein, 2001). En este sentido, es necesario buscar estrategias de alimentación que ayuden a incrementar dicho potencial de crecimiento. Al respecto, la grasa de sobrepeso ha tenido efectos positivos en la productividad de ganado lechero, pero existe poca información de su efecto en el ganado para carne, en particular en ovinos de pelo bajo condiciones de alta temperatura ambiental (Musco, 2022). Con base en lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento productivo de ovinos y rendimiento en canal de corderos con dietas que incluyan una mezcla de ácidos grasos bajo condiciones de alta temperatura.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en Bermejillo, Mapimí, Durango, en las instalaciones de la posta zootécnica de la Unidad Regional Universitaria de Zonas áridas de la Universidad Autónoma Chapingo en las coordenadas 25° 53' 51.208" latitud norte y 103° 35' 43.463" longitud oeste con una altitud promedio de 1120 msnm dentro de la región conocida como Comarca Lagunera, en el Norte de México. La investigación se realizó siguiendo el Código Sanitario para los Animales Terrestres de la Organización Mundial de la Sanidad Animal capítulo 7.8 que rigen las normas de bienestar y cuidado animal y la utilización para la investigación y educación. El procedimiento de aprovechamiento de los corderos se realizó bajo la norma oficial mexicana (NOM) NOM-062-ZOO-1999.



Se utilizaron 21 corderos Dorper destetados con una edad promedio de 45 días, peso vivo (PV) de 14.7 kilogramos (kg), los cuales fueron asignados a tres grupos experimentales. El grupo testigo (T3) ($n=7$; $PV=13.8\text{kg}\pm 2.22$ y edad $45\pm$ días) se alimentó con una dieta integral al 5% del PV. El grupo 1 (T1) ($n=7$; $PV=14.2\text{ kg}\pm 4.11$ y edad $45\pm$ días) y el grupo 2 (T2) ($n=7$; $PV=13.9\text{ kg}\pm 2.47$ y edad $45\pm$ días) fue alimentado con la misma dieta base al 5% de PV y durante las últimas 7 semanas experimentales, recibieron, en forma adicional 100 (T1) y 50 (T2) gramos de una mezcla de ácidos grasos (LactoMil®, Nuplen, Gomez Palacio, Durango, México) el cual contenía 82% de ácidos grasos (Acido palmítico), 9.6% sales cálcicas y 3.5% de humedad.

El alimento integral estuvo compuesto por 40% de forrajes (heno de alfalfa y heno de triticale) y 60% de mezcla de granos (maíz rolado, maíz molido, pasta de soya, melaza, urea y mezcla de sales minerales (bovi8ways, Biotecap®) el cual fue suministrado durante 14 semanas experimentales. Los animales fueron identificados mediante arete, además se les dio un manejo sanitario consistente en desparasitación interna y externa, aplicación de vitaminas (endectoplex L.A.+ADE, MEDIKER, 1ml por cada 50 de PV), selenio (Sel+E, NorVet, 1 ml por cada 50 kg de PV) y se vacunaron contra clostridiasis y ántrax. Posteriormente, los animales fueron sometidos a un periodo de adaptación de alimentación de 15 días en donde al inicio se ofreció una dieta alta en fibra y el cual se fue adecuando paulatinamente hasta alcanzar una mezcla 40% forrajes y 60% granos, similar a la dieta que se utilizó durante el periodo experimental. Se ofreció *ad libitum* agua limpia y fresca. Al término de la etapa de adaptación, los corderos fueron pesados y asignados a uno de tres grupos experimentales para su traslado a corraletas individuales de 2x2.5 m, provistos de sombra, comederos y bebederos.

El alimento ofrecido, se estableció al 5% del peso vivo del cordero y se ajustó semanalmente de acuerdo al peso animal en ayunas y cada vez que el rechazo fue inferior al 10% del total ofrecido. Además, tuvieron libre acceso a agua limpia y fresca, misma que fue medida diariamente. A partir de la semana 7, se realizó el proceso de adaptación a la mezcla de ácidos, esta mezcla se agregó al comedero previo al ofrecimiento de alimento. De inicio se agregaron 5 g por animal y la cantidad se duplicó diariamente hasta alcanzar la dosis establecida en el diseño experimental (T1-100 g; T2-50 g).

Se registró el peso vivo de manera semanal, así como el ofrecimiento y rechazo de alimento y agua diaria. Además, se determinó el consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y eficiencia de alimentación. Al término del periodo experimental, se realizó el sacrificio de los corderos en las instalaciones del laboratorio de anatomía y fisiología de URUZA realizando el pesado y registro de las canales. El procedimiento de sacrificio de los corderos se realizará apegados a los requerimientos de la norma oficial mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014 y de la ley de protección y bienestar animal para la sustentabilidad del estado de Durango 2013 según el título cuarto de intervenciones quirúrgicas y sacrificio de los animales.

El análisis estadístico fue en un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo de medias respetivas, a través del procedimiento MIXED (SAS, 2008). Para ello, se obtuvieron los criterios de información Bayesiano de Schwarz y Akaike que ayudaron a determinar la estructura de covarianza más adecuada para cada variable. La comparación de medias de mínimos cuadrados se realizó a través de la prueba de Tukey ajustada.



Resultados y discusión

Las variables productivas de los corderos no se modificaron por efecto de la inclusión de ácidos grasos en la dieta de los corderos. A excepción de la ganancia diaria de peso (GDP), que tuvo una tendencia estadística (p 0.09) a incrementarse en los corderos del tratamiento con 50 g de ácidos grasos. El valor promedio de la GDP de los corderos en dicho tratamiento fue de 280 g/d, valor superior al reportado por Dávila-Ramírez et al. (2014) quienes reportaron una GDP de 230 g/d en corderos suplementados con aceites y en condiciones de alta temperatura como en el presente estudio. Por otro lado, hubo un efecto en la interacción tratamiento por tiempo en todas las variables (Cuadro 1). Por ejemplo, el consumo de materia seca se incrementó a partir de la semana 9 en los corderos que consumieron 50 g de ácidos grasos, asimismo, el peso se incrementó en corderos donde se incluyeron ácidos grasos (T1 y T2) a partir de la semana 9 (Figura 1). Lo cual, podría deberse a que la inclusión de los ácidos grasos inicio a partir de la semana 7.

Tabla 1. Peso de corderos, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y eficiencia de alimentación por tratamiento.

Variables	Tratamientos			EEM	p-Valor	
	Testigo	50 g AG	100 g AG		Trat.	Trat*Semana
Consumo de materia seca (kg)	1.000	1.170	1.080	0.09	0.47	0.01
Peso (kg)	24.39	27.58	27.26	2.03	0.48	0.05
Ganancia diaria de peso (g)	0.210	0.280	0.220	0.02	0.09	0.01
Eficiencia alimenticia (kg)	0.200	0.250	0.200	0.01	0.19	0.04

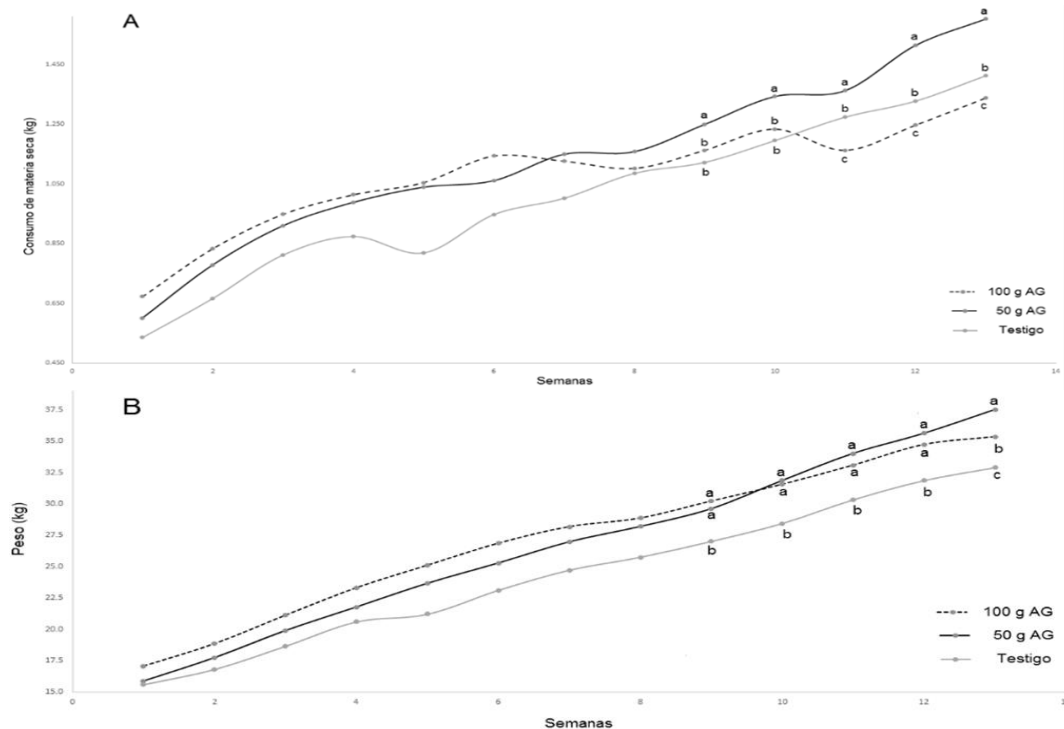


Figura 1. Consumo de materia seca (A) y peso (B) en corderos en finalización complementados con dos niveles de ácidos grasos (100 g y 50 g).



En el Cuadro 2, se muestra el peso y rendimiento en canal de los corderos. En ambos casos hubo una tendencia estadística a incrementarse en los corderos suplementados con 50 g de ácidos grasos.

Cuadro 2. Peso de la canal y rendimiento en canal de los tratamientos.

Variables	Tratamientos				
	Testigo	50 g AG	100 g AG	EEM	p-Valor
Peso canal (kg)	14.17	18.31	15.15	3.01	0.07
Rendimiento en canal (kg)	45.74	48.90	45.61	2.53	0.06

Conclusión

Bajo las condiciones experimentales del estudio 50 g por día de ácidos grasos en dieta de corderos para carne mejora las variables productivas dos semanas después de incluirlo en la dieta. La tendencia de incrementar el peso y el rendimiento en canal podría implicar que es necesario incluir por más tiempo la mezcla de ácidos grasos. En este sentido es necesario realizar más investigaciones sobre los ácidos grasos en la dieta y su efecto en el rendimiento y calidad de la carne de corderos.

Referencias

- Cornejo Ponce, L. (2009). Recursos hídricos y desarrollo socioeconómico en zonas áridas: Importancia y perspectivas de nuevas tecnologías aplicadas al tratamiento de aguas naturales y/o residuales. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 17(3), 285-287. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052009000300001>
- Dávila-Ramírez J.L., Macías-Cruz U., Torrentera-Olivera N. G., González-Ríos H., Soto-Navarro S. A., Rojo-Rubio R. (2014). Effects of zilpaterol hydrochloride and soybean oil supplementation on feedlot performance and carcass characteristics of hair-breed ram lambs under heat stress conditions. *J Anim Sci* 2014;92(3):1184-1192.
- Díaz-Sánchez C. C., Jaramillo-Villanueva J. L., Bustamante-González A., Vargas-López S., Delgado-Alvarado A., Hernández-Mendo O., Casiano-Ventura M. A. (2018) Evaluación de la rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de ovinos en la región de Libres, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 9(2) <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i2.4495>
- Haenlein G. F. (2001). Past, Present, and Future Perspectives of Small Ruminant Dairy Research. *J. Dairy Sci.* 84:2097–2115. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74655-3](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74655-3)
- Marino R., Atzori A.S., D'Andrea M., Iovane G., Trabalza-Marinucci M., Rinaldi L. (2016). Climate change: Production performance, health issues, greenhouse gas emissions and mitigation strategies in sheep and goat farming. *Small Ruminant Research*, 135: 50-59. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.12.012>
- Martinelli M., & Martínez E. (2014). Matorrales forrajeros en zonas áridas: indicadores de estado. *Multequina*, 23(1), 29-40. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-3292014000100003&lng=es&tlng=es
- Pulina G., Milán M.J., Lavín M.P., Theodoridis A., Morin E., Capote J., Thomas D.L., Francesconi A.H.D, Caja G. (2018) Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Journal of Dairy Science*, 101(8): 6715-6729. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14015>
- Villagra P. E., Meglioli P. A., Pugnaire F. I., Vidal B., Aranibar J., & Jobbágy E. (2013). Regulación de la partición del agua en zonas áridas y sus consecuencias en la productividad del ecosistema y disponibilidad de agua para los habitantes. *Red ProAgua CYTED*. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/54815>
- Musco N., Tudisco R., Espósito G., Iomelli P., Totakul P., D'Aniello B., Lombardi P., Amato R., Wanapat M., Infascelli F., (2022). Efectos de la suplementación con semillas de lino sobre la producción de leche, la composición, los ácidos grasos de cadena impar y ramificada, y sobre la bioquímica del suero en cabras de pastoreo de Cilentana. *J. Animals* 2022, 12 (6), 783; <https://doi.org/10.3390/ani12060783>
- Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 (2001) Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Diario Oficial primera sección. URL: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203498/NOM-062-ZOO-1999_220801.pdf



RENDIMIENTO DE FORRAJE Y VALOR NUTRITIVO DEL ENSILADO DE SORGO A DIFERENTE ALTURA DE CORTE CONSIDERANDO LOS NUDOS DE LA PLANTA

Jorge A. Granados-Niño^{1*}, Juan I. Sanchez-Duarte², Omar I. Santana³, Esmeralda Ochoa Martínez², Arturo Reyes González², David G. Reta Sánchez⁴

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Durango C.P. 35111. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental La Laguna. Matamoros. Coahuila C.P. 27440. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga Aguascalientes C.P. 20660. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Delicias, Delicias Chihuahua. C.P. 33000. Autor de correspondencia: jorge.granados@ujed.com

Introducción

La Comarca Lagunera es una de las principales cuencas lecheras de México con un inventario de ganado vacuno de leche de 536,288 animales (SIAP, 2022). Por tal motivo, se requiere producir grandes cantidades de forraje que abastezcan la alimentación de este número de animales. El sorgo es un cultivo que tiene la capacidad de producir buena cantidad de forraje bajo condiciones de estrés por altas temperaturas, menor cantidad de agua de riego y suelos con poca fertilidad o salinidad (Peacock, 1982; Jahanzad et al., 2013). Bajo estas condiciones, el sorgo produce mayor cantidad de materia seca (MS) por hectárea en comparación con el maíz forrajero (Singh y Singh, 1995; Pedersen, 1996). Sin embargo, la principal desventaja del sorgo es la alta concentración de lignina, que está relacionado con baja digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN); lo cual al ser utilizado en dietas para vacas lecheras limita el consumo de alimento y la producción de leche (Grant et al., 1995; Miron et al., 2007). Una opción práctica para reducir la concentración de lignina y mejorar la digestibilidad de la fibra del ensilaje es incrementar la altura de corte a la cosecha. En un estudio previo se encontró que cosechando entre 20 y 40 cm de altura se obtuvo un ensilaje con menor contenido de lignina de 8.1 a 6.4, mayor digestibilidad de la fibra (29.3 a 34.2 %) y buen contenido de energía (1.0 a 1.2 Mcal kg⁻¹ MS), sin comprometer el rendimiento de MS por hectárea (Granados et al., 2021). No obstante, elevar la altura de corte sin considerar los nudos de la planta, puede derivar en cosechar mayor fibra indigestible porque esta se encuentra mayormente en los nudos de la parte baja de la planta. Esto sobre todo cuando el cultivo no desarrollo completamente y los entre nudos de la planta se acortan. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y la calidad nutricional del sorgo forrajero cortado a diferentes alturas de corte considerando los nudos de la planta.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el ciclo de producción de primavera del 2020 en el Inifap-Campo Experimental la Laguna de Matamoros, Coahuila, México (25°31'59"N, 103°14'22" W y 1118 metros sobre el nivel del mar). Se evaluó el efecto de seis alturas de corte (1, 2, 3, 4, 5 y 6 nudos en el tallo desde la superficie del suelo) sobre el rendimiento de forraje y el valor nutritivo del ensilado de sorgo forrajero. La siembra se realizó en suelo húmedo el 21 de abril del 2020 con una sembradora de precisión Gaspardo- Terramak (modelo SPLC-2F) utilizando una densidad de siembra de 12 kg ha⁻¹ de semilla de la variedad Silo Miel (Agricenter Zevilla, Tlaxiaco, Coahuila). Se sembraron 4 surcos por tratamiento de 8.0 m de longitud a una distancia de 0.76 m utilizando un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se tuvo una densidad promedio de 200,000 plantas ha⁻¹. La dosis de fertilización fue de 310 kg N ha⁻¹, 100 kg P ha⁻¹ y 00 K ha⁻¹.



Esta se estimó considerando el requerimiento de nitrógeno del cultivo y la meta de rendimiento. El total del fósforo se aplicó en la siembra, mientras que el N se fraccionó, aplicando el 40 % de la dosis total en la siembra y el 60 % antes del primer riego de auxilio; 35 días después de la siembra (DDS). Se aplicaron cuatro riegos incluyendo un riego de pre-siembra. Los cuatro riegos de auxilio fueron a los 37, 59, 80 y 100 DDS. Se utilizó un sistema de riego superficial con agua de Noria. A los 25 y 46 DDS se realizaron aplicaciones de etil clorpirifos (Lorsban 480 EM®, BASF Inc., Alemania) a razón de 0.75 L ha⁻¹ para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Posteriormente, a los 50 y 83 DDS se realizaron aplicaciones para el control de pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) utilizando Imidacloprid + Betacyfluthrin (Muralla Max®, Bayer, México) y de Sulfoxaflor (Toretto Isoclast® Active, Corteva Agrosciences, Guadalajara) a razón de 0.25 ml ha⁻¹ y 100 ml ha⁻¹, respectivamente. El control de maleza se realizó de manera manual. La cosecha del cultivo se realizó el 19 de agosto del 2020 a los 125 DDS cuando el grano alcanzó la etapa de masoso, acumulando 2,112 horas calor. Se utilizaron los dos surcos centrales como parcela útil, eliminando 1 m de cada extremo para excluir el efecto de orilla. En total se cosecharon seis metros de longitud para cada uno de los tratamientos (9.12 m²). Cada parcela útil, se cosechó considerando el tratamiento (nudos en el tallo) tomando como base la superficie del suelo.

El forraje fresco, de cada parcela útil, se pesó para estimar el rendimiento de forraje verde. En cada parcela se tomaron muestras representativas para determinar el porcentaje de MS utilizando una estufa de aire forzado a 65 °C hasta peso constante. Con el porcentaje de MS y el rendimiento de forraje en verde, se estimaron los rendimientos de forraje en base seca por hectárea. La altura de las plantas se evaluó en la cosecha. Del total de plantas cortadas por parcela, se seleccionaron 15 plantas al azar y se molieron a un tamaño de partícula teórica de 2 cm utilizando un molino Modelo JF5.

Para elaborar los mini-silos, se utilizaron las tres repeticiones del forraje fresco picado de cada tratamiento. Se usaron mini silos de PVC con un diámetro de 11 cm y una altura de 16 cm. Con un volumen de 0.001711 m³ donde el forraje fresco picado se compactó a una densidad de 261 kg de MS m⁻³ (Sucu *et al.*, 2016) en cada mini-silo considerando el contenido de MS antes de ensilar de cada tratamiento. La estimación del contenido de MS para determinar la densidad en los mini-silos se realizó con el Airfayer® y se estimó un porcentaje de MS promedio de 29.67±0.42%. La compactación del forraje en cada mini-silo se realizó manualmente con una prensa hidráulica diseñada especialmente para la compactación. Todos los mini-silos se sellaron y se almacenaron en el laboratorio a temperatura ambiente durante 90 días.

Al abrir los mini-silos se desecharon los primeros cinco centímetros de forraje de la parte superior. Se estimó el porcentaje de MS del remanente del ensilado fermentado para posteriormente realizar el valor nutritivo del ensilado. La determinación de los valores nutricionales se realizó mediante química húmeda en el laboratorio del inifap Campo Experimental Pabellón Km 32.5 Carretera Aguascalientes – Zacatecas Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. El análisis de la información se efectuó con el programa estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC. USA. 2011). Los resultados se analizaron por ANOVA utilizando un diseño de bloques al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones. Se utilizó la prueba de Tukey para separar las medias a un nivel de significancia P<0.05.



Resultados y discusión

Altura de planta y rendimiento de forraje

La altura de planta y los rendimientos de forraje en base húmeda y base seca en respuesta a las diferentes alturas de corte considerando los primeros 6 nudos se muestran en el Cuadro 1. La altura de planta después del corte de los diferentes tratamientos fue similar ($P=0.46$), lo cual pudo deberse a que las plantas no son completamente uniformes en todo el cultivo. Sin embargo, la altura de los tallos después de haber realizado los tratamientos indicó un aumento lineal a medida que se aumenta la altura de corte del nudo 1 al nudo 6 ($P<.0001$). Los rendimientos de forraje en base húmeda y MS fueron afectados por los tratamientos ($P<.0001$). Ambos rendimientos se reducen linealmente a medida que la altura de corte aumenta del nudo 1 al nudo 6. Sin embargo, a partir de subir la altura de corte entre el nudo 3 y 4 se pierden alrededor de 5.6 t ha^{-1} de forraje fresco y 3.2 t ha^{-1} de forraje seco.

Valor nutritivo del ensilado

La calidad nutritiva del ensilado fue afectada por los tratamientos (Cuadro 2). La MS del ensilado fue superior cuando la altura de corte aumentó hasta los nudos 5 y 6 respecto al resto de los tratamientos ($P=0.04$). Eso pudo deberse a que en estos tratamientos no se incluyó la porción de tallos más gruesos de la planta, los cuales tienen un mayor contenido de agua que los tallos superiores. No hubo diferencia estadística para las concentraciones de proteína cruda (PC) entre los ensilados, pero las concentraciones de FDN, lignina, FDN lignificada (LFDN) y carbohidratos no fibrosos (CNF) fueron diferentes entre los tratamientos ($P<0.05$).

La FDN del ensilado fue superior cuando el forraje se cosechó con 3 y 6 nudos ($P=0.002$), pero la lignina comienza a reducirse en el ensilado a partir de que la cosecha se realizó en el nudo 3 ($P=0.008$). Boon *et al.* (2008) encontraron mayores concentraciones de FDN y lignina en los tallos basales y estas fueron reduciéndose en los nudos superiores en variedades de maíz forrajero. En el presente estudio, en la LFDN se ve una tendencia más clara; ya que a partir del nudo 4 este componente en el ensilado comienza a reducirse hasta el nudo 6.

El ensilado donde se cosechó el forraje en el nudo 2 fue el que presentó la mayor concentración de CNF ($P=0.02$); mientras que el valor más bajo se obtuvo cuando se cosechó en el nudo 3. No hubo diferencia estadística entre los tratamientos para el total de nutrientes digestibles (TND), energía neta para lactancia (EN_L), FDN potencial digestible a 120 h de incubación (pdFDN120), FDN indigestible a 120 h de incubación (uFDN120) y digestibilidad *in situ* de la MS a 30 h de incubación (DMS30) ($P>0.05$). Sin embargo, la digestibilidad *in situ* de la FDN a 30 h de incubación (DFDN30) fue diferente entre los tratamientos evaluados ($P=0.002$).

El ensilado con la mayor DFDN30 fue cuando se cosechó en el nudo 3 (30.50 %) y este fue similar al ensilado cosechado en los nudos 2 (27.05 %) y 6 (27.14 %). El ensilado cosechado en el nudo 1 fue el que presentó menor DFDN30 (22.07 %). Neylon y Kung (2003) encontraron una mayor digestibilidad de la FDN cuando el forraje de maíz se cosechó a 45 cm de la altura del suelo (50.7%) respecto a cuándo se cosechó a 12 cm de altura (48.3%).

**Cuadro 1.** Altura de planta y rendimientos de forraje verde y seco a diferentes alturas de corte considerando los nudos en sorgo forrajero.

Concepto	Nudos						EE	P>F
	1	2	3	4	5	6		
Altura de planta (m)	3.15	3.34	3.34	3.20	3.32	3.57	0.18	0.46
Altura de tallo después del corte (cm)	9.00 ^f	16.50 ^e	33.00 ^d	46.33 ^c	69.00 ^b	74.50 ^a	1.05	<.0001
Rendimiento de forraje fresco (t ha ⁻¹)	79.38 ^a	74.67 ^b	65.49 ^c	59.92 ^d	59.81 ^d	53.16 ^e	0.56	<.0001
Rendimiento de MS (t ha ⁻¹)	21.23 ^a	18.56 ^b	17.39 ^b	14.16 ^c	17.44 ^b	15.70 ^c	0.34	<.0001

^{abc}Medias con desigual literal dentro de cada fila son estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad indicado. EE = error estándar.

Cuadro 2. Valor nutritivo de ensilado a diferentes alturas de corte considerando los nudos en sorgo forrajero.

Concepto	Nudos						EE	P>F
	1	2	3	4	5	6		
MS (% del ensilaje)	27.85 ^c	29.30 ^b	28.79 ^{bc}	27.87 ^c	31.21 ^a	31.74 ^a	0.92	0.04
PC	6.05	5.70	5.61	5.94	5.93	6.54	0.29	0.34
FDN	44.06 ^b	44.11 ^b	48.25 ^a	41.98 ^b	41.83 ^b	44.83 ^{ab}	0.81	0.002
FDA	33.35	34.07	31.38	31.97	31.86	31.16	1.08	0.37
Lignina	6.77 ^a	6.74 ^a	5.96 ^{ab}	4.71 ^b	4.86 ^b	5.24 ^{ab}	0.40	0.008
Cenizas	8.45	7.29	8.11	8.61	7.81	7.91	0.55	0.61
LFDN	15.36 ^a	15.30 ^a	12.34 ^{ab}	11.14 ^b	11.65 ^b	11.70 ^b	0.86	0.01
CNF	39.43 ^{ab}	41.81 ^a	35.15 ^b	38.76 ^{ab}	40.43 ^{ab}	37.84 ^{ab}	1.19	0.03
TND	53.84	52.20	54.97	54.77	54.67	55.53	2.56	0.95
EN _L (Mcal kg ⁻¹)	1.14	1.09	1.17	1.70	1.16	1.20	0.07	0.95
pdFDN ₁₂₀ (% FDN)	59.41	59.98	60.87	59.21	59.33	62.11	1.12	0.44
uFDN ₁₂₀ (% FDN)	40.59	40.02	39.13	40.79	40.67	37.89	1.12	0.44
DFDN ₃₀ (% FDN)	22.07 ^b	27.05 ^{abc}	30.50 ^a	21.25 ^c	23.26 ^{bc}	27.14 ^{ab}	1.22	0.001
DMS ₃₀	52.97	46.15	50.20	46.89	46.50	48.27	3.09	0.59

^{abc}Medias con desigual literal dentro de cada fila son estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad indicado. EE = error estándar. PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácida; LFDN = FDN lignificada calculada como 100 x (% Lignina/% FDN); CNF = carbohidratos no fibrosos; TND = total de nutrientes digestibles; EN_L = energía neta de lactancia; DMS₃₀ = digestibilidad *in situ* de la MS a 30 h de incubación; pdFDN₁₂₀ = potencial digestible de la FDN a 120 h de incubación; uFDN₁₂₀ = FDN no digestible a 120 h de incubación; DFDN₃₀ = digestibilidad *in situ* de la FDN a 30 h de incubación; DMS₃₀ = digestibilidad *in situ* de la MS a 30 h de incubación. ¹Composición química expresada como porcentaje de la materia seca (MS), a menos que se indique lo contrario.

Conclusiones

El rendimiento de forraje de sorgo en base a MS comienza a reducirse a partir de cosechar el forraje en el nudo 4. Además, la cosecha del forraje a partir del nudo 3 promueve la reducción de la concentración de lignina y la FDN lignificada en el ensilado. Esto hace que la digestibilidad de la FDN comience a incrementarse cuando se cosecha el forraje a partir del mismo nudo. Por lo tanto, para tener un ensilado de sorgo de mejor calidad nutritiva se recomienda cosechar el forraje entre los nudos 3 y 4.



Referencias

- Boon, E. J. M. C., P. C. Struik, S. Tamminga, F. M. Engels, and J. W. Cone. 2008. Steam characteristics of two forage maize (*Zea mays* L.) cultivars varying in whole plant digestibility. III. Intra-stem variability in anatomy, chemical composition and in vitro rumen fermentation. *NJAS* 56-1/2.
- Granados-Niño, J.A., Reta-Sanchez, D.G., Santana, O.I., Reyes-González, A., Ochoa-Martínez, E., Diaz, F. y Sanchez-Duarte J.I. (2021). Efecto de la altura de corte de sorgo a la cosecha sobre el rendimiento de forraje y el valor nutritivo del ensilaje. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 12(3):958-968. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i3.5724>
- Grant, R. J., Haddad, S. G., Moore, K. J., & Pedersen, J. F. (1995). Brown midrib sorghum silage for midlactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 78(9), 1970-1980. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76823-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76823-0)
- Jahanzada, Joratb, M., Moghadamb, H., Sadeghpoura, A., Chaichib, M., & Dashtakib, M. (2012). Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.11.001>
- Miron J, Zuckerman E, Adin G, Solomon R, Shoshani E, Nikbachat M, Yosef E, Zenau A, Gershon Z, Weinberg ZW, Chen Y, Halachmi I, Ben-Ghedalia D. (2007). Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. *Anim Feed Sci Technol*. 139:23-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.01.011>
- Neylon, J. M., & Kung, L., Jr (2003). Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. *Journal of dairy science*, 86(6), 2163–2169. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73806-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73806-5)
- Peacock, J M (1982) Response and Tolerance of Sorghum to Temperature Stress. In: *Sorghum in the Eighties: Proceedings of the International Symposium on Sorghum*, 2-7 November 1981, Patancheru. A.P. India. 143-159. URI: <http://oar.icrisat.org/id/eprint/4050>
- Pedersen JF. (1996). Annual forages: New approaches for C-4 forages. In: J. Janick (ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press, Alexandria, VA. 246-251.
- SAS Institute. The SAS system for windows, release 93. Cary, NC: Statistical Analysis Systems Inst; 2011
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), población ganadera – Bovinos Leche (2022) consultado el día 21 de agosto del 2023. https://nube.siap.gob.mx/poblacion_ganadera/
- Singh BR, Singh DP. (1995) Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. *Field Crop Res*. 42:57-67. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(95\)00025-L](https://doi.org/10.1016/0378-4290(95)00025-L)
- Sucu E, Kalkan H, Canbolat O, Filya I. (2016). Effects of ensiling density on nutritive value of maize and sorghum silage. *Rev Bras Zoo*. 45(10):596-603. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016001000003>



ENGORDA DE CORDEROS USANDO RACIONES CON INCLUSIÓN CRECIENTE DE MAGUEY (*Agave salmiana*)

Miguel Ángel Mata-Espinosa^{1*}, Marco Andrés López-Santiago¹, Aldo Uriel Quiterio-Maguey¹, Carlos Leonel Méndez-López¹, José Ramón Hernández-Salgado¹, David Hernández-Sánchez², Mauricio Velázquez-Martínez¹.

¹Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas; km 40 Carretera Gómez Palacio, Dgo.-cd. Juárez, Chih.; CP 35230. Bermejillo, Mapimí, Durango, México. ²Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México- Texcoco. Montecillo, Edo. México. CP 56230. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Luis, km 14.5 Carretera San Luis Potosí-Matehuala. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. CP 78430. *Autor de correspondencia: mata@chapingo.uruza.edu.mx

Introducción

En las regiones áridas de México se ha evidenciado que en los sistemas de producción con rumiantes menores, el uso de complementos alimenticios durante la escasez de forraje, permite la optimización del sistema de producción mejorando la productividad primaria de las tierras de pastoreo y su ganado (Morales et al., 2000). Sin embargo, el nivel económico bajo de los productores locales hace inviable una suplementación comercial, siendo necesario explorar en la zona recursos naturales accesibles para el pequeño productor y con características nutricionales adecuadas. Aunado a lo anterior, la principal limitante para la producción agropecuaria es el agua, debido a que la precipitación es baja y su distribución ocurre en un periodo muy breve. Sin embargo, existen vegetación natural adaptada a estas condiciones y que pueden ser aprovechadas en la alimentación del ganado como fuente de forraje (Badillo, 2004). Con relación a esto hay plantas que pueden utilizarse todo el año, y una de éstas, que está sujeta a este tipo de aprovechamiento es el maguey (*Agave spp.*), planta que tiene diferentes formas de utilización entre las que destacan la industria del mezcal, sus hojas como forraje, el quiote en la alimentación humana, obtención de fibras y como combustible, etc. (Aguirre et al., 2001). El interés creciente por utilizar fuentes de forraje de valor nutritivo bajo en la alimentación de rumiantes, se ha canalizado en una serie de investigaciones tendientes a buscar una mejor forma de utilización de estos materiales y productos (López et al., 2001; Rivera, 2003). En el área agropecuaria, el maguey se emplea como recurso alimenticio para el ganado, aunque su uso mayor es en las épocas de estiaje severo. Así, el maguey constituye una fuente importante de alimento y agua para los rumiantes, razón por la cual ha sido objeto de estudios encaminados principalmente para conocer su valor nutritivo y su utilización como recurso forrajero (Mata-Espinosa et al., 2011; Peña, 2005). El maguey es fuente de alimento que se utiliza para alimentar rumiantes en las regiones secas de México; además, tiene un rol importante en los sistemas de producción con rumiante menores con los productores pequeños de recursos escasos que habitan regiones de alta y muy alta marginación en ambientes semiáridos y áridos de México. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la incorporación de hojas de maguey picadas a raciones para ovinos en la etapa de engorda.

Materiales y métodos

Ubicación geográfica. La presente investigación se realizó en la localidad de Durango, Daboxtha, Municipio de El Cardonal, Hidalgo. Se localiza al noroeste del estado de Hidalgo, entre los paralelos 20° 37" de latitud norte y 99° 07" longitud oeste, con una altitud de 2,040 m (INEGI, 2017). El clima de la región es templado subhúmedo con lluvias en verano, con la clasificación tipo B_{s1}K'' de acuerdo con la clasificación climática de Koopen (García, 1998).



Obtención de biomasa de maguey (*Agave salmiana*). En la localidad de Durango, Daboxtha se ubicó un predio que tuviera magueyes (*Agave salmiana*) que ya hubieran sido utilizados para la cosecha de aguamiel o tuvieran una edad aproximada de 10 años. De estos magueyes se colectaron todas las hojas verdes; las pencas secas no se utilizaron por la dificultad de cortar y picarlas. La biomasa del maguey fue cortada de forma manual usando una barra jimadora y transportada el mismo día hasta el sitio del experimento. El corte de pencas fue hecho considerando que se tuviera una cantidad suficiente para elaborar las raciones necesarias para cubrir las necesidades de toda una semana.

Procesamiento de las pencas de maguey. Para incorporar el maguey a las raciones, se retiró las púas y espinas con un cuchillo, después cada penca fue picada a un tamaño aproximado de 2 a 3 cm; así quedó preparado para incluirlo en las diferentes raciones experimentales.

Raciones experimentales

Alimento comercial. El alimento comercial utilizado en el grupo testigo fue la marca comercial Nutri SOW®, comercializado como estándar para engorda de ovinos. Este alimento contenía: proteína cruda, mínimo 14%; grasa, 2.5%; cenizas, máximo 14.0%; humedad, máximo 12%; ELN, máximo 53% y fibra cruda, máximo 4.5%.

Dietas con la inclusión de maguey picado. Se formularon 3 raciones experimentales utilizando la aplicación Solver del programa de cómputo Excel. Los requerimientos fueron obtenidos de los Cuadros del NRC de ovinos (NRC, 1985) considerando un ovino macho de raza mediana con peso metabólico de 20 kg \pm 0.5 kg y una predicción de cambio de peso de 0.25 kg/día (Cuadro 1).

Cuadro 1. Raciones utilizadas en la engorda de ovinos con diferente inclusión de maguey picado.

Ingredientes, %	Raciones experimentales			
	R1	R2	R3	R4
Maíz rolado	---	35.65	36.82	36.19
Salvado de trigo	---	20.73	15.60	15.00
Pasta de soya	---	10.12	11.51	11.84
Rastrojo de maíz	---	20.00	20.00	17.07
Melaza	---	4.50	2.07	0.89
Urea	---	1.00	1.00	1.00
Premezcla mineral	---	3.00	3.00	3.00
Total, MS	---	100.00	100.00	100
Nutrientes				
Proteína Cruda, %	14	16.7	16.7	16.7
Energía Metabolizable, Mcal Kg ⁻¹ MS	---	2.65	2.65	2.65

R1: Alimento comercial para engorda de ovinos Nutrisow. R2, R3 y R4: Raciones elaboradas con el uso de Solver de Excel.

Unidades experimentales. Se utilizaron 20 corderos machos enteros con edad aproximada de 4 meses, de la raza Dorper con un peso vivo inicial de 20 \pm 2 kg; los animales fueron comprados en el mismo municipio, para posteriormente ser llevados al sitio experimental y después fueron asignados aleatoriamente a cada uno de los tratamientos experimentales. Las corraletas donde fueron alojados los animales tenían una dimensión de 1 m ancho x 1.5 m de largo.



Manejo de los animales y alimentación. Al inicio del experimento, los corderos fueron identificados, pesados, desparasitados con IVERMEC® a una dosis de 0.5 mL animal⁻¹ y vitaminados con Vigantol® ADE fuerte, 2 mL animal⁻¹. Los animales fueron colocados en corraletas individuales y se les proporcionó agua limpia *ad libitum*. A todos los animales se les ofreció agua limpia y el alimento fue suministrado en una sola ocasión, a las 8:00 am.

Tratamientos experimentales. El periodo experimental fue de dos meses, con un periodo de adaptación de 10 días. Los tratamientos experimentales utilizados en el ensayo de comportamiento productivo se muestran en Cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos experimentales.

Tratamientos	Descripción
T1: A0	Testigo, alimento comercial Nutri SOW®
T2: A5	Ración balanceada + 5% Maguey picado
T3: A10	Ración balanceada + 10% Maguey picado
T4: A15	Ración balanceada + 15% Maguey picado

T1: Alimento comercial, Nutri SOW®; T2: Ración integral, 5% de inclusión de penca de maguey picada; T3: Ración integral, 10% de inclusión de penca de maguey picada; T4: Ración integral, 15% de inclusión de penca de maguey picada en base seca.

Variables de respuesta

Consumo de materia seca (CMS). Se calculó diariamente considerando el alimento ofrecido menos el alimento rechazado, esta variable fue medida de forma individual por cada animal, con base a materia seca.

Ganancia diaria de peso (GDP). Se determinó mediante el pesado de los animales al inicio del experimento y posteriormente cada 14 días, tomando en consideración evitar el estrés en los animales.

Conversión alimenticia (CA). Se obtuvo mediante la cantidad de alimento consumido (kg) durante todo el periodo experimental, dividido entre los kilogramos de peso vivo ganado en periodo.

Consumo de agua promedio por día (Cagua). Se obtuvo diariamente al restar el agua ofrecida menos el agua rechazada diariamente, esta variable fue medida de forma individual para cada animal.

Análisis estadísticos

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones por cada tratamiento. Los animales se asignaron de manera aleatoria a los tratamientos. Se utilizó el procedimiento PROC GLM (SAS, 1999) para analizar los datos y la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1988) para comparar los resultados de medidas de tratamientos, en relación con las variables se tomaron en cuenta cambio de peso vivo y consumo de alimento, se utilizó el peso vivo inicial como variable.



Resultados y discusión

Los resultados obtenidos del presente estudio se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Comportamiento productivo en ovinos de engorda alimentados usando raciones con diferente inclusión de maguey picado.

Variables de respuesta	Tratamientos				CV
	T1	T2	T3	T4	
GDP, kg d ⁻¹	0.26 a	0.27 a	0.24 a	0.26 a	24.66
CMS, kg, d ⁻¹	1.18 b	0.91 a	1.06 ab	1.06 ab	6.87
CA	4.65 a	3.66 a	4.66 a	4.34 a	23.01
CAgua, L d ⁻¹	1.58 b	1.07 a	1.18 a	1.07 a	11.47

T1: Testigo, alimento comercial (AC); T2: R2 + 5% Inclusión Maguey Picado; T3: R3 + 10% Inclusión Maguey Picado; T4: R4 + 15% inclusión Maguey Picado. GDP: Ganancia Diaria de Peso; CMS: Consumo de Materia Seca; CA: Conversión Alimenticia; CAgua: Consumo Diario de Agua. a, b: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro 3) en las variables de estudio CMS y CAgua; sin embargo, no hubo diferencias al comparar los efectos de los tratamientos sobre las variables GDP y CA. El valor numérico mayor para GDP se presentó en T2 (0.27 kg d⁻¹ con 5% de inclusión de maguey; mientras que el valor menor se encontró en el T3 con 0.24 kg d⁻¹. Una respuesta intermedia fue observada en T1 y T4 con 0.26 kg d⁻¹. La inclusión creciente de maguey picado no tuvo efecto sobre esta variable y los valores encontrados, en general, se consideran adecuados si se compara con la predicción de GDP que se consideró (NRC, 1985) para elaborar las raciones y que fue de 0.250 kg d⁻¹; solamente en T3 (10% inclusión maguey) se obtuvo un valor menor (0.24 kg d⁻¹). En estudios con ovinos, utilizando ingredientes convencionales, se ha informado de GDP del orden de 211.55 g d⁻¹ (Bárcena et al., 2002), 240.0 g d⁻¹ (López et al., 1995), 267 g d⁻¹ (Huerta et al., 1995), resultados muy parecidos a los obtenidos en el presente estudio; esto sugiere que el uso de agave picado como parte de la ración tiene un comportamiento similar sobre la GDP.

Respecto a la variable CMS, se observaron diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, si comparamos los tratamientos donde se incluye maguey picado (T2, T3, T4), se presenta una respuesta similar. En T1 se observó el CMS mayor (1.18 kg d⁻¹) pero estadísticamente similar a T3 y T4 (1.06 kg d⁻¹). Haciendo una relación porcentual del CMS con el PV del animal; para un consumo de 1.81 kg d⁻¹ corresponde a un 5.9% mientras que es de un 5.3% para un CMS promedio de 1.06 kg d⁻¹.

Por otro lado, analizando la conversión alimenticia (CMS/GDP), los animales que tuvieron un comportamiento mejor, fueron los del T2 (3.66 kg) comparado con los demás tratamientos (T1, T3 y T4). El tratamiento donde se ofreció alimento comercial (T1), la conversión fue de 4.5 kg de MS/kg de peso ganado. En esta comparación los animales que recibieron las raciones con inclusión de maguey tuvieron mejor comportamiento.

En general, los estudios con rumiantes utilizando maguey picado en raciones integrales son escasos; lo que más se ha estudiado es el uso de bagazo de agave (*Agave tequilana* var. Weber) con resultados variables. Para el caso de engorda intensiva de ovinos (Guerra-Medina et al., 2015) al incorporar un 15% de bagazo se obtuvo una GDP de 325.6 g d⁻¹; sin embargo, se ha obtenido resultados negativos con el uso bagazo en rumiantes adjudicando este comportamiento a una digestibilidad baja por efecto de que el bagazo está conformado por celulosa cristalina y una concentración alta de lignina, lo cual limita su digestión (Iñiguez-Covarrubias et al., 2001).



Otras investigaciones con cabras Saanen lactantes, alimentadas con ensilado a base de maguey, nopal y vainas de mezquite, afectó la producción de leche y algunas variables fisiológicas y productivas; no obstante, la calidad fisicoquímica de la leche no disminuyó; por el contrario, el porcentaje de grasa se incrementó y el costo de alimentación por animal al día fue 54% menor al incluir estos recursos forrajeros en la dieta para cabras lecheras. Ello hace factible su uso para unidades pequeñas de producción de leche de cabra al involucrar esos recursos en sus dietas.

El consumo de agua es un recurso limitado que se debe de considerar en las regiones áridas cuando se hacen ensayos con animales. En el presente estudio, los animales que consumieron la ración comercial tuvieron una ingesta promedio de agua por día de 1.58 L, y que además fue mayor que todos los tratamientos que incluyeron raciones adicionadas con maguey picado (T2, T3 y T4). Los animales que tuvieron el valor menor de consumo de agua fueron los del T4 (15% maguey picado; 1.07 L d⁻¹); este comportamiento se debió a que al incorporar el maguey picado a las raciones, también se aporta agua ya que el maguey tiene un contenido en humedad de alrededor de un 90%. Si se representa este ahorro en el uso de agua potable, comparando con el consumo de los animales que se les proporcionó la ración comercial, esta diferencia corresponde a un consumo menor en un 32.28%; en litros ahorrados corresponde a 30.6 L/animal/periodo de engorda.

Conclusiones

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente estudio, se concluye que la inclusión de hojas de maguey picadas hasta un 15% de la ración no afecta la GDP ni la CA de ovinos en la etapa de engorda. Asimismo, se obtiene un ahorro en el consumo de agua de hasta un 32.28% comparado con animales que se alimentaron con una ración comercial. Se sugiere seguir con estudios relacionados que apoyen los hallazgos obtenidos en el presente estudio analizando variables productivas, fermentativas y microbiológicas.

Referencias

- Aguirre, R. J., Charcas, S. H. y Flores, F. J. 2001. El maguey mezcalero potosino. COPOCYT y UASLP. San Luis Potosí, SLP. México. 87 p.
- Badillo, O. B. 2004. Determinación de variables nutricionales del maguey mezcalero potosino (*Agave salmiana* Otto ex. Salm-Dick) para su uso en rumiantes. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo. de México.
- Bárcena, G. R., Mendoza, M. G. D., González, M. S. S., Herrera H. J. G. y Mora J. G. 2002. Respuesta Productiva y Fermentación Ruminal en Ovinos Alimentados con Grano de Sorgo Tratado con Amilasas. *Agrociencia*. 36:31-39.
- García, E. (1998). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). "Climas" (Clasificación de Koopen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.
- Guerra-Medina, Guerra-Medina, C. E., Montañez-Valdez, O. D., Ley-De Coss, A., Reyes-Gutiérrez, J. A., Gómez-Peña, J. E., Martínez-Tinajero, J. J., & Pinto-Ruiz, R. (2015). Fuentes alternas de fibra en dietas integrales para ovinos en engorda intensiva. *Quehacer Cient Chiapas*, 10(1), 3-8. https://www.dgip.unach.mx/images/pdf-REVISTA-QUEHACERCIENTIFICO/2015-ener-jun/Fuentes_alternas_de_fibra_en_dietas_integrales.pdf
- Huerta, B. M., Mezhuva, C. A. Téllez, H. A. Guevara V. G. y Marcof, A. C. 1995. Alimentación de ovinos con Saccharina cubana. Memorias. VIII Congreso Nacional de Producción Ovina. Chapingo, México, pp. 72-89
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2017. Anuario Estadístico y Geográfico de Hidalgo 2017. Gobierno del estado de Hidalgo. 671 p.
- Iñiguez-Covarrubias, G., Lange, S. E., & Rowell, R. M. 2001. Utilization of byproducts from the tequila industry: Part 1: Agave bagasse as a raw material for animal feeding and fiberboard production. *Bioresource Technology*, 77(1),25-32. [https://doi.org/10.1016/s0960-524\(00\)00137-1](https://doi.org/10.1016/s0960-524(00)00137-1)



- López, A. S., Pinos, R. J. M., Martínez, D. I., Chávez, V. D. A., Aguirre, R. J. R., Rodríguez, E. M. L. 2001. La digestibilidad *in situ* como herramienta para estimar la degradabilidad ruminal del maguey mezcalero potosino (*Agave salmiana*). En: Memoria de la 5ª Reunión Científica y Tecnología, Agrícola, Pecuaria y Forestal. Fundación Produce. San Luis Potosí, S. L. P. México.
- López, A., Márquez, J. J. Aguilera, S. R. Cruz, M. R. y Colorado D. A. 1995. Alimentación de ovinos Pelibuey en confinamiento con dietas basadas en grano y mazorca de maíz completa. Comportamiento productivo. Memorias. VII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria del Estado de Veracruz, Ver. México, p. 208.
- Mata-Espinosa, M. A., Torres-Cardona, M. G., González-Ibarra, G., Cobos-Peralta, M. A., Rodríguez-Salas, G., Luévano-López, A., Guzmán-González, D. R. y Gámez-Aguilar, M. M. 2011. Degradabilidad *in vitro* de *Agave mapisaga*, *Agave salmiana* var. *salmiana*, y *Agave salmiana* var. *ferox*. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. Vol. 10:123-129.
- Morales, A. R., Galina, M. A., Jiménez, S., Haenlein, G. F. 2000. Improvement of biosustainability of goat feeding system with key supplementation. Small Rum. Res 35: 97-105.
- NRC. 1985. Nutrient Requirements of Sheep, Sixth Revised Edition, 1985. ISBN: 0-30959555-X. 112 p. Available <http://.nap.edu/catalog/614.html>
- Peña, A. L. 2005. Concentración de protozoarios y variables ruminales de borregos alimentados con maguey (*Agave salmiana*). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P. México. 25 p.
- Rivera M. T., 2003. Desaparición ruminal *in vitro* y calidad nutricional del maguey mezcalero potosino (*Agave salmiana*). Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. 26 p.
- SAS institute. (1999). SAS user's guide: Statistics. 6th ed. SAS Institute. Cary, N C. CD-ROOM.
- Steel, R. G. y J. H. Torrie. 1988. Bioestadística. Principios y procedimientos. Segunda edición. McGraw Hill, México. 622 p.



RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FORRAJE DE *Lotus corniculatus* L. y *Medicago sativa* AL VARIAR LA FRECUENCIA DE DEFOLIACIÓN EN CONDICIONES SEMI-CONTROLADAS DE INVERNADERO

Ana Laura Olivas-Pérez^{1*}, Perpetuo Álvarez-Vázquez², José Eduardo García-Martínez², Aurelio Pedroza-Sandoval³, Juan Antonio Encina-Domínguez²

¹Maestría en Ciencias de Producción Agropecuaria UAAAN-UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coah. México. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coah. México. ³Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Carretera Gómez Palacio - Ciudad Juárez, Bermejillo, 35230 km 40, Dgo. *Autor de correspondencia: analauraolivasperez@gmail.com

Introducción

El *Lotus corniculatus* L. y la alfalfa (*Medicago sativa*) son dos leguminosas perennes de alto potencial forrajero, con un alto valor nutritivo y excelente adaptación a condiciones adversas (Santacoloma-Varón et al., 2017), por su parte el *lotus corniculatus* muestra valores de hasta 79% de digestibilidad y 22.6% de proteína cruda (García-Bonilla et al., 2015), valores similares a la alfalfa la cual tiene un porcentaje de proteína del 24.2% y digestibilidad de 89% (Rojas et al., 2019). La ganadería mexicana utiliza principalmente en sus cultivos alfalfa, sin embargo, este cultivo necesita altos volúmenes de agua para tener una buena producción, lo cual crea una problemática ya que la disponibilidad de este recurso principalmente en el norte país se ve reducida con el paso de los años (Pedroza et al., 2014), por este motivo se crea la necesidad de utilizar cultivos alternativos los cuales tengan mayor resistencia a condiciones medioambientales adversas, una de las alternativas que resalta es el *L. corniculatus*. Sin embargo, en México han sido pocos los estudios de esta leguminosa, por lo que es necesario ampliar el estudio de esta, para determinar el potencial productivo de los diferentes genotipos y su adaptación a las diferentes regiones del país, además de compararla con cultivos como la alfalfa donde se puede demostrar que esta reúne las características para ser una alternativa de la misma. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento y calidad del forraje respecto a la relación hoja/tallo (RHT) y altura de la planta (AP), además de la composición morfológica en porcentaje de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L. (232098, 226796, 255301), a diferentes intervalos de corte, utilizando como testigo la alfalfa variedad Premium, en condiciones semi-controladas de invernadero.

Materiales y métodos

El proyecto se llevó a cabo del 12 de septiembre al 20 diciembre del 2022, durante la estación de otoño en el invernadero del departamento de Recursos Naturales Renovables de la UAAAN Saltillo, en las coordenadas 25°21'12.6"N 101°02'09.7"O con una temperatura promedio de 16° C. Las condiciones ambientales, temperaturas máximas, mínimas, medias y humedad relativa fueron estimadas mediante un higrómetro digital modelo WS08 ubicado a un 1 m de altura del área experimental. Se estableció en 60 macetas de 18 kilogramos, las cuales se dividieron en 3 genotipos de *L. corniculatus* y un testigo alfalfa tipo Premium, teniendo 15 individuos por genotipo, estos individuos se sometieron a 3 frecuencias de corte que se establecieron según la literatura como corte temprano (CTE), corte medio (CME) y corte tardío (CTA) a 35, 42 y 49 días en alfalfa y a 49, 56 y 63 días en *L. corniculatus*.



Se evaluó Rendimiento de Forraje (RF) que se calculó al sumar el peso seco de los componentes morfológicos de la planta por tratamiento, los cuales se secaron en una estufa de aire forzado durante 72 horas posteriores a su corte, hasta mantener un peso constante, relación hoja/tallo (RHT) donde se tomó un 10% del total de materia obtenida por corte y se separara en componentes, después se tomó el peso del componente hoja y se dividió entre el peso del componente tallo (g MS planta⁻¹) y altura de la planta (AP) la cual se obtuvo midiendo con una regla de 100 cm la altura de un tallo al azar por planta por corte. Para la composición morfológica en porcentaje se utilizó los valores obtenidos del peso seco de cada componente se sumó y se dividió el peso total entre el peso del componente por 100. Se realizó un ANOVA mediante el procedimiento PROC GLM del SAS versión 9.4, y una comparación de medias con Tukey ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se puede observar el RF por corte y total de la estación, además de la RHT y AP por cultivar, el rendimiento de forraje de los cuatro cultivares estudiados en la estación de otoño del año 2022. El CTE reflejó los mayores valores en la RHT con un promedio de 2.8, sin embargo, este intervalo no sobresalió en las demás variables, al contrario del CME que refleja los mayores resultados en todas las variables, esto nos permite concluir que el periodo entre cortes, influye directamente en el RF de estas leguminosas, al igual que las variables RHT y altura son directamente proporcionales entre sí a lo que, si se tiene mayores valores de RHT, se reflejará una mayor acumulación de forraje. Por su parte Trucco (2018), en su investigación sobre el contenido de carbohidratos y como influye en la relación hoja/tallo, resalta que la altura de las leguminosas es un factor que permite conocer el punto óptimo de corte, el cual tendrá la cantidad suficiente de carbohidratos para que la planta pueda desarrollarse después de esto y que estos resultados se verán reflejados directamente en la RHT. Lo que nos permite determinar que, en nuestra investigación, que el CME es el corte óptimo para nuestras plantas.

Cuadro 1. Rendimiento de forraje por corte y por temporada, altura de la planta y relación hoja/tallo por frecuencia de corte

Intervalo de corte	RF/corte (g MS planta ⁻¹)	RF/estación (g MS planta ⁻¹)	Relación hoja/tallo	Altura (cm)
Corte temprano				
232098	1.4 ^{Ba}	2.8 ^{Ba}	2.4 ^{Aa}	15.4 ^{Bb}
226796	3.8 ^{Ba}	7.6 ^{Ba}	2.8 ^{Aa}	11.0 ^{Ba}
255301	9.4 ^{Aa}	18.8 ^{Aa}	3.8 ^{Aa}	20.0 ^{Ba}
Alfalfa	14.5 ^{Aa}	29.0 ^{Aa}	2.2 ^{Aa}	50.2 ^{Aa}
Promedio	7.2 ^A	14.5 ^A	2.8 ^A	24.1 ^A
Corte medio				
232098	3.7 ^{Ba}	7.4 ^{Ba}	2.4 ^{Aa}	21.4 ^{Bb}
226796	5.3 ^{Ba}	10.6 ^{Ba}	2.6 ^{Aa}	16.2 ^{Ca}
255301	8.8 ^{Ba}	17.6 ^{Ba}	3.0 ^{Ab}	15.6 ^{Cb}
Alfalfa	15.5 ^{Aa}	31.0 ^{Aa}	1.3 ^{Ba}	59.6 ^{Aa}
Promedio	8.3 ^A	16.6 ^A	2.2 ^{AB}	28.2 ^B
Corte tardío				
232098	4.7 ^{Ba}	9.4 ^{Ba}	1.0 ^{Ba}	17.8 ^{Bab}
226796	6.1 ^{Ba}	12.2 ^{Ba}	2.0 ^{ABa}	14.2 ^{Ba}
255301	9.9 ^{ABa}	19.8 ^{ABa}	2.4 ^{Ab}	19.8 ^{Ba}
Alfalfa	13.0 ^{Aa}	26.0 ^{Aa}	1.2 ^{Ba}	55.0 ^{Aa}
Promedio	8.4 ^A	16.8 ^A	1.6 ^B	15.8

Medias seguidas por la misma letra mayúscula la misma columna y medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$).



En base a la composición morfológica en porcentaje (Figura 1) la mayor cantidad la aportó el componente hoja, en el caso de los genotipos de *L. corniculatus*, el 255301 supero a los demás en las tres frecuencias de corte, el menor valor se obtuvo de la alfalfa con valores similares tanto en el componente hoja como en el tallo. Los componentes que menor aporte reflejaron son el material muerto e inflorescencia. La alfalfa produjo la mayor cantidad de tallo respecto a los genotipos de *L. corniculatus*, en el caso del material muerto, los valores solo se observaron en el CTE en el genotipo 232098, por otro lado, el componente inflorescencia solo se mostró en el cultivar alfalfa, lo que refleja que los intervalos de corte influyen directamente en las etapas de crecimiento del trébol. Landeros (2020) reporto que el componente hoja tuvo el mayor aporte en el cultivar 232098 durante todos sus cortes, aunque este mostro una tendencia descendente. Hernández *et al.* (2021) en un estudio de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L. incluido el 226796, en el que registraron una mayor aportación por parte de la hoja con un 86 % cuando la planta tenía 7 días de rebrote. Respecto al tallo y material muerto a la misma edad de rebrote, obtuvieron 14 y 0 % de aportación respectivamente.

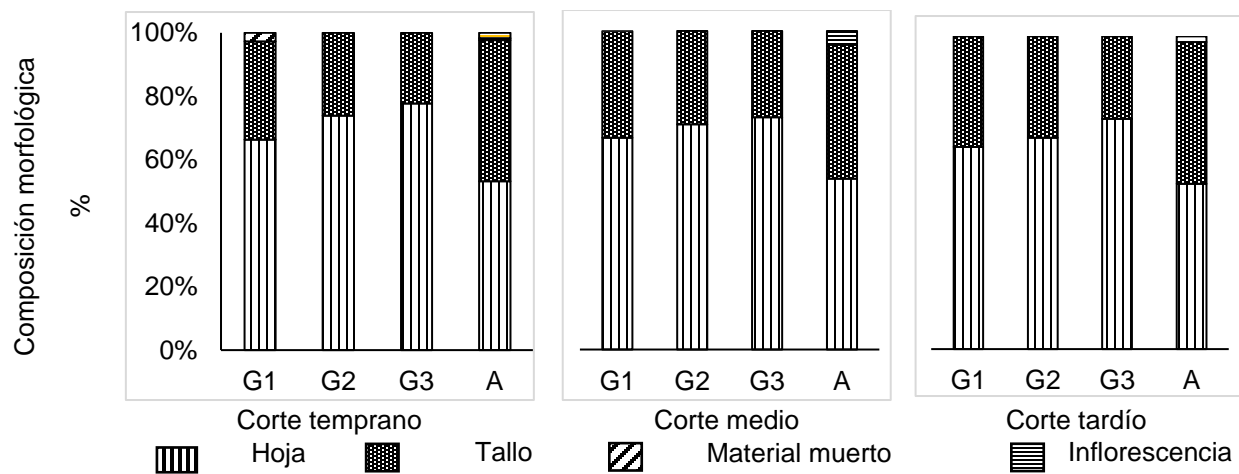


Figura 1. Composición morfológica en porcentaje.

Conclusión

Se puede concluir que el RF la RHT y altura de la planta si son directamente proporcionales y se pueden ver afectados por el periodo del corte, la edad de la planta y las condiciones climáticas en las que se desarrolla.



Referencias

- Álvarez-Vázquez, P., García de los-Santos, G., Guerrero-Rodríguez, J. D., Mendoza-Pedroza, S. I., Ortega-Cerrilla, M. E., Hernández-Garay, A. (2018). Comportamiento productivo de *Lotus corniculatus* L. dependiente de la estrategia de cosecha. *Agrociencia*, 52(8), 1081-1093. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1724/1724>
- García-Bonilla, D. V., Guerrero-Rodríguez, J. D. D., García de los Santos, G., Lagunes-Rivera, S. A. (2015). Rendimiento y calidad de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus* en el Estado de México. *Nova Scientia*, 7(13), 170-189. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v7n13/v7n13a10.pdf>
- Hernández-Guzmán, F. J., Álvarez-Vázquez, P., Flores-Naveda, A., Camposeco-Montejo, N., Wilson-García, C. Y., Martínez-Martínez, R. (2021). Rendimiento de forraje de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., en función de la edad al corte. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8 p. <https://doi.org/10.19136/era.a8nii.2937>
- Landeros-Velázquez, J. (2020). Análisis del crecimiento de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), en función de la edad de rebrote <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/47152>
- Pedroza Sandoval, A., Ríos Flores, J. L., Torres Moreno, M., Cantú Brito, J. E., Piceno Sagarnaga, C., Y Yáñez Chávez, L. G. (2014). Eficiencia del agua de riego en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y alfalfa (*Medicago sativa*): impacto social y económico. *Terra Latinoamericana*, 32(3), 231-239.
- Rojas García, A. R., Mendoza Pedroza, S. I., Maldonado Peralta, M. D. L. Á., Álvarez Vázquez, P., Torres Salado, N., Cruz Hernández, A., Y Joaquín Cancino, S. (2019). Rendimiento de forraje y valor nutritivo de alfalfa a diferentes intervalos de corte. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 849-858.
- Santacoloma-Varón, L. E., Granados-Moreno, J. E., Y Aguirre-Forero, S. E. (2017). Evaluación de variables agronómicas, calidad del forraje y contenido de taninos condensados de la leguminosa *Lotus corniculatus* en respuesta a biofertilizante y fertilización química en condiciones agroecológicas de trópico alto andino colombiano. *Entramado*, 13(1), 222-233.
- Trucco, R. F. (2018). Determinación de la relación hoja tallo y del contenido de carbohidratos en alfalfa (*medicago sativa* L.).



RESPUESTA DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS A LA INOCULACIÓN Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA REGIÓN LAGUNERA

Esmeralda Ochoa Martínez^{1*} David Guadalupe Reta Sánchez², Juan Isidro Sánchez Duarte¹, Yasmin Ileana Chew Madinaveitia¹, Karla Rodríguez Hernández¹ Edimar Rodríguez Soares³, Pedro Cano Ríos⁴, Dana Paola Villegas Reyes⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdez 1200. Col. Centro. 27440. Matamoros, Coahuila. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000. Delicias, Chihuahua. ³Facultad Quirinópolis, Brasil, ⁴Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón Coahuila. *Autor de correspondencia: ochoa.esmeralda@inifap.gob.mx

Introducción

La soya (*Glycine max* L.) y la crotalaria (*Crotalaria Juncea* L.) representan una alternativa para la producción de forraje en regiones áridas y semiáridas. Además del potencial de producción y calidad nutritiva como forraje, estas leguminosas tienen la capacidad de fijar biológicamente el nitrógeno ambiental en el suelo y usarlo para su crecimiento y desarrollo, donde se estiman aportaciones del 25 al 90% de nitrógeno (Fornasero et al., 2015). La crotalaria es una de las leguminosas más utilizadas como abono verde porque tiene capacidad de mejorar las propiedades del suelo, por su rápido crecimiento y porque se adapta a suelos de baja fertilidad (Magaña et al., 2020). Por lo tanto, es importante la incorporación de las leguminosas para promover la fertilidad del suelo y aumentar los rendimientos de cultivos posteriores en los sistemas de producción de forrajes. Para potencializar el uso de las leguminosas es también fundamental la inoculación de la semilla porque esta es una alternativa biológica sustentable para aprovechar la capacidad fisiológica de los microorganismos para la fijación simbiótica del nitrógeno. El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta de la inoculación microbiana de la semilla y la fertilización química nitrogenada en la producción de forraje y distribución de la materia seca en los órganos de la parte aérea de la soya y crotalaria.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el ciclo de primavera 2023 en el Campo Experimental La Laguna en Matamoros, Coahuila, México. El suelo es de textura arcillosa con un pH de 7.7 y una conductividad eléctrica de 1.2 dS m en el estrato de 0-30 cm. La siembra del experimento se realizó en suelo húmedo el 15 de mayo de 2023 en hileras a 0.65 m de distanciamiento (un ciclo previo al estudio se blanqueó el terreno con triticale forrajero para extraer los nutrientes residuales del suelo).

Se evaluó la respuesta de soya y crotalaria con inoculación de la semilla (sin fertilización química) y con fertilización química nitrogenada de la semilla bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y un arreglo factorial 2 x 2. Las variedades utilizadas fueron soya (*Glycine max* L. variedad nainari) y crotalaria (*Crotalaria Juncea* L.cv común).

La semilla de soya variedad se inoculó con *Bradyrhizobium japonicum* en dosis de 141.8 g de inoculante para 22.7 kg de semilla y la crotalaria se trató con el inoculante que contiene *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*, *Bradyrhizobium* sp y *Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli*, con dosis de 340 g para 22.68 kg de semilla. Se aplicaron cuatro riegos de auxilio a los 17, 37, 57 y 73 días después de la siembra (dds).

La dosis de fertilización consistió en aplicar 250 kg ha⁻¹ de nitrógeno con Novatec Solub 45 y 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ con ácido fosfórico.



Semanalmente se obtuvieron datos de altura, índice de área foliar y a los 80 días después de la siembra (dds) se realizó un muestreo para determinar la producción de forraje y la distribución de la materia seca. La información se analizó en el programa SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2016), utilizando un análisis de varianza para un experimento factorial 2 x 2. Se aplicó la prueba de Tukey-Kramer a un nivel de significancia $P \leq 0.05$. Debido a que la interacción especie x inoculación/fertilización no afectó ($P \leq 0.05$) ninguna de las variables evaluadas, los resultados se analizaron separando las especies.

Resultados y discusión

Crecimiento de especies leguminosas

Los tratamientos con inoculante y fertilización química nitrogenada no afectaron en forma diferente (≤ 0.05) el crecimiento de las plantas de soya y crotalaria. En la Figura 1 se puede observar que entre los 36 y 44 dds se aceleró mayormente el crecimiento de las especies, independientemente de la inoculación de la semilla o fertilización química. En general, la crotalaria alcanzó una altura promedio 162 cm; mientras que la altura de la soya fue de 78 cm a los 79 dds valores similares reportados por Magaña. *et al.* (2020) quienes reportaron una altura promedio de 73 cm a los 75 dds.

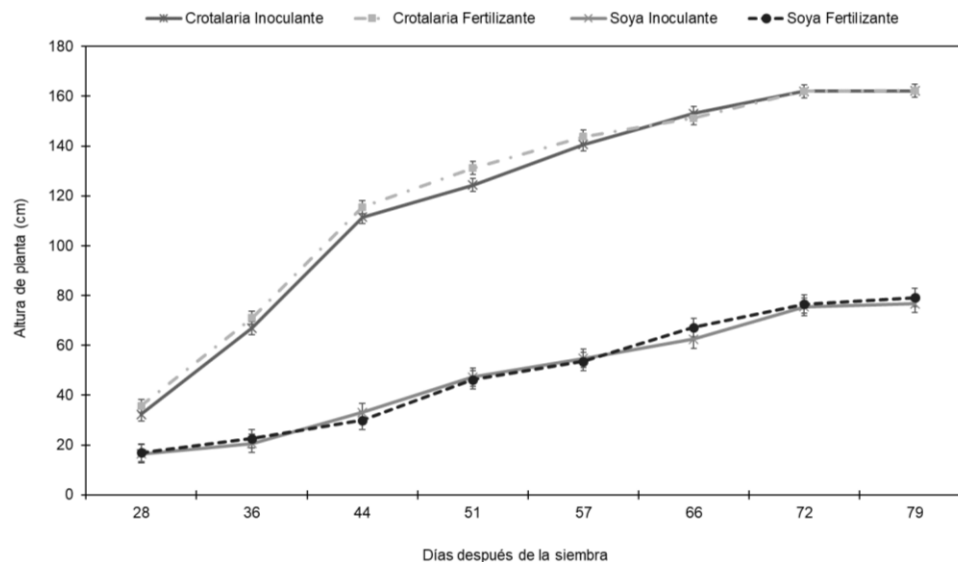


Figura 1. Altura de planta en soya y crotalaria inoculada y fertilizada. Soya ($P=0.98$; $EE=3.66$) y crotalaria ($P=0.76$; $EE=2.63$).

Índice de área foliar (IAF) e intercepción de radiación solar (IRS)

En ambientes imperantes como se presentan en regiones áridas o semiáridas similares a la Región Laguna, estimar la capacidad fotosintética de las plantas ayuda a entender la relación entre la acumulación de biomasa y el rendimiento (Intagri, 2017). Durante el desarrollo de los cultivos no hubo diferencia entre tratamientos con inoculación y fertilización química en el IAF (Figura 2) y la capacidad de intercepción de energía solar (Figura 3) en crotalaria y soya ($P \leq 0.05$). Sin embargo, se puede apreciar en la Figura 2 que la soya por su morfología tiene hojas más grandes y tiende a ramificar más que la crotalaria por lo que el IAF es normalmente superior en soya que en crotalaria.



De acuerdo a Barrios *et al.* (2014) el valor del IAF requerido en la soya para interceptar el 95% de la radiación solar, es denominado IAF crítico; mostrando valores que oscilan entre 3.2 y 4.5. Estos valores de IAF fueron inferiores a los valores del IAF encontrados en este estudio (5.16 y 5.72) (Figura 2) alcanzando su máxima capacidad de intercepción de radiación solar de 88% y 93% en soya inoculada y fertilizada, respectivamente a los 65 dds (Figura 3).

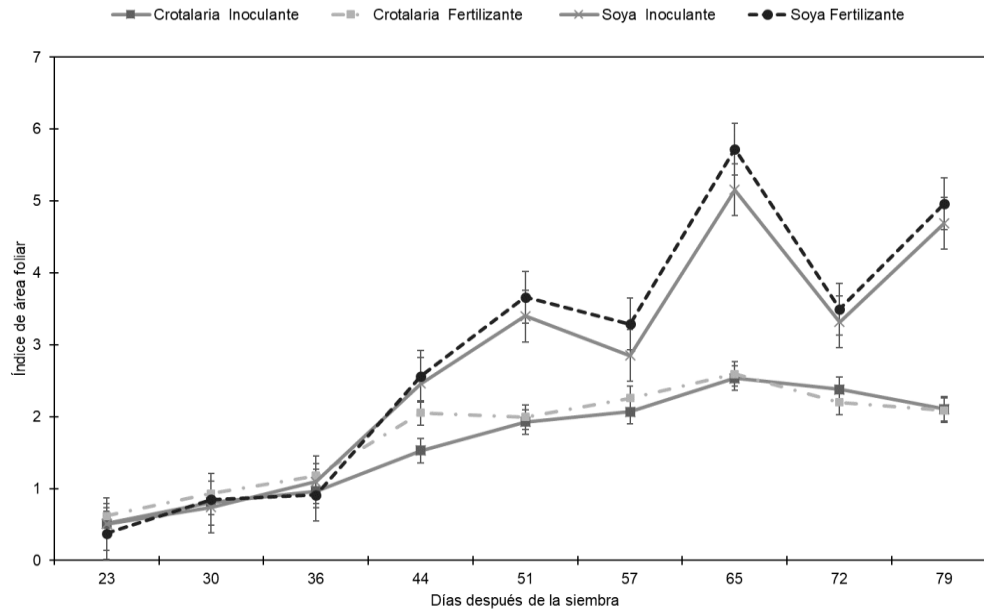


Figura 2. Índice de área foliar en soya y crotalaria inoculada y fertilizada. Soya ($P=0.98$; $EE=0.36$) y crotalaria ($P=0.76$; $EE=0.17$).

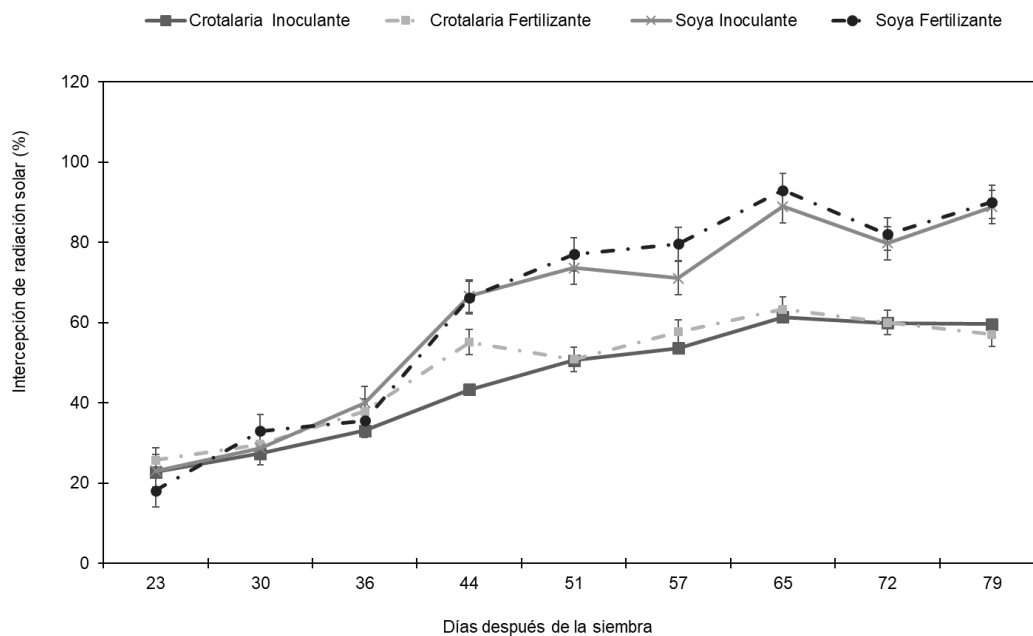


Figura 3. Intercepción de radiación solar en soya y crotalaria inoculada y fertilizada. Soya ($P=0.81$; $EE=4.10$) y crotalaria ($P=0.54$; $EE=3.05$).



Los rendimientos de MS en los tratamientos con inoculación de la semilla y fertilización química nitrogenada fueron similares en soya (Cuadro 1) y crotalaria (Cuadro 2) ($P=0.51$). Esto significa que la fijación de nitrógeno de las plantas tanto de la soya como de la crotalaria posiblemente fue efectiva. Los valores de rendimiento de soya con fertilizante en este estudio fueron similares a los obtenidos por Reta et al. (2013) de $7,329 \text{ kg ha}^{-1}$, cosechados a los 75 dds, pero superiores a los obtenidos por Ríos et al., 2023, estos autores obtuvieron valores de rendimiento de soya sin fertilización de $3,440 \text{ kg ha}^{-1}$ a $5,500 \text{ kg ha}^{-1}$ de MS. En el caso de la crotalaria, el rendimiento de materia seca obtenido por Magaña et al. (2020) fue de $6,142 \text{ kg ha}^{-1}$; el cual es similar al rendimiento obtenido en este trabajo, pero inferior al obtenido por Almeida et al. (2019) de $7,160 \text{ kg ha}^{-1}$.

La distribución de la materia seca en los órganos de la parte aérea de los cultivos fue similar entre tratamientos con inoculante y con fertilización química tanto en soya como crotalaria (Cuadros 1 y 2). Se puede observar que en soya hay una mayor acumulación de materia seca en peciolos que en tallos + ramas. En crotalaria la mayor acumulación de materia seca ocurrió en tallos.

Cuadro 1. Rendimiento y distribución de la materia seca en los órganos de la parte aérea de soya inoculada y fertilizante químico a los 79 dds.

Concepto	Inoculante	Fertilizante	EE	Valor de P
Rendimiento de MS (kg ha^{-1})	6126.38	7060.44	943.05	0.51
Tallos + ramas (%)	32.46	31.72	1.95	0.76
Hojas (%)	23.02	24.63	0.66	0.18
Peciolos (%)	43.25	42.23	1.90	0.68
Vainas (%)	1.27	1.42	0.43	0.81

EE = error estándar

Cuadro 2. Rendimiento y distribución de la materia seca en los órganos de la parte aérea de crotalaria con inoculante y fertilizante químico a los 79 dds.

Concepto	Inoculante	Fertilizante	EE	Valor de P
Rendimiento (kg ha^{-1})	5686.82	6593.41	690.19	0.16
Tallos (%)	40.38	41.57	3.11	0.79
Ramas (%)	13.73	11.85	1.27	0.33
Hojas (%)	20.96	21.02	1.65	0.97
Vainas (%)	23.33	23.80	4.77	0.94
Flor (%)	1.60	1.76	0.80	0.98

EE = error estándar

Conclusiones

El rendimiento de forraje y la distribución de la materia seca en los órganos de la parte aérea de soya y crotalaria fueron similares en tratamientos con inoculación y fertilización. Esto se encuentra apoyado por los valores similares de índice de área foliar y la intercepción de radiación solar. Por lo tanto, la inoculación de la semilla con bacterias efectivas para formar nódulos y posteriormente fijar nitrógeno atmosférico a través de inoculantes específicos en leguminosas, permitirá disminuir el uso de fertilizantes químicos en estos cultivos.



Referencias

- Almeida, S.L.E.; Obrador, O.J.J., García, L.E.; Castelán, E. M. y Carrillo, A. E. (2019). Cultivo e incorporación de *Crotalaria juncea* L. en un suelo cañero de la Chontalpa, Tabasco, México. *Revista Agro productividad* 12(7):87-93. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1475>
- Barrios, M.B., Buján, A., Debelis, S.P., Sokolowski, A.C., Blasón, A.D., Rodríguez, H.A., López, S.C., De Grazia, J., Mazo, C.R., Gagey, M.C. (2014) Relación Biomasa de raíz/biomasa total de soja (*Glycine max*) en dos sistemas de labranza. *Revista Terra Latinoamericana*. 32 (3): 221-230.
- Fornasero, L.V., Toniutti, M.A. (2015) Evaluación de la nodulación y rendimiento del cultivo de soja con aplicación de distintas formulaciones de inoculantes. *Revista FAVE-Ciencias Agrarias*. ISSN 1666-7719. 14(1): 79-90.
- Magaña, V.W., Obrador, J. de J.O., García, L.E., Castelán, E.M., Carrillo, A.E. (2020) Rendimiento comparativo de la yuca bajo fertilización mineral y abono verde. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*. 11(6) 1259-1271. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2202>
- Reta S. D. G., P. C. Castellanos G., J. Olague R., H. M. Quiroga G., J. S. Serrato C. y A. Gaytán M. (2013). Potencial forrajero de cuatro especies leguminosas en el ciclo de verano en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4(5):659-671. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i5.1166>
- Ríos H.J.J., Maldonado, P.M de los A. Rojas., G.A.R., Hernández, C.E., Sabino, L.J.E., Segura, P.H.R. (2023) Comportamiento productivo del cultivo de soya variedad Salcer a diferentes densidades de población y momentos de cosecha. *Revista Fitotecnia Mexicana* 46(1):3-10. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.1.3>
- Intagri. 2017. El Índice de Área Foliar (IAF) y su Relación con el Rendimiento del Cultivo de Maíz [Internet]. Intagri S.C. disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>



DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE LA ALFALFA (*Medicago sativa* L.) VARIEDAD CUF-101 A DIFERENTES EDADES DE REBROTE

Perpetuo Álvarez Vázquez^{1*}, Aurelio Pedroza-Sandoval², Sergio I. Mendoza-Pedroza³,
Mauricio Velazquez-Martínez⁴, Alejandro García-Salas¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315, Saltillo, Coah. México. ²Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Carr. Gómez Palacio - Ciudad Juárez, Bermejillo, 35230 km 40, Dgo. ³Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería-COLPOS, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Luis, km 14.5 Carretera San Luis - Matehuala. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. C.P. 78430. *Autor de correspondencia: perpetuo.alvarezv@uaaan.edu.mx

Introducción

La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas, cuyo nombre científico es *Medicago sativa* L. se trata de un cultivo muy extendido en los países de clima templado. Es la leguminosa más utilizada en la alimentación del ganado a nivel mundial, su importancia radica en su rendimiento y valor nutricional (Montes et al., 2010). Esta población de ganado demanda para su alimentación alrededor de 3,000,000 t de forraje verde anualmente, siendo la alfalfa la principal fuente de este insumo (Vázquez et al., 2010). El rendimiento, crecimiento y persistencia de la pradera, así como calidad del forraje dependen de la frecuencia e intensidad de defoliación por época del año. La frecuencia de corte determina el valor nutritivo y la morfogénesis del forraje, por lo que definir un esquema de manejo con base en la velocidad de acumulación de biomasa de la alfalfa es fundamental (Montes, 2016). Además, la edad de rebrote o tiempo de descanso de la pradera consecuentemente afecta la rentabilidad en la producción animal, particularmente en los sistemas de producción de leche (Rojas et al., 2016). Teixeira et al. (2008) mencionan que la frecuencia de defoliación modifica la tasa de mortalidad y sobrevivencia del rebrote al permitir el paso de la radiación a nivel de corona, lo que perturba la tasa de aparición y muerte de tallos, así como la fotosíntesis en las primeras hojas emergidas después de la defoliación. Así mismo, la relación hoja: tallo y por consecuencia la calidad del forraje difiere con la madurez de la planta, el tiempo de recuperación entre cortes sucesivos, momento del rebrote, época del año y las condiciones ambientales (Gaytán et al., 2019). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar la productividad y punto óptimo de cosecha de alfalfa (*Medicago sativa* L.), variedad Cuf-101, en la estación de verano en el sureste de Coahuila, en función de variables productivas.

Materiales y métodos

El presente trabajo se llevó a cabo del 3 de agosto al 21 de septiembre del 2019, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, en el área experimental conocida como "El Bajío". Las coordenadas del sitio son 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a una altitud de 1,783 m. El clima es clasificado como templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18 °C, con inviernos extremos y con una precipitación media anual de 340 mm (RUOA UNAM, Observatorio Atmosférico Saltillo, UAAAN 2019).

Se utilizó una pradera de 378 m² (9 x 42 m) establecida el 05 de febrero de 2019 de alfalfa de la variedad Cuf-101, en la que se realizó una siembra con el método al voleo, y se utilizó un riego por goteo con cintilla superficial, calibre 6000. El área experimental fue dividida en tres bloques (repeticiones) con 7 parcelas cada bloque, generando un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. La unidad experimental, fueron parcelas de 9 m² (3 x 3 m). Los tratamientos fueron cortes sucesivos semanales durante siete semanas de rebrote, distribuidos en diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones.



El día 03 de agosto de 2019 se realizó un corte de uniformización manualmente utilizando una hoz, cortando el forraje a una altura de 5 cm al nivel del suelo. Posteriormente, del 10 de agosto al 21 de septiembre se practicaron cortes con la misma intensidad de defoliación para evaluar productivamente la pradera. Se evaluó rendimiento de forraje, al cortar el material vegetal presente dentro de un cuadrante de 0.25 m² (50 x 50 cm) por repetición y se depositó en bolsas de papel previamente identificada con el número de semana, repetición y parcela. Las bolsas se depositaron en una estufa de aire forzado, marca Felisa Modelo FE-243A, para su secado a una temperatura de 55 °C durante 72 h o hasta alcanzar un peso constante. También se determinó la composición botánica y morfológica; de la muestra utilizada para determinar rendimiento de forraje, se uniformizó y se tomó una sub-muestra de aproximadamente entre el 10 y 20 %, la cual fue separada 24 en hojas, tallos, material muerto e inflorescencia y maleza, y cada componente se secó en una estufa de aire forzado modelo FE-243A, marca Felisa, a una temperatura de 55 °C durante 72 h o hasta alcanzar un peso constante. Para determinar el efecto de edad de rebrote, se llevó a cabo un análisis de varianza, con un diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones, con el PROC GLM del SAS para Windows versión 9.3 (SAS Institute, 2011) y se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

En la Figura 1, se presenta el rendimiento de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) cosechada a diferentes edades de rebrote. Se presentaron diferencias estadísticas entre semanas de rebrote ($p < 0.05$). Los primeros siete días de rebrote (DDR) con 0.768 ton MS ha⁻¹, fueron menores al resto de los cortes. El mayor rendimiento de forraje se presentó a los 35 DDR con 3.5 ton MS ha⁻¹, siendo estadísticamente similar a los días 28, 42, y 49 días de rebrote. Se obtuvo un promedio general de 2.2 ton Ms ha⁻¹. Se observó un incremento del rendimiento a medida que aumentó la edad de rebrote de la planta, representada por una ecuación de ajuste de segundo grado o cuadrática con un $R^2 = 0.91$. De acuerdo con Cruz (2020), reporta un comportamiento similar en la estación de primavera con una $R^2 = 0.98$, con valores que van de 0.164 ton MS ha⁻¹ en la primera semana de rebrote, hasta 4.189 ton MS ha⁻¹ en la semana seis (42 DDR), con un valor promedio de 3.081 ton MS ha⁻¹, superior al encontrado en este estudio, lo que puede ser atribuido a las condiciones del clima. Carmona (2021), por su parte reporta en la estación de primavera valores de rendimiento de forraje superiores, con el valor más bajo en la semana uno, pero comparado con los datos de verano estos tuvieron un crecimiento positivo aumentando acorde a las semanas de corte hasta alcanzar valores máximos a los 42 y 49 días de rebrote con 5.439 y 4.903 ton MS ha⁻¹ respectivamente.

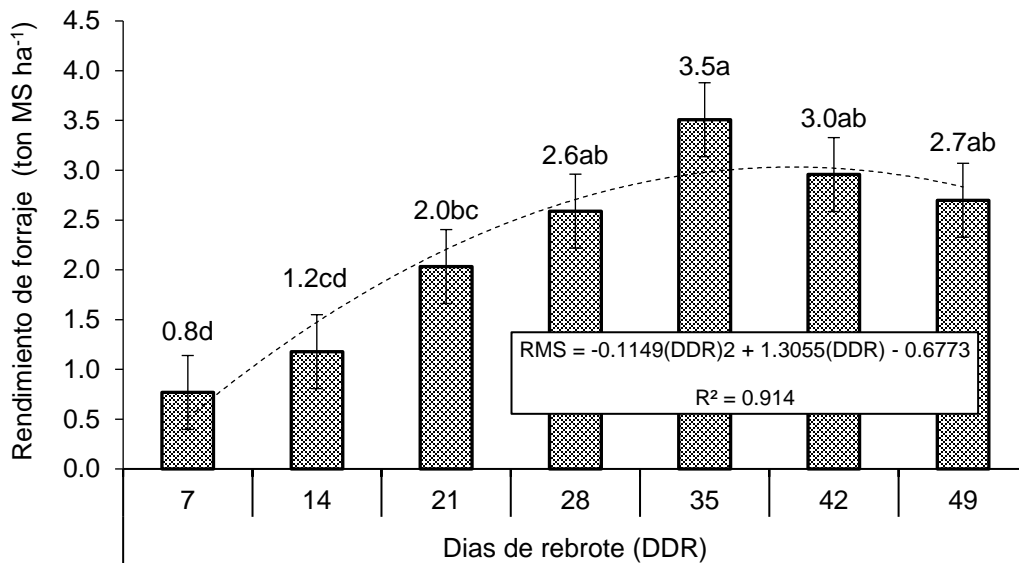


Figura 1. Rendimiento de forraje (Ton de MS ha⁻¹) de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Cuf-101 cosechada a diferente edad de rebrote. RMS = Rendimiento de Materia Seca. Prueba de Tukey (P < 0.05). Medias con las mismas letras sobre las columnas, son estadísticamente iguales.

Los cambios en la composición botánica y morfológica, de alfalfa variedad cuf-101, expresados en ton MS ha⁻¹ y en porcentaje, se muestran en la Figura 3. En el porcentaje de aportación al rendimiento, se observan cambios significativos ($p < 0.05$) en los componentes durante todo el estudio, a excepción del tallo y la maleza ($p > 0.05$). La hoja tuvo su mayor aportación en la primera semana de rebrote (7 DDR; 57 %), para descender gradualmente hasta los 42 y 49 DDR con 43 y 35 %. Al inicio del estudio, en las primeras tres semanas de muestreo (7, 14, y 21 DDR), no se presentaron material muerto e inflorescencia, hasta los 42 y 49 DDR, con 4.1 y 2.5 % promedio, respectivamente. Aunque en el tallo no se presentaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$), en el promedio general, fue el que más aportó al rendimiento con 50 %, seguido por la hoja con 44 %, maleza 2.3 %, material muerto e inflorescencia con 1.0 %, ambos. La comparación entre componentes dentro de cada semana de rebrote, muestra que hasta los 28 DDR la hoja y el tallo aportan en promedio 47.7 y 48.5 %, respectivamente, posteriormente el tallo sobre sale hasta los 49 DDR, con el 52 %. En todo el estudio el menor aporte en porcentaje lo registran el material muerto, la maleza e inflorescencia. La aportación al rendimiento total en ton MS ha⁻¹, por componente botánico morfológico, se observó que a los 35 DDR, todos los componentes a excepción de la maleza, hicieron su mayor aportación, donde fue el tallo el de máximo valor con 1.40 ton MS ha⁻¹, seguido por la hoja (1.16 ton MS ha⁻¹), material muerto (0.057 ton MS ha⁻¹), e inflorescencia (0.03 ton MS ha⁻¹). La anterior tendencia se confirma en los promedios generales donde el tallo y la hoja con 1.05 y 0.89 ton MS ha⁻¹, aportan la mayor cantidad al rendimiento seguidos por la maleza, material muerto e inflorescencia con 0.048, 0.030 y 0.023 ton MS ha⁻¹. La comparación entre componentes muestra que hasta los 28 y 42 DDR, la hoja y el tallo hicieron el mayor aporte ($p < 0.05$), a los 35 y 49 DDR, el tallo aportó mayor cantidad al rendimiento. En todo el estudio el menor aporte en porcentaje lo registran el material muerto, la maleza e inflorescencia. Por su parte Castro (2020) reportó en primavera un aporte de 66 % por la hoja en la primera semana de rebrote (7 DDR), que contrastó con el menor rendimiento de 0.156 ton MS ha⁻¹, hasta una máxima producción de hoja de 2.348 ton MS ha⁻¹, a los 42 DDR, con un 43 % de aportación, lo que indicó que la aportación de este componente fue desuniciendo conforme avanzó la edad de la planta.

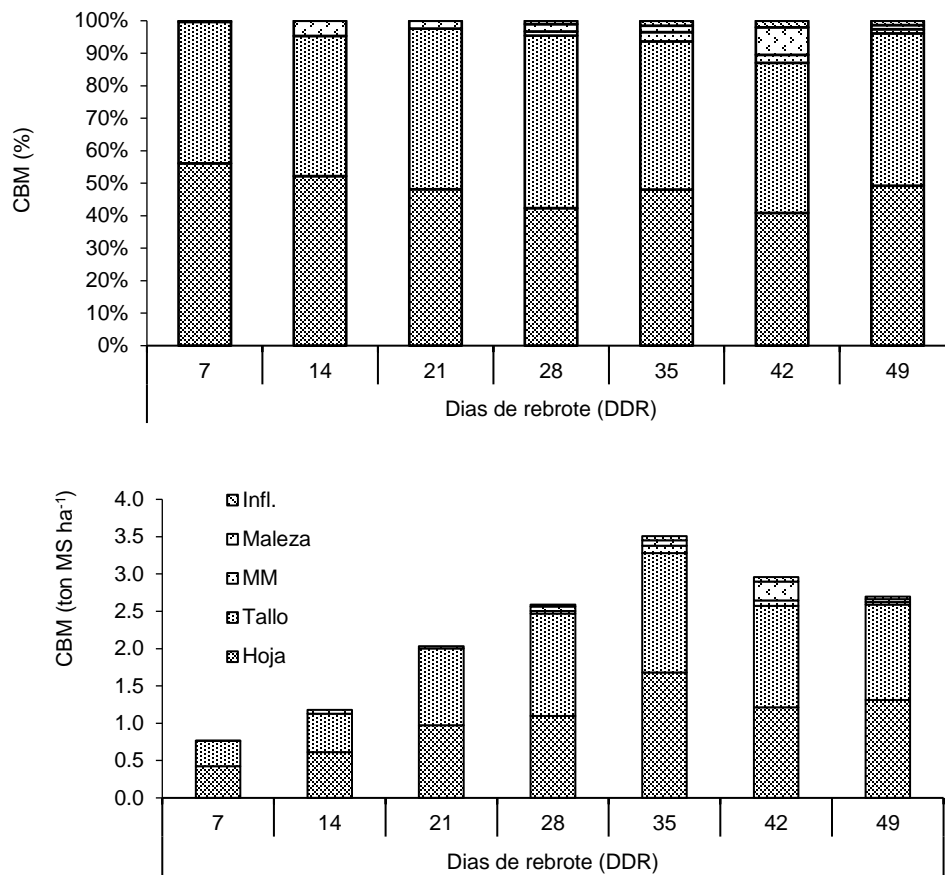


Figura 2. Contribución de los componentes botánicos y morfológicos al rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Cuf-101, cosechada a diferente edad de rebrote. Literales minúsculas diferentes en cada fila y mayúsculas diferentes en cada columna son diferentes estadísticamente. CBM = Composición Botánica Morfológica.

Conclusiones

Con el aumento de la edad de rebrote el rendimiento de forraje se incrementó, alcanzando el máximo rendimiento a los 35 días de crecimiento, con la mayor producción de hoja, por lo que se considera el momento óptimo para cosechar. El rendimiento de forraje, y los componentes morfológicos y botánicos, que conforman el rendimiento, tuvieron tendencias similares, se incrementaron aproximadamente hasta los 35 días de rebrote y posteriormente disminuyeron, excepto el material muerto y la inflorescencia que se presentaron al final del estudio. El componente tallo fue el que mayor aporte hizo al rendimiento de materia seca total, seguida por la hoja, material muerto, inflorescencia y maleza.



Referencias

- Carmona, C. B. 2021. Comportamiento productivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes edades de rebrote, en el sureste de Coahuila, México. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila: 56 p.
- Castro, M. A. 2020. Comportamiento productivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferente edad de cosecha en la estación de primavera. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila: 58 p.
- Gaytán, V. J. A., Castro, R. R., Villegas, A. Y., Aguilar B. G., Solís O. M. M., Carrillo R. J. C., y Negrete S. L. O. 2019. Rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes edades de la pradera y frecuencias de defoliación. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 10(2): 353-366. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4319>
- Montes, C. F. J. 2014. Análisis del proceso de producción y dinámicas de crecimiento para incrementar la productividad en dos leguminosas forrajeras. IPN, Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca: 96 p. http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/LITER_CIIDIROAX/211/Montes%20Cruz,%20F..pdf?sequence=1 (10, marzo, 2021).
- Montes, C. F. J., Castro R. R., Aguilar B. G., Sandoval T. S., y Solís O. M. M. 2016. Acumulación estacional de biomasa aérea de alfalfa Var. Oaxaca criolla (*Medicago sativa* L.). Revista mexicana de ciencias pecuarias, 7(4): 539-552.
- Rojas, G. A. R., Hernández G. A., Cansino S. J., Maldonado P. M. D. L. Á., Mendoza P. S. I., Álvarez V. P., Joaquín T. B. M. 2016. Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(8): 1855-1866.
- Teixeira, E. I., Moot, D. J., y Brown, H. E. 2008. Defoliation frequency and season affected radiation use efficiency and dry matter partitioning to roots of lucerne (*Medicago sativa* L.) crops. European Journal of Agronomy, 28(2): 103-111. https://researcharchive.lincoln.ac.nz/bitstream/handle/10182/4327/defoliation_frequency.pdf?sequence=1 (1, marzo, 2021).
- Vázquez, V. C., García H. J. L., Salazar S. E., Murillo A. B., Orona C. I., Zúñiga T. R., Preciado R. P. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 1(4): 363-372.



EFFECTO DEL TIPO DE SUSTRATO DE SUELO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE *Lotus corniculatus* L.

Laureano Ortiz Juan Alfredo^{1*}, Álvarez Vázquez Perpetuo², José Javier Ochoa Espinoza²,
García Salas Alejandro², Sergio Iban Mendoza Pedroza³, Aurelio Pedroza Sandoval⁴

¹Alumno de Maestría en Ciencias de Producción Agropecuaria UAAAN-UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coahuila, México. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila, México. ³Colegio de Postgraduados, Km. 36.5, México 136 5, Montecillo, 56230 Montecillo, México. ⁴Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Carretera Gómez Palacio – Ciudad Juárez, Bermejillo, 35230 Km 40, Durango.

*Autor de correspondencia: alfredo.uaaan@gmail.com

Introducción

Debido a la competencia que hoy en día existe en el sector agropecuario, los productores se encuentran obligados a realizar un uso más eficiente de los recursos forrajeros que poseen. Esto representa entre otras acciones el intensificar la producción por unidad de área, así como la introducción de nuevas especies forrajeras a sus sistemas de producción. Esta preocupación se ha reflejado en una constante búsqueda de materiales forrajeros que satisfagan los requerimientos nutricionales de sus animales, y a la vez establecer un sistema de cosecha uniforme asegurando un nivel de producción constante durante todo el año (Mora & Figueroa, 2005). *Lotus corniculatus* L. es una de las especies forrajeras que ha generado gran interés para ser utilizada a gran escala en los sistemas de producción agropecuarios en diferentes partes del mundo, esto debido a que es una especie poco exigente en cuanto a la calidad del suelo, ya que su crecimiento es bueno en terrenos arenosos, arcillosos, pesados, ligeramente alcalinos, además es resistente al frío, heladas ligeras y a sequías estivales (García et al., 2003). Debido a su ciclo de vida perenne, *L. corniculatus* puede ser aprovechada como fuente de forraje durante las cuatro estaciones del año, además de ser una leguminosa con características sobresalientes sobre otras leguminosas o gramíneas forrajeras (Churkova, 2019). A pesar de que *L. corniculatus*, comúnmente conocida como trébol pata de pájaro, es una especie altamente competitiva frente a otras especies forrajeras, varios factores tienen un interés limitado en esta especie en algunos ambientes, incluida la poca información sobre la magnitud de sus respuestas al manejo agronómico (Guglielmini & Satorre, 2002). En base a lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar el comportamiento productivo de *Lotus corniculatus* establecido en diferentes sustratos de suelo, cosechado cuatro semanas de rebrote.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el invernadero del departamento de Recursos Naturales Renovables de la UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, en las coordenadas 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a una altitud de 1783 m, durante el periodo comprendido entre el 10 de junio y el 6 de agosto del 2023. Se utilizó el material vegetal 255301 de *Lotus corniculatus*, el cual fue establecido mediante trasplante el 15 de enero del 2023; además, se utilizaron tres tipos sustratos de suelos; Suelo I (Sustrato típico de invernadero), Suelo II (mezcla uniforme de Suelo I y III), y Suelo III (Suelo típico de la región). Las unidades experimentales fueron macetas de 10 L, teniendo 5 macetas por cada tipo de suelo, generando un total de 15 macetas, en las cuales se estableció una planta por cada tratamiento, con cinco repeticiones; quedó un área experimental de 15 macetas en un diseño de bloques completamente al azar con cinco repeticiones. Se realizó un corte uniformización el 10 de junio del 2023, a una altura residual de 5 cm, para posteriormente cosechar los forrajes a 4 semanas después del rebrote.



Para estimar el rendimiento de forraje (RF), se cosechó el forraje disponible en cada una de las macetas a la misma altura que en el corte de uniformización para posteriormente someterlo a un proceso de secado en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C hasta obtener un peso constante, y registrar el peso seco en g MS planta⁻¹. La composición morfológica (CM) se obtuvo separando las muestras en hoja, tallo, material muerto e inflorescencia, y registrando el peso seco de cada componente. En cuanto a la estimación de la altura de la planta (AP), antes de realizar el corte se registró la altura (cm) en cada una de las unidades experimentales. Con los datos obtenidos de la composición morfológica de hoja y tallo, se realizó el cálculo para estimar la relación hoja: tallo, dividiendo el peso seco de la hoja entre el peso del tallo. Para comparar el efecto del suelo sobre las variables evaluadas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño de bloques completamente al azar, con cinco repeticiones, mediante el procedimiento PROC GLM de SAS (Statistical Analysis System Versión 9.0 para Windows; SAS Institute, Cary NC. USA) y una comparación de medias con la prueba Tukey ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se observa el rendimiento de forraje (RF), la composición morfológica (CM), la relación de la hoja respecto al tallo (R:H/T) y altura de planta (AP) del cultivar 255301 de *Lotus corniculatus*. Se registró diferencia estadística ($p < 0.05$) en el RF, donde los Suelos I y II presentaron los mayores rendimientos con 10 y 12 g planta⁻¹, en contra parte, con solo 6.6 g planta⁻¹ el Suelo III fue donde se obtuvo el menor rendimiento, estas diferencias de producción se pueden atribuir a las diferentes características que presentan los suelos. En base a lo anterior, Martínez et al. (2008) menciona que las características fisicoquímicas del suelo, están relacionadas con la capacidad que este tiene para proveer a las plantas las condiciones necesarias para obtener los nutrientes que requieren para crecer y producir.

Respecto a la CM en g MS planta⁻¹, la comparación entre componentes mostró que la hoja fue el componente que mayor contribución realizó al rendimiento en los tres Suelos con un promedio de 6.4 g planta⁻¹, seguido por el tallo con 3.1 g planta⁻¹, y con una nula aportación el material muerto e inflorescencia, esto puede estar relacionado con la temprana edad de la planta, por ello Calzada et al. (2014) menciona que la producción de material muerto está correlacionada de manera positiva con el incremento en la edad de la planta. Siguiendo con el tipo de suelo, el Suelo III fue donde se encontró la menor cantidad de hoja (4.3 g planta⁻¹), el resto de componentes tuvieron un comportamiento similar en los diferentes suelos. Similar a lo ya mencionado, la CM en porcentaje registró los mayores valores en el componente hoja en cada uno de los suelos, con un porcentaje promedio de 67.6 %, seguido por el tallo (32.4 %). En lo que respecta al tipo de suelo, no se encontró diferencia ($p > 0.05$) en ninguno de los componentes morfológicos. Destacando el alto porcentaje de hojas obtenido, Navas y Montaña (2019) mencionan que, dentro de los forrajes las hojas son el componente que presentan la mayor calidad nutricional.

En la relación hoja: tallo no se registró diferencia estadística ($p > 0.05$), sin embargo, cabe mencionar que con una relación de 2.8, en el Suelo I se presentó el valor más alto, en contraste el Suelo III registro una relación de 1.8. Aunque este último valor puede considerarse bajo, resulta similar entre otras especies de leguminosas como lo es la alfalfa. Respecto a lo anterior, García et al. (2017) trabajando con cinco variedades de alfalfa obtuvo relaciones que van desde 1.1 a 1.2, valores aún más bajos a los obtenidos en el presente estudio. Finalmente, el análisis mostró que la altura de planta fue afectada por el tipo de suelo, con una altura de 21 cm el Suelo III presentó la menor altura respecto al Suelo I y II los cuales registraron alturas de 29 y 26 cm, respectivamente. Trabajando con el mismo material vegetal, Hernández et al. (2021) en condiciones de invernadero, reportaron una altura promedio de 25.4 cm, una altura similar al promedio de los tres suelos utilizados en el presente trabajo.

**Cuadro 1.** Rendimiento de forraje (g MS planta⁻¹), composición morfológica, relación hoja-tallo (R:H/T) y altura de planta (cm) del genotipo 255301 de *Lotus corniculatus* establecido en tres tipos de sustrato de suelo y cosechado a cuatro semanas después del rebrote.

COMP	Suelo			Promedio	Sig.
	I	II	III		
Rendimiento y composición morfológica (g planta ⁻¹)					
Hoja	7 ^{Aa}	8 ^{Aa}	4.3 ^{Ab}	6.4 ^A	*
Tallo	3 ^{Ba}	4 ^{Ba}	2.3 ^{Ba}	3.1 ^B	NS
MM	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^C	NS
Inf	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^C	NS
Total	10 ^a	12 ^a	6.6 ^b		*
Sig.	**	**	**	**	
Composición morfológica (%)					
Hoja	71 ^{Aa}	67 ^{Aa}	65 ^{Aa}	67.6 ^A	NS
Tallo	29 ^{Ba}	33 ^{Ba}	35 ^{Ba}	32.4 ^B	NS
MM	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^C	NS
Inf	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^C	NS
Sig.	**	**	**	**	
Relación H: T y altura de planta					
R=H/T	2.8 ^a	2.0 ^a	1.8 ^a	2.2	NS
AP	29 ^a	26 ^a	21 ^b	25	*

Medias seguidas con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig = Significancia. NS = No significativo. * = Significativo. ** = Altamente significativo. Cortes fijos definidos = 28 días. I = Sustrato típico de invernadero. II = Combinación de sustrato de invernadero y suelo típico de la región. III = Suelo típico de la región.

Conclusión

El tipo de suelo afectó el rendimiento de forraje total y altura de planta de *Lotus corniculatus* L., donde los mejores resultados se registraron en suelo típico de invernadero y su combinación con suelo típico de la región. Independientemente del tipo de suelo, la hoja fue el componente que más aportó al rendimiento total del cultivar, mientras que la relación: hoja/tallo no fue afectada por el tipo de suelo. No obstante, es necesario el análisis de un estudio más prolongado y en diferentes especies, para verificar los resultados obtenidos en este estudio.

Referencias

- Arroyo, H. (2020). Comparación productiva de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., en el ciclo de primavera [Tesis de licenciatura, UAAAN]. Repositorio Digital de la UAAAN. 68 p.
- Calzada, J. M., Enríquez, J. F., Hernández, A., Ortega, E., Mendoza, S. I. (2014). Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 5(2), 247-260.
- Churkova, B. (2019). Rendimiento y composición botánica de cultivares de trébol de patas de pájaro en una mezcla de dos componentes con *Kentucky Bluegrass*. Revista Trakia de Ciencias. 17(1), 13-18.
- Hernández, F. J., Alvarez, P., Flores, A., Camposeco, N., Wilson, C. Y., Martínez, R. (2021). Rendimiento de forraje de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., en función de la edad al corte. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 8p.
- García de los Santos, G., Jeffrey, J. S. (2003). Diversidad genética en *Lotus corniculatus* determinada por caracteres morfológicos y rapds. Revista Fitotecnia Mexicana. 26(3), 173-181.
- Guglielmini, A. C., Satorre, E. H. (2002). Efectos de sombreado sobre el crecimiento espacial y la partición de biomasa de *Cynodon dactylon*. Investigación de malezas. 42(2), 123-134.
- Martínez, H. E., Fuentes, E. J. P., Acevedo, H. E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. J. Soil Sc. Plant Nutr. 8(1):68-96
- Mora, M. A., Figueroa, C. B. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. Agronomía mesoamericana, 16(1), 37-43.
- Navas, A., Montaña, V. (2019). Comportamiento de *Tithonia diversifolia* bajo condiciones de bosque húmedo tropical. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 30(2), 721-732.
- Rojas, A. R., Torres, N., Joaquín, S., Hernández, A., Maldonado, M. D. L. Á., Sánchez, P. (2017). Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Agrocienza, 51(7), 697-708.



COMPORTAMIENTO MORFOMÉTRICO, FISIOLÓGICO Y PRODUCTIVO DE DIFERENTES MATERIALES GENÉTICOS DE *Lotus corniculatus* L. EN CAMPO BAJO CONDICIONES DE TRATAMIENTO MAGNÉTICO DE AGUA DE RIEGO

Aurelio Pedroza-Sandoval^{1*}, Isaac Gramillo-Ávila¹ y José Antonio Miranda-Rojas¹

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carr. Gómez Palacio – Chihuahua. CP. 36230. *Autor para correspondencia: apedroza@chapingo.uruz.edu.mx

Introducción

En la Comarca Lagunera de Durango y Coahuila, uno de los principales problemas de tipo ambiental es la escasez y contaminación de los recursos hídricos, debido a la sobreexplotación del acuífero, generando problemas de salinidad de los suelos y la acumulación de metales pesados en el mismo, lo cual repercute en una baja de productividad y un alto impacto ambiental. (Azpilcueta et al., 2018). La diversificación agrícola con base en cultivos forrajeros alternativos a través del programa de reconversión productiva, es una opción al problema de la escasez de recursos hídricos y la contaminación del agua, principalmente por salinidad y metales tóxicos, debido a la sobreexplotación del acuífero. Los cultivos alternativos nativos y/o introducidos a la región, que sean igual o más competitivos que los tradicionalmente cultivados, pero de mayor eficiencia en el uso del agua, es una opción viable que mitigue el problema de la disponibilidad en cantidad y calidad del vital líquido en la región (Bacarrillo et al., 2021). El objetivo de este estudio fue hacer una valoración de respuesta de tolerancia al estrés salino mediante indicadores de crecimiento, fisiológicos y de productividad en dos variedades y una accesión de *Lotus corniculatus* L. bajo riego con agua magnetizada para uso agrícola.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el área experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, geográficamente ubicada a 101° 41' y 104° 61' LO y 24° 22' y 26° 23' LN a una altitud media de 1,100 msnm. Presenta un clima seco desértico, con lluvias en verano e invierno fresco, la precipitación pluvial media anual es 258 mm (Medina et al., 2005).

El estudio se está llevando a cabo en un diseño experimental de Bloques al azar en un arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. Las parcelas grandes son los tratamientos de agua: Tratamiento Magnético de Agua (TMA) con equipo ionizador y agua sin tratar (AST); las parcelas chicas son una accesión identificada con el código 232098, y dos variedades: Estanzuela Ganador y San Gabriel. La unidad experimental (UE) fue de tres plantas colocadas en una hilera de 0.5 m de ancho por 1 m de largo. El experimento se estableció con un sistema de riego presurizado a partir de una regadera principal de PVC con conexiones laterales para cada tratamiento, controlando el tiempo de riego mediante llave de paso. La tubería principal fue conectada a una cisterna a partir de la cual se suministra el agua tratada y no tratada, ésta última pasando a través del equipo ionizador de 2" de acero inoxidable para tratamiento magnético de agua, Marca Magnetics, Modelo STATERA 608, para posteriormente aplicarse a los tratamientos respectivos. Se utilizó manguera de riego con goteros distantes 0.5 m entre ellos.



Para el cálculo de riego, se determinaron las características fisicoquímicas del suelo, tales como: densidad aparente = 1.2 g cm^{-3} ; capilaridad $L = 2.3669 \text{ cm}$ $T = 0.4215 \text{ min}$; velocidad de infiltración de $1.3 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$; evapotranspiración media diaria de 11 mm y; coeficiente experimental de evaporación de 70% . El cálculo del tiempo de riego se realizó conforme al suministro controlado de agua de acuerdo a medición diaria con el sensor de humedad del suelo modelo PMS-714 con lectura digital en tiempo real. Las variables medidas en la planta fueron: cobertura vegetal (cm^2), vigor (0-10) área foliar (cm^2) y producción de biomasa fresca (forraje) (g planta^{-1}) y que hasta ahora, porque el experimento continúa en campo, se han hecho tres evaluaciones: a los 32, 52 y 103 días después del trasplante. La base de datos fue analizada con el paquete SAS Versión 9.0.

Resultados y discusión

No hubo ningún efecto de interacción entre el tratamiento magnético del agua y los genotipos de *L. corniculatus* L., por lo que se procedió a hacer un análisis estadístico por factores separados. Respecto al tratamiento magnético del agua no se encontró ningún efecto en las variables medidas, excepto en el contenido relativo de agua (CRA), donde el testigo (sin tratamiento magnético del agua) fue significativamente mayor ($P \leq 0.05$) con respecto a cuando se trató magnéticamente el agua, con valores de 91.8% y 86.3% , respectivamente (Cuadro 1). Este efecto de respuesta, puede estar relacionado que, en esta primera etapa del estudio, aún no se reflejan las bondades del agua ionizada para riego y el agua sin tratar hace que haya una mayor concentración de solutos en los tejidos de la planta, promoviendo una mayor retención de agua en los mismos.

Cuadro 1. Comportamiento de tratamiento magnético de agua en diferentes indicadores de crecimiento, fisiología y producción de forraje de trébol forrajero *Lotus corniculatus* L. bajo condiciones de campo en la Comarca Lagunera, México.

Accesión/ Variedad	Long. de tallos (cm)	Diam. Corona (cm)	Área foliar (cm^2)	CRA (%)	ICCL	Peso fresco (g macollo^{-1})
AST	31.0 a	9.0 a	47.0 a	91.8 a	259.9 a	229.2 a
ATM	30.6 a	8.2 a	40.0 a	86.3 b	266.9 a	204.8 a

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cifras con la misma letra dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. CRA, es contenido relativo de agua; ICCL, es índice de contenido de clorofila.

Respecto al efecto de genotipo, se obtuvo que la accesión 232098 fue la de mejor respuesta en la mayor parte de las variables medidas: diámetro de corona, área foliar, CRA e índice de contenido de clorofila, con valores de 60 cm , 9.3 cm^2 , 227.3% y 21.5 , respectivamente, pero con un significativamente menor producción de forraje (biomasa fresca) con un valor de $22 \text{ g macollo}^{-1}$, en tanto que la variedad Estanzuela Ganador, fue la de mejor producción con $56.1 \text{ g macollo}^{-1}$; la variedad San Gabriel, fue la de respuesta intermedia en la producción de forraje con un valor de $42.8 \text{ g macollo}^{-1}$ (Cuadro 2).



Cuadro 2. Comportamiento de una accesión y dos variedades de trébol forrajero *Lotus corniculatus* L. en diferentes indicadores de crecimiento, fisiología y producción de forraje bajo condiciones de campo en la Comarca Lagunera, México.

Accesión/ Variedad	Long. de tallo (cm)	Diam. Corona (cm)	Área foliar (cm ²)	CRA (%)	ICCL	Peso fresco (g macollo ⁻¹)
232098	52 b	60 a	9.3 a	227.3 a	21.5 a	22 c
Estanzuela Ganador	31 a	55.8 a	9.7 a	109 b	11 b	56.1 a
San Gabriel	28.5 ab	55.8 a	9.3 a	119. 7 b	14.2 b	42.8 b

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cifras con la misma letra dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. CRA, es contenido relativo de agua; ICCL, es índice de contenido de clorofila.

Conclusiones

El tratamiento magnético de agua, como alternativa al problema de salinidad del agua de riego de pozo profundo, posiblemente requiere de un mayor tiempo en su evaluación superior a los tres meses de establecido el trébol *L. corniculatus* L., sobre todo en suelos que no han sido regados con este tipo de agua. Respecto al efecto de genotipo, la variedad Estanzuela Ganador fue la mejor en producción de forraje y algunas variables precursoras como la longitud del tallo, diámetro de la corona y área foliar. Le siguió en importancia la variedad San Gabriel y la de menor rendimiento fue la accesión 232098. Estos resultados de diversidad de respuesta genotípica, son de perspectiva para promover el material genético de mejor respuesta a nivel regional.

Referencias

- Azpilcueta-Pérez, M. E., Pedroza-Sandoval, A., Trejo-Calzada, R., Sánchez-Cohen, I. y Jacobo-Salcedo, Ma. Del R. (2018). Chemical residuality in maize (*Zea mays* L.) fields irrigated with deep well water. *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 5(13): 111-117. <https://doi.org/10.19136/era.a5n13.1311>
- Bacarrillo-López, R., Pedroza-Sandoval, A., Inzunza-Ibarra, M. A., Flores-Hernández, A. y Macías-Rodríguez, F. J. (2021). Productividad de forraje de variedades de nopal (*Opuntia* spp.) bajo diferentes regímenes de humedad del suelo. *Ecosist. Recur. Agropec.* 8(3): e2878, 2021 <https://doi.org/10.19136/era.a8n3.2878>
- Medina, G. G., Díaz, P. G., López, H. J., Ruíz, C. J. A., Marín, S. M. (2005). Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango. (Período 1961 – 2003). Libro Técnico No 1. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC-INIFAP.



COMPARACIÓN PRODUCTIVA DE MATERIALES DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] PARA ESTIMAR RENDIMIENTOS DE FORRAJE EN EL SURESTE DE COAHUILA MÉXICO

Francisco G. Muñoz-Lopez^{1*}, Perpetuo Álvarez-Vázquez², Miguel Á. Mellado-Bosque²,
Juan A. Encina-Domínguez², Antonio Flores-Nevada².

¹Estudiante de Maestría en Ciencias de Producción Agropecuaria UAAAN-UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coah. México. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coah. México. *Autor de correspondencia: paco_notas96@outlook.com

Introducción

Encontrar nuevas alternativas de forrajes, económicos y rentables es un tema indispensable. Las zonas áridas y semiáridas son tierras marginales para su producción. El sorgo es un cultivo considerado importante por sus diferentes usos a nivel mundial, por lo que, existe un gran número de variedades, genotipos y cultivares, que se les puede dar diferente utilización por presentar comportamiento productivo diferente. Por otra parte, la producción de forraje es una de las actividades primarias más importantes en México ya que constituye la fuente primaria de producción de alimentos altos en proteínas (Huevo, leche y carne). Es así que en la región norte y sur del estado de Coahuila una de las actividades principales es la ganadería, y la producción de forraje depende de la precipitación pluvial y esta varía de acuerdo con la época del año, disminuyendo la disponibilidad del forraje en la época de invierno e inicios de primavera, esto ocasiona pérdidas en la ganadería regional, se busca una alternativa para disminuir la problemática mediante la siembra de especies forrajeras como lo es el sorgo forrajero ya que puede utilizarse como pastoreo, en verde, en henificado y ensilado, además estos forrajes tienen una alta capacidad de rebrote característica que permite realizar hasta tres cortes por ciclo (INIA, 2005). El sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] es un cultivo cada vez más utilizado como forraje, en el ciclo agrícola 2021 se sembraron 186,757 ha de sorgo forrajero con rendimientos promedio de 22 toneladas ha⁻¹ (SIAP, 2022), esto debido a su elevada tolerancia a sequía (Castro et al., 2000). Se adapta mejor que el maíz, debido a que produce una mayor cantidad de materia seca (MS). Una planta de sorgo consume de 80 a 100 mililitros de agua menos que el maíz (Ajeigbe et al., 2018). Puede mantener un buen desarrollo vegetativo en condiciones limitadas de agua, altas temperaturas y se adapta a condiciones de zonas áridas y semiáridas por tener alta tolerancia a la salinidad del suelo (Martínez et al., 2020). Por otra parte, la comparación productiva, es básica para comprender procesos fisiológicos que determinan la producción de materia seca y racionalizar las prácticas de manejo (Pérez et al., 2019), por tanto, encontrar nuevas variedades para producir forrajes más económicos, donde su rendimiento sea más favorable, menos consumo de agua y que su desarrollo sea adaptable a las condiciones climáticas de la región se ha vuelto un tema indispensable, ya que debido a que las zonas áridas y semi áridas son consideradas como terrenos marginales para el buen desarrollo del sector agropecuario, ocasionando limitantes como, la baja calidad y escases del agua, alta evaporación, y suelos de baja calidad que limitan la buena producción. Por lo anterior el objetivo será conocer el comportamiento productivo de materiales de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], mediante una comparación productiva en primavera verano, para estimar rendimientos de forraje.



Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el área experimental “el bajo” de la UAAAN-SALTILLO. El clima es templado semiseco, temperatura promedio de 18°C, inviernos extremos y precipitación media anual de 340 mm. Los genotipos se otorgaron por el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas del departamento de fitomejoramiento de la universidad y las variedades fueron adquiridas de manera comercial. La siembra se realizó el 02 de junio en el ciclo primavera verano 2023. Se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 3 repeticiones cada uno. Los tratamientos son los genotipos de sorgo y las edades de corte. Se establecieron 12 parcelas experimentales con 7 surcos de 10 m de longitud y 6 m de ancho, se considera como parcela útil 3 surcos centrales con 8 x 8 m para muestreo dejando 1 m a los extremos para evitar el efecto orilla, con muestreos periódicos cada 60, 75, 90, 105, 120 y 135 días después de la siembra (DDS).

Las variables para evaluar son; rendimiento de materia seca (RMS), Para esta variable se cortaron 3 plantas de cada genotipo, por cada repetición, las cuales fueron secadas en una estufa de aire forzado modelo FE-243^a, marca Felisa, a una temperatura de 55 °C durante 72 h, hasta alcanzar un peso constante y se registró el peso de la materia seca parcial, y su estimación en kg MS ha⁻¹, con el dato de densidad de plantas por hectárea. composición morfológica (CM), cada una de las plantas cosechadas para rendimiento de forraje, fueron divididas en hoja, tallo, material muerto y panoja, cada componente se secó en la estufa de aire forzado se prosiguió a tomar sus datos de peso seco y se estimó la aportación de cada uno al rendimiento total, en kg MS ha⁻¹ y porcentaje (%) utilizando las siguientes formulas: $CM (\%) = [\text{Peso total del componente}] \times [100] / \text{Peso total de la CM}$ Relación hoja tallo (R:H/T), $\text{kg MS ha}^{-1} \text{ corte-1} = [\text{kg MS ha}^{-1} \text{ corte-1 componente-1}] \times [100] / \text{kg MS ha}^{-1} \text{ corte-1}$ para la relación hoja:tallo los datos originados a partir de la composición morfológica de hoja y tallo, fueron utilizados mediante la siguiente formula: R:H/T, donde R = Relación del peso de la hoja respecto al del tallo. H = Peso de la hoja (kg MS ha⁻¹). T = Peso del componente tallo (kg MS ha⁻¹). Los datos fueron analizados mediante un ANOVA con el programa SAS versión 9.4 y comparación de medias con la prueba Tukey ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se observa que, en el rendimiento de materia seca total los materiales presentaron diferencias ($p > 0.05$), sin embargo, la comparación entre materiales con rendimientos de 132000, 87000 y 71000 kg MS ha⁻¹, los materiales SILO MIEL II, SUPER SORGO SE-19 y LES-UA-06 fueron los que mostraron mayor acumulación de materia seca, y con la menor acumulación, LES-UA-05 con solo 39000 kg MS ha⁻¹. Pérez (2019) al evaluar cuatro materiales de sorgo (CAÑA DULCE, SILO MIEL II, FORTUNA Y ESMERALDA) en condiciones de temporal y punta de riego, demostró que, los cultivares que mostraron mayor rendimiento ($p > 0.05$) en ambas condiciones fueron CAÑA DULCE con 11808 y SILO MIEL II con 11066 kg MS ha⁻¹, mientras que el cultivar que presentó menor rendimiento fue FORTUNA con 3631 kg MS ha⁻¹. Respecto a la composición morfológica, el tallo fue el componente que mayor aportación hizo al rendimiento total de SILO MIEL II (68500 kg MS ha⁻¹), SUPER SORGO SE-19 (45500 kg MS ha⁻¹), LES-UA-06 (36500 kg MS ha⁻¹) y con la menor acumulación LES-UA-05 (9500 kg MS ha⁻¹) presentando diferencias ($p > 0.05$).



Por lo tanto, el componente hoja no presentó diferencias ($p > 0.05$) entre materiales, no obstante, la comparación entre materiales con rendimientos de 63500, 41500 y 34500 kg MS ha⁻¹, SILO MIEL, SUPER SORGO SE-19 y LES-UA-06 fueron los materiales que obtuvieron un mayor rendimiento, y con el menor rendimiento LES-UA-05 con 29500 kg MS ha⁻¹, respecto entre componentes, la hoja y el tallo no presentaron diferencias ($p > 0.05$) en SILO MIEL II, SUPER SORGO y LES-UA-06, a excepción del material LES-UA-05 que sí mostró diferencia ($p > 0.05$), mientras que los materiales en rendimiento en hoja y tallo SILO MIEL II, SUPER SORGO y LES-UA-06 siendo el tallo el componente que más aportó al rendimiento total enseguida de la hoja con (68500 y 63500 kg MS ha⁻¹), (45500 y 51500 kg MS ha⁻¹) y (36500 y 34500 kg MS ha⁻¹), y con el menor rendimiento (9500 y 29500 kg MS ha⁻¹). Mismo estudio realizado por Pérez (2019) al evaluar cuatro materiales de sorgo en condiciones de temporal en diferente año obtuvo que el material SILO MIEL II fue el que mostró mayor RMS de hoja con 2260 kg MS ha⁻¹ y el menor rendimiento, Fortuna con 1154 kg MS ha⁻¹, mientras que en temporal 2014 caña dulce registró el mayor RMS de hoja con 3282 kg MS ha⁻¹ y Fortuna, el que obtuvo el menor RMS de hoja, con, 1843 kg MS ha⁻¹, siendo la hoja el componente más importante en el consumo de forraje ya que tiene mayor digestibilidad, proteína, minerales y menor contenido de lignina, fibra detergente neutro y ácido (Gutiérrez et al., 2013). En el cuadro 2 se observa que la aportación al rendimiento total en porcentaje del tallo entre los materiales presentó diferencias ($p > 0.05$) excepto SILO MIEL II y SUPER SORGO SE-19 con un 53 %, seguido por LES-UA-06 con 49% siendo el porcentaje más bajo LES-UA-05 con 23 %, mientras que la aportación entre materiales respecto a la hoja, mostraron diferencias ($p > 0.05$) excepto el 47 % siendo SILO MIEL II y SUPER SORGO SE-19 los más bajos en hoja, mientras LES-UA-06 siendo el que mayor aportó al rendimiento total con 77% seguido de LES-UA-06 con 51%. Respecto a componentes no se presentó diferencia ($p > 0.05$) excepto en LES-UA-05. Datos similares de Amador y Boschini (2000), en sorgo negro (*Sorghum alnum*) encontraron que a los 57 días después de la siembra (DDS) el RMS de 1395 kg MS ha⁻¹, 50 % en hoja y 50 % en tallo, posteriormente, el rendimiento del cultivo se incrementó con mayor aporte de tallos. Respecto a la relación hoja tallo (R; H/T), se observa que, el material LES-UA-05 registró la mayor relación con 3.5, seguido del material LES-UA-06 con 1.14 respectivamente, enseguida se muestra el SILO MIEL II con una relación de 0.94 y siendo el de menor relación el material SUPER SORGO SE-19 con 0.9. No obstante se debe tener en claro que a mayor producción de hoja representa mayor calidad de forraje (Perulactea, 2014).

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca total y composición morfológica (kg MS ha⁻¹) de materiales de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) *moench*] cosechados a 60 días después de la siembra en el Sureste de Coahuila, México.

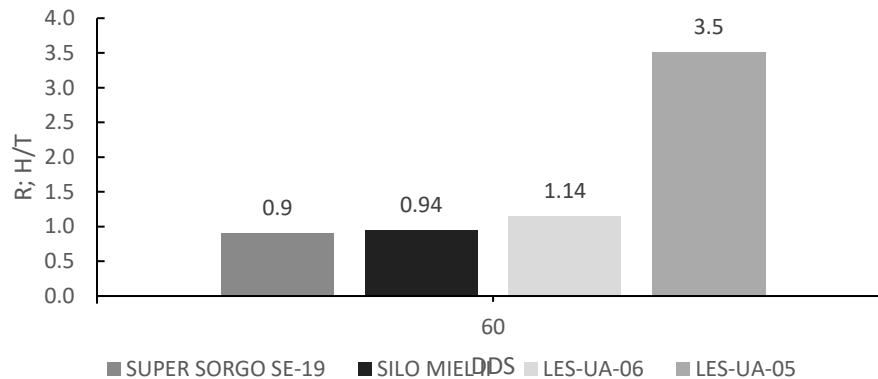
Genotipo	Hoja	Tallo	TOTAL	Pr > F	EEM	DMS
LES-UA-06	34500 ^{Aa}	36500 ^{ABa}	71000 ^B	0.47	12786.71	44921
LES-UA-05	29500 ^{Aa}	9500 ^{Bb}	39000 ^B	0.02	2449.490	8605.3
SUPER SORGO SE-19	41500 ^{Aa}	45500 ^{ABa}	87000 ^{AB}	0.2948	8031.189	28214
SILO MIEL II	63500 ^{Aa}	68500 ^{Aa}	132000 ^A	0.1995	14124.45	49621
\bar{X}	42250 ^a	40000 ^a	82250	0.1147	5059.027	17773
Pr > F	0.05	0.01	0.009			
EEM	12298.37	12932.52	20402.21			
DMS	34761	36553	57666			

Medias con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

**Cuadro 2.** Aportación de los componentes morfológicos (%) al rendimiento total de materiales de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] cosechados a 60 días después de la siembra en el Sureste de Coahuila, México.

Genotipo	Hoja	Tallo	TOTAL	Pr > F	EEM	DMS
LES-UA-06	51 ^{ABa}	49 ^{ABa}	100	0.9991	17.72005	62.252
LES-UA-05	77 ^{Aa}	23 ^{Bb}	100	0.0515	8.640988	30.357
SUPER SORGO SE-19	47 ^{Ba}	53 ^{Aa}	100	0.8419	8.981462	31.553
SILO MIEL	47 ^{Ba}	53 ^{Aa}	100	0.9658	11.77568	41.369
\bar{X}	55 ^a	45 ^a	100	0.2777	4.546061	15.971
Pr > F	0.05	0.05				
EEM	9.480975	9.480975				
DMS	26.798	26.798				

Medias con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

**Figura 1.** Relación hoja tallo (R; H/T) de cuatro materiales de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] cosechado a 60 días después del rebrote (DDS) en el Sureste de Coahuila, México.

Conclusiones

La comparación productiva de cuatro materiales de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) moench] los materiales con rendimientos de 132000, 87000 y 71000 kg MS ha⁻¹, los materiales SILO MIEL II, SUPER SORGO SE-19 y LES-UA-06 fueron los que mostraron mayor acumulación de materia seca, y con la menor acumulación, LES-UA-05 con solo 39000 kg MS ha⁻¹. Observando que el rendimiento del cultivo se incrementó con mayor aporte del componente tallo.



Referencias

- Ajeigbe, H. A., Akinseye, F. M., Ayuba, K., & Jonah, J. (2018). Productivity and water use efficiency of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) moench] grown under different nitrogen applications in Sudan savanna zone, Nigeria. *International Journal of Agronomy*, 2018.
- Amador, A. L. y Boschini, C. 2000. Calidad nutricional de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) para alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana* 11(2): 79-84.
- Castro, N. S., Ortiz, C. J., Mendoza, C. M. y Zavala G. F. 2000. Producción de biomasa en líneas de sorgo como respuesta al estrés hídrico. *Rev. Fitotec. Mex* 23(2): 321-334.
- Gutiérrez, P, N., Chow, W. Z., Bastianelli, D. L., Bonnal, R., Obando, S. y Trouche. G. (2013). Productividad y calidad nutricional de genotipos de sorgo para doble propósito. *Agronomía Mesoamericana* 24(1): 119-131.
- INIA-Campo Agrícola Experimental Anáhuac (CAEANA). 2005. Guía para cultivar Sorgo Forrajero en el norte de nuevo león Cd. Anáhuac, Nuevo león. México.
- Martínez, M. V. C., Garabato, A. I., & ArGenetics, A. G. V. (2020). Recría de vaquillonas sobre Avena y sorgo en la Cuña Boscosa. *Disponible on-line febrero*.
- Pérez Hernández, A., Quero Carrillo, A. R., Garduño Velázquez, S., Escalante Estrada, J. A. S., Rodríguez González, M. T., & Miranda Jiménez, L. (2019). Análisis de crecimiento en sorgo forrajero en dos períodos de siembra. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(5), 1083-1095.
- Pérez, H. A. (2019). Análisis de crecimiento en cuatro cultivares de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], Tesis de Maestría En Ciencias en Recursos Genéticos y Productividad Ganadera. P. 41-42.
- Perulactea. 2014. Parámetros para Evaluar la Calidad de Los Forrajes. Obtenido de Perulactea: Consulta 05 de diciembre del 2021. <http://www.perulactea.com/2014/12/05/parametros-para-evaluar-la-calidad-de-los-forrajes>.
- SIAP (2022) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2022. Consulta 01 noviembre 2022. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap>



INSTALACIÓN DE UNA PLANTA TRATADORA DE AGUA HÍBRIDA ANAEROBIA

M.C. Aurelio Maldonado Cabrera^{1*}, I.Q. Luis Jorge Maldonado Rincón², Guillermo Isaac Lozano Esquivel¹, Mayté Saavedra Gómez¹, Diego César Anaya Guerrero¹, Jahir Antonio Galicia Segura¹.

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Av. Artículo 123 s/n Fracc. Filadelfia, 35019. Gómez Palacio, Dgo. ²Universidad Tecmilenio, Ruta del Águila # 2121, Ejido La Unión, Torreón, Coahuila C.P. 27367. *Autor para correspondencia: aureliomaldonado@hotmail.com

Introducción

El crecimiento acelerado de la población, especialmente en países en vía de desarrollo; la contaminación de los cuerpos de agua superficial y subterránea; la distribución desigual del recurso hídrico y los graves períodos secos; han forzado a buscar nuevas fuentes de abastecimiento de agua, considerándose a las aguas residuales una fuente adicional para satisfacer la demanda del recurso (Silva et al., 2008). Es por ello que contando con el apoyo de Molier Club Deportivo se ha implementado una planta tratadora de aguas residuales, la cual tiene un consumo disminuido de energía eléctrica, ya que está diseñada para aprovecharse de la fuerza de gravedad del planeta, lo cual la convierte en una opción indudablemente viable además de que tiene la capacidad de ser híbrida, por lo que puede ser anaerobia o aerobia, y en el caso del último será de mayor calidad el tratamiento del agua pero con el pequeño coste de necesitar un aireador.

Estas características llaman la atención de cualquier empresa ya que implican un ahorro significativo de capital, tomando como ejemplo el caso de Molier Club Deportivo, donde se registró una disminución significativa del coste del servicio de agua por parte de la empresa SIMAS, el cual experimentó una reducción significativa en el importe mensual de 30,000.00 MXN a 8,000.00 MXN aproximadamente ya que menos de la tercera parte del agua que se utiliza en Molier Club Deportivo es agua potable, la cual es utilizada en lavamanos y regaderas; el resto es agua tratada y se utiliza en el riego, sanitarios y mingitorios.

Materiales y métodos

Para la obtención de resultados significativos se utilizaron 2 contenedores de 2,449 L como reactores, los cuales contenían cardenche (*Cylindropuntia imbricata*) y un consorcio de agentes anaerobios el cual actúa como el agente tratador primario. A continuación, se muestra un esquema en el cual se explica de manera más detallada el diseño de la planta tratadora de aguas residuales.

El agua residual producida por Molier Club Deportivo es almacenada en su respectivo depósito el cual tiene una capacidad de hasta 8,421 Litros, dicho residuo es llevado hasta el tanque de succión el cual está elevado a 2 metros de altura para mejorar la eficacia energética neta total de la planta tratadora, ya que los demás procesos de transporte se realizan por medio de un sistema de presión diseñado para funcionar con la fuerza de gravedad. El agua es llevada hasta ese punto por medio de una bomba centrífuga de agua de medio caballo de fuerza para poder ser transportada hasta dos reactores anaerobios modelo AER-2 N22 de 2449 Litros, adaptados con cardenche previamente inoculado, después pasa a través de 3 reactores de 200 Litros igualmente adaptados con cardenche inoculado y posteriormente tratada con un aireador para que el producto final sea de muy buena calidad, finalmente es llevada a un tanque de 25,000 Litros para ser usada posteriormente (Figura 1).

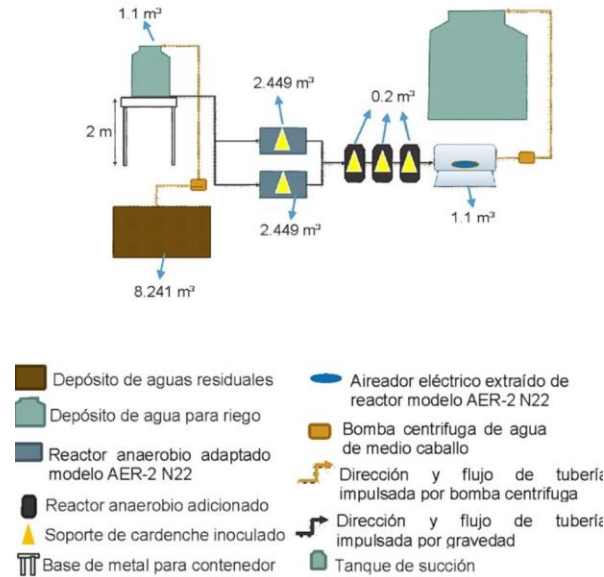


Figura 1. Esquema que describe el sistema de la planta tratadora de agua.

Resultados y discusión

A continuación, se muestra el cuadro 1 con los promedios de los datos obtenidos en las 4 semanas de duración de los ensayos en la que se especifica si el tipo de prueba es aceptado dentro del criterio de aceptación de la NOM-003-ECOL-1997.

Se observó que la remoción de contaminantes no fue total, en especial de grasas y aceites, la cual queda fuera de la norma, a dicho resultados se le atribuye una serie de justificaciones tales como la metodología usada, ya que, en la investigación de Galindo y colaboradores en el 2020, se obtuvo un promedio de 52 mg/L; y el periodo de observación, tomando en cuenta que la reactivación total de los consorcios podría no haber sido completada en el periodo en el que se llevaron a cabo los ensayos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos promedios obtenidos en los ensayos, de acuerdo a la NOM-003-ECOL-1997.

Pruebas realizadas	Promedio Mensual	Límite máximo permisible	% de polución en base al límite máximo permisible	Criterio de aceptación
Grasas y aceites	67 mg/L	15 mg/L	346.66%	Fuera de la norma
Sólidos suspendidos totales	11.62 mg/L	30 mg/L	61.26%	Dentro de la norma
Coliformes fecales	638.5 NMP/100ml	1000 NMP/100ml	36.15%	Dentro de la norma
pH	7.9	6-9	-----	Dentro de la norma

En cuanto a los sólidos suspendidos totales, se obtuvo un valor significativamente más bajo al de la investigación Montero-Aguirre (2015), en donde obtuvieron hasta 112 mg/L al menos dentro del período de observación, lo cual representa un gran punto a favor de la planta tratadora perteneciente a Molier Club Deportivo.



Para los valores de pH estos resultan ser algo elevados si tomamos en cuenta que se debe tener un pH entre 6.5 y 7.5 para riegos agrícolas según investigaciones de Medina y colaboradores (2016), sin embargo, hay que remarcar que el valor de pH obtenido en las últimas semanas de observación fue ligeramente más bajo, manteniéndose constante un pH de 7.7.

Cabe destacar de entre todos los usos que se le dieron al agua tratada fue la siembra de más de 245 retoños de árboles (huizaches, mezquites, palmas) y 764 arbustos (buganvillas, zacatonos) en poco más de 10,000 m², además de un área verde de pasto que abarca los 2,500 m², con lo que podemos comprobar visualmente que el tratamiento de agua ha tenido un resultado satisfactorio. Sin embargo, es necesario destacar que las condiciones climáticas en las que nos encontramos no son muy agradables y es por ello que algunos retoños que no lograron adaptarse bien a las condiciones a las que nosotros mismos como especie los hemos sometido, murieron, dejándonos con 218 retoños de los cuales cuidamos todos los días.

Conclusión

Hay que enfatizar la situación actual en la que vivimos, y es que a pesar de todas las diferencias que han caracterizado a nuestra sociedad hay algo que todos tenemos en común y es nuestro hogar, por el cual muy pocas personas se preocupan en realidad, sin embargo, solo en la oscuridad se puede iluminar y es que gracias al enorme apoyo por parte de Molier Club Deportivo, Green Laguna, Instituto Tecnológico de la Laguna, Universidad Tecmilenio y a la Universidad Juárez del Estado de Durango, se logró realizar este gran proyecto, el cual tiene la misión de darle una oportunidad más al agua residual que a menudo despreciamos por su mal olor o aspecto, a la vez que nos damos una oportunidad como especie, dándonos una visión más prometedora de nuestro futuro.

Referencias

- Galindo (2020). Planta de tratamiento de galindo. Consultado en: <https://vdocuments.mx/edar-galindo.html?page=1>
- Medina, E., Mancilla, O., Larios, M., Guevara, R., Olguín, J. y Barreto, O. (2016): Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco. IDESIA, vol 34(6): 51-59.
- Montero-Aguirre, S., Nikolski, I., Landeros-Sanches, C., Palacios-Vélez, O., Traversoni Dominguez, L. y Hernández-Pérez, J. (2016): Understanding the Vegetable Contamination Process with Parasites from Wastewater Irrigation and Its Impact on Human Health in Hidalgo, Mexico. Journal of Agricultural Science, vol. 8(5): 1-42.
- NOM (1997) Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-003-1997, "Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público". https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4893449&fecha=21/09/1998#gs.c.tab=0
- Silva, J., Torres, P., & Madera, C. (2008, 12). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. SciELO Colombia. Recuperado el 19 de agosto, 2023, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-99652008000200020&script=sci_arttext



DESARROLLO DE UN VEHÍCULO AUTÓNOMO PARA CONTROL DE CENICILLA EN ROSALES

Bonifacio Gaona-Ponce^{1*}, Gilberto de Jesús López-Canteñas¹, Francisco Muñoz-Gómez¹, Marco Antonio Rojas-Martínez¹, Pedro Cruz-Meza¹, Alfredo Alavez-Solorzano¹

¹Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. CP 56230. * Autor para correspondencia: bgaonap@chapingo.mx

Introducción

La función principal de un invernadero es idear las condiciones ambientales más apropiadas para el desarrollo vegetal de cualquier propósito, ya sean comestibles, medicinales o de ornato (Quintero Pulgar, 2021), pero en el ánimo de crear condiciones ideales, algunos cultivos desarrollan enfermedades difíciles de erradicar (Crespo Camacho, 2018). En el cultivo del rosal (*Sphaerotheca pannosa*) que se desarrolla en la región de la montaña de Texcoco, la principal enfermedad detectada es la cenicilla, cuyo tratamiento recomendado es la radiación con luz ultravioleta (Espejel-Maycotte et al., 2022) pero el uso de este tratamiento tiene el inconveniente de causar enfermedades en los humanos. Bajo las consideraciones anteriores, la presente investigación tiene como objetivo diseñar y construir un vehículo de asistencia para trabajar en un invernadero enfocado a la producción de rosas. Una de las principales actividades que debe desarrollar el móvil, es desplazarse de forma autónoma entre los pasillos del cultivo y trasladar sobre sí una torre con lámparas de luz ultravioleta con el propósito de controlar la cenicilla del rosal y de este modo, evitar el contacto del personal con la radiación electromagnética.

Materiales y métodos

El invernadero donde se realizaron los trabajos de campo tiene cultivo de rosas dispuestas en hileras de 85 metros de largo, con espacio entre surcos de 68 centímetros. Con base en esta medida se determinó que el ancho del vehículo fuera de 58 cm.

Para la construcción del equipo se utilizaron tres ruedas eléctricas de 18" con motor brushless integrado en el eje de 36 V y 50 W de potencia, unidas por un chasis articulado para facilitar los giros (Figura 1), habilitado por seis baterías selladas de 12 V, 7 Ah cada una, dispuestas en arreglo mixto para proveer la energía demandada. El control de dirección está coordinado con una matriz de sensores de proximidad inductivos, instalada en la parte frontal para analizar una guía flexible metálica que indica el recorrido del vehículo. El equipo está dotado de un mástil que tiene lámparas de luz uv.

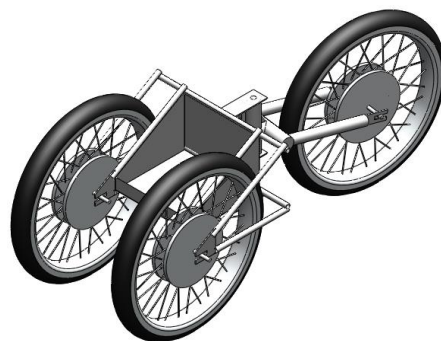


Figura 1. Chasis del vehículo



Para el control de velocidad de cada motor, fue empleado un controlador electrónico en cada rueda, el cual posee dos conectores para alimentación a 36 V; conector xlr para suministro energético y señal de la rueda correspondiente, así como la comunicación de control electrónico de velocidad PWM (Matevosyan, 2021).

Resultados y discusión

La disposición del cultivo supuso un recorrido total de 3,780 metros lineales. Considerando el tiempo de 2 minutos que la superficie dosal debe estar expuesta a los rayos ultravioleta (Espejel-Maycotte et al., 2022), se determinó una velocidad promedio de 2.16 km/h en línea recta y de 1.5 km/h en los virajes. Dichas velocidades implican que el vehículo realice todo el recorrido y regrese al punto inicial en aproximadamente 2 horas. La batería que alimenta de energía al móvil tiene una autonomía de 4 horas, mientras que la que alimenta de energía a las lámparas tiene una autonomía de 11.5 horas. Queda pendiente para investigaciones posteriores la evaluación de la efectividad de la exposición de la luz UV sobre la enfermedad de la cenicilla, pues al momento de la emisión de esta investigación no hubo un cultivo con esa enfermedad en el que se pudiera emplear.

Conclusiones

Se desarrolló un vehículo con una velocidad ajustable de desplazamiento a 2.16 km/h en línea recta y de 1.5 km/h en virajes, resultando tiempo recomendado de exposición de rayos ultravioleta al área dosal de las plantas de rosa. El tiempo de autonomía de las baterías resultó suficiente para realizar inclusive dos recorridos antes de requerir ser cargadas. El equipo se desplazó con eficiencia por los pasillos del cultivo de rosas, sin colisionar con las plantas y ejerciendo virajes precisos, se programó para que al volver al punto inicial se detenga.

Referencias

- Crespo Camacho, O. (2018). Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de rosas (*Rosa* sp.) bajo invernadero en el municipio de Quillacollo. In Tesis (Vol. 1, Issue 1). Universidad Mayor de San Simón.
- Espejel-Maycotte, E. Z., Arévalo-Galarza, M. de L., Nava-Díaz, C., & Cadena-Iñiguez, J. (2022). Diseño de un equipo de aplicación de luz UV-C para el control de cenicilla en rosal. *Agro-Divulgación*, 2(2), 33–36.
- Matevosyan, R. (2021). Control vectorial del par motor de un motor brushless. Universitat Politècnica de Valencia.
- Quintero Pulgar, J. A. (2021). Sistema para el manejo de datos climáticos de pequeñas producciones agrícolas bajo invernadero: un acercamiento a la agricultura inteligente. Universidad Nacional de Colombia.



DIVERSIFICACIÓN AGROALIMENTARIA DEL FRIJOL EN ZACATECAS, MÉXICO: POTENCIAL NUTRICIONAL Y AGRÍCOLA

Rafael García Vázquez^{1*}, Marco Andrés López Santiago², Ramón Valdivia Alcalá¹,
Blanca Isabel Sánchez Toledano³

¹Universidad Autónoma Chapingo-División de Ciencias Económico-Administrativas. ²Universidad Autónoma Chapingo-Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. ³Campo Experimental Zacatecas-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *Autor de correspondencia: garciarafael154@gmail.com

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), además de ser un alimento fundamental en la dieta de muchas culturas, desempeña un papel multifacético y vital en la agricultura sostenible, la seguridad alimentaria y la salud humana (Vasconcelos et al., 2020). En Zacatecas, México, este cultivo ha sido pilar fundamental en la producción agrícola (Ramírez-Jaspeado et al., 2020), lo que lo convierte en un recurso estratégico en el contexto del cambio climático (Sánchez et al., 2013).

A pesar de su importancia, se enfrenta a desafíos de competitividad y cambios en los hábitos alimentarios (Granado et al., 2021), lo cual, ejerce presión en las diferentes etapas de producción, comercialización, procesamiento y consumo. Por este motivo, diversos grupos de investigación se han centrado en la aplicación de tecnología alimentaria para impulsar el consumo de frijol, aumentar su competitividad y ofrecer productos nutritivos (Cruz-Bravo et al., 2015; Figueroa-González et al., 2023).

En esta línea de investigación, se ha explorado el desarrollo de alimentos funcionales (Granato et al., 2020), el frijol ha suscitado un interés particular debido a sus propiedades en fibra, proteínas, antioxidantes y compuestos bioactivos (Navarro, 2019; Maphosa & Jideani, 2017). Como resultado, los productos derivados del frijol han ganado relevancia entre los consumidores (Sánchez-Toledano et al., 2021).

Algunos estudios también han resaltado las ventajas de diversificar la producción agroalimentaria del frijol, lo que conlleva beneficios tanto económicos como sociales (Zumara et al., 2017; Sánchez-Toledano et al., 2021).

Es evidente que el frijol en Zacatecas desempeña un papel de gran relevancia en aspectos sociales, económicos, culturales y biológicos. En este marco, el presente artículo analiza la importancia de la diversificación agroalimentaria del frijol por medio del análisis de 3 escenarios: “Papel estratégico del frijol en la región de Zacatecas”, “Desafíos en la competitividad del frijol” e “Importancia de la diversificación del frijol”.

Estos escenarios resaltan diferentes aspectos clave de su producción, llevando a la premisa de que la conversión agroindustrial puede potenciar su valor nutricional y contribuir a la diversificación de la oferta alimentaria. Por último, se muestra que el frijol no solo es un alimento de importancia histórica sino también un motor de diversificación agrícola.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo durante el periodo de marzo a septiembre de 2023 y consistió en una revisión sistemática de la literatura que aborda la importancia de la diversificación agroalimentaria del frijol. Se emplearon bases de datos de EndNote, EBSCO y Google Académico como fuentes de información. El muestreo se realizó mediante un enfoque no probabilístico utilizando la técnica de bola de nieve.



La metodología se dividió en los siguientes pasos: A) Identificación de palabras clave. Se seleccionaron las siguientes palabras para la búsqueda: frijol, diversificación agroalimentaria, Zacatecas, México, competitividad, valor agregado, nutraceuticos. B) Criterios de selección. El periodo de revisión abarcó los últimos 10 años, desde 2013 hasta 2023. C) Análisis de las fuentes y clasificación de categorías relevantes. D) Síntesis de la información e identificación de tendencias y E) Redacción del artículo.

El procedimiento estableció un análisis crítico y generó datos notables como un artículo de revisión (Sanders, 2020). Para analizar la información se generaron 3 escenarios a los cuales se le denominaron “Papel estratégico del frijol en la región de Zacatecas”, “Desafíos en la competitividad del frijol” e “Importancia de la diversificación del frijol”, se cuantifico y comparo la importancia relativa de diferentes aspectos. Para ello, se utilizó una escala de Likert: 1) Poca importancia, 2) Importante, 3) Muy importante y 4) Extremadamente importante (Astudillo & Chevez-Ponce, 2021).

Resultados y discusión

La figura 1 presenta los resultados obtenidos en cuanto al papel estratégico del frijol en la región de Zacatecas. Se puede apreciar que este cultivo posee una relevancia destacada, principalmente por su importancia en la identidad alimentaria, además de formar parte de una arraigada tradición de producción que sirve como medio de subsistencia. Al mismo tiempo, se destacan otros aspectos significativos, a través de su contribución a la sostenibilidad agrícola y en menor medida, por su función como sistema de diversificación de cultivos en la región.

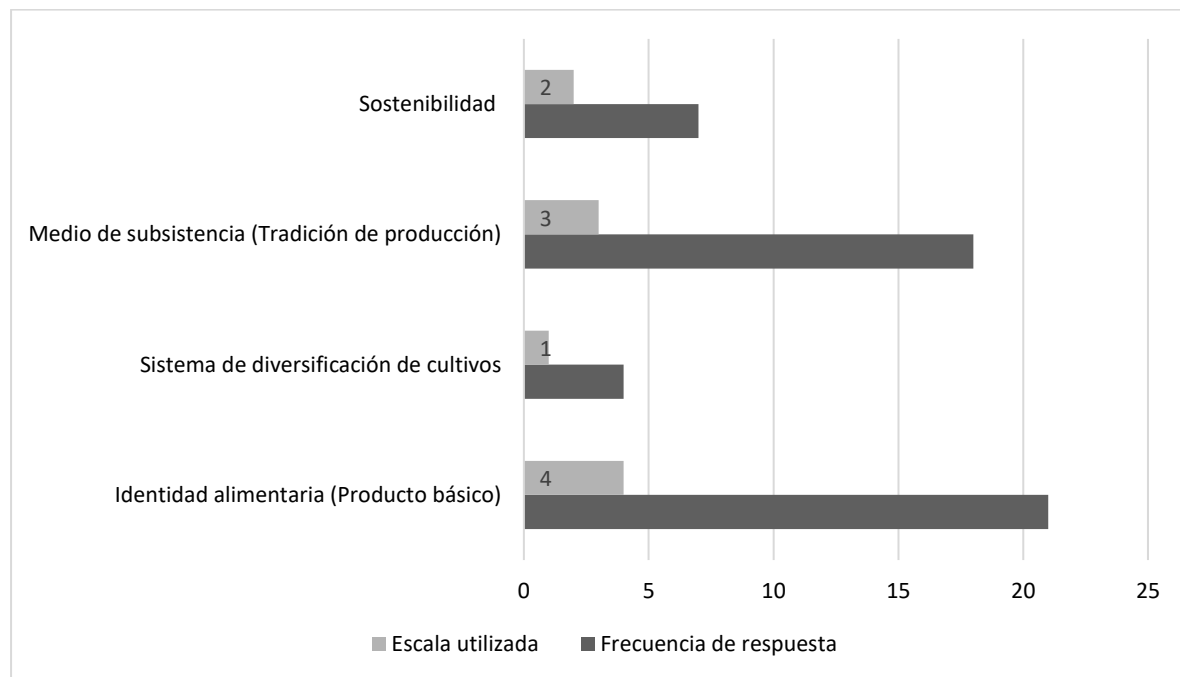


Figura 1. Papel estratégico del frijol en la región de Zacatecas



Al respecto, autores como Sánchez et al. (2013) y Ayala et al. (2021a) sugieren que es un producto básico estratégico de alimentación que representa una tradición de consumo y es la región centro norte la que se destaca como una de las zonas más importantes para la producción (Cid-Ríos et al., 2022). En este sentido, las variedades de frijol cultivadas en condiciones semiáridas de Zacatecas son relevantes (Herrera-Hernández et al., 2018). Dada su importancia alimentaria y socioeconómica, la leguminosa ha logrado mantener notabilidad económica y social hasta el día de hoy (De los Santos-Ramos et al., 2017; Cid et al., 2021).

Algunas investigaciones indican que al papel estratégico del frijol también se basa en su alternancia con otros productos como el maíz, trigo, calabaza. Aunque, al igual que los aspectos de sostenibilidad se muestran principalmente en pequeños productores (Ceceñas-Jacquez et al., 2015).

A pesar de lo mencionado anteriormente, la figura 2 releva la presencia de desafíos significativos en términos de competitividad.

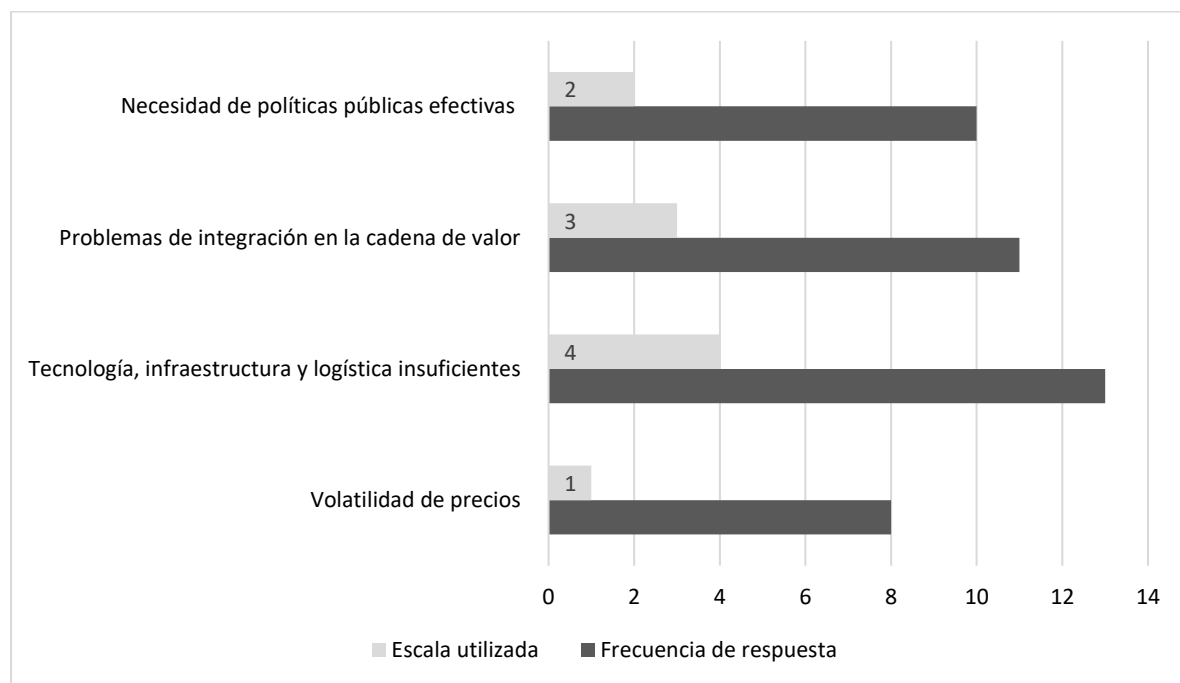


Figura 2. Desafíos de competitividad del frijol

Estos desafíos están relacionados principalmente con deficiencias en tecnología, infraestructura y logística, así como problemas de integración en la cadena de valor. Delgadillo-Ruiz et al. (2016) a través de un análisis de la producción de frijol en Zacatecas demostraron que muchas unidades no son viables económicamente a causa de los factores productivos que se emplean. Estas unidades de producción corren el riesgo de desaparecer sino modifican las tecnologías aplicadas. Se observa que uno de los problemas en la comercialización es la amplia participación de intermediarios y, en contraste, la limitada participación del productor (Ayala et al., 2021b). Aunque algunos productores han manifestado inconformidad, al intentar vender directamente no ha dado resultados favorables (Carrillo-Martínez et al., 2019). La ausencia de canales eficientes de comercialización impide que los productores puedan recuperar sus costos de producción (García et al., 2014).



Por otro lado, el comportamiento de las importaciones y exportaciones han tenido un impacto negativo en el estado de Zacatecas, evidenciando que México es un país deficitario en frijol y causando volatilidad en los precios (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura [FIRA], 2016; Ayala et al., 2021a).

Dado que los procesos son dinámicos, los productores de frijol se enfrentan a nuevos escenarios climáticos y de comercialización, lo que subraya la necesidad de implementar políticas públicas efectivas (Ceceñas-Jacquez et al., 2015).

En este contexto, se han identificado diversas problemáticas, entre las que destaca el impacto de las políticas de abastecimiento. Estas políticas han establecido un patrón de consumo basado en tipos específicos de frijol, lo cual, ha generado dificultades para satisfacer las necesidades de consumo de manera adecuada (Ramírez-Jaspeado et al., 2020).

Para abordar este tipo de cuestiones, algunos autores como Santillán et al. (2019) han propuesto la implementación de una política integral con énfasis en el consumo que fomente la producción, organización y comercialización del frijol.

En concordancia, la figura 3 destaca las razones que subrayan la importancia de la diversificación del frijol.

Se ha observado un cambio en los hábitos de consumo (Gálvez & Salinas, 2015), influenciado por factores como los cambios en el mercado, la migración, el empleo, el tipo de economía, el urbanismo, entre otros factores (Cruz-Bravo et al., 2015; Fernández & Sánchez, 2017).

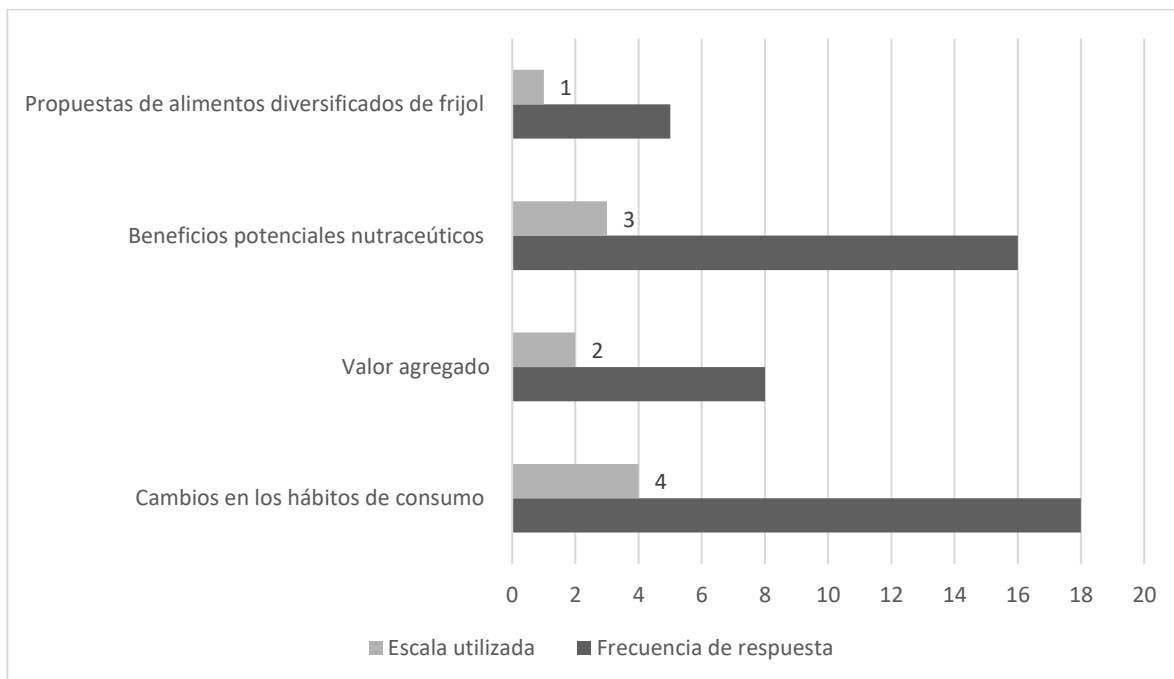


Figura 3. Importancia de la diversificación del frijol.



Entonces, en regiones productoras como Zacatecas, se enfrentan a la necesidad de encontrar nuevas alternativas para continuar con la producción de la leguminosa (Cid et al., 2014). En este escenario, la conversión agroindustrial emerge como una estrategia clave para diversificar la oferta y agregarle valor (Figuroa et al., 2015; Sánchez-Toledano et al., 2021). Conjuntamente, una solución prometedora para abordar los desafíos de competitividad es la producción de alimentos funcionales.

Bajo este enfoque, el frijol es considerado un alimento tradicional funcional con múltiples beneficios nutraceuticos (Escalante-Araiza & Gutiérrez-Salmeán, 2021). Entre sus ventajas destacan su alto contenido de fibra, proteínas, así como la presencia de compuestos bioactivos y su alta capacidad antioxidante.

Estas propiedades se han asociado de manera significativa con la prevención de enfermedades como la diabetes, el estrés oxidativo, la inflamación intestinal y las enfermedades cardiovasculares (Palacio-Márquez et al., 2021; Figuroa-González et al., 2023). También, se ha investigado su potencial para el tratamiento de enfermedades como el cáncer, el VIH, la obesidad y las enfermedades neurodegenerativas. No obstante, se requiere seguir avanzando en el aumento de investigaciones sobre sus compuestos bioactivos (Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017).

Al considerarse como un alimento casi perfecto, se han propuesto diversas iniciativas de conversión agroindustrial, como el uso de harina de frijol en galletas, pay, tallarines, panques, barritas, totopos y churros (Figuroa et al., 2015; Cruz-Bravo et al., 2015; Zumara et al., 2017; Sánchez-Toledano et al., 2021; Figuroa-González et al., 2023).

La introducción de productos alimenticios innovadores con ingredientes nutraceuticos ofrece beneficios potenciales tanto para consumidores, productores e industriales. Aunque, para lograr éxito, es necesario que se conjunte la tecnología alimentaria sustentable con el estudio de factores productivos, sensoriales y socioeconómicos.

Conclusiones

El frijol en Zacatecas representa más que un cultivo tradicional, es un recurso valioso con potencial significativo para la diversificación agrícola y la mejora de la salud nutricional. La conversión agroindustrial y la promoción de su valor nutraceutico pueden ser claves para asegurar su futuro como un recurso agroalimentario sostenible en la región. Su importancia se extiende desde el campo hasta la mesa, consolidando su posición como un tesoro agroalimentario.

Asimismo, la cadena de valor precisa de un fortalecimiento en la capacidad que tiene dentro del mercado. Una estrategia efectiva para lograrlo implica la utilización y desarrollo de tecnologías adecuadas que permitan aprovechar al máximo los componentes del grano y obtener productos con valor agregado.



Referencias

- Astudillo, M. P., & Chevez-Ponce, F. C. (2021) La escala de likert en la medición de las TIC y la Exclusión Social. *Cadernos de Educação Tecnologia e Sociedade*, 14, 375-383. <https://doi.org/10.14571/brajets.v14.n3.375-383>
- Ayala, A. A., Santiago, I. C., Acosta, J. A., & González, E. (2021a). Situación actual y perspectivas del frijol en México. *En El cultivo del frijol presente y futuro para México* (pp. 165-175). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. México.
- Ayala, A. V., Santiago, I. C., & Preciado, P. (2021b). Análisis de la comercialización de frijol en México. *En El cultivo del frijol presente y futuro para México* (pp. 179-189). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. México.
- Carrillo-Martínez, C. J., Álvarez-Fuentes, G., Aguilar-Benítez, G., García-López, J. C., & Contreras-Servín, C. (2019). Rentabilidad de la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.) y chile (*Capsicum annum*) en el municipio de Morelos, Zacatecas. *Acta Univ*, 29, e1984. [www.actauniversitaria.ugto.mx1http://doi.org/10.15174/au.2019.1984](http://doi.org/10.15174/au.2019.1984)
- Ceceñas-Jacquez, O., & Morales-Carrillo, N. (2015). Perspectivas de desarrollo de los productores de frijol en Sombrerete, Zacatecas. *Ra Ximhai*, 11(5), 97-109.
- Chávez-Mendoza, C., & Sánchez, E. (2017). Bioactive compounds from Mexican varieties of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): Implications for health. *Molecules*, 22(8), 1360. <https://doi.org/10.3390/molecules22081360>
- Cid-Ríos, J. Á., Reveles-Hernández, M., Sánchez-Gutiérrez, R. A., & Ramírez-Cabra, N. (2022). Typification of PRODETER bean producers to help climate change in Zacatecas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(4), 741-748. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i4.2797>
- Cid, J. A., Reveles, M., Herrera, M. D., & Acosta, J. A. (2014). *Nuevas variedades de frijol para el estado de Zacatecas* [boletín n° 57]. CIRNOC - INIFAP. <http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/nuevaVariedadFrijol.pdf>
- Cid, J. A., Reveles, M., Ramírez, N. Y. Z., Velásquez, R., & Sánchez, R. A. (2021). *Arreglos topológicos y densidades de siembra en el cultivo de frijol de riego en Zacatecas*. [boletín n° 110]. CIRNOC - INIFAP. <http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/20312PUB04%20Folleto%20JA.pdf>
- Cruz-Bravo, R. K., Guzmán-Maldonado, S. H., Herrera, M. D., Cid-Ríos, J. A., & Juárez-García, M. (2015). *Galletas con Harina de Frijol de Alta Calidad Nutricional y Nutracéutica* [boletín n° 66]. CIRNOC - INIFAP. <https://docplayer.es/52911754-Galletas-con-harina-de-frijol-de-alta-calidad-nutricional-y-nutraceutica.html>
- De los Santos-Ramos, D., Romero-Rosales, T., & Bobadilla-Soto, E. E. (2017). Dinámica de la producción de maíz y frijol en México de 1980 a 2014. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 439-453. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23608>
- Delgadillo-Ruiz, O., Leos-Rodríguez, J. A., Valdez-Cepeda, R. D., Ramírez-Moreno, P. P., & Salas-González, J. M. (2016). Análisis de la viabilidad de la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el corto y largo plazo en Zacatecas, México. *Agroproductividad*, 9(5), 16-21.
- Escalante-Araiza, F., & Gutiérrez-Salmeán, G. (2021). Traditional Mexican foods as functional agents in the treatment of cardiometabolic risk factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(8), 1353-1364.
- Fernández, A. F., & Sánchez, E. (2017). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. *Nova scientia*, 9(18), 133-148. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.763>
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (2016). *Panorama agroalimentario: frijol*. <https://n9.cl/ufmrj>
- Figueroa-González, J., Guzmán-Maldonado, S., Herrera-Hernández, M., & Sánchez-Toledano, B. (2023). Nutritional and Nutraceutical Quality of Artisan Food Products Supplemented With Bean Flour (*Phaseolus vulgaris* L). *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 30(1), 61-74. <https://doi.org/10.31243/aci.v30i1.2018>
- Figueroa, J. J., Guzmán, S. H., & Herrera, M. G. (2015). Atributo nutricional y nutracéutica de panqué y barritas a base de harina de frijol (*phaseolus vulgaris* l.) *Biotechnia*, 17(3), 9-14. <https://doi.org/10.18633/bt.v17i3.231>
- Gálvez, A., & Salinas, G. (2015). El papel del frijol en la salud nutrimental de la población mexicana. *Revista Digital Universitaria*, 16(2).
- García, J. A., Fuentes, M. E., Guzmán, E., & García, R. C. (2014). Establecimiento de plantas beneficiadoras de frijol negro en Zacatecas: un estudio sobre ubicación óptima de instalaciones. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (62), 33-41.
- Granato, D., Barba, F. J., Bursac, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual review of food science and technology*, 11, 93-118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708>
- Herrera-Hernández, I. M., Armendáriz-Fernández, K. V., Muñoz-Márquez, E., Sida-Arreola, J. P., & Sánchez, E. (2018). Characterization of bioactive compounds, mineral content and antioxidant capacity in bean varieties



- grown in semi-arid conditions in Zacatecas, México. *Foods*, 7(12), 199. <https://doi.org/10.3390/foods7120199>
- Maphosa, Y., & Jideani, V. A. (2017). The Role of Legumes in Human Nutrition. In *Functional Food - Improve Health through Adequate Food*. *InTech*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.69127>
- Navarro, S. L. B., & López, X. J. L. (2019). Evaluation of partial replacement of wheat flour with phaseolus vulgaris L. Bean flour in the formulation of cakes. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 9(1), 35-44.
- Palacio-Márquez, A., Ojeda-Barrios, D., Jiménez-Castro, J., Preciado-Rangel, P., Hernández-Rodríguez, O. A., & Sánchez, E. (2021). Biofortification potential in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): bioactive compounds, antioxidant capacity and physicochemical properties of 155 varieties grown in México. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49(1), 12123. <https://doi.org/10.15835/nbha49112123>
- Ramírez-Jaspeado, R., Palacios-Rojas, N., Nutti, M., & Pérez, S. (2020). Estados potenciales en México para la producción y consumo de frijol biofortificado con hierro y zinc. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(1), 11-23. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.11>
- Sánchez-Toledano, B., Cuevas-Reyes, V., Cruz-Bravo, R., & Zegbe, J. A. (2021). Aceptación y preferencia de los consumidores por un tallarín enriquecido con harina de cotiledón de frijol. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(1), 95-95.
- Sánchez, B. I., Domínguez, J. A., Rumayor, A. F., & Moctezuma G. (2013). Estructura económica competitiva del sector agropecuario de Zacatecas: un análisis por agrocadenas. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 33, 552-563.
- Sanders, D. A. (2020). How to write (and how not to write) a scientific review article. *Clinical biochemistry*, 81(4), 65-68. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2020.04.006>
- Santillán, J. C. A., Vegara, E. O., & Chauvet, M. (2019). Efectos de las políticas públicas en la conformación de organizaciones de productores de frijol en Zacatecas. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 19(37), 21-21.
- Vasconcelos, M. W., Grusak, M. A., Pinto, E., Gomes, A., Ferreira, H., Balázs, B., Tiziana, C., Ntatsi, G., Savvas, D., Karkanis, A., Williams, M., Vandenberg, A., Toma, L., Shrestha, S., Akaichi, F., Barrios, C., Gruber, S., James, E. K., Maluk, M., Karley, A., & Iannetta, P. (2020). The biology of legumes and their agronomic, economic, and social impact. *The Plant Family Fabaceae: Biology and Physiological Responses to Environmental Stresses*, (pp. 3-25). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4752-2_1
- Zumara, E., Juárez, J., Mancillas, J., Ávila, M., & Leyva, A. (2017). Desarrollo de un pay de harina de frijol negro San Luis con mermelada de chilacayote de altas propiedades nutricionales. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (71), 27-33. <https://doi.org/10.33064/iycuaa201771597>



DESARROLLO DE UNA MÁQUINA PARA MEDIR LA DUREZA DEL HUEVO DE GALLINA

Bonifacio Gaona-Ponce^{1*}; Gilberto de Jesús López-Canteñs¹; Francisco Muñoz-Gómez¹; Noel Chávez-Aguilera¹; Marco Antonio Rojas-Martínez¹; Iván Vazquez-Mendoza¹

Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco, 56230, Chapingo, Estado de México. * Autor de correspondencia: bgaonap@chapingo.mx

Introducción

El cascarón de un huevo de gallina representa para éste una cubierta dura y parcialmente hermética, gracias a esto no requiere empaque adicional para su comercialización o traslado, más que contar con un embalaje sencillo (Segura-Correa et al., 2007). Por ello, asegurar que cuente con una dureza suficiente es importante para que se reduzcan las pérdidas por rotura durante el traslado (Castro-Alvarado et al., 2023). Actualmente en el mercado existen máquinas para dimensionar la dureza del cascarón, pero son de alto costo y muy pesadas para poderlas trasladar durante el acopio o recolección (González Ruiz et al., 2019), por ello, la presente investigación tiene como objetivo diseñar y construir una máquina portátil para medir la dureza de cascarón del huevo de gallina, tomando en cuenta las exigencias de la norma mexicana NMX-FF-127-SCFI-2016.

Materiales y métodos

Para realizar el diseño del equipo se consultaron referencias de normas internacionales en dureza de cascarón y de equipos para ensayos (Romo et al., 2022), posteriormente se realizó una propuesta basada en el principio de una maquina universal monoplaza (Durango et al., 2015), la cual se fue modificando en la medida que se realizaron maquetas del dibujo hasta determinar su forma final. El software elegido para el modelado de las piezas y el ensamble final fue Solid Works, mientras que para la manufactura de la maqueta se utilizaron materiales de fácil acceso y sencillos de trabajar como el acrílico y el aluminio de cancelería.

Se utilizó un motor DC de 12V y 18W para hacer girar un husillo de 3/8" con cuerda acmé con desplazamiento bidireccional en un solo eje. Para medir el esfuerzo de compresión se adaptó una celda de carga electrónica con amplificador HX711. Las mediciones de esfuerzo y deformación se visualizan en una pantalla LCD de 16x2.

Resultados y discusión

El prototipo construido se realizó con base en la determinación final de la forma sustentado con la información obtenida de la maqueta diseñada (Figura 1), se realizaron modificaciones como la adhesión de patas niveladoras en la base del equipo, se agregan, también niveles de gota para asegurar la correcta nivelación del equipo, se realiza también la sustitución del controlador de puente H L293D por un integrado L298N que permite manejar voltajes mayores y ofrece un circuito de protección contra descargas del motor CD de 12V y 18W. De las pruebas de funcionamiento del mecanismo de ascenso y descenso del husillo, se observó una variación ligera tanto en el ascenso como en el descenso de un rodamiento con respecto al otro, esto puede generar un desbalance en la aplicación de la fuerza durante la compresión, a su vez puede generar daños en los rodamientos lineales y las varillas, lo que puede resolverse reemplazando el sistema de rodamiento-varilla por rodamientos lineales de tipo riel, al ofrecer mayor estabilidad a la placa del husillo.

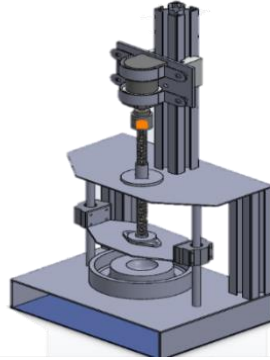


Figura 1 Dispositivo diseñado

Conclusiones

El prototipo diseñado cumple la función de compresión de manera similar a una prensa, pero con la ventaja de ser un dispositivo compacto, fácil de transportar, y para uso fuera de laboratorio, está construido con materiales locales y de fácil acceso lo que da como resultado que la manufactura de este dispositivo sea económica.

Referencias

- Castro-Alvarado, H., Davidovich-Young, G., & Wong-Gonzalez, E. (2023). Calidad durante el almacenamiento de huevos de gallina (*Gallus gallus domesticus*) recubiertos con aceite. *UNED Research Journal*, 15(2), 14.
- Durango, D. J., Herrera, E. J., & Otero, N. E. (2015). Diseño, construcción y validación del prototipo de una máquina para ensayos de resistencia de materiales. *Ingeniería e Innovación*, 3(2), 16–27.
- González Ruiz, J. I., Flores Santin, J. R., & Corona Orán, J. C. (2019). Diseño de un prototipo para medir la dureza del cascarón del huevo de codorniz japonesa (*Coturnix coturnix* japónica) tras la ingesta materna de cipermetrina. *XXXIV Congreso de Instrumentación*, 6, 1–9.
- Romo, S., López, D., Ledesma, N., Gutiérrez, C., Quintana, A., & Rangel, L. (2022). Comparación en la calidad de huevos obtenidos en un sistema de producción en corrales al aire libre y los producidos en un sistema de jaula. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 13(1), 32–42. <https://doi.org/10.22319/RMCP.V13I1.5300>
- Segura-Correa, J., Jerez-Salas, M. P., Sarmiento-Franco, L., & Santos-Ricalde, R. (2007). Indicadores de producción de huevo de gallinas criollas en el trópico de México. *Archivos de Zootecnia*, 56(215), 309–317. <https://www.redalyc.org/pdf/495/49521504.pdf>



AISLAMIENTO DE *Cryptococcus neoformans* DE EXCRETAS DE PALOMAS (*Columba livia*) EN ÁREAS Y SUPERFICIES PÚBLICAS EN EL MUNICIPIO DE GÓMEZ PALACIO

Aurora Martínez-Romero^{1*}, José L. Ortega-Sanchez², Maribel Cervantes-Flores³, José J. Alba-Romero¹, Luis O. García-Contreras¹, Deissie A. Salinas-Torres¹, Perla G. Muñoz-Valles¹

¹Facultad de Ciencias Químicas Unidad Gómez Palacio. Universidad Juárez del Estado de Durango. ²Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Durango, México. ³Facultad de Ciencias Químicas Unidad Durango. Universidad Juárez del Estado de Durango. *Autor de correspondencia: aurora.martinez@ujed.mx

Introducción

Los hongos ejercen efectos importantes en la respuesta inmunitaria del individuo tal como lo es la Criptococosis enfermedad infecciosa micótica sistémica ocasionada por el complejo *Cryptococcus neoformans* / *Cryptococcus gattii* (*C. neoformans*) serotipos A y D, esta enfermedad afecta a personas inmunocomprometidas (Carrión-Ruiz, 2019). Las infecciones por *Cryptococcus* ocurren por inhalación de blastosporas y basidiosporas que establecen una infección pulmonar primaria aguda o crónica causada por levaduras con cápsula, en especial el *C. neoformans*, patógeno fúngico cuyo origen son heces de aves, entre las cuales sobresale la paloma urbana (*Columba livia*) reservorio del hongo que afecta al humano presentando tropismo por el SNC y causa meningoencefalitis, este se encuentran en el ambiente, principalmente en árboles y suelos contaminados con, ya que la paloma juega un papel importante como portadora de hongos patógenos, entre las enfermedades transmitidas por palomas al ser humano se encuentran la histoplasmosis, clamidiosis, salmonelosis, colibacilosis, criptococosis, alveolitis alérgica, neumococosis, tripanosomiasis y tuberculosis (Vallejo et al., 2016).

En México no se realiza ningún tipo de control sanitario, ya que no es una enfermedad motivo de vigilancia epidemiológica, dada la importancia que en salud pública tiene el conocer el reservorio de un microorganismo patógeno, la posible presencia y permanencia del hongo en el tubo digestivo de las palomas, su distribución y los factores que favorecen su crecimiento, son temas de gran interés para la implementación de medidas de control sanitarias enfocadas a reducir la posibilidad de transmisión de la enfermedad a la población (Geda et al., 2019). *C. neoformans* es un patógeno fúngico ambiental que es la principal causa de meningitis fúngica, lo que provoca aproximadamente 278,000 casos y 181,000 muertes cada año. La criptococosis se caracteriza por afectar inicialmente pulmones y después diseminarse a piel y vísceras, con una clara predilección hacia el SNC (Ghaffar & Webb 2019).

La criptococosis se ha relacionado con la exposición de los pacientes a excreciones de estas aves. Hoy en día es de gran importancia realizar un control sanitario de las palomas, ya que estas son consideradas potenciales plagas transmisoras de múltiples enfermedades. En el municipio de Gómez Palacio no hay estudios que establezcan la presencia de *C. neoformans*. La criptococosis es una enfermedad oportunista que afecta principalmente a pacientes con HIV, trasplantados, hemopatías, meningitis y enfermedades pulmonares. Es por esto el objetivo fue realizar el aislamiento de *C. neoformans* de excretas de palomas (*Columba livia*) en áreas y superficies públicas en el municipio de Gómez Palacio, Durango.



Material y métodos

Transversal, Observacional y Descriptivo. Para el presente estudio se tomaron en cuenta los cultivos con aislamientos microbiológicos, en el laboratorio de microbiología de la Facultad De Ciencias Químicas de la ciudad de Gómez Palacio Dgo., en el periodo de febrero 2020. El tamaño de muestra se estableció por conveniencia. Se realizaron 100 aislamientos microbiológicos por el método de estría por agotamiento en agar Sabouraud con cloranfenicol, en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Ciencias Químicas. El muestreo se realizó en la Iglesia Guadalupe, Plaza de armas, Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura (FICA), Biblioteca UJED y Parque Morelos.

Recolección de la muestra. Para este estudio se tomaron 100 muestras de excretas de palomas realizando un estudio trasversal, observacional y descriptivo, el método se realizó en áreas y superficies en cuadrantes de 10 x 10 cm, según vértices de la circulación del viento y cercanos a excretas de palomas (*Columba livia*). Las 100 muestras se colectaron 20 La obtención de los excrementos se realizó con hisopos impregnados de solución salina, utilizando medio Stuart como medio de transporte, los tubos con las muestras fueron rotulados, transportados y almacenados en el laboratorio de microbiología de la Universidad de Ciencias Químicas UJED (Figura 1 a, b y c). Al trabajar con organismos patógenos e infecciosos, tal como lo es el hongo de *C. neoformans*, es necesario seguir los protocolos de bioseguridad y sanidad dentro del laboratorio, así como en la recolección de la muestra. Se trabajó con el nivel de bioseguridad 2 (BSL-2) ya que este nivel cubre los laboratorios que trabajan con agentes asociados con enfermedades humanas (es decir, organismos patógenos o infecciosos) que presentan un riesgo para la salud: usar equipo de protección personal (EPP) adecuado, incluidas batas de laboratorio y guantes. También se pueden usar protección para los ojos y caretas, según sea necesario, utilizar una autoclave para la descontaminación y la eliminación adecuada del hongo, el laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas (UJED) cuenta con instalaciones de lavabo de fácil acceso y señales de advertencia de peligro biológico, así como con puertas de emergencia, Trabajar con cabina de bioseguridad clase IIA por seguridad del operador.

Procesamiento de la muestra. El medio de transporte fue el medio de Stuart. Las muestras fueron aisladas y procesadas por el método de estría por agotamiento con solución salina isotónica al 0.9% en agar para hongos y levaduras Sabouraud con 0.25 ml de cloranfenicol para inhibir el crecimiento de bacterias y así lograr evitar la competencia con el crecimiento del hongo. La incubación se realizó a 30°C observándose diariamente hasta detectar crecimiento levaduriforme. A las muestras que presentaron características de crecimiento concordantes con colonias mucoides, blancas y cremosas se consideraron positivas para crecimiento de *Cryptococcus*. Del crecimiento con estas características se realizó un extendido donde se colocó una gota de tinta china para la observación microscópica en un aumento de 40x para identificar las levaduras de *C. neoformans* rodeadas de una cápsula coloreada que forma un halo claro (Delgado- Torres *et al.*, 2020). De las muestras positivas para *C. neoformans* se realizó una resiembra y se identificaron a través de la técnica con azul de lactofenol y con la prueba de reducción del nitrato. Los criterios de inclusión fueron: Áreas y superficies con rastros de excretas de paloma (*Columba livia*).



Figura 1 (a, b y c). Palomas (*Columba livia*), recolección y transporte de muestras.

La tinción con azul de lactofenol se realizó para observar sus estructuras del hongo, las cuales se observan teñidas de color azul, a excepción de los hongos dematiáceos que conservarán su coloración café característica de este tipo de hongos. Identificación mediante criterios bioquímicos y enzimáticos: Prueba de reducción del nitrato, el desarrollo de un color rojo brillante en el hisopo es positivo, negativo sólo cuando el hisopo retiene el color de la colonia.



Figura 2. Colonias de *C. neoformans* en agar Sabouraud con cloranfenicol.



Figura 3. Cultivo de agar sabouraud con crecimiento de diferentes tipos de hongos

Resultados y discusión

En el presente estudio se analizaron 100 muestras de heces de palomas (*Columba livia*), las cuales fueron recolectadas de diversas áreas de la ciudad de Gómez Palacio Dgo. De acuerdo a los resultados obtenidos del total de muestras recolectadas un 30% fueron positivas para *C. neoformans* (Figura 2). El otro 70% corresponde a la presencia de otras especies de hongos, entre los que se encuentran: *Penicillium* sp, *Rhizopus* sp y *Aspergillus flavus* (Figura 3). En la mayoría de las zonas la exposición a la luz, la circulación del aire y la permanencia de las excretas en el medio ambiente fueron altas. La humedad en la mayoría de las áreas de muestreo fue baja (60%). El 80% de las muestras tomadas no eran frescas y en su gran mayoría fueron tomadas secas, en exteriores, principalmente del suelo. El porcentaje de identificación de las 30 muestras positivas obtenidas se muestra en la Tabla 1. Durante el estudio se identificaron otro tipo de hongos de importancia clínica que pueden ser de interés en otras investigaciones (Figura 4 y Tabla 2).

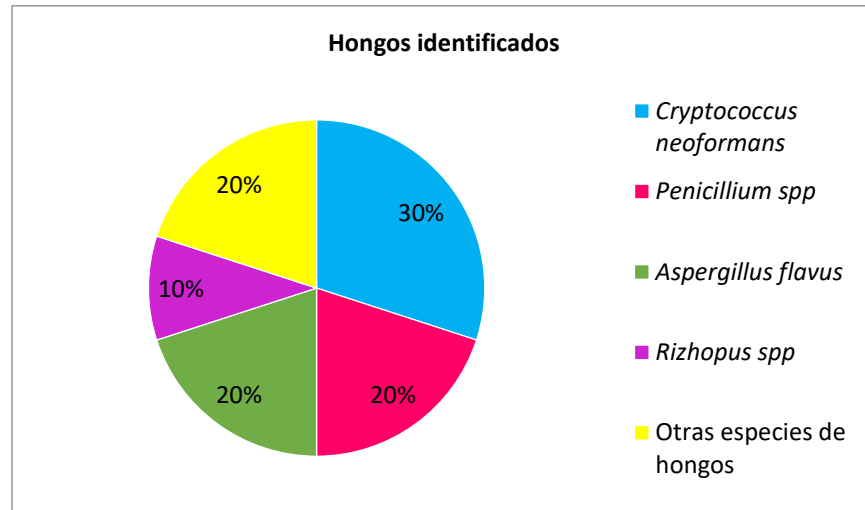


Figura 4. Porcentaje de hongos identificados.

El estudio del hongo *C. neoformans* es de gran importancia debido a que en las últimas décadas la paloma doméstica ha aumentado en población junto al crecimiento urbano y esto representa un problema para la salud pública ya que sus heces pueden mantener viables microorganismos patógenos. Este estudio evidencio el aislamiento de *C. neoformans* en excrementos secos de palomas, confirmando que este sustrato es una fuente importante del hongo en el ambiente urbano, estos resultados concuerdan un una investigación realizada en el presente año 2022 en la República Democrática del Congo en la cual determinaron que los complejos de especies *C. neoformans/C. gattii* (*Cn/Cg*) son los agentes etiológicos de criptococosis, basado en epidemiología, distribución geográfica, nichos ecológicos, presentación clínica, terapéutica y genética.

Tabla 1. Identificación de *C. neoformans* en el municipio de Gómez Palacio.

Muestras positivas y porcentaje de identificación			
Sitio	Numero	Positivas	Porcentaje
Iglesia de Guadalupe	20	9	45%
Plaza de armas	20	8	40%
FICA	20	2	10%
Biblioteca UJED	20	4	20%
Parque Morelos	20	7	35%
Total	100	30	30%

**Tabla 2.** Tipos de Hongos identificados en las diferentes áreas muestreadas

Lugar	localización	Muestras	Muestras Positivas	Identificado
	Lado Derecho-suelo	5	3	<i>Cryptococcus N.</i> , <i>Aspergillus spp.</i> , <i>Rhizopus sp</i>
Iglesia de Guadalupe	Lado Izquierdo-suelo	5	2	<i>Cryptococcus N.</i> , <i>Aspergillus sp</i>
	Frente (suelo)	5	2	<i>Cryptococcus N.</i> , <i>Candida</i> , <i>Aspergillus</i>
	Aparatos de Aire	5	2	<i>Cryptococcus N.</i> , <i>Candida</i> , <i>Penicillium</i> .
Plaza de Armas	Kiosko	5	2	<i>Cryptococcus N.</i> , <i>Aspergillus sp</i>
	Cuadrante Norte (suelo)	5	1	<i>Cryptococcus N.</i> , otro tipo de hongos
	Cuadrante Sur (suelo)	5	1	<i>Cryptococcus N.</i> , <i>Rhizopus sp</i>
	Muros de concreto	5	4	<i>Cryptococcus N.</i> , <i>Candida</i> , <i>Penicillium</i> .
FICA	Bancas	5	1	<i>Cryptococcus N.</i> , <i>Aspergillus spp.</i>
	Aparatos de Aire	5	0	<i>Candida</i> , <i>Penicillium</i> ,
	Canchas	5	1	<i>Cryptococcus N.</i> , <i>Candida</i> , <i>Penicillium</i>
	Estacionamiento	5	0	<i>Aspergillus</i>
	Aparatos de aire	5	1	<i>Cryptococcus N.</i> , <i>Candida</i> , <i>Rhizopus sp</i>
Biblioteca UJED	Banqueta-Izquierdo	5	2	<i>Cryptococcus N.</i> , otro tipo
	Ventanas-Derecho	5	1	<i>Cryptococcus N.</i> , <i>Aspergillus</i> .
	Lado trasero	5	0	<i>Aspergillus</i> , <i>Candida</i> , <i>Rhizopus</i> .
	Bancas	5	2	<i>Cryptococcus N.</i> , otro tipo
			5	3
Parque Morelos	Muros de Concreto Cuadrante Sur-suelo	5	1	<i>Cryptococcus N.</i> , <i>Candida</i>
	Cuadrante Norte-suelo	5	1	<i>Cryptococcus N.</i> , <i>Penicillium</i> , otro tipo de hongos

Al respecto, Vallejo et al., (2016) documentan que las excretas de aves son reservorios para *Cryptococcus*, debido a que la temperatura de las aves impide el crecimiento de las especies por lo cual al ser expulsadas en las excretas y al bajar la temperatura son capaces de proliferar y diseminar las esporas de excreta seca. Por otro lado, Nielsen et al., (2007) determinaron que *C. neoformans* crece mejor en el guano de paloma que en un medio de cultivo a base de levadura, lo que concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación y lo cual corrobora que la composición nutricional puede proporcionar un entorno favorable para el crecimiento de estos hongos.

Cabe mencionar que en la presente investigación no fue posible aislar *C. neoformans* en excretas frescas de palomas, lo que coincide con los hallazgos de Nunes (2021) en la cual mencionan que no fue posible aislar *C. neoformans* en excretas frescas y que puede justificarse por la proliferación bacteriana intensa en estos excrementos, promoviendo un cambio en el pH, haciéndolo alcalino, inhibiendo el crecimiento de la levadura. De acuerdo con Araujo (2019), el excremento seco ofrece un sustrato orgánico más propicio para el desarrollo del hongo, rico en N₂, con una menor concentración de bacterias, lo que reduce la competencia por el crecimiento.



Conclusión

Se realizó el aislamiento de *C. neoformans* de excretas de palomas (*Columba livia*) en áreas y superficies públicas en el municipio de Gómez Palacio, Durango. Se concluye que las heces secas de las palomas son el principal mecanismo de transmisión de hongos como: *Cryptococcus neoformans*, *Penicillium* sp, *Aspergillus flavus* y *Rizhopus* sp, tanto en personas sanas, así como en pacientes inmunocomprometidos. Es por eso que hoy en día es de gran importancia realizar medidas de control sanitarias para lograr reducir la posibilidad de transmisión de enfermedades de las aves a la población, ya que las palomas se consideran potenciales plagas transmisoras de múltiples enfermedades, lo que es alarmante porque son animales que recorren grandes distancias por su capacidad de volar, por lo que el microorganismo puede llegar a distribuirse más fácilmente. Aunque con resultados mínimos, obtuvimos muestras positivas en el suelo cerca del excremento estos hallazgos demuestran la necesidad de medidas para controlar estas aves en lugares de circulación pública, como plazas y parques, así como la aplicación de prácticas de higienización y limpieza de las excretas frescas.

Referencias

- Araujo, R.E., Miranda, T.G., Araújo, G.A.J., & Santos e Santos, K. (2019). Occurrence of *Cryptococcus neoformans* in the excreta of urban pigeons in the municipality of Redenção in Amazônia, Brazil. *Acta Biomedica Brasiliensia.*, 10.
- Carrión-Ruiz, R.F.C.R. (2019). Criptococosis meníngea asociada a lupus eritematoso sistémico. a propósito de un caso. *Rev Arg Med.*, 7(2):104-108.
- Delgado-Torres, N., Cedeño- Cueva, Julio, Granda- Jaramillo, Christian, Jumbo- Alvarado, Jair, Erick Jara León. (2020). *Cryptococcus neoformans* en paciente VIH, a propósito de un caso. *Revista científica INSPILIP.*, 4:1-10.
- Geda, N., Beyene, T., Dabsu, R., & Mengist, H.M. (2019). Prevalence of *Cryptococcal antigenemia* and associated factors among HIV/AIDS patients on second-line antiretroviral therapy at two hospitals in Western Oromia, Ethiopia. *Plos One.*, 14(12).
- Ghaffar, M. O. C., & Webb G. (2019). Antiphagocytic protein increases the susceptibility of *Cryptococcus neoformans* to amphotericin B and fluconazole. *Plos One.*, 1-10.
- Nielsen, K., De Obaldia, A.L., & Heitman, J. (2007). *Cryptococcus neoformans* mates on pigeon guano: implications for the realized ecological niche and globalization. *Eukaryot Cell.*, 6(6):949-59.
- Nunes Calumby, R. J., Porfirio da Silva, D., Teotônio de Farias Moreira, R., Cabral Silva, J., Meireles Grillo, L. A., & dos Santos Araújo, M. A. (2021). Prevalencia y susceptibilidad de *Cryptococcus neoformans* aislados del suelo y excretas de palomas en la ciudad de Maceió - Al, Brasil. *Revista De Ciências Médicas E Biológicas*, 20(2), 245–252.
- Vallejo, D.A., Benavides, C.J., Chaves, C.A., Morillo, M.I., & Castillo, A.M. (2016). Aislamiento de *Cryptococcus neoformans* en heces de palomas (*Columba livia*) en el casco urbano del municipio de Pasto, Colombia. *Revista Biosalud.*, 15(1):62-71.



DETERMINACION DE INDICADORES SOCIOAMBIENTALES PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA RESERVA ECOLOGICA MUNICIPAL SIERRA Y CAÑÓN DE JIMULCO

Rafael Carrillo Flores^{1*}, Diana R. Miguel Davalos², Martha Reyes Ramos³,
Cristóbal Hernández Bautista¹, José Ramón Hernández Salgado¹

¹Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Carretera Gómez Palacio - Ciudad Juárez, Km 40, Bermejillo, Dgo. ²Asesores de Servicios Agropecuarios y Ecología Sustentable, Chihuahua, México. ³Consultora en Proyectos Ambientales. Texcoco, México. *Autor de correspondencia: rcarrillo@chapingo.uruza.edu.mx

Introducción

El crecimiento urbano y el acelerado crecimiento económico han sido factores importantes que inciden en el intenso uso de los recursos naturales para satisfacer las necesidades de la población creciente al grado de sobrepasar la capacidad productiva de los ecosistemas y por consiguiente el deterioro de nuestro medio ambiente, lo cual ha generado obstáculos para lograr los objetivos de desarrollo sostenible. Una de las consecuencias del crecimiento poblacional, es la generación creciente sostenida de residuos sólidos urbanos (RSU) que está íntimamente ligada al proceso de incremento del poder adquisitivo de la población, que conlleva a estándares de vida con altos niveles de consumo de bienes y servicios, lo que produce un mayor volumen de residuos (SEMARNAT, 2019) que, aunado a un mal manejo y disposición final, ha propiciado problemas socioambientales en las zonas de generación y disposición final, es decir, la problemática causada por los residuos sólidos urbanos en nuestro país se debe a la dificultad y complejidad de su manejo y disposición final (SEMARNAT, 2022).

El informe referente a residuos sólidos para sus proyecciones al 2050 elaborado por El Banco Mundial estimó que en el 2016 se generaron 2,010 millones de toneladas de residuos sólidos y que el 33% de esta cantidad no ha tenido un manejo adecuado y terminan en cualquier parte como calles, alcantarillado, campos abiertos o cuerpos de agua. Dicho informe también estima que en el mundo la generación de los residuos aumentará a 3,400 millones de toneladas para el 2050 (Silpa et al., 2018).

Para nuestro país, de acuerdo con la SEMARNAT (2020), la generación per cápita de residuos sólidos urbanos es de 0.944 kg/hab/día, sin embargo, si se considera solo la generación de origen domiciliario, la generación per cápita es de 0.653 kg/hab/día. La generación total de residuos se estima en 120,128 t/día de los cuales el 31.56% corresponde a residuos susceptibles de aprovechamiento, el 46.42% corresponde a residuos orgánicos y el 22.03% a "otros residuos". De las 120,128 t/día que nuestro país genera, se recolectan 100,751 t/día, es decir el 83.87% y la disposición final de estos residuos es en rellenos sanitarios de tierra controlados o en rellenos sanitarios de tierra no controlados. El resto, es decir 19,377 t/día se desconoce su disposición final, pero es muy probable que terminen en tiraderos a cielo abierto o se quemen en espacios abiertos lo cual ocurre principalmente en las comunidades rurales.

El mismo autor, señala que, en el Estado de Coahuila, se generan 3,032 t/día ocupando el lugar número 16 a nivel nacional en cuanto a generación de residuos sólidos urbanos se refiere. Del total de residuos generados a nivel estatal, se recolectan 2,286 t/día. Sin embargo, estos datos son referidos a las áreas urbanas del Estado y se carecen de datos para las áreas rurales.



En la REMSyCJ, área rural del municipio de Torreón, Coahuila, de acuerdo con Fundación Jimulco (2021), la cantidad per cápita de residuos sólidos urbanos es de 0.151 kg/día, y la generación diaria en total en la REMSyCJ es de 1,405.16 kg. La disposición final de los residuos sólidos urbanos es en tiraderos a cielo abierto (TCA), los cuales no cumple con ningún requisito establecido en la NOM-083, y además, representan un mayor riesgo para la salud y el ambiente. Debido a este manejo inadecuado, es difícil su evaluación y por lo tanto el diseño de estrategias encaminadas a solucionar esta situación. En este sentido, el propósito del presente trabajo es generar indicadores socioambientales que permita evaluar y monitorear periódicamente los impactos generados por los RSU en las principales comunidades dentro de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (REMSyCJ) en el Municipio de Torreón, Coahuila.

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (REMSyCJ). Se localiza al suroeste del estado de Coahuila en el municipio de Torreón entre los paralelos 24°56'18" y 25°17'52" de latitud norte, y entre los meridianos 103°30'34" y 103°05'15" de longitud oeste, a una altitud que varía de 1,150 a 3,120 metros sobre el nivel del mar. Comprende una superficie de 57,185.67 ha., correspondiente al 44% del municipio.

El estudio se llevó a cabo en 6 comunidades de la REMSyCJ. Durante el mes de junio y julio del 2021, se aplicaron un muestreo aleatorio con una confiabilidad del 95% en las 6 comunidades estudiadas, aplicando un total de 324 encuestas a personas mayores de 10 años, lo que representa un índice de muestreo del 10.35%. Para la distribución de las encuestas se utilizó el método de afijación proporcional. La encuesta contó con 41 reactivos divididos en cinco ejes: I) información general del encuestado; II) generación de residuos sólidos urbanos; III) manejo de residuos sólidos urbanos; IV) educación ambiental; V) impactos ambientales generados por los residuos sólidos. Para los ejes II a V, se utilizó una escala tipo Likert. Para el eje II se utilizó una escala de 4 categorías (1 nunca, 2 casi nunca, 3 casi siempre, 4 siempre) y para los ejes III, IV y V, se utilizaron 5 categorías (1 No le interesa, 2 Nunca, 3 De vez en cuando, 4 Casi siempre, 5 Siempre). El propósito de las encuestas fue identificar la percepción de la población referente al tema de residuos sólidos urbanos y sus impactos y con ello determinar una serie de indicadores socioambientales que permitan la elaboración de una línea de base y dar seguimiento a la evaluación en cuanto a los temas de generación, manejo, educación ambiental e impactos de los residuos sólidos urbanos. Se llevaron a cabo recorridos de campo observacionales para identificar los tiraderos a cielo abierto en cada comunidad.

Se desarrolló una metodología para la clasificación de los tiraderos a cielo abierto identificados en las diferentes comunidades, otorgando un valor a cada TCA considerando 6 parámetros: tiempo de exposición, área afectada por RSU, cantidad de RSU en el TCA, composición de RSU, cercanía a viviendas, cercanía a cuerpos de agua superficiales. Cada parámetro consta de 3 valores (1, 2, 3) asignando un valor a cada TCA en cada uno de los parámetros. La suma total de los valores de cada TCA determina su impacto y puede ser en 3 categorías: bajo impacto, mediano impacto y alto impacto como se puede observar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Determinación de categorías para la clasificación de los TCA en la REMSyCJ

Categoría	Intervalo
Bajo impacto	6 a 9
Mediano impacto	10 a 12
Alto impacto	13 a 18

Fuente: elaboración propia



Los datos de las encuestas fueron organizados en una base de datos en Microsoft Excel. Se realizaron pruebas de confiabilidad para determinar la consistencia interna del cuestionario con el alfa de Cronbach el cual dio un valor de 0.776, lo cual se encuentra dentro del rango de aceptable aplicado con el software estadístico SPSS Versión 2021. Se realizó un análisis descriptivo con los datos recabados de las encuestas.

Para la determinación de los indicadores que conformaron el sistema de indicadores para los residuos sólidos urbanos en le REMSyCJ, primero se realizó una agrupación de ítems con el propósito de dar forma al conjunto de indicadores operacionales conforme a los ejes de generación de residuos sólidos, manejo de residuos sólidos, educación e impacto ambientales de los residuos sólidos. Posteriormente se realizó una suma de las respuestas de cada ítem y se clasificaron en 3 categorías tal como se muestra en el cuadro 2. Cabe señalar que la dimensión de información general del encuestado no se utilizó para determinar los indicadores.

Cuadro 2. Intervalos de cada dimensión en base a la suma de cada ítem del cuestionario para la determinación de categorías conforme al impacto de cada indicador.

Dimensión	Intervalo	Categoría
1. Generación de residuos sólidos urbanos	323 a 646	Bajo Impacto
	647 a 969	Mediano Impacto
	970 a 1292	Alto Impacto
2. Manejo de residuos sólidos urbanos	323 a 753	Bajo Impacto
3. Educación ambiental	754 a 1184	Mediano Impacto
4. Impactos ambientales	1185 a 1615	Alto Impacto

Fuente: elaboración propia

Con base en los resultados de las encuestas, así como los resultados de los muestreos de vegetación, aire y suelo, se elaboró un listado de indicadores para la generación del sistema de indicadores socio ambientales para los residuos sólidos de la REMSyCJ.

Resultados y discusión

El 65.94% de los encuestados corresponde al género femenino y el 34.06% al género masculino con edades de los 10 hasta los 91 años, de los cuales el 40.56% son menores de edad, y de estos el 97% se encuentran estudiando. El grado de estudios corresponde al 36.53% de los encuestados con nivel secundaria y el 35.91 % de primaria, el restante a nivel media superior, superior y posgrado. Los ingresos económicos de las familias son muy bajos pues el 67.33% tienen ingresos mensuales menores a \$2,000 pesos, el 25.25% está entre los \$2,000 y los \$4,300 pesos y sólo el 7.42% supera los \$4,300 pesos de ingresos mensuales.

En total, se ubicaron 28 TCA en 5 de las 6 comunidades estudiadas. En la comunidad de Barreal de Guadalupe se ha logrado una buena gestión de los RSU mediante organización comunitaria que permite disponer y entregar dichos residuos sólidos al servicio de recolección mediante una programación bien definida y consensada, por lo que en esta comunidad no se encontraron tiraderos a cielo abierto durante el tiempo del estudio.

Se identificaron 11 TCA de bajo impacto, 13 de mediano impacto y 4 de alto impacto. En los TCA de alto impacto, se encontraron residuos sólidos peligrosos y de manejo especial tales como residuos sanitarios, jeringas, baterías y residuos de medicamentos, neumáticos, envases de plaguicidas, entre otros. Este tipo de residuos no se encontró en los TCA de mediano y bajo impacto los cuales contienen en su mayoría residuos reciclables y orgánicos.



Se determinaron 33 indicadores de mediano y alto impacto los cuales se clasificaron para cada una de las cuatro dimensiones: 4 para generación de RSU, 11 para manejo de RSU, 4 para educación ambiental y 14 para impactos socioambientales.

Para cada uno de los indicadores, se generó una propuesta de ficha técnica que contiene información detallada de cada uno de los indicadores la cual contiene la siguiente información:

1. Nombre del indicador.
2. Descripción
3. Fórmula del indicador
4. Unidad de medida
5. Fuente y disponibilidad de los datos
6. Normatividad vinculada
7. Periodicidad de evaluación
8. Limitaciones
9. Alineación con la sustentabilidad (ODS)

Conclusiones

Se propuso una metodología para clasificar a los tiraderos a cielo abierto que puede ser utilizada para las zonas rurales de las zonas áridas, sin embargo, se recomienda llevar a cabo mayores estudios y validación de la metodología propuesta.

Se propone un sistema de 33 indicadores para evaluar y monitorear los residuos sólidos urbanos en 4 dimensiones diferentes: la generación de los RSU, el manejo de los RSU, la educación ambiental referente a los RSU y el impacto socioambiental provocados por los RSU para la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco. Considerando que estos indicadores surgen de manera participativa con los habitantes de la RESyCJ, es necesario considerar a expertos en la materia de RSU para validar dicho sistema de indicadores.

La evaluación, seguimiento y monitoreo periódico de estos indicadores, permitirá a la Fundación Jimulco, A.C. y al personal de la Administración a generar estrategias y planes de trabajo para la toma de decisiones sobre la gestión y manejo de los residuos sólidos generados dentro de la Reserva.

Referencias

- Fundación Jimulco A.C. (2021). Programa Operativo Anual (POA), Administración de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco.
- SEMARNAT. (2020). Diagnóstico Básico para la gestión integral de los residuos. Primera Edición. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, & Frank Van Woerden. (2018). What a Waste 2.0. A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank Group. ISBN: 978-1-4648-13
- Semarnat. (2019). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, edición 2018. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Semarnat. (2022). Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2022-2024. DOF 05/12/22. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.



PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE *Amelichloa clandestina* POSTERIOR A UN PASTOREO ALTA INTENSIDAD-BAJA FRECUENCIA

Fabián Hervert-Cruz^{1*}, Perpetuo Álvarez-Vázquez², Sait Juanes-Márquez³, Filogonio Jesús Hernández-Guzmán⁴, Alejandro García-Salas².

¹Estudiante de Maestría en Producción Agropecuaria UAAAN UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón Coah. México. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. ³Estudiante de Doctorado en Producción Agropecuaria UAAAN UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón Coah. México. ⁴Universidad Politécnica Francisco I. Madero. Dom. Con. Tepatepec, Francisco I. Madero, estado de Hidalgo. México. C.P. 42660. *Autor de correspondencia: fabianher_11@outlook.es

Introducción

Los pastizales son ecosistemas caracterizados por presentar una vegetación abierta dominada por especies herbáceas y cuya producción primaria es aprovechada directamente por los herbívoros (Jurado-Guerra *et al.*, 2021). La *Amelichloa clandestina*, denominado zacate picoso es un tipo de zacate que cubre áreas agrícolas abandonadas ya que tiene una gran capacidad de colonizar terrenos abandonados (Juanes, 2021). Se ha identificado la presencia de este pastizal en la región sureste del estado de Coahuila, considerada una especie endémica de la región, sin embargo, por su rusticidad se dificulta su uso mediante un sistema de pastoreo tradicional. El uso de pastizales, en México la mayoría de todos los pastizales son utilizados en la industria de la ganadería donde generalmente utilizan una gran extensión de suelo, estos pueden ser producidos de forma natural o inducida Según INEGI existe un total de 97 940.8 km² de territorio ocupado por pastizales. El pastoreo es una de las alternativas del sector ganadero hacia el aprovechamiento de pastizales, los cuales hablan de la frecuencia en las diferentes épocas del año e intensidad, analizando el rendimiento en los diferentes periodos, el crecimiento y resistencia. Además, se busca gestionar efectivamente el pastoreo, asegurando alimento disponible para el ganado. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la capacidad de rebrote del zacate picoso posterior a un pastoreo de alta intensidad-baja frecuencia, en la estación de primavera e identificar el momento más recomendable para su aprovechamiento.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en el rancho “Los Ángeles”, propiedad de la Universidad Autónoma Antonio Narro (UAAAN), ubicado en el municipio de Saltillo, Coahuila, México, entre las coordenadas 26° 06´ LN y 101° 06´ LO. La altitud es de 2100 m en los valles y 2400 en áreas de los cerros. Cuenta con un clima semiárido con lluvias en verano y una precipitación invernal de entre 5 y 10 %. El área de estudio fue un pastizal de aproximadamente 32 ha, de la cual se utilizó un área experimental de 600 m², la cual se perturbó mediante pastoreo con una alta carga animal de 500 UA h⁻¹ durante 48 hrs a disponibilidad de forraje. El periodo experimental inicio en la estación de primavera de abril a agosto 2023. El pastoreo se realizó en tres parcelas de 10 x 60 m (600 m²). Se evaluó los días de rebrote después de pastoreo (DDR). Para el rendimiento de materia seca (RMS) y composición morfológica de zacate, llevado a cabo durante cinco meses se recolectaron cuatro plantas de *A. clandestina* por repetición las cuales se colocaron en bolsas de papel para su posterior deshidratado en una estufa de aire forzado, la cual constó de una temperatura de 60 °C durante un tiempo de 48 horas. Para la altura de planta se tomaron 12 muestras al azar durante las 5 evaluaciones. Para determinar el efecto del mes de rebrote, se realizó un análisis de varianza con el PROC GLM del SAS y una comparación de medias con la prueba Tukey (p<0.05). Además, se realizó una curva de ajuste con el programa Excel, Windows 10.



Resultados y Discusión

En la Figura 1 se observa el aumento que tuvo la acumulación de materia seca del zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) en un periodo de rebrote de cinco meses. La curva de ajuste presentó una tendencia lineal resultando un coeficiente de determinación (R^2) de 0.98. El valor máximo de rendimiento de forraje fue obtenido en el mes de agosto, 84 días después del rebrote con un valor de 84 kg ha^{-1} y el rendimiento más bajo en abril con 15 kg ha^{-1} ($p > 0.05$). Se apreció que el zacate picoso tuvo un aumento en la velocidad de su producción entre los meses de julio y agosto a lo cual se le atribuyen las condiciones climáticas donde se presentó más precipitaciones generando un crecimiento acelerado debido a una mayor humedad. Así mismo, en la altura de la planta se observó un aumento conforme transcurrieron los meses, el modelo de ajuste lineal presentó una cierta correlación con los datos obtenidos con un coeficiente de correlación (R^2) de 0.88, presentándose la altura más baja en el mes abril con un valor de 12 cm, mientras que la altura más alta en el mes de agosto con un valor de 24 cm, con crecimiento duplicado desde el inicio al final del estudio ($p < 0.05$).

Por otra parte, en la Figura 2 se observan los componentes del rendimiento de materia seca; hoja, tallos, materia muerta e inflorescencia durante los meses de estudio. Se registraron que los valores más bajos de hoja y tallo se presentaron en abril con 9.2 y 4.4 kg ha^{-1} con un 61 y un 32 % del rendimiento total, mientras que los valores más altos de hoja se obtuvieron en el mes de agosto con 71 kg ha^{-1} representando el 85 % ($p < 0.05$). Por el contrario, el valor máximo de tallos fue en el mes de junio con 15.3 kg ha^{-1} con el 41 % de la producción total ($p < 0.05$). En cuanto al material muerto, el valor mínimo registrado fue en el mes de junio con un valor de 0.72 kg ha^{-1} , representando un 1.9 %, contrario al mes de agosto, donde hubo una mayor presencia con un valor de 7.9 kg ha^{-1} , lo cual representó un 9.4 % del rendimiento total ($p < 0.05$). La diferencia mínima significativa entre el mes de abril y agosto fue de 28.1 y 7.4 kg ha^{-1} , para hoja y tallo, respectivamente ($p < 0.05$). Los gráficos muestran un incremento en el rendimiento de los tallos y hojas de la *Amelichloa clandestina* a lo largo del tiempo de estudio. El crecimiento bajo en el primer mes se puede atribuir al inicio del rebrote de la planta posterior a la defoliación, ya que, estudios han demostrado que la velocidad de crecimiento de una planta puede variar dependiendo de la estación en la que se esté (Juanes, 2021).

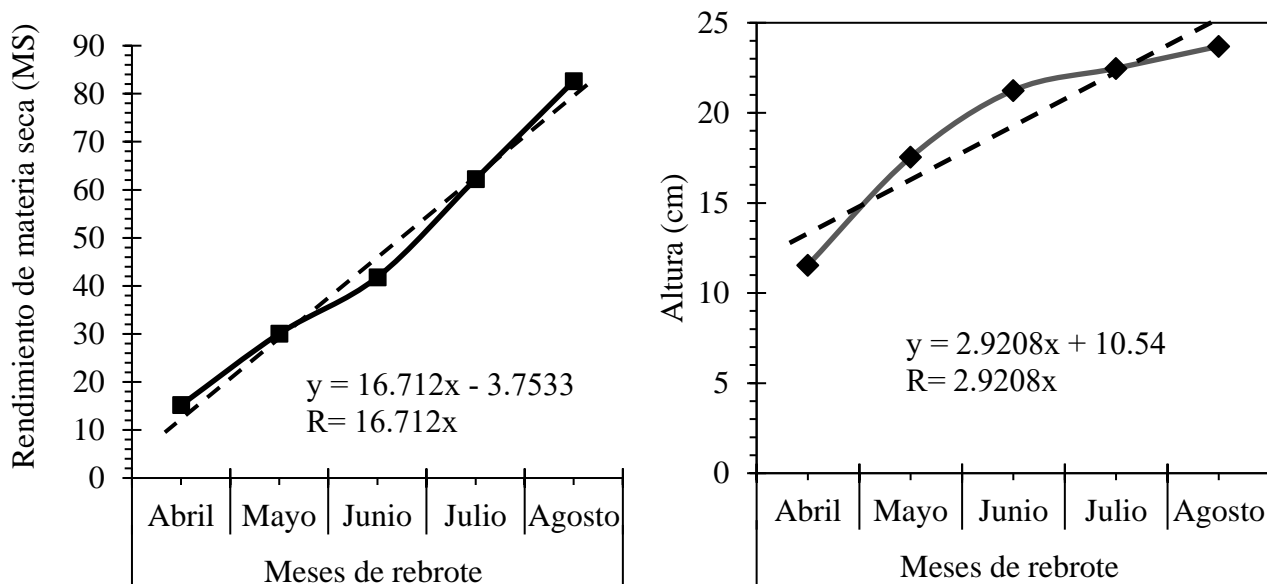


Figura 1. Rendimiento de forraje y altura de planta de *Amelichloa clandestina* a diferentes meses de rebrote posterior a un pastoreo en la estación de primavera de 2023.

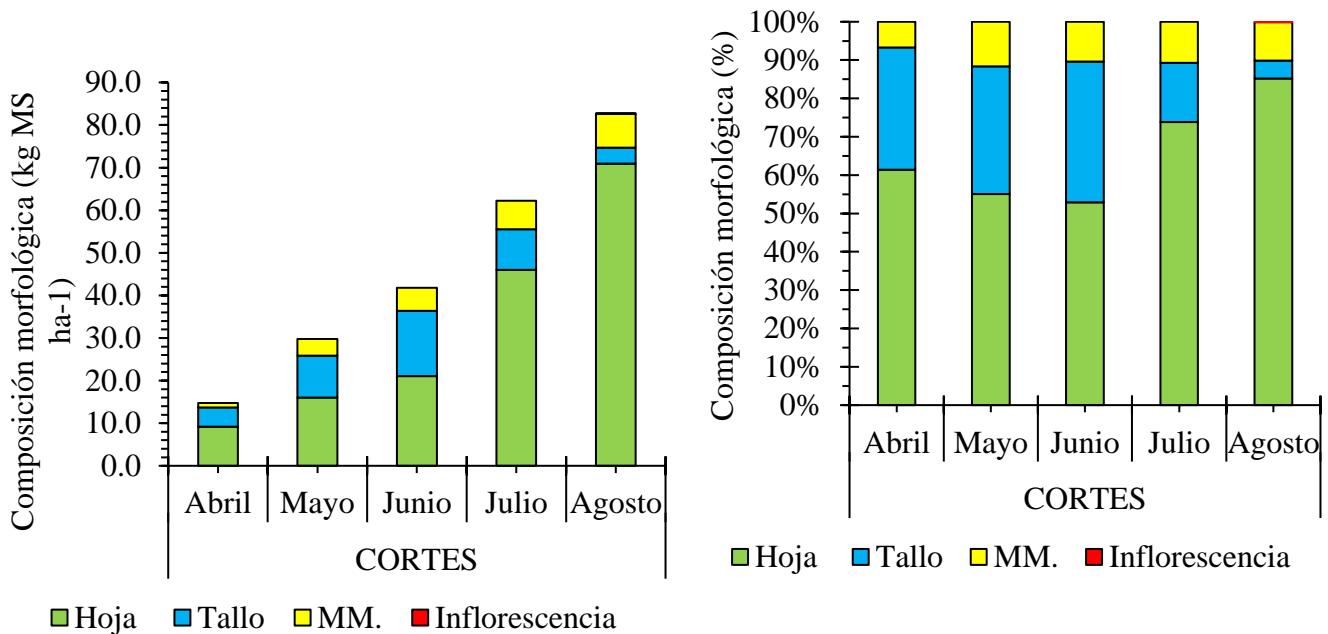


Figura 2. Composición morfológica de *Amelichloa clandestina* a diferentes meses de rebrote posterior a un pastoreo en la estación de primavera de 2023.

Conclusión

El rendimiento de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) aumento a mayor periodo de rebrote teniendo su punto máximo en agosto, a los 84 días. Los puntos máximos registrados para hoja y tallo en los meses de agosto y julio respectivamente, demuestran ser el periodo de mejor rendimiento de la especie, que puede considerarse el mejor momento de pastoreo en la estación de primavera, tomándose en cuenta las condiciones climáticas y tiempo de rebrote para maximizar rendimiento y su calidad como forraje.

Referencias

- Juanes Márquez, S. (2021). Caracterización ecológica de un zacatal de *Amelichloa Clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth, donde se aplicó corte y herbicida en el Rancho los ángeles, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Juanes, M. S.; P. Álvarez; J. Encina; M. Mellado; J. García; A. Flores-Naveda. (2022). Response to cutting and herbicide treatment of Mexican needlegrass (*Amelichloa clandestina*) in northeastern Mexico. *Fresenius Environmental Bulletin*. 31. 8663-8672.
- Jurado-Guerra, P., Velázquez-Martínez, M., Sánchez-Gutiérrez, R. A., Álvarez-Holguín, A., Domínguez-Martínez, P. A., Gutiérrez-Luna, R., ... & Chávez-Ruiz, M. G. (2021). Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12, 261-285.



SEROPREVALENCIA DE BRUCELOSIS EN CINCO HATOS CAPRINOS DE LA LOMA, DURANGO.

José Luis Ortega-Sánchez¹, Aurora Martínez-Romero², José Ramón Hernández-Salgado¹

¹Profesor investigador de Tiempo Completo de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo; Km 40 de la Carretera Gómez Palacio, Durango-Cd. Jiménez Chihuahua, C.P. 35230. Teléfonos: 872 77 60160 y 60190, Bermejillo, Mapimi, Durango. ²Facultad de Ciencias Químicas, Núcleo Universitario. Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Universidad s/n Fracc. Filadelfia C.P. 35010, Gómez Palacio, Durango, México
*Autor de correspondencia: joeortega899@gmail.com

Introducción

La brucelosis está catalogada como una de las zoonosis bacterianas más importantes de México debido a que, además de su impacto en la salud pública, es una enfermedad invalidante para el ser humano y ocasiona importantes pérdidas económicas a la industria caprina nacional. La brucelosis especialmente causada por *Brucella melitensis* sigue siendo una de las enfermedades zoonóticas más comunes en todo el mundo con más de 500,000 casos humanos reportados anualmente (Seleem, 2010). *Brucella melitensis* es el principal agente causal de la brucelosis en caprinos y en ovinos (Tique et al., 2010). La brucelosis es una enfermedad infectocontagiosa ocasionada por bacterias del género *Brucella* spp. Son cocos o cocobacilos intracelulares facultativos, Gram negativos con un tamaño entre 0,5 y 0,7 μm de longitud y entre 0,6 y 1,5 μm de ancho, aerobios e inmóviles (Tomassi Van Kopenhagen & Szwako González 2020).

Esta enfermedad representa un obstáculo al comercio de animales y productos de origen animal entre los países, causa considerables pérdidas económicas debido a que ocasiona aborto e infertilidad en el ganado (Yilma., et al., 2016). Las medidas de control se basan en una estricta higiene, vacunación, así como el estudio seroepidemiológico de los hatos y la eliminación de los animales seropositivos (FAO/WHO, 1986; Díaz A.E., 2013). En México, se desconoce el grado de infección de brucelosis en animales debido a que se carece de estudios epidemiológicos. Sin embargo, actualmente, SENASICA (2023) Campaña Nacional contra la Brucelosis en los Animales NOM-041-ZOO-1995, publica que el Estado de Baja California Sur está reconocido como libre de brucelosis, y Sonora se encuentra libre de brucelosis causada por especies lisas, ambas entidades conforman el 12.92% del territorio. El 29.65% del territorio nacional está reconocido en fase de Erradicación (reconocidos en su totalidad son los Estados de Campeche, Colima, Guerrero, Nayarit, Quintana Roo y Yucatán, así como las regiones de Aguascalientes, Baja California, Chiapas, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Jalisco, Puebla, Oaxaca y Querétaro), la Comarca Lagunera de Durango y Coahuila se consideran zonas “en Control”, en cuanto a estatus zoonosanitario.

La brucelosis humana es endémica en la Comarca Lagunera desde 1947, mientras que la brucelosis caprina lo es desde 1945, y tanto su incidencia como su prevalencia son difíciles de cuantificar, ya que se carece de estudios epidemiológicos (Ortega y Anaya., 1998). Sin embargo, la caprinocultura se desarrolla principalmente en zonas marginadas donde se carece de recursos económicos de tal manera que se tiene bajo grado de tecnificación y poco o nula inversión, además tienen altos índices de prevalencia de enfermedades infecciosas, metabólicas y parasitarias dentro de las cuales destaca la brucelosis o fiebre de Malta. El propósito de la presente investigación fue determinar la seroprevalencia de brucelosis en ganado caprino de la Loma Durango, México.



Material y métodos

Descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el ejido de la Loma; pertenecientes al municipio de Lerdo, Durango. El municipio de Lerdo se localiza al Noreste del estado de Durango a los 25° 46` de Latitud Norte y 103° 31` de Longitud Oeste. El ejido La Loma se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas latitud 25.463889 y longitud -103.676389 a una mediana altura de 1160 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2013). El clima predominante es el seco o estepario, y una temperatura media anual es de 21.1 grados centígrados y una precipitación pluvial de precipitación media anual es de 253 mm (Martínez, 2007).

Ganadería Caprina

Los sistemas de producción Caprina en el municipio se dedican fundamentalmente a la producción de leche y carne en sus componentes de carne de desecho y cabrito, Las unidades de producción son familiares, y su tipología en su mayoría extensiva de pastoreo, semi-estabulado y en menor proporción estabuladas, El hato caprino del municipio de Lerdo alcanza una población de 28,000 cabezas, distribuidas en 41 comunidades y 400 productores así mismo 400 familias son las que sostienen esta actividad.

Materiales utilizados

Para realizar el estudio se emplearon materiales para coleccionar y transportar las muestras sanguíneas, equipo para la lectura de las muestras en el laboratorio, equipo de protección como guantes, cubre bocas, bata, lentes de protección, así como materiales de limpieza y desinfección.

Muestreo

Se coleccionaron 337 muestras de sangre de 5 rebaños pertenecientes al ejido la Loma del municipio de Lerdo, Dgo. Antes de obtener las muestras sanguíneas, los animales se identificaron con un collar numerado a fin de llevar un registro. Las muestras de sangre fueron obtenidas por venopunción de la vena yugular, utilizando un aplicador especial y agujas y tubos vacutainer. Una vez recolectadas las muestras fueron identificadas con el número de arete del animal y el nombre del productor, las muestras fueron depositadas en una hielera con refrigerante para su transporte al laboratorio de la Unidad Regional Universitaria de zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo Ubicada en Bermejillo, Dgo.

En el laboratorio, las muestras fueron centrifugadas a una velocidad de 3000 r.p.m. durante 15 minutos, para separar el suero y depositarlo en tubos previamente identificados, a cada muestra de suero se le practicó la técnica Rosa de bengala para lo cual se utilizó el antígeno *Brucella abortus* cepa 19 al 3% con un pH de 3.5 de acuerdo con los protocolos nacionales e internacionales (NOM -041-ZOO-1995., WHO., 2006). Las reacciones positivas y negativas se anotaron en una libreta de campo para determinar la prevalencia por hato y por ejido. Para evaluar la seroprevalencia del ejido, así como entre los hatos de dicho ejido, se empleó un modelo Logit para variables cualitativas, con la finalidad de comprobar si existían diferencias de seroprevalencia del ejido y diferencias de los hatos para el ejido (Sentís *et al*, 2003), mediante el procedimiento PROC CATMOD del paquete estadístico SAS (Rebolledo, 2002), empleándose los siguientes modelos:



Para el efecto hato:

$$Y_{ij} = \mu + H_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor de la medición de presencia o ausencia de anticuerpos en el suero de cada cabra.

μ = Efecto de media.

H_i = efecto del i -ésimo hato.

E_{ij} = Error experimental.

Resultados y discusión

El Cuadro 1 muestra la seroprevalencia de anticuerpos en los distintos hatos caprinos del ejido La Loma. En dicho análisis se encontró una variabilidad en cuanto a la seroprevalencia de cada hato en un rango que va desde 0 hasta 44%, observándose una seroprevalencia total de $10.7 \pm 0.32\%$, colocándose por debajo de la media nacional (15%).

Cuadro 1. Seroprevalencia de brucelosis en la Loma, Dgo.

Hato	Número de animales muestreados	Negativos	Positivos	Seroprevalencia
1	64	36	28	44
2	40	40	0	0
3	122	122	0	0
4	63	56	7	11
5	48	47	1	2
Total	337	40	40	10.7 ± 0.32

De acuerdo con el Análisis de Varianza de Máxima Verosimilitud (Cuadro 2) Se observa que existe una diferencia significativa ($p < .01$) en la seroprevalencia de brucelosis en el ejido donde se realizó el estudio.

Cuadro 2. Análisis de Varianza de Máxima Verosimilitud para la seroprevalencia de brucelosis del ejido de la Loma, Municipio de Lerdo Durango.

Fuente de variación	Grados de libertad	Chi cuadrada	Probabilidad
Media	1	30.70	0.00001
Hato	4	23.81	0.00001

* La seroprevalencia promedio por hato es significativa ($P < 0.05$).

En base a los resultados obtenidos observamos que la seroprevalencia alcanzada en este estudio indica que existe diferencia entre hatos, situándose los hatos 2, 3 y 5 por debajo del promedio de la media nacional de seroprevalencia de este experimento en un rango que va desde 0 hasta el 2%, de igual manera el comportamiento del hato 4 es similar representado por una seroprevalencia del 11%, lo que indica que en estos hatos de cierta manera han buscado la forma de llevar a cabo programas de vacunación y buenas prácticas de manejo, permitiéndoles así tener su hato con menor incidencia de esta enfermedad.



Al respecto, la seroprevalencia a *B. abortus* en ganado caprino en un estudio realizado en Colombia fue del 1,2% (4/329) por la técnica de Rosa de Bengala; esos sueros fueron evaluados por prueba de ELISA competitiva, resultaron negativos a esta prueba. La seroprevalencia de *B. melitensis* fue del 0%, lo que permitió establecer un riesgo limitado y mínimo, esos hallazgos confirman la importancia de una vigilancia activa y permanente en estas especies susceptibles (Tique et al., 2010). Asimismo, Taboada y colaboradores (2005) con el objetivo de conocer la seroprevalencia de Brucelosis en el ganado caprino analizaron una muestra de 175 animales de nueve hatos de los distritos del Callao y Ventanilla de Perú, usando la prueba de Rosa de Bengala para descarte y el 2-mercaptoetanol para confirmación. El 53,7% (94) de las cabras fue mayor de seis meses; el antecedente de vacunación fue de 38,3% y 81,9%, respectivamente. Con RB se obtuvo 10/148 cabras positivas en Callao y 0/27 en Ventanilla; finalmente sólo siete fueron confirmadas. Persiste el riesgo de Brucelosis humana en el Callao ante la presencia de ganado caprino infectado con dicho mal.

Recientemente, Ibrahim y colaboradores (2021) recogieron muestras de sangre de humanos y ganado, probado mediante pruebas serológicas. Para la brucelosis, se utilizó la prueba de Rosa de Bengala y prueba de ELISA indirecto para la detección y el diagnóstico confirmatorio, respectivamente.

La seropositividad individual en el ganado fue del 9,6% (IC del 95%: 5,9-15,1), 55,7% (IC del 95%: 46,0-15,1). 65,0) en camellos, 48,8% (IC 95% 42,5-55,0) en cabras y 28,9% (IC 95% 25,0-33,2) en oveja. En humanos, la seropositividad fue del 27,0% (IC 95%: 20,4-34,0), con prevalencia en hombres de 28,9% frente a 24,2% en mujeres (OR = 1,3; IC 95% 0,6-2,5). Seropositividad en camello se asoció significativamente con la edad (OR = 8,1; IC del 95%: 2,8–23,7). La seroprevalencia de brucelosis fue de 2,8 (0,9–6,4) en humanos, 1,5% (IC 95% 0,2–5,2) en bovinos y 0,6% (IC 95% 0,0–3,2) en camellos. Ese estudio mostró la importancia de las zoonosis en la región de Somalia.

En los resultados de la presente investigación para el hato 1 se obtuvo un valor muy por encima de la media con 44%, indicando que este hato no ha recibido una capacitación adecuada respecto al manejo y cuidado de los animales, lo cual implica una alta incidencia de la enfermedad.

La vacunación de los animales no infectados y el sacrificio de los animales infectados son las estrategias que pueden contribuir con la erradicación de la brucelosis; sin embargo, este enfoque no puede utilizarse en países que son incapaces de proporcionar la restitución de los animales eliminados o la eliminación de los animales infectados debido a creencias culturales.

Conclusión

La seroprevalencia obtenida entre los hatos se estableció en un rango de 0 hasta 44%, con una prevalencia total del 11%, lo que indica que este valor se encuentra por debajo de la media nacional (15%). De los 5 hatos evaluados el 80% de ellos se situaron por debajo de la media nacional incluyendo el hato 2, 3, 4 y 5, mientras que el 20% restante incluyó el hato 1 cuya seroprevalencia fue superior con respecto a la media nacional. La Brucelosis continuará siendo una preocupación económica y de salud pública importante mientras exista la brucelosis en animales.



Referencias

- Díaz, A.E. (2013). Epidemiología de la brucelosis causada por *Brucella melitensis*, *Brucella suis* y *Brucella abortus* en animales domésticos. *Rev Sci Tech Off Int Epiz.* 32 (1): 4351
- FAO/WHO. (1986). Expert committee on brucellosis. Technical report series 740, WHO, Geneva, Switzerland 6th edition.
- Ibrahim, M., Schelling, E., Zinsstag, J., Hattendorf, J., Andargie, E., & Tschopp, R. (2021) Seroprevalence of brucellosis, Q-fever and Rift Valley fever in humans and livestock in Somali Region, Ethiopia. *PLoS Negl Trop Dis* 15(1): e0008100.
- INEGI. (2013). Ciudades y Directorios. La Loma, Durango. Recuperado el 05 de julio de 2023 de: <http://www.ocdemexico.org.mx/Durango/La-Loma/>
- Martínez, E. (2007). Seroprevalencia de Brucelosis Caprina en Hatos Inmunizados con la Vacuna Merilev-1. Tesis URUZA-UCh. Bermejillo, Durango, México.
- Ortega, S.J.L., & Anaya, G.R. (1998). Seroprevalencia de Brucelosis en caprinocultores y ganado caprino en 12 ejidos de la Comarca Lagunera de Durango. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Medicina. Gómez Palacio, Dgo. División de estudios de Posgrado.
- Rebolledo, R. H. 2002. Manual SAS por Computadora: Análisis estadístico de datos experimentales. Ed. Trillas. México. 208 pp.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Norma Oficial Mexicana NOM -041-ZOO-1995. Campaña Nacional Contra la Brucelosis en los Animales. Diario Oficial. México (DF) 20 agosto 1996:43-66.
- Seleem, M.N. Boyle, S.M., & Siranganathan, N. (2010). Brucellosis a reemerging zoonosis. *Veterinary Microbiology.* 140 (3-4): 392-398.
- SENASICA. (2023). Situación actual del control de la brucelosis en México. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Recuperado el 28 de julio de 2023 de: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/situacion-actual-del-control-de-la-brucelosis-en-mexico>
- Sentís, J., Pardell, H., Cobo, E., & Canela, J. (2003). Manual de Bioestadística 3^a Edición. Ed. Masson. Barcelona, España. 319 pp.
- Taboada, E. N., Campos, L. M., Leiva, R. R., Gómez, B. J., Mansilla, H. C., & Salazar, A. M. (2005). Seroprevalencia de Brucelosis en Ganado Caprino en Hatos del Callao, Perú, 2003. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* 22(2): 139-144.
- Tique, V., Daza, E., Álvarez, J., & Mattar, S. (2010). Seroprevalencia de *Brucella abortus* y ocurrencia de *Brucella melitensis* en caprinos y en ovinos de Cesar y Sucre. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 13 (2): 133-139.
- Tomassi Van Koppenhagen, M., & Szwako González, A. (2020). Genotipificación de cepas de *Brucella* spp en cultivos aislados de rumiantes en el Paraguay. Revisión bibliográfica – brucelosis. San Lorenzo. 1-12. <http://www.vet.una.py/brucella/pdf/REVISION%20BRUCELOSIS%20PINV15-377.pdf>
- Yilma, M., Mamo, G., & Mammo B. (2016). Review on brucellosis sero-prevalence and ecology in livestock and human population. *Achievements in the Life Sciences* 10(1): 80 –86.
- WHO. (2006) Brucellosis in humans and Animals. I. Corbel, M.J. II. World Health Organization. III. Food.



TÉCNICAS DE CULTIVO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN TOMATE DE INVERNADERO EN IMBABURA, ECUADOR.

Javier Ezcequiel Colimba Limaico*, Lilian Marcela Chuquín Farinango,
Orlando Daniel Chalacán Reyes

MJ Producción Agropecuaria Sostenible, Velasco Ibarra y González Suárez, S/N, Natabuela, 100217 Atuntaqui, Ecuador. *Autor de correspondencia: javiercolimbarfe@gmail.com

Introducción

En los últimos 30 años ha habido un incremento considerable de la producción de tomate a nivel mundial. Por el contrario, en Ecuador ha habido una disminución en la producción de esta hortaliza (FAOSTAT, 2022). Pese a esto, en la provincia de Imbabura el cultivo de tomate bajo invernadero se ha convertido en un rubro muy importante. Sin embargo, uno de los principales problemas a los que se enfrentan los agricultores es la baja disponibilidad de agua para riego (Colimba, et al., 2022). En Ecuador ya existe un déficit de agua y, para 2035 este déficit será de 46,3% de la demanda, lo que generará conflictos entre oferta y demanda de este recurso (SENAGUA, 2019). Entre 2019 y 2022 se realizaron varios experimentos con la finalidad de incrementar la eficiencia en el uso del agua (EUA) en el cultivo de tomate de invernadero, lográndose obtener una EUA comercial de 52,68 kg m⁻³ con riego deficitario (80% ETc) y 53,80 kg m⁻³ con mulch color plateado (Colimba, 2022). Esto, sin lugar a dudas, se considera como un gran avance en el manejo de agua para la agricultura. Sin embargo, se ha planteado una nueva investigación con el propósito de seguir incrementando la EUA en el cultivo de tomate de invernadero en la provincia de Imbabura.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en la parroquia de Natabuela, cantón Antonio Ante en la provincia de Imbabura. En un invernadero metálico tipo capilla con cubierta curva, de 24,5 m de largo y 14,5 m de ancho, con una superficie de 355 m². El invernadero se encuentra ubicado en la latitud 0° 20' 16,67" N, y longitud 78° 12' 0,65" O, a una altitud de 2445 msnm. La zona tiene una precipitación media anual entre 630 a 1000 mm, una temperatura promedio 8°C (parte alta) y 16°C (parte baja). En general, la parroquia de Natabuela tiene seis meses secos (GAD Natabuela, 2016). El experimento se está llevando a cabo desde febrero de 2023 hasta los actuales momentos, se está utilizando la variedad de tomate Pietro de crecimiento indeterminado injerto en patrón Espartano. Las plantas fueron trasplantadas a los 60 días de sembradas.

Se colocaron dos laterales de riego por unidad experimental, con goteros no compensados cada 0,20 m. Los factores en estudio son: dos colores de acolchado plástico (negro y plateado) y número de ejes por planta (dos y tres ejes). Los tratamientos (Cadro 1) están siendo evaluados mediante un diseño factorial en Parcelas Divididas bajo una distribución de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Codificación	Descripción
1	C1N1	Mulch color negro con dos ejes por planta
2	C1N2	Mulch color negro con tres ejes por planta
3	C2N1	Mulch color plateado con dos ejes por planta
4	C2N2	Mulch color plateado con tres ejes por planta



La evapotranspiración del cultivo se estimó con la ecuación (Allen et al. 2006):

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Donde; ET_c es la evapotranspiración del cultivo, K_c el coeficiente del cultivo y ET_o es la evapotranspiración de referencia, esta última fue estimada con la ecuación:

$$ET_o = E_{pan} \times K_p$$

donde E_{pan} es la evaporación diaria medida en un tanque evaporímetro artesanal (Sivisaca, 2013; Colimba et al., 2022), y K_p es el coeficiente del tanque cuyo valor fue 1,0 (Blanco y Folegatti, 2003; Macías, 2009; Colimba, 2022).

Las variables de respuesta fueron: rendimiento tola y comercial, EUA total y comercial. Los datos obtenidos fueron analizados con el software estadístico de diseño experimental SEDEX 1.0 (Jurado, 2013). La comparación de medias se realizó mediante el test de Duncan al 5%.

Resultados y discusión

Hasta el momento, los resultados (Cuadro 2) muestran que ninguno de los factores en estudio incide significativamente en el rendimiento y en la EUA. Sin embargo, si se compara la EUA de los dos colores de mulch plástico con los valores más altos de EUA comercial obtenidos por Colimba (2022) ($52,68 \text{ kg m}^{-3}$ y $53,80 \text{ kg m}^{-3}$), es claro que hay una diferencia considerable, teniendo en consideración que aún falta un mes de cosecha, y que lógicamente los valores de EUA van a aumentar.

Cuadro 2. Análisis de varianza y prueba de Duncan para: rendimiento y eficiencia en el uso del agua.

Descripción	Rendimiento	Rendimiento	EUA	EUA
	total	comercial	Total	Comercial
	(kg m^{-2})	(kg m^{-2})	(kg m^{-3})	(kg m^{-3})
<i>Color de mulch</i>				
C1	13,78 a	13,43 a	57,41 a	55,96 a
C2	14,49 a	14,10 a	60,37 a	58,76 a
<i>Ejes por planta</i>				
N1	14,43 a	14,08 a	60,12 a	58,65 a
N2	13,84 a	13,46 a	57,65 a	56,07 a
ANOVA				
C	ns	ns	ns	ns
N	ns	ns	ns	ns
C x N	ns	ns	ns	ns

C y N representan color de mulch y número de ejes por planta, respectivamente. C1: mulch plástico color negro; C2: mulch plástico color plateado. EUA: eficiencia en el uso del agua; ns: no significativo al $P < 0.05$. Valores dentro de la misma columna acompañados de letras diferentes varían significativamente.



Conclusiones

Hasta el momento se concluye que, el uso de acolchado plástico permite reducir la cantidad de agua de riego en tomate de invernadero, así mismo, permite incrementar la eficiencia en el uso del agua.

Referencias

- Allen, R. G. Pereira, L.S.; Raes, D., Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Vol. 56)*. Food & Agriculture Org. 56, 280.
- Blanco, F. y Folegatti, M. (2003). Evapotranspiration and crop coefficient of cucumber in greenhouse. *Rev. Bras. De Eng. Agrícola e Ambient.*, 7, 285–291.
- Colimba Limaico, J. E. (2022). Eficiencia en el uso del agua en el cultivo de tomate bajo invernadero en Natabuela, Ecuador. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.73024>
- Colimba-Limaico, J. E., Zubelzu-Minguez, S., Rodríguez-Sinobas, L. (2022). Optimal Irrigation Scheduling for Greenhouse Tomato Crop (*Solanum Lycopersicum* L.) in Ecuador. *Agronomy*, 12(5), 1020. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051020>
- FAOSTAT. Food and Agriculture Data. Disponible online: <http://www.fao.org/faostat/es/> (Accedido el 15 de julio de 2022).
- Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de San Francisco de Natabuela. (2016). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Natabuela, Ecuador.
- Macías, R. (2009). *Estimación de la evapotranspiración del cultivo y requerimientos hídricos del tomate (Solanum lycopersicum Mill. Cv. El Cid) en invernadero*. (Tesis de Maestría), Instituto Politécnico Nacional, Jiquilpan, México.
- Jurado, M. (2013). Software Estadístico Didáctico de Diseño Experimental *SEDEX Versión 1.0*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- SENAGUA (Secretaría del Agua). (2019). Plan Nacional de Riego y Drenaje 2019–2027; SENAGUA: Quito, Ecuador. pp. 1–160.
- Sivisaca, J. (2013). *Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.), según la evaporación del tanque evaporímetro Clase A*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.



DIVERSIDAD FÚNGICA EN SUELOS DE HUERTAS DE *Carya illinoensis* SEMBRADAS EN EL CENTRO-NORTE, DE MÉXICO

Judith A. Sánchez-Ledesma¹, Ramón Alberto Batista-García^{*1}, Cristina García-De la Peña², Erika Nava-Reyna³, Tonatiuh Moreno-Perlín¹

¹ Centro de Investigación en Dinámica Celular, Instituto de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 62210, Mexico. ² Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Dgo. Méx. C.P.35010. ³ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Margen Derecho del Canal de Sacramento km 6.5, 35140 Gómez Palacio, Durango, Mexico. *Autor de correspondencia: rabg@uaem.mx

Introducción

El cultivo de *Carya illinoensis* en las zonas áridas en México, representan áreas de oportunidad para el aprovechamiento y conservación de los recursos bióticos (Sánchez-Ledesma et al., 2022). Desarrollar estudios sobre las interacciones que producen el microbioma y entre los factores que regulan el suelo en este agroecosistema es de vital importancia, debido a que en este ocurren las principales condiciones de regulación, físicas, químicas y biológicas que permitirá determinar la distribución y abundancia de microorganismos (Carrasquilla Gallego et al., 2021). La presente investigación tuvo como objetivo identificar taxonómicamente las especies de hongos que están presentes en las huertas, utilizando secuenciación masiva de siguiente generación Miseq Illumina.

Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en un huerto de *Carya illinoensis* situado en el municipio de Viesca, Coahuila México. Cuyas coordenadas geográficas son 2.5° 25' N, 108° 18' O, con una elevación de 1200 m s.n.m. Se realizó un recorrido en una superficie total de 25 ha, que comprenden árboles jóvenes de 20-25 años, con una producción de nuez por árbol que oscila entre 15 a 20 kg. Se recolectaron muestras de suelo rizosférico compuestas, seleccionando sistemáticamente 4 árboles, y de cada árbol se obtuvieron 4 submuestras (una de cada punto cardinal) a una profundidad de 20 cm, se mezclaron y se obtuvo al final una muestra compuesta de 1 kg (Cabrera-Rodríguez et al., 2020). Para la extracción, amplificación y secuenciación del ADN, se recogió 0,25 g de muestra compuesta de suelo rizosférico, se colocó en un tubo de lisis celular BashingBead™ (Zymo ResearchCorp.-Irvine,CA,EE.UU.), que contenía 750 µL de solución lisis/estabilizadora. Cada tubo se procesó en un disruptor celular (TerraLyzer™) durante 30 s; manteniendo las muestras a medio ambiente. El ADN se extrajo con un kit Zymo BIOMICS™ (Zymo Research Corp., Irvine,CA,EE.UU.). La cantidad de ADN se midió en un fluorómetro Qubit (Invitrogen,Carlsbad, CA,EE.UU.). Se amplificó la región ITS1-5F (GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG,GCTGCGTTCTTCATCGATGC) (Tederloo et al., 2014; Delgado-Baquerizo et al., 2016). La amplificación de PCR se llevó a cabo con 15 µL de Phusion® High -Fidelity PCR Master Mix (New England Biolabs); 2 µM de cebadores directo e inverso, y unos 10 ng de ADN molde. El ciclo térmico consistió en una desnaturalización inicial a 98°C durante 1 min, seguida de 30 ciclos de desnaturalización a 98°C durante 10 s, recocido a 50°C durante 30 s, y elongación a 72°C durante 30 s. Finalmente 72°C durante 5 min. Los productos PCR se mezclaron en proporciones de equidensidad y se purificaron con Qiagen Gel Extraction (Qiagen, Alemania).



Las bibliotecas de secuenciación se generaron utilizando el kit de preparación de muestras sin PCR de ADNTruSeq (Illumina, EE.UU.) siguiendo las recomendaciones del fabricante y se añadieron los códigos de índice. La calidad de las bibliotecas se evaluó con el fluorómetro Qubit@ 2.0 (Thermo Scientific) y el sistema Agilent Bioanalyzer 2100. Por último, la biblioteca se secuenció en una plataforma Illumina NovaSeq y se generaron lecturas pareadas de 250 pb. En el procesamiento de análisis bioinformáticos las lecturas pareadas se asignaron a las muestras en función del código único de barras y se truncaron cortando el código de barras y la secuencia del cebador. El ensamblaje de secuencias pareadas se fusionó utilizando el FLASH (V1.2.11, <http://ccb.jhu.edu/software/FLASH/>) (Magoc T et al., 2011). El filtrado de calidad de las etiquetas en bruto se realizó con el fastp (Versión 0.23.1) para obtener etiquetas limpias de alta calidad (Bokulich NA et al., 2012). La clasificación taxonómica de los ASV se comparó con la base de datos de referencia Unite (ITS) <https://unite.ut.ee/> utilizando UCHIME Algorithm (http://www.drive5.com/usearch/manual/uchime_algo.html) se detectaron las secuencias de quimeras y fueron eliminadas por (Edgar RC et al., 2011). Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando R version 3.4.5 (R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria). Los datos de secuenciación se procesaron utilizando pipeline v1.16 DADA2 (Callahan et al., 2016).

Resultados y discusión

La composición taxonómica del microbioma mostró una composición heterogénea en la huerta de nogal pecanero (Fig. 1). En la cual se representa la abundancia relativa expresada en porcentaje de la información de las comunidades disponibles que describe las especies presentes. La riqueza de las comunidades se encuentra dividida en familia y género en términos generales a nivel familia, Pezizaceae, Nectriaceae, Didymellaceae y Tuberaceae, tuvieron una mayor representación a través de todas las muestras. En cuanto a nivel de género Peziza, Fusarium, Tuber y Bisifusarium representan abundancias mayores en la distribución de suelos. Nuestros resultados muestran que dentro del suelo las comunidades fúngicas se encontraron hongos saprobios, micorrícicos, ectomicorrícicos, fijadores de nitrógeno, controladores de nematodos y patógenos que intervienen de forma directa en varios aspectos de los servicios ambientales de tipo soporte, como son la formación del suelo, además, de la conformación de hábitats para otras especies y ciclo de nutrientes. Las comunidades del microbioma presente en huertas de *Carya illinoensis* coinciden con (Liu et al., 2023; Cervantes et al., 2022) donde muestran que las comunidades fúngicas encontradas tienen funciones de creación de micorrizas, controladoras de plagas, e indicadores de la calidad del suelo. El uso responsable de recursos naturales como los hongos permitirá la conservación del suelo y del ecosistema en general, además de aumentar la seguridad alimentaria y el bienestar social.

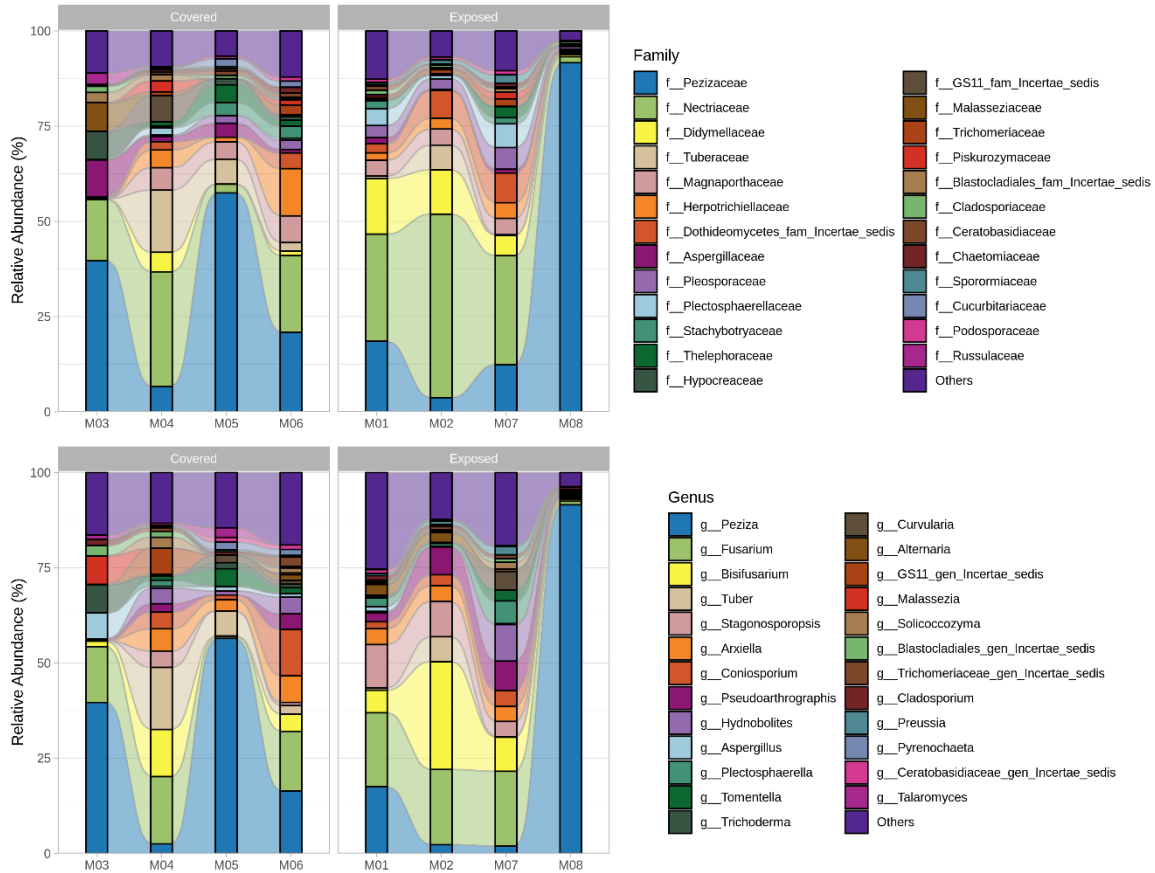


Figura . 1. Abundancia taxonómica fúngica relativa (%) por muestra de los principales filos nivel familia y género en muestras de suelo de huertas de *Carya illinoensis* en Viesca, Coahuila México.

Conclusiones

Herramientas como la secuenciación masiva de siguiente generación Miseq illumina, no solo permite identificar taxonómicamente especies presentes en ecosistemas, además permite la obtención de patrones de la diversidad fúngica asociada al uso del suelo. Estos resultados brindan información relevante en el área de ecología microbiana del suelo para garantizar el buen uso de los recursos bióticos en los agroecosistemas.



Referencias

- Cabrera-Rodríguez, A., Nava-Reyna, E., Trejo-Calzada, R., García-De la Peña, C., Arreola-Ávila, J. G., Collavino, M. M., & Constante-García, V. (2020). Effect of organic and conventional systems used to grow pecan trees on diversity of soil microbiota. *Diversity*, 12(11), 436.
- Callahan BJ, McMurdie PJ, Rosen MJ, Han AW, Johnson AJA, Holmes SP (2016). "DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data." *Nature Methods*, 13, 581-583. doi:10.1038/nmeth.3869. <https://doi.org/10.1038/nmeth.3869>.
- Callahan, B. J., McMurdie, P. J., Rosen, M. J., Han, A. W., Johnson, A. J. A., & Holmes, S. P. (2016). DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data. *Nature methods*, 13(7), 581-583.
- Carrasquilla Gallego, M. (2021). El microbioma del agroecosistema y su importancia en la agricultura sostenible
- Cervantes, K., Heerema, R. J., & Randall, J. J. (2022). The core microbiome of *Carya illinoensis* (pecan) seedlings of different maternal pecan cultivars from the same orchard. *Frontiers in Microbiomes*, 1, 1003112.
- Edgar RC, Haas BJ, Clemente JC, Quince C, Knight R. UCHIME improves sensitivity and speed
- Liu, J., Tang, Y., Bao, J., Wang, H., Chen, M., Peng, F., & Tan, P. (2023). Integrated microbiome and metabolomics analysis reveal a closer relationship between soil metabolites and bacterial community than fungal community in pecan plantations. *Land Degradation & Development*.
- Sánchez-Ledesma, J. A., Garibay-Orijel, R., Guevara-Guerrero, G., Ávila-Rodríguez, V., & Arreola-Ávila, J. G. (2023). Macromicetos asociados con *Carya illinoensis* en La Comarca Lagunera, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 94, e944074-e944074.



RESPUESTA REPRODUCTIVA DE CABRAS MULTIPARAS AL INCLUIR RESIDUOS DE PANADERÍA EN DIETA

Mario Hernández-Padilla¹, Gema Martínez-Lara¹, Juan M. Vázquez-García¹, Luisa E.S. Hernández-Arteaga¹, Fabiola Villegas-Rodríguez¹, Manuel J. Flores-Najera², Venancio Cuevas-Reyes³, Regan Sims⁴, César A. Rosales-Nieto^{1,4*}

¹Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78321, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna, 27440, Matamoros, Coahuila, México. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México, 56250, Texcoco, Ciudad de México, México. ⁴Department of Agricultural Sciences, Texas State University, San Marcos 78666, USA. *Correspondencia: César A. Rosales-Nieto (nieto_cesar@hotmail.com)

Introducción

En México se cuenta con 8.8 millones de cabras distribuidas principalmente en los ecosistemas áridos y semiáridos (SIAP, 2022). En 2020, las cabras aportaron a la economía mexicana cerca de 40,000 toneladas de carne y 167,000 toneladas de leche (Panorama Agroalimentario, 2022). Sin embargo, la producción registrada en las estadísticas mostradas no alcanza a cubrir la demanda nacional e internacional. Esto es debido a que los ecosistemas en donde se desarrollan las cabras se caracterizan por tener una vegetación con valor nutritivo variable a lo largo del año (Mellado et al., 2020; 2022; García-Monjaras et al., 2021). Es posible que sea a consecuencia de dos factores, incremento en el número de animales que pastorean las áreas o a consecuencia del cambio climático que ha ocasionado sequías más prolongadas, incremento en temperaturas extremas y cambio en la vegetación disponible (Ciscar et al., 2018; Kuraz et al., 2021). Consecuentemente, se ha demostrado que la vegetación disponible no alcanzar a cubrir los requerimientos nutricionales de animales en los diferentes estados fisiológicos lo cual repercute negativamente en la fertilidad de las hembras y mortalidad perinatal de la progenie (Mellado et al., 2020; 2022; García-Monjaras et al., 2021).

Generalmente, los animales manejados extensivamente no reciben ningún suplemento (Cuevas-Reyes y Rosales-Nieto, 2018). Por otro lado, se ha demostrado que cuando las cabras que son manejadas extensivamente reciben algún tipo de suplemento incrementan su eficiencia productiva y reproductiva (Mellado et al., 2020; 2022); sin embargo, su costo puede ser elevado y alejado de las condiciones del productor. Considerando esta situación, es necesario desarrollar nuevas estrategias con métodos simples y de menor costo que permita a los productores de cabras poder incrementar la productividad de sus animales. Los productos de panadería pueden ser una alternativa de bajo costo y pueden incrementar los parámetros productivos. Los productos de panadería que alcanzan su límite de vida de anaquel son desechados. Estos productos presentan un alto contenido de grasa y que pudiera ser aprovechado por el animal para incrementar la energía circulante y que impacte directamente los parámetros productivos y reproductivos (Rosales-Nieto et al., 2021).

La información sobre el uso de residuos de panadería sobre los parámetros productivos en animales es muy limitada. Nuestro grupo de investigación reportó que la inclusión de residuos de panadería durante la lactación tardía en cabras estabuladas no afectó la composición química de la leche (Vázquez-García et al., 2022a), ni la ganancia de peso diaria de las hembras (Vázquez-García et al., 2022b), pero redujo los precios de producción e incremento el ingreso (Cuevas-Reyes et al., 2022). Sin embargo, en ganado Simmental se reportó un efecto negativo en el metabolismo (Kaltenegger et al., 2020; 2021). Los parámetros reproductivos pueden ser afectados negativamente por el metabolismo y la homeostasis (Scaramuzzi et al., 2006)



Sin embargo, no hay suficiente información disponible actualmente sobre el uso de concentrados a base de residuos de panadería durante los parámetros reproductivos durante la época de empadre o sobre la tasa de sobrevivencia durante la etapa perinatal y el bienestar del neonatal.

Materiales y métodos

Ética animal

Todos los procedimientos en este estudio son consistentes con la guía del Consejo Nacional de Investigación para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio y cumplen con las normas de ARRIVE para informar sobre investigaciones con animales (Kilkenny et al., 2010).

Lugar de Estudio

El estudio se realizó en la unidad caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (100° 51' 40.49" O y 22° 13' 56.63" N).

Animales y Diseño Experimental

Se utilizaron 67 hembras multíparas durante el empadre para determinar el impacto de la inclusión de residuos de panadería durante el empadre sobre variables reproductivas (fertilidad, prolificidad y tasa reproductiva). Las hembras fueron divididas en dos tratamientos: T-BP: 300 g diarios por hembra de concentrado en base a residuos de panadería (48.9±1.1 kg; Cuadro 1) y T-CTL: 300 g de concentrado comercial Nu3® (48.4±1.4 kg; Cuadro 1). El diseño experimental fue completamente al azar con dos tratamientos y 33 repeticiones cada uno. La dieta basal estuvo a base de heno de avena, alfalfa y ensilado de maíz (Cuadro 2). Previo al empadre las hembras fueron expuestas a machos vasectomizados, durante un periodo de 30 días, posteriormente se utilizaron machos enteros para el empadre, durante un periodo de 42 días. Las hembras se pesaron al inicio del empadre con una báscula digital (TORREY®) con una sensibilidad de 0.01 kg.

Cuadro 1. Aporte nutricional del concentrado basado en residuos de panadería y comercial (Nu3®) ofrecidos durante el experimento a cabras multíparas Alpina francesa y Saanen durante la lactación tardía.

Concentrado a Base de Residuos de Panadería			Nu3®		
Composición	%	Análisis Calculado		Análisis Reportado	
Maíz molido	10.0	Proteína	12%	Proteína	18%
Desperdicio de panadería	35.1	Grasa	6.0%	Grasa	2%
Cascarilla de maíz	22.8	Fibra	17%	Fibra	15%
Pasta de soya	10.0	Humedad	14.5%	Humedad	12%
Grano seco de destilería	10.0	Cenizas	36%	Cenizas	11.5%
Semilla de algodón	5.0				
Melaza	5.0				
Premezcla mineral	2.0				

Cuadro 2. Aporte nutricional de la dieta base ofrecida durante el experimento a cabras multíparas durante el empadre.

Dieta	Parámetro / Aporte	
Ingredientes (en dieta)	Proteína cruda (%)	Energía metabolizable (Mcal/kg)
Heno de Alfalfa	13.5	1.79
Heno de avena	2.01	8.5
Ensilado de maíz	2.1	0.67



Análisis Estadísticos

La información se analizó con el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, EE.UU.). El peso al inicio del empadre se analizó mediante modelos mixtos y técnica de estimación de máxima verosimilitud restringida (PROC MIXED). La tasa de fertilidad y prolificidad se analizaron mediante modelos lineares generalizados mixtos con distribución binomial y enlace logit (PROC GLIMMIX). La tasa reproductiva se analizó mediante modelos lineares generalizados mixtos con distribución multinomial y enlace logit (PROC GLIMMIX). El efecto fijo fue raza. El peso al inicio del empadre se agregó como co-variable.

Resultados

Tasa de Fertilidad y Prolificidad

El 91% de las hembras del T-BP quedaron gestantes (30 de 33). El 94% de las hembras del T-CTL quedaron gestantes (32 de 34). La tasa de fertilidad no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$). El peso al inicio del empadre no influyó la tasa de fertilidad ($P > 0.05$). El 80% de las hembras gestantes del T-BP estaban gestantes con múltiples (24 de 30). El 75% de las hembras gestantes del T-CTL quedaron gestantes con múltiples (24 de 32). La tasa de prolificidad no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$). El peso al inicio del empadre no influyó la tasa de prolificidad.

Tasa Reproductiva

La tasa reproductiva fue 182% del T-BP, en donde el 60% (18 de 30) gestantes con gemelos y 20% (6 de 30) con triples. La tasa reproductiva fue 176% del T-CTL, en donde el 62.5% (20 de 32) gestantes con gemelos y 12.5% (4 de 32) con triples. La tasa reproductiva no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$). El peso al inicio del empadre no influyó la tasa reproductiva ($P > 0.05$).

Discusión

El objetivo del presente trabajo fue determinar el impacto de la inclusión de un concentrado a base de residuos de panadería durante el empadre sobre la tasa de fertilidad, tasa de prolificidad y tasa reproductiva en hembras multíparas. Los resultados son interesantes dado que demuestran que el concentrado a base de residuos de panadería no afecta negativamente la respuesta reproductiva de hembras caprinas. Esto abre la oportunidad para investigar más a detalle la inclusión del concentrado a base de residuos de panadería durante las diferentes etapas fisiológicas de las hembras caprinas.

La información sobre el uso de residuos de panadería sobre los parámetros productivos en animales es muy limitada. Recientemente, nuestro grupo de investigación reportó que la inclusión de residuos de panadería durante la lactación tardía en hembras multíparas no afecta negativamente la producción o la calidad de la leche; pero si disminuye los costos de producción (Vázquez-García et al., 2022a; Vázquez-García et al., 2022b; Cuevas-Reyes et al., 2022). Interesante, en vacas Simental, a pesar que los autores reportan un efecto positivo sobre la inclusión de residuos de panadería en la composición química de la leche, reportan un efecto negativo en el metabolismo (Kaltenegger et al., 2020; 2021). Al momento, los autores del presente trabajo no tienen conocimiento de información publicada sobre el uso de un concentrado a base de residuos de panadería en parámetros reproductivos en cabras. Los resultados que mostramos son interesantes.



La tasa reproductiva de las hembras era esperada dado que la eficiencia reproductiva incrementa linealmente con edad y peso al inicio del empadre (Haldar *et al.*, 2014; Pan *et al.*, 2015). Se ha reportado que un balance energético positivo incrementa la respuesta metabólica y el eje hipofisario-pituitario-gonadal responde positivamente (Scaramuzzi *et al.*, 2006); por lo que hembras más pesadas al momento del empadre son más fértiles y más prolíficas (Rosales-Nieto *et al.*, 2014; 2021). El concentrado a base de residuos de panadería contiene una mayor cantidad de grasa en comparación con el concentrado comercial (Nu3®), por lo que es posible que el concentrado a base de residuos de panadería haya incrementado la circulación de metabolitos y hormonas metabólicas que resultaron en un incremento en la tasa reproductiva. Falta detallar si la respuesta reproductiva del T-BP tenga alguna repercusión negativa metabólica sobre el bienestar animal.

Es necesario llevar a cabo más estudios en donde se determine si existe algún impacto en el metabolismo, composición de leche, y desarrollo postnatal de las crías. Adicionalmente es necesario realizar un análisis económico dado que el concentrado basado en residuos de panadería es 37% más económico que el concentrado comercial (Nu3®).

Conclusión

Se concluye que la inclusión de residuos de panadería a una dosis de 300 gr diarios por animal resulta en una respuesta reproductiva favorable de hembras multíparas caprinas. Más estudios son necesarios para determinar el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el metabolismo del animal, la composición de la leche, el cambio de peso, desarrollo de progenie y análisis económico.

Referencias

- Cuevas-Reyes, V., Rosales-Nieto, C., 2018. Characterization of the dual-purpose bovine system in northwest Mexico: producers, resources and problematic. *Revista MVZ Córdoba* 23, 6448-6460.
- Cuevas-Reyes V, Hernández-Arteaga LES, Flores-Nájera MJ, Vázquez-García JM, Villareal Rostro DM, Ballesteros Rodea G, Rosales-Nieto CA. 2022. Análisis beneficio costo sobre el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre eficiencia láctea en cabras. VI Congreso Internacional y XVIII Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México
- Ciscar J-C, Fisher-Vanden Kand LobellDB 2018 Synthesis and review: an inter-method comparison of climate change impacts on agriculture *Environ. Res. Lett.* 13
- García-Monjaras, S., Santos-Díaz, R.E., Flores-Nájera, M.J., Cuevas-Reyes, V., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M., Chay-Canul, A.J., Rosales-Nieto, C.A., 2021. Diet selected by goats on xerophytic shrubland with different milk yield potential. *Journal of Arid Environments* 186, 104429.
- Haldar, A., Pal, P., Datta, M., Paul, R., Pal, S.K., Majumdar, D., Biswas, C.K., & Pan, S., 2014. Prolificacy and its relationship with age, body weight, parity, previous litter size and body linear type traits in meat-type goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 27, 628-634.
- Kilkenny C, Browne WJ, Cuthill IC, Emerson M, Altman DG. Improving bioscience research reporting: The arrive guidelines for reporting animal research. *PLOS Biology* 2010;8:e1000412
- Kuraz, Belete, Mulugeta Tesfaye, and Sharew Mekonnen. "Climate Change Impacts on Animal Production and Contribution of Animal Production Sector to Global Climate Change: A Review." *Agricultural Science Digest* 41, no. 4 (December 2021): 523–30. doi:10.18805/ag.D-344
- Kaltenegger, A., Humer, E., Stauder, A., Zebeli, Q., 2020. Feeding of bakery by-products in the replacement of grains enhanced milk performance, modulated blood metabolic profile, and lowered the risk of rumen acidosis in dairy cows. *J Dairy Sci* 103, 10122-10135.
- Kaltenegger, A., Humer, E., Pacífico, C., Zebeli, Q., 2021. Feeding dairy cows bakery by-products enhanced nutrient digestibility, but affected fecal microbial composition and pH in a dose-dependent manner. *Journal of Dairy Science* 104, 7781-7793.
- Mellado, M., Rodríguez, I.J., Alvarado-Espino, A., Véliz, F.G., Mellado, J., García, J.E., 2020. Short communication: reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. *Tropical Animal Health and Production* 52, 2737-2741.



- Mellado, M., Véliz, F.G., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., García, J.E., Rosales-Nieto, C.A., 2022. Effect of breed and management practices on reproductive and milking performance of rangeland goats. *Tropical Animal Health and Production* 54, 193.
- Pan, S., Biswas, C.K., Majumdar, D., Sengupta, D., Patra, A., Ghosh, S., Haldar, A., 2015. Influence of age, body weight, parity and morphometric traits on litter size in prolific Black Bengal goats. *Journal of Applied Animal Research* 43, 104-111.
- Panorama-Agroalimentario. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2022. Available online: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/ (accessed on July 26, 2023).
- Rosales Nieto CA, Thompson AN, Macleay CA, Briegel JR, Hedger MP, Ferguson MB, Martin GB. Relationships among body composition, circulating concentrations of leptin and follistatin, and the onset of puberty and fertility in young female sheep. *Animal Reproduction Science* 2014; 151:148-156.
- Rosales-Nieto, C.A., Ehrhardt, R., Mantey, A., Makela, B., Byrem, Veiga-Lopez, A., 2021. Preconceptional diet manipulation and fetus number can influence placenta endocrine function in sheep. *Domestic Animal Endocrinology* 74, 106577.
- SAS Institute, 2010. SAS/Stat user's guide, version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Scaramuzzi RJ, Campbell BK, Downing JA, Kendall NR, Khalid M, Muñoz-Gutiérrez M, Somchit A. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod Nutr Dev* 2006;46:339-354
- SIAP. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Población Ganadera Caprino 2022. Available https://nube.siap.gob.mx/poblacion_ganadera/ (accessed on July 26, 2023).
- Vázquez-García, J.M., Gutiérrez-Corpus, M.F., Hernández-Arteaga, L.E., Flores-Nájera, M., Herrera-Corredor C.A., Rosales-Nieto, C.A. 2022a. Suplementación de concentrado a base de residuos de panadería durante la lactancia tardía sobre la calidad de leche en cabras. XXXIV Semana Internacional de Agronomía, Venecia, Durango, México.
- Vázquez-García, J.M., Gutiérrez-Corpus, M.F., Hernández-Arteaga, L.E., Cuevas-Reyes, V., Rivas-Jacobo, M.A., Rosales-Nieto, C.A. 2022b. Consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el cambio de peso y producción de leche en cabras. XXXIV Semana Internacional de Agronomía, Venecia, Durango, México.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los estudiantes de la Facultad de Agronomía y Veterinaria por su contribución en la obtención de datos durante el desarrollo experimental. A Felipe Escalante Leura por el cuidado de los animales. A la Facultad de Agronomía y Veterinaria y a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por el apoyo recibido.



INCLUSIÓN DE CONCENTRADO A BASE DE RESIDUOS DE PANADERÍA DURANTE LA PRE-CONCEPCIÓN SOBRE EL PESO Y TAMAÑO AL NACIMIENTO DE LA PROGENIE

Gema Martínez-Lara¹, Mario Hernández-Padilla¹, Juan M. Vázquez-García¹, Luisa E.S. Hernández-Arteaga¹, Fabiola Villegas-Rodríguez¹, Venancio Cuevas-Reyes², Manuel J. Flores-Najera³, Regan Sims⁴, César A. Rosales-Nieto^{1,4*}

¹Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78321, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México, 56250, Texcoco, Ciudad de México, México. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna, 27440, Matamoros, Coahuila, México. ⁴Department of Agricultural Sciences, Texas State University, San Marcos 78666, USA. *Correspondencia: César A. Rosales-Nieto (nieto_cesar@hotmail.com)

Introducción

Alrededor del mundo, las cabras se distribuyen en diversas zonas geográficas y agroecológicas y el 95% de ellas se crían en países en desarrollo (Miller y Lu, 2019). En particular, las cabras son importantes para la producción de leche y carne y suelen ser la principal fuente de ingresos en los sistemas agrícolas de bajos insumos (González-Bulnes et al., 2011). En México existen más de 8.8 millones de cabras, en su mayoría de cruce genética, distribuidas principalmente en los ecosistemas áridos y semiáridos (SIAP, 2022). Los ecosistemas en donde se desarrollan las cabras se caracterizan por tener una vegetación con valor nutritivo variable a lo largo del año (Mellado et al., 2020; 2022; García-Monjaras et al., 2021) a consecuencia del cambio climático que ha ocasionado sequías más prolongadas, incremento en temperaturas extremas y cambio en la vegetación disponible (Ciscar et al., 2018; Kuraz et al., 2021). En este tipo de sistemas, generalmente, los animales no reciben ningún suplemento (Cuevas-Reyes y Rosales-Nieto, 2018), y consecuentemente, la eficiencia reproductiva materna es reducida, con un alto porcentaje de abortos e incrementada mortalidad perinatal (Mellado et al., 2020).

Este panorama es recurrente en las condiciones en donde la mayoría de los caprinos son manejados en México. Se ha demostrado que cuando los requerimientos nutricionales maternos no son cubiertos durante la gestación repercuten negativamente sobre el crecimiento fetal y el desarrollo postnatal del recién nacido (Fowden et al., 2009; Sferruzzi-Perri et al., 2013). Evidencia nueva, indica que cuando la desnutrición inicia durante el proceso de la pre-concepción puede afectar directamente la línea germinal materna (Jungheim et al., 2010; Tsoulis et al., 2016). Lo cual puede afectar la eficiencia reproductiva materna y el desarrollo fetal y postnatal de la progenie (Daly et al., 2022; Fowden et al., 2022). Adicionalmente, es posible que durante la vida adulta de la progenie se afecte la eficiencia reproductiva (Copping et al., 2018).

Bajo este panorama poco alentador, es necesario desarrollar estrategias con métodos simples y de menor costo que permita a los productores de cabras reducir el impacto negativo de la falta de alimento durante la pre-concepción y concepción y poder incrementar la productividad de sus animales. Los productos de panadería pueden ser una alternativa de bajo costo, ya que alcanzan su límite de vida de anaquel y son desechados. Estos productos presentan un alto contenido de grasa y que pudiera ser aprovechado por el animal para incrementar la energía circulante y que impacte directamente los parámetros productivos y reproductivos (Rosales-Nieto et al., 2021). Sin embargo, hasta al momento la información es limitada sobre la inclusión de residuos de panadería en la dieta materna.



Resultados positivos se han reportado sobre parámetros lácteos (Vázquez-García et al., 2022a; Vázquez-García et al., 2022b; Kaltenecker et al., 2020; 2021). Sin embargo, es posible que el consumo afecte el metabolismo del animal (Kaltenecker et al., 2020; 2021). De tal manera que el presente experimento pretende determinar el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el desarrollo fetal, peso al nacimiento e índice de masa corporal de la progenie.

Materiales y métodos

Ética animal. Todos los procedimientos en este estudio son consistentes con la guía del Consejo Nacional de Investigación para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio y cumplen con las normas de ARRIVE para informar sobre investigaciones con animales (Kilkenny et al., 2010).

Lugar de Estudio. El estudio se realizó en la unidad caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (100° 51' 40.49" O y 22° 13' 56.63" N).

Animales y Diseño Experimental. Se utilizaron cabras adultas múltiparas (n=67) y su progenie (n=118) para determinar el impacto de la inclusión de residuos de panadería sobre el desarrollo fetal, peso al nacimiento e índice de masa corporal al nacimiento. Las hembras fueron divididas en dos tratamientos: T-BP: 300 g diarios por hembra de concentrado en base a residuos de panadería (48.9±1.1 kg; Cuadro 1) y T-CTL: 300 g de concentrado comercial Nu3® (48.4±1.4 kg; Cuadro 1). El diseño experimental fue completamente al azar con dos tratamientos y 59 repeticiones cada uno. La dieta basal durante la gestación estuvo a base de heno de avena, alfalfa y ensilado de maíz (Cuadro 2). Al nacimiento de la progenie se determinó el peso al nacimiento, índice de masa corporal (IMC), tipo de parto y sexo. El índice de masa corporal se determinó de acuerdo a lo previamente reportado (Rosales-Nieto et al., 2020; 2021).

Cuadro 1. Aporte nutricional del concentrado basado en residuos de panadería y comercial (Nu3®) ofrecidos durante el experimento a cabras múltiparas Alpina francesa y Saanen durante la lactación tardía.

Concentrado a Base de Residuos de Panadería			Nu3®		
Composición	%	Análisis Calculado		Análisis Reportado	
Maíz molido	10.0	Proteína	12%	Proteína	18%
Desperdicio de panadería	35.1	Grasa	6.0%	Grasa	2%
Cascarilla de maíz	22.8	Fibra	17%	Fibra	15%
Pasta de soya	10.0	Humedad	14.5%	Humedad	12%
Grano seco de destilería	10.0	Cenizas	36%	Cenizas	11.5%
Semilla de algodón	5.0				
Melaza	5.0				
Premezcla mineral	2.0				

Cuadro 2. Aporte nutricional de la dieta base ofrecida durante el experimento a cabras múltiparas durante el empadre.

Dieta	Parámetro / Aporte	
Ingredientes (en dieta)	Proteína cruda (%)	Energía metabolizable (Mcal/kg)
Heno de Alfalfa	13.5	1.79
Heno de avena	2.01	8.5
Ensilado de maíz	2.1	0.67



Análisis Estadísticos. La información se analizó con el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, EE.UU.). El peso al nacimiento e índice de masa corporal (IMC) se analizaron mediante modelos mixtos y técnica de estimación de máxima verosimilitud restringida (PROC MIXED). El efecto fijo fue el tratamiento. El tipo de parto y sexo de las crías se agregaron como co-variables.

Resultados

Peso al Nacimiento. El peso promedio al nacimiento fue de 3.5 ± 0.1 kg para la progenie T-BP y 3.5 ± 0.7 kg para la progenie T-CTL ($P > 0.05$). Los machos (3.6 ± 0.1) fueron más pesadas que las hembras (3.4 ± 0.07 ; $P < 0.05$; cuadro 3). Las crías de parto sencillo (3.6 ± 0.2) fueron similares a las crías de parto doble (3.6 ± 0.07), pero más pesadas que las crías de parto triple (3.2 ± 0.1 ; $P < 0.001$; cuadro 3).

Índice de Masa Corporal al Nacimiento (IMC). El IMC al nacimiento de la progenie fue de 0.44 ± 0.1 unidades para la progenie T-BP y 0.43 ± 0.1 unidades para la progenie T-CTL ($P > 0.05$). Los machos (0.45 ± 0.1) fueron más grandes que las hembras (0.42 ± 0.1 ; $P < 0.05$; cuadro 3). Las crías de parto sencillo (0.45 ± 0.1) fueron similares a las crías de parto doble (0.45 ± 0.01), pero más grandes que las crías de parto triple (0.40 ± 0.01 ; $P = 0.08$; cuadro 3).

Cuadro 3. Peso e índice de masa corporal al nacimiento, y desarrollo postnatal de la progenie de hembras multíparas adultas que recibieron suplemento a base de residuos de panadería o comercial por un periodo de 42 días pre-concepción y concepción. La variable genotipo combina el sexo y el tipo de parto de la progenie. La variable sexo combina el genotipo y el tipo de parto de la progenie. La variable tipo de parto combina el genotipo y el sexo de la progenie.

TRT	n	Peso Nacimiento (kg)	Índice Masa Corporal (unidades)
T-BP	59	3.5 ± 0.1	0.44 ± 0.01
T-CTL	59	3.5 ± 0.07	0.43 ± 0.01
Valor p		0.74	0.59
Sexo			
Hembras	63	3.4 ± 0.07	0.42 ± 0.01
Machos	55	3.6 ± 0.09	0.45 ± 0.01
Valor p		0.04	0.05
Tipo Parto			
Sencillo	14	3.6 ± 0.20	0.45 ± 0.03
Gemelo	74	3.6 ± 0.07	0.45 ± 0.01
Triple	30	3.2 ± 0.10	0.40 ± 0.01
Valor p		0.001	0.08

Discusión

El objetivo del presente trabajo fue determinar el impacto de la inclusión de un concentrado a base de residuos de panadería ofrecido durante el periodo pre-concepción y concepción sobre el desarrollo fetal, peso al nacimiento y tamaño al nacimiento. Los resultados son interesantes dado que demuestran que el concentrado a base de residuos de panadería no afecta negativamente las variables al nacimiento obtenidas. Esto abre la oportunidad para investigar más a detalle la inclusión del concentrado a base de residuos de panadería durante las diferentes etapas fisiológicas de las hembras caprinas, particularmente sobre el metabolismo y el bienestar animal.



Se ha establecido que la manipulación de la dieta materna durante el periodo pre-concepción puede afectar negativamente la línea germinal materna (Jungheim et al., 2010; Tsoulis et al., 2016) y como consecuencia un reducido desarrollo fetal y peso al nacimiento (Daly et al., 2022; Fowden et al., 2022). Nuestros resultados indican que el peso y tamaño al nacimiento no se vieron afectados por los tratamientos a pesar que la dieta ofrecida durante la gestación no cubrió los requerimientos para una hembra gestante. Es importante destacar que el concentrado a base de residuos de panadería tiene un contenido mayor de grasa que el concentrado comercial ofrecido al T-CTL. De tal manera que es necesario determinar el desarrollo postnatal de las crías y la eficiencia reproductiva en un futuro.

Al momento, la información sobre el uso de residuos de panadería sobre los parámetros productivos en animales es muy limitada. Sin embargo, este grupo de investigación ha reportado que el uso de este concentrado no afecta negativamente la respuesta reproductiva de hembras múltiparas (datos por publicar en esta reunión), la producción o la calidad de la leche y disminución de los costos de producción (Vázquez-García et al., 2022a; Vázquez-García et al., 2022b; Cuevas-Reyes et al., 2022). Un detalle interesante que observamos fue la proporción de hembras:machos. Resulta interesante dado que generalmente la proporción de hembras y machos era 1:1; sin embargo, en el presente experimento observamos una mayor proporción de hembras que de machos (15%; 63:55). Este tipo de observaciones se tienen que analizar con detalle dado que en los ungulados con gestaciones de múltiples fetos hace difícil la interpretación. Sin embargo, es posible que la teoría de Trivers-Willard haya aplicado y que el estado metabólico de la madre al momento de la concepción haya influido la proporción de hembras y machos (Trivers y Willard, 1973). Esto resalta, dado que se publicó que la inclusión de residuos de panadería en la dieta de vacas Simental tuvo un efecto negativo en el metabolismo (Kaltenegger et al., 2020; 2021).

Es necesario llevar a cabo más estudios en donde se determine si existe algún impacto en el metabolismo, composición de leche, y desarrollo postnatal de las crías. Adicionalmente es necesario realizar un análisis económico dado que el concentrado basado en residuos de panadería es 37% más económico que el concentrado comercial (Nu3®).

Conclusión

Se concluye que la inclusión de residuos de panadería a una dosis de 300 gr diarios por animal no influye negativamente el peso y tamaño al nacimiento. Más estudios son necesarios para determinar el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el metabolismo del animal, la composición de la leche, el cambio de peso, desarrollo de progenie y análisis económico.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los estudiantes de la Facultad de Agronomía y Veterinaria por su contribución en la obtención de datos durante el desarrollo experimental. A Felipe Escalante Leura por el cuidado de los animales. A la Facultad de Agronomía y Veterinaria y a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por el apoyo recibido.



Referencias

- Cuevas-Reyes, V., Rosales-Nieto, C., 2018. Characterization of the dual-purpose bovine system in northwest Mexico: producers, resources and problematic. *Revista MVZ Córdoba* 23, 6448-6460.
- Cuevas-Reyes V, Hernández-Arteaga LES, Flores-Nájera MJ, Vázquez-García JM, Villareal Rostro DM, Ballesteros Rodea G, Rosales-Nieto CA. 2022. Análisis beneficio costo sobre el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre eficiencia láctea en cabras. VI Congreso Internacional y XVIII Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México
- Ciscar J-C, Fisher-Vanden Kand LobelIDB 2018 Synthesis and review: an inter-method comparison of climate change impacts on agriculture Environ. Res. Lett. 13
- Copping KJ, Ruiz-Díaz MD, Rutland CS, Mongan NP, Callaghan MJ, McMillen IC, Rodgers RJ, Perry VEA. Preconception and first trimester diet modifies reproductive development in bulls. *Reproduction, Fertility and Development* 2018;30:703-720
- Daly M, Kipping RR, Tinner LE, Sanders J, White James W. Preconception exposures and adverse pregnancy, birth and postpartum outcomes: Umbrella review of systematic reviews. *Paediatric and Perinatal Epidemiology* 2022;36:288-299
- García-Monjaras, S., Santos-Díaz, R.E., Flores-Najera, M.J., Cuevas-Reyes, V., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M., Chay-Canul, A.J., Rosales-Nieto, C.A., 2021. Diet selected by goats on xerophytic shrubland with different milk yield potential. *Journal of Arid Environments* 186, 104429.
- Fowden AL, Sferruzzi-Perri AN, Coan PM, Constancia M, Burton GJ. Placental efficiency and adaptation: Endocrine regulation. *The Journal of Physiology* 2009; 587:3459-3472.
- Fowden AL, Vaughan OR, Murray AJ, Forhead AJ. Metabolic consequences of glucocorticoid exposure before birth. *Nutrients* 2022;14:2304.
- Gonzalez-Bulnes, A., C.A. Meza-Herrera, M. Rekik, H. Ben Salem, R.T. Kridli. 2011. Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of small ruminants reared in semi-arid environments. In: *Semi-arid environments: Agriculture, water supply and vegetation*. Ed: K.M. Degenovine. Nova Science Publishers Inc. Hauppauge, NY, USA., Chapter 2, p. 41-60. ISBN: 978-1-61761-541-2.
- Jungheim ES, Schoeller EL, Marquard KL, Louden ED, Schaffer JE, Moley KH. Diet-induced obesity model: Abnormal oocytes and persistent growth abnormalities in the offspring. *Endocrinology* 2010; 151:4039-4046
- Kaltenegger, A., Humer, E., Stauder, A., Zebeli, Q., 2020. Feeding of bakery by-products in the replacement of grains enhanced milk performance, modulated blood metabolic profile, and lowered the risk of rumen acidosis in dairy cows. *J Dairy Sci* 103, 10122-10135.
- Kaltenegger, A., Humer, E., Pacífico, C., Zebeli, Q., 2021. Feeding dairy cows bakery by-products enhanced nutrient digestibility, but affected fecal microbial composition and pH in a dose-dependent manner. *Journal of Dairy Science* 104, 7781-7793.
- Kilkenny C, Browne WJ, Cuthill IC, Emerson M, Altman DG. Improving bioscience research reporting: The arrive guidelines for reporting animal research. *PLOS Biology* 2010;8:e1000412
- Kuraz, Belete, Mulugeta Tesfaye, and Sharew Mekonnen. "Climate Change Impacts on Animal Production and Contribution of Animal Production Sector to Global Climate Change: A Review." *Agricultural Science Digest* 41, no. 4 (December 2021): 523–30. doi:10.18805/ag.D-344
- Mellado, M., Rodríguez, I.J., Alvarado-Espino, A., Véliz, F.G., Mellado, J., García, J.E., 2020. Short communication: reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. *Tropical Animal Health and Production* 52, 2737-2741.
- Mellado, M., Véliz, F.G., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., García, J.E., Rosales-Nieto, C.A., 2022. Effect of breed and management practices on reproductive and milking performance of rangeland goats. *Tropical Animal Health and Production* 54, 193.
- Miller, B.A., Lu, C.D., 2019. Current status of global dairy goat production: an overview. *Asian-Australasian journal of animal sciences* 32, 1219-1232.
- Rosales Nieto CA, Mantey A, Makela B, Byrem T, Ehrhardt R, Veiga-Lopez A. Shearing during late pregnancy increases size at birth but does not alter placental endocrine responses in sheep. *animal* 2020;14:799-806
- Rosales-Nieto, C.A., Ehrhardt, R., Mantey, A., Makela, B., Byrem, Veiga-Lopez, A., 2021. Preconceptional diet manipulation and fetus number can influence placenta endocrine function in sheep. *Domestic Animal Endocrinology* 74, 106577.
- SAS Institute, 2010. SAS/Stat user's guide, version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sferruzzi-Perri AN, Vaughan OR, Forhead AJ, Fowden AL. Hormonal and nutritional drivers of intrauterine growth. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care* 2013;16:298-309.
- SIAP. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Población Ganadera Caprino 2022. Available https://nube.siap.gob.mx/poblacion_ganadera/ (accessed on July 26, 2023).



- Trivers RL, Willard DE. Natural selection of parental ability to vary the sex ratio of offspring. *Science*. 1973 Jan 5;179(4068):90-2.
- Tsoulis MW, Chang PE, Moore CJ, Chan KA, Gohir W, Petrik JJ, Vickers MH, Connor KL, Sloboda DM. Maternal high-fat diet-induced loss of fetal oocytes is associated with compromised follicle growth in adult rat offspring¹. *Biology of Reproduction* 2016;94
- Vázquez-García, J.M., Gutiérrez-Corpus, M.F., Hernández-Arteaga, L.E., Flores-Nájera, M., Herrera-Corredor C.A., Rosales-Nieto, C.A. 2022a. Suplementación de concentrado a base de residuos de panadería durante la lactancia tardía sobre la calidad de leche en cabras. XXXIV Semana Internacional de Agronomía, Venecia, Durango, México.
- Vázquez-García, J.M., Gutiérrez-Corpus, M.F., Hernández-Arteaga, L.E., Cuevas-Reyes, V., Rivas-Jacobo, M.A., Rosales-Nieto, C.A. 2022b. Consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el cambio de peso y producción de leche en cabras. XXXIV Semana Internacional de Agronomía, Venecia, Durango, México.



IMPACTO SOBRE EL RENDIMIENTO Y MICROBIOMA RIZOSFÉRICO BACTERIANO DE TRES RAZAS DE MAÍZ CRIOLLO ANTES Y DESPUÉS DE LA INOCULACIÓN BACTERIANA A LA SEMILLA

Jesús Vásquez-Arroyo^{1,2}, Erika Mariela Morales-Martínez², Yoselin Delgado-Castro, Yoselin¹, Manuel López-Astudillo¹, Isai López-López¹, Eduardo Blanco-Contreras¹, Luis Manuel Valenzulea-Nuñez³, Cristina García de la Peña^{3*}

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Regional Laguna. Departamento de Agroecología. Periférico Raúl López Sánchez Km 2.0. CP 27059. Torreón, Coah. México. ² Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Universidad s/n Fraccionamiento Filadelfia, Gómez Palacio, Durango, CP 35010. ³ Laboratorio de Medicina de la Conservación, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Universidad s/n Fraccionamiento Filadelfia, Gómez Palacio, Durango. CP 35010. * Autor de correspondencia: cristina.gacia@ujed.mx

Introducción

Existe un interés mayor por los sistemas de producción agropecuaria con relación a la necesidad de satisfacer la ascendente demanda alimentaria de una creciente población humana a nivel regional, nacional y global. Entre los principales cultivos, el maíz (*Zea mays*) fue el cereal más producido en el mundo en el 2021, superando en producción al arroz y al trigo (FAO, 2023), dado que su relevancia radica en poseer una composición nutritiva, un potencial funcional y una dinamización de la economía mundial importantes, siendo utilizado en la dieta humana, en la elaboración de alimentos para animales o en la generación de otros productos alimenticios y no alimenticios (Urango, 2018). En este contexto, la FAO (2023) reportó que en el año 2021 México fue el séptimo país que más maíz produjo a nivel mundial (27 millones de toneladas).

Entre los procesos que influyen de manera natural sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, y por ende, la productividad de los cultivos, se encuentran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Rajakaruna & Boyd, 2008). En cuanto a los microorganismos, el suelo representa un almacén de diversidad microbiana ya que no es un componente inerte de la naturaleza, sino que es un hábitat biológico muy activo y dinámico. El microbioma se define como “todo el hábitat, incluidos los microorganismos (bacterias, arqueas, eucariotas inferiores y superiores y virus), sus genomas (es decir, genes) y las condiciones ambientales circundantes de la planta” (Marchesi & Ravel, 2015). Entre los microorganismos benéficos se encuentran los Microorganismos Promotores del Crecimiento Vegetal (MPCV), los cuales son un grupo de diversas especies que incrementan el crecimiento y la productividad de las plantas (González & Fuentes, 2017) mediante vías directas e indirectas (Chávez et al., 2020). Los MPCV también se pueden encontrar como principios activos en los inoculantes biológicos, los cuales son biofertilizantes que se aplican en el suelo, en riego o en las hojas para incrementar el desarrollo de las plantas reemplazando de forma parcial o total el uso de fertilizantes inorgánicos (Bojórquez et al., 2010; Santoyo et al., 2019). La función de un bioinoculante depende del tipo de microorganismos que contenga. Diversos estudios han demostrado que el genoma del maíz influye hasta en un 20% de manera dinámica y directa en la composición de su microbioma (Aira et al., 2010; Cregger et al., 2018). Dada esta conexión, es fundamental considerar el hospedero y el microbioma juntos para comprender de manera completa el funcionamiento de la planta como un holobionte (Ravanbakhsh et al., 2021) por lo que, conforme a lo anterior, una comprensión profunda de la estructura del microbioma bacteriano rizosférico proporciona información valiosa para entender el funcionamiento de una planta, la nutrición, rendimiento y resistencia al estrés biótico y abiótico de un cultivo. El presente estudio tuvo como objetivos, describir y comparar la composición del microbioma rizosférico bacteriano en tres razas de maíz criollo, así como evaluar el efecto de los inoculantes bacterianos sobre el rendimiento en grano y biomasa de las razas.



Materiales y métodos

Los experimentos se realizaron el 13 de julio del 2021 y el 22 de junio del 2022 en el Campo Experimental El Retiro, en San Pedro de Las Colonia, Coah., propiedad de la UAAAN Unidad Laguna, con coordenadas 25°49'53.45" N y 103°7'4.03" O. Las parcelas experimentales fueron de tres surcos de 0.75 m de ancho por 15 m de largo, con una distancia entre plantas de 0.15 m. La parcela útil consistió del surco central, eliminando un metro en cada extremo de las unidades emparentales. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones para el primer experimento, donde se utilizó un surco central por raza de 130 m de largo y un factorial AxB con tres repeticiones para el segundo (como se indicó la parcela experimental), donde el factor A representa a los tres maíces criollos (C1-C3) y el factor B tres inoculantes de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (Patente-BUAP, contenido: *Azospirillum brasilense* Sp7, *Gluconacetobacter diazotrophicus* PAI 5, *Paraburkholderia unamae* MT1-641 *Sphingomonas* sp. OF-178, *Bradyrhizobium* sp. MS22 y *Pseudomonas putida* KT2440), de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UJED (FCB, conteniendo *Pseudomonas paralactis*, *Acinetobacter radioresistens* y *Bacillus cereus*) y Aislados nativos del Campo Experimental de la UAAAN (NS, sin identificar), con tres repeticiones cada tratamiento dando un total de 27 unidades experimentales. Para la inoculación, la semilla se dejó remojando por espacio de 1 h con el inoculante y se sembró manualmente el 13 de abril de 2022. Se realizó la toma de muestras de rizósfera y planta, en la que se determinó su peso fresco y seco Mg ha^{-1} a los 51 días después de siembra, para el peso seco, las muestras se dejaron dos semanas a temperatura ambiente. Los datos fueron procesados en el Programa Estadístico Minitab Versión 18. Las muestras de rizósfera fueron colocados en tubos Zymo Research™ conteniendo 750 μl de buffer lisante/estabilizador Xpedition™. Con la ayuda de un disruptor celular TerraLyzer™ se agitó cada tubo durante 45 segundos y se conservó a temperatura ambiente. Para la extracción, amplificación y secuenciación de DNA se ocupó la metodología señalada por García-De la Peña *et al.* (2019).

Resultados y discusión

Como se puede observar en la Figura 1 con relación al número de especies, la raza C1 presentó los valores más altos mientras que la raza C3 los más bajos, esta última arrojando el mejor rendimiento en biomasa (10.73 Mg ha^{-1}). Por otra parte, la raza C2 tuvo un valor intermedio en especies presentando el mejor rendimiento en grano (22.52 Mg ha^{-1}). Es probable que esta diferencia en número de especies entre razas se deba al genotipo de cada una junto con el tipo de exudados que secretan, de acuerdo con lo propuesto por Peiffer & Ley (2013b). Weidner *et al.* (2015) sugirieron que a mayor diversidad bacteriana mayor actividad enzimática que incrementa la mineralización de nitrógeno y el crecimiento de las plantas, tendencia que no se aplica sobre la raza C1, sin embargo, la raza C3 parece ser una raza más selectiva que diversa al momento de reclutar rizobacterias para obtener el mayor rendimiento en biomasa (pero no en grano). Los resultados de rendimiento se pueden comparar con los obtenidos por Elizondo & Boschini (2002) donde mencionan que las razas criollas suelen poseer un buen porcentaje de materia seca comparándolas con las variedades híbridas. Se presentó una apropiada profundidad de cobertura referente al número de OTUs bacterianos de las muestras dado que todas las curvas lograron la asíntota alrededor de las 13,000 secuencias.

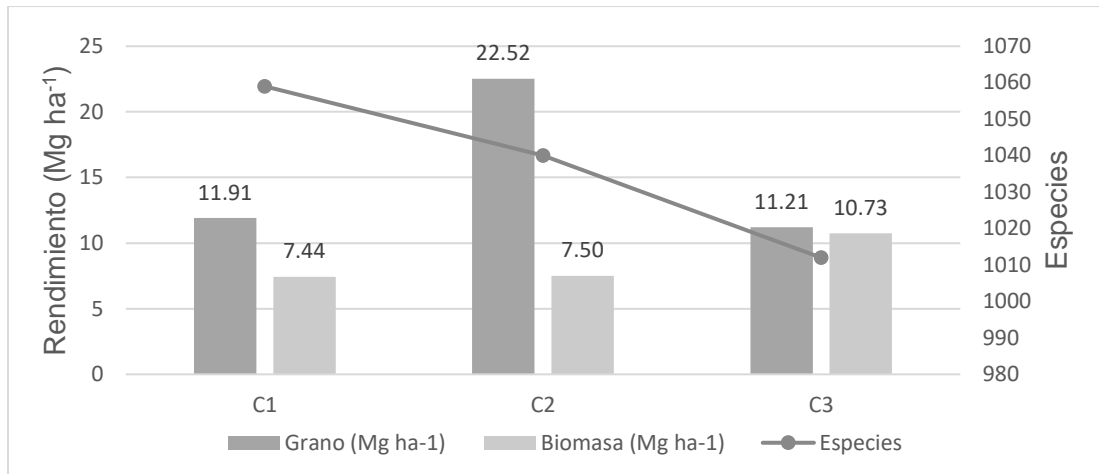


Figura 1. Resultados del rendimientos en grano y en biomasa (peso seco, Mg ha⁻¹) con relación con el número de especies encontradas en el presente estudio, por raza.

En el Cuadro 1 se muestra el número de taxones bacterianos obtenidos por inoculante en la raza C2, en comparación con el número de taxones bacterianos obtenidos en cada raza de maíz sin inoculación, deduciendo que la raza C2 tratada con los tres inoculantes afectó la riqueza de la comunidad bacteriana, incrementando el número de phyla, clases, órdenes, familias, géneros y especies, a excepción del inoculante BUAP que decreció únicamente el número de clases y especies de la raza C2 sin inoculación. *Sphingomonas*, *Bacillus* y *Microvirga* fueron los géneros más dominantes con la aplicación de cada inoculante sobre la raza C2, siendo *Sphingomonas* un género dominante con y sin inoculación, por lo que es parte de los arreglos que realiza la planta para optimizar la salud y el rendimiento de la misma.

Cuadro 1. Número de taxa bacterianos a partir de la media de OTUs, en comparación con los resultados obtenidos con inoculación para la raza criolla C2.

Razas	Phyla	Clases	Órdenes	Familias	Géneros	Especies
C1	31	88	171	380	977	1059
C2	27	86	164	364	973	1040
C3	28	84	163	351	937	1012
Inoculantes (C2)						
FCB	28	89	180	400	1080	1158
NS	32	88	173	371	1048	1111
BUAP	29	85	166	376	1034	1104

Conclusiones

Sphingomonas, *Gaiella* y *Tepidisphaera*, son tres de los generos predominantes reconocidos en las tres razas de maíz criollo sin inocular; por el contrario, *Sphingomonas*, *Microvirga* y *Bacillus* son de los géneros que prevalecen en el maíz criollo C2, que está considerada como apta para la producción de grano e intermedia en producción de biomasa como forraje.

Sphingomonas fue el único género que predominó en el caso de la inoculación del criollo C2, donde dicho género ya es existente en el suelo de estudio, independientemente del tipo de inoculante que se utilice.



Referencias

- Aira, M., Gómez, M., Lazcano, C., Bååth, E., & Domínguez, J. (2010). Plant genotype strongly modifies the structure and growth of maize rhizosphere microbial communities. *Soil Biology & Biochemistry*, *42*, 2276–2281. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.08.029>
- Bojórquez, A. D. A., Gutiérrez, C. G., Báez, J. R. C., Sánchez, M. Á. A., Montoya, L. G., & Pérez, E. N. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, *6*(1), 51-56. <http://uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-16articulosPDF/07%20Biofertilizantes.pdf>
- Chagas, F. O., Pessotti, R. C., Caraballo, A. M., & Pupo, M. T. (2018). Chemical signaling involved in plant-microbe interactions. *Chemical Society Reviews*, *47*(5), 1652–1704. <https://doi.org/10.1039/c7cs00343a>
- Chávez, I. F., Zelaya, L. X., Cruz, C. I., Rojas, E., Ruíz, S., & Santos, S. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *11*(6), 1423-1436. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2492>
- Cregger, M. A., Veach, A. M., Yang, Z. K., Crouch, M. J., Vilgalys, R., Tuskan, G. A., & Schadt, C. W. (2018). The *Populus* holobiont: Dissecting the effects of plant niches and genotype on the microbiome. *Microbiome*, *6*(31).
- Elizondo, J. & Boschini, C. (2002). Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana*, *13*(1), 13-17. <https://doi.org/10.15517/am.v13i1.13227>
- FAO. (2023). FAOSTAT. Consultada el 13 de julio, 2023. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- García de la Peña, C., Rojas, M., Ramírez, A., Vaca, F., Díaz, C., Ávila, V., Valenzuela, L. M., & Meza, C. A. (2019). Microbiota bacteriana oral de la tortuga del bolsón *Gopherus flavomarginatus* en la Reserva de la Biosfera Mapimí, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *90*, e902683. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2683>
- González, F. H., & Fuentes, M. N. (2017). Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Revista de Ciencias Agrícolas*, *34*(1), 17-31. <https://doi.org/10.22267/rcia.173401.61>
- Marchesi, J. R., & Ravel, J. (2015). The vocabulary of microbiome research: A proposal. *Microbiome*, *3*(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s40168-015-0094-5>
- Moreno, A., Carda, V., Reyes, J. L., Vásquez, J., & Cano, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *20*(1), 68-83. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>
- Peiffer, J. A., & Ley, R. E. (2013). Exploring the maize rhizosphere microbiome in the field: A glimpse into a highly complex system. *Communicative & Integrative Biology*, *6*(5), e25177. <https://doi.org/10.4161/cib.25177>
- Rajakaruna, N., & Boyd, R. S. (2008). Edaphic Factor. En S. E. Jørgensen & B. D. Fath (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (pp. 1201-1207). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00484-5>
- Ravanbakhsh, M., Kowalchuk, G. A., & Jousset, A. (2021). Targeted plant hologenome editing for plant trait enhancement. *The New Phytologist*, *229*(2), 1067–1077. <https://doi.org/10.1111/nph.16867>
- Santoyo, G., Sanchez, J.M., & de los Santos, S. (2019). Methods for detecting biocontrol and plant growth-promoting traits in Rhizobacteria. *Methods in Rhizosphere Biology Research*. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5767-1-8>
- Urango, L. A. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. *Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Antioquia*. Medellín: Fondo Editorial Biogénesis, 185-209. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/336229>
- Weidner, S., Koller, R., Latz, E., Kowalchuk, G., Bonkowski, M., Scheu, S., & Jousset, A. (2015). Bacterial diversity amplifies nutrient-based plant–soil feedbacks. *Functional Ecology*, *29*(10), 1341–1349. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12445>



ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA EN UN PASTIZAL DE *Amelichloa clandestina* EN LA ESTACION DE PRIMAVERA

Sait Juanes Marquez^{1*}, Perpetuo Álvarez Vázquez², Miguel Mellado Bosque², José E. García Martínez², Martín Cadena Zapata², Juan A. Encina Domínguez², José J. Ochoa Espinoza².

¹Estudiante de Doctorado en Producción Agropecuaria UAAAN UL, Periférico Raúl López Sanches, Valle Verde, 27054 Torreón Coah. México. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. *Autor de correspondencia: saitjuanes@gmail.com

Introducción

Los pastizales desempeñan un papel fundamental tanto en la sustentabilidad de la producción ganadera como en la preservación de los equilibrios ecológicos en múltiples ecosistemas a nivel global (Blair et al., 2014). En la región del sureste de Coahuila, México, específicamente en zonas previamente dedicadas a la agricultura y posteriormente abandonadas, se ha establecido la especie *Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth", comúnmente denominada zacate picoso. El zacate picoso ha exhibido una capacidad notable para colonizar eficazmente estas áreas de interés, extendiendo su rango de distribución hacia regiones vecinas como Coahuila y Nuevo León, e incluso alcanzando localidades en el oeste de Texas. La densidad poblacional de esta gramínea y su capacidad para regenerarse influyen en la durabilidad y productividad de los pastizales, y estos elementos son esenciales para garantizar la sustentabilidad de los sistemas de producción animal. Dichos factores se encuentran relacionados con los patrones de crecimiento, declinación y supervivencia de la cobertura vegetal (Herrera-Corral et al., 2014). Con el propósito de alcanzar una administración de pastoreo que sea óptima y garantizar una provisión apropiada de alimento para el ganado, resulta importante adquirir un conocimiento profundo acerca de la capacidad de regeneración de las especies vegetales que conforman la composición de estos ecosistemas de pastizales. La capacidad de rebrote de las especies vegetales es un factor fundamental en la dinámica de los pastizales, ya que impacta directamente en su resiliencia y en la disponibilidad de forraje para los animales que se alimentan de ellos (Domínguez-Escudero et al., 2021). Específicamente, en referencia a *Amelichloa clandestina*, cuyas características y comportamiento pueden variar significativamente según las condiciones climáticas, se vuelve de suma importancia llevar a cabo una evaluación integral de su aptitud regenerativa. Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo proporcionar información, al evaluar la capacidad de rebrote del zacate picoso en la estación de primavera.

Materiales y métodos

El presente estudio fue realizado en el rancho experimental "Los Ángeles," propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicado en el municipio de Saltillo, Coahuila, México. Ubicado aproximadamente a 34 km al sur de la capital del estado, entre las coordenadas 26° 06' de latitud norte y 101° 06' de longitud oeste. La altitud varía, siendo de 2100 m en los valles y 2400 m en las áreas serranas. El clima característico de esta región se encuentra clasificado como BWhw (e'), lo que indica un clima predominantemente seco y semiárido extremo. Las precipitaciones son escasas y están marcadas por lluvias en la temporada estival, mientras que la precipitación invernal representa solamente entre el 5% y el 10% del total anual. El objeto de investigación en este estudio es el zacatal, que abarca una extensión aproximada de 32 hectáreas. El zacatal está dominado por la especie vegetal conocida como "zacate picoso" (*Amelichloa clandestina*). Se dispusieron tres unidades experimentales de terreno, cada una con dimensiones de 5 x 20 metros, resultando en un área de 100 M² cada una.



En fecha 25 de marzo de 2023, se llevó a cabo una acción de corte uniforme, con el propósito de homogeneizar las condiciones iniciales. Posteriormente, se procedió a iniciar los eventos de corte para evaluación, siendo el primer corte ejecutado el 8 de abril de 2023. Estos cortes se realizaron de manera manual empleando herramientas de corte a una altura de 10 centímetros sobre el nivel del suelo. Los distintos tratamientos consistieron en medir los intervalos en días después del rebrote (DDR) durante la estación de primavera. Con el objetivo de cuantificar la cantidad de materia seca producida (RMS) por parte de la especie *A. clandestina*, se procedió a realizar la cosecha de los rebrotes presentes en cada una de las unidades experimentales. Se procedió a la ejecución de un proceso de muestreo a lo largo de seis ciclos de rebrote, llevados a cabo en intervalos de 15 días cada uno. Este proceso abarcó un período total de 90 días a partir del momento en que se efectuó el corte inicial, durante la estación primaveral. Durante esta fase, se recolectó el rebrote de la especie *A. clandestina* en cuatro individuos por repetición. La porción de biomasa obtenida a través de la cosecha fue dispuesta en bolsas de papel debidamente etiquetadas. Posteriormente, esta biomasa fue sometida a un procedimiento de deshidratación utilizando una estufa de aire configurada a una temperatura constante de 60 °C, durante un período continuo de 48 horas. Esta operación se prolongó hasta que se alcanzó un estado de peso constante en la biomasa deshidratada.

El análisis de los datos se realizó considerando el peso resultante de la materia seca, expresado en kilogramos por hectárea (kg MS ha^{-1}). Cabe señalar que en este análisis se consideró una densidad de seis individuos de la planta por metro cuadrado. Se procedió a realizar la evaluación del crecimiento de las plantas mediante la selección aleatoria de 12 mediciones de altura en el transcurso de seis de evaluaciones. Posteriormente, se procedió a obtener una submuestra que representaba aproximadamente el 10% del forraje cosechado de las cuatro plantas, con el propósito de llevar a cabo un análisis de la composición botánica-morfológica (CBM). La CBM se determinó desglosando los componentes del forraje en hojas, tallos y material muerto. Cada uno de estos componentes fue sometido a un proceso de secado individual, siguiendo un procedimiento similar al utilizado para determinar el contenido de materia seca. Los datos obtenidos en este proceso fueron sometidos a un análisis de varianza mediante la aplicación del procedimiento PROC GLM (JMP 15 Pro). Para llevar a cabo la comparación de las medias, se empleó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

Resultados y Discusión

Según los datos representados en la Figura 1, se puede apreciar el modelo de ajuste lineal aplicado a la variable de altura. Esta relación lineal exhibe una correlación sustancial, con un coeficiente de determinación (R^2) calculado en 0.87. Durante el proceso de rebrote, se identificaron cambios en la altura, siendo la más baja, 10.5 cm, registrada en el periodo inicial de 15 días después del rebrote (DDR), mientras que la altura máxima, 30 cm, se observó en el día 90 DDR. Se constató la existencia de diferencias significativas en los valores de altura a lo largo de los DDR ($p \leq 0.05$).

Además, se logra apreciar un incremento gradual en la acumulación de materia seca de *Amelichloa clandestina*, durante un período de 90 días de crecimiento. Esta tendencia de aumento se ajustó de manera adecuada a una función lineal, mediante un coeficiente de determinación (R^2) de 0.84. El punto de mayor rendimiento se presentó a los 90 DDR, logrando una producción de $674 \text{ kg MS ha}^{-1}$. En contraste, el punto de menor rendimiento se evidenció en el día 15 DDR, con una producción de 43 kg MS ha^{-1} , siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$).



La media general de producción alcanzó los 264.6 kg MS ha⁻¹, atribuible a las condiciones meteorológicas durante la estación primaveral. Esta temporada en el norte de México se caracteriza por exhibir precipitaciones escasas. Además, el zacate picoso, una especie nativa del norte del territorio, manifiesta una tasa de desarrollo gradual en situaciones donde la humedad disponible resulta insuficiente. En investigaciones anteriores, Juanes *et al.* (2022), utilizando corte manual, registraron valores similares a los presentados en el estudio actual, alcanzando 778.5 kg MS ha⁻¹ y 515 kg MS ha⁻¹ en dos pastizales de *A. clandestina*, luego de un año de rebrote durante la temporada de primavera. No obstante, en relación con la altura de las plantas, ambas investigaciones convergen, demostrando un promedio comparable de 31 cm durante la estación de primavera. En lo que respecta al crecimiento de las plantas, se observó una progresión gradual a medida que avanzaban los días de rebrote.

Por otra parte, en la Figura 2 se exhiben los rendimientos de los componentes hoja, tallo y material muerto (MM) en los distintos días después del rebrote (DDR). A los 15 DDR, se consignaron los rendimientos más reducidos para los componentes hoja, tallo, con 15.6 y 16.6 kg MS ha⁻¹, representando un 38 y 40 % respectivamente del rendimiento total. El material muerto (MM) contribuyó de menor manera a los 30 DDR, presentando un valor de aporte de 6.8 kg MS ha⁻¹ (16 %). En la sexta evaluación (90 DDR), la hoja presentó el mayor aporte al rendimiento total, con un valor de 171.6 kg MS ha⁻¹ (25 %), mientras que el tallo contribuyó en mayor medida a los 90 DDR, con un valor de 344.7 kg MS ha⁻¹ (51 %). En cuanto al MM, su mayor aporte se presentó a los 90 DDR con 164.9 kg MS ha⁻¹ (24%).

Los resultados del presente estudio indican una tendencia creciente en los rendimientos de hojas y tallos durante el período de observación. Los bajos rendimientos de hojas observados en la primera evaluación pueden atribuirse al inicio del crecimiento de las plantas y a una acumulación insuficiente de biomasa en ese momento. Por otro lado, los bajos rendimientos de hojas y tallos durante las evaluaciones posteriores podrían estar relacionados con un período inicial de actividad de crecimiento de los tallos y la baja humedad presente en el área. Estos hallazgos concuerdan por lo reportados por Brendel (2021) quien indican que el crecimiento de las plantas varía en distintas épocas del año y el consumo de agua. En el presente estudio, se evaluó la relación hoja/tallo (R:H/T) en *Amelichloa clandestina* durante diferentes períodos de rebrote. Los resultados indican que a los 15 días después del rebrote (DDR), la R:H/T alcanzó su valor máximo de 1.1, mientras que a los 90 DDR se registró el valor mínimo de 0.5. En promedio, la R:H/T fue de 0.8, lo que sugiere que, durante la estación de primavera, la producción de hojas es menor con relación al tallo. Estos hallazgos proporcionan información valiosa sobre la productividad y composición de *A. clandestina* en respuesta a diferentes períodos de rebrote, lo que puede ser relevante para su manejo y conservación.

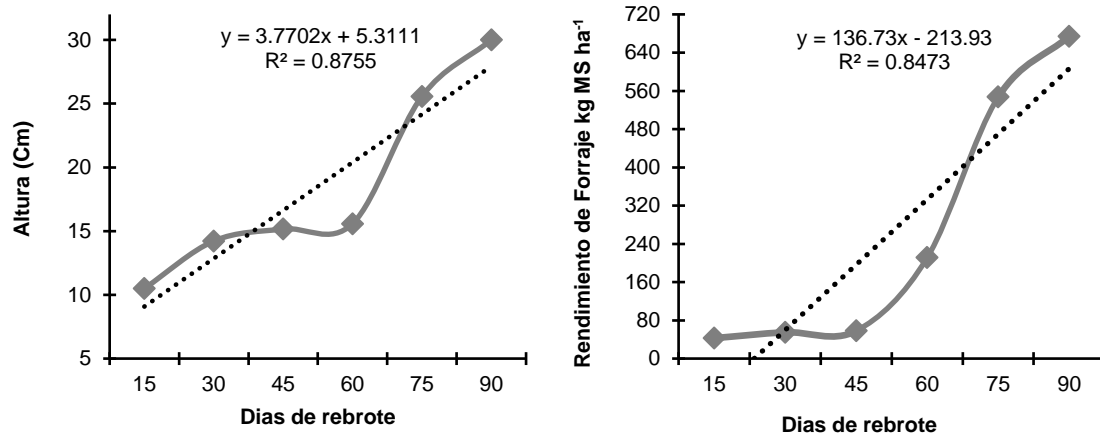


Figura 1. Rendimiento de forraje y altura de planta de *Amelichloa clandestina* a diferentes semanas de rebrote posterior a un pastoreo en la estación de primavera de 2023.

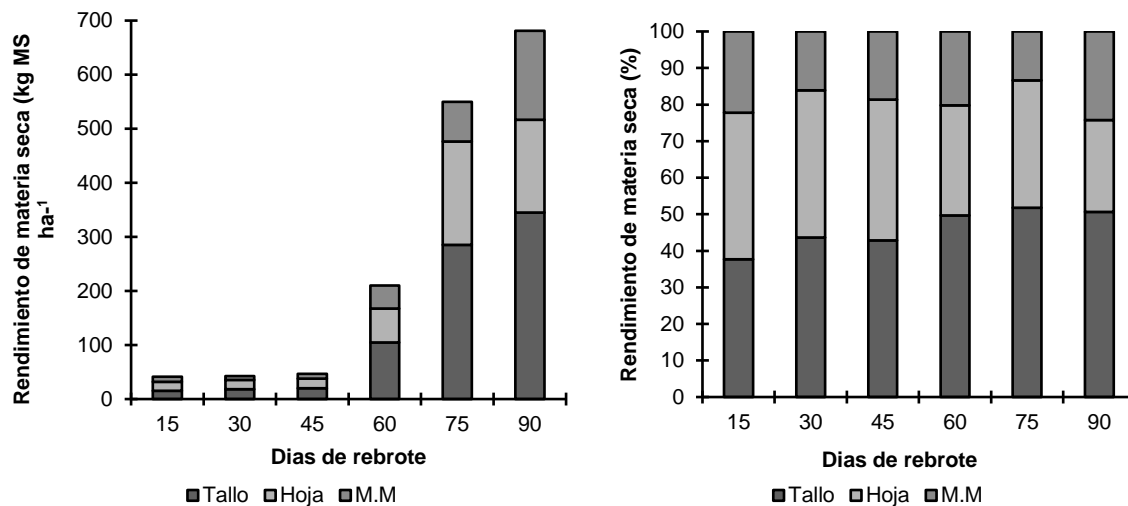


Figura 2. Composición morfológica de *Amelichloa clandestina* a diferentes semanas de rebrote posterior a un pastoreo en la estación de primavera de 2023.

Conclusión

El presente estudio demuestra que los rendimientos de materia seca y la altura de *Amelichloa clandestina*, aumentan durante el período de rebrote, alcanzando su punto máximo a los 90 días. Estos hallazgos son relevantes para el manejo ganadero de la región, especialmente considerando las condiciones climáticas de primavera y la importancia de la humedad para un crecimiento óptimo. Este estudio proporciona información valiosa para la planificación y toma de decisiones en la producción y manejo de pastizales.



Referencias

- Blair, J.; J. Nippert; J. Briggs 2014. Grassland ecology. En R. K. Monson (ed.), *Ecology and the environment* (pp. 389-423). Springer Science. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7501-9_14
- Brendel, O. (2021). The relationship between plant growth and water consumption: a history from the classical four elements to modern stable isotopes. *Annals of Forest Science*, 78(2), 1-16.
- Domínguez-Escudero, J. M. A.; J.M. Iglesias-Gómez; Y. Olivera-Castro; M de Ca. Milera-Rodríguez; O. C. T. Pérez; H. B. Wencomo-Cárdenas. 2021. Caracterización del pastizal y su manejo en un sistema de pastoreo racional Voisin, en Panamá. *Pastos y Forrajes*, 44, eE19.
- Herrera-Corral, J.; Y. Herrera-Arrieta; F. O. Carrete-Carreón; N. Almaraz-Abarca; N. Naranjo-Jiménez; F. González-González; 2011. Cambio en la población de gramíneas en un pastizal abierto bajo sistema de pastoreo continuo en el norte de México. *Interciencia*, 36(4), 300-305.
- Juanes, M. S.; P. Álvarez; J. Encina; M. Mellado; J. García; A. Flores-Naveda. 2022. Response to cutting and herbicide treatment of Mexican needlegrass (*Amelichloa clandestina*) in northeastern Mexico. *Fresenius Environmental Bulletin*. 31. 8663-8672.



RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE AVES SILVESTRES EN INVIERNO Y PRIMAVERA EN HUMEDALES ARTIFICIALES DE LA SIERRA SANTA LUCIA, DURANGO.

Gonzalo Hernández-Ibarra^{1*}, Jorge Homero Rodríguez-Castro², Luis Gerardo Yáñez Chavez¹,
Mayela Rodríguez González³

¹Profesor investigador de Tiempo Completo de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo; Km 40 de la Carretera Gómez Palacio, Durango-Cd. Jiménez Chihuahua, C.P. 35230. Teléfonos: 872 77 60160 y 60190, Bermejillo, Mapimi, Durango, ²Profesor-investigador del Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Victoria, Tamaulipas. ³Egresada del Doctorado en Ciencias por la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. *Autor para correspondencia: chalonza2011@gmail.com

Introducción

Actualmente los seres vivos nos estamos adaptando a condiciones climáticas cambiantes sin importar el tamaño, hábitat donde resida ni coordenadas de geolocalización de cada individuo o población en el planeta. Los humedales naturales y artificiales albergan o atraen a diversas aves residentes y acuáticas migratorias (Ismail & Rahmani, 2004). Green y Figuerola (2003) dicen que las aves funcionan como buenos indicadores de los cambios ambientales, focalizando su atención en las aves acuáticas y en su posible función como indicadores de los cambios en los humedales. El desarrollo de hábitats artificiales como los humedales podría ser una alternativa para compensar la pérdida de hábitats naturales (Rahman & Ismail, 2018). Las aves utilizan los humedales para anidar, criar pollos, perchar, alimentarse, descansar, refugiarse e interactuar socialmente (Gucel et al., 2012). México es un país con gran diversidad de especies de aves; ocupa el doceavo lugar a nivel mundial y el primero en Norteamérica con alrededor de 1060 especies (CONABIO, 2021), (Hussien, 2018), se menciona que los conteos de aves son básicos y una buena manera de estimar el tamaño de la población; así como también detectar cambios en el tamaño de la población o la diversidad de especies, y determinar la causa de dichos cambios si se recopilan datos ambientales o de hábitat. Mera et al. (2016) contabilizaron aves en Oaxaca categorizando a las zonas de actividad identificadas en cada paisaje en el humedal Laguna “Mar Muerto”, las cuales fueron: espejo de agua (EA), planicie lodosa (PL), planicie de conchal (PC), playa arenosa (PA) y manglar (M). Al considerar la importancia de la existencia de humedales artificiales se planteó el objetivo de listar y describir las especies de aves silvestres presentes en humedales artificiales en la Sierra Santa Lucia.

Materiales y Métodos

El presente estudio se realizó en 12 humedales artificiales pertenecientes a tres ejidos (Elias Calles, La Ochoa y Veracruz), en la parte alta del municipio Poanas, Durango (Sierra Santa Lucia), se localiza en los paralelos 23° 49' y 24° 15' de latitud norte y en los meridianos 103° 47' y 104° 16' de longitud oeste, presenta una latitud entre los 1800 y 2700 m. Las colindancias del municipio son al norte con los municipios de Durango y Guadalupe Victoria; al este con el municipio de Cuencamé y el estado de Zacatecas; al sur con los municipios de Vicente Guerrero y Nombre de Dios, así como con el estado de Zacatecas; al oeste colinda con los municipios de Nombre de Dios y Durango. El municipio cuenta con un total de 29 localidades y una población total de 23,466 habitantes. El municipio de Poanas es el segundo más pequeño del estado de Durango, tiene una superficie de 1,124.9 km² que representan el 1.53% del total del territorio estatal. (INEGI, 2010). Para el municipio de Poanas se tienen registrados 37 humedales categorizados en humedales naturales y humedales artificiales (INEGI, 2021).



La metodología utilizada se basó en obtención de datos por observación. Se registraron las especies avistadas en cada humedal artificial a través del método de conteo de individuos de la clase taxonómica aves por puntos-extensivo (tamaño variable), el cual se basa en Hilden et al. (1991) y con estándares provenientes de Ralph et al. (1996), (Moreno, 2001). Los registros de las especies de aves y las características de los humedales se realizaron de acuerdo con los seis recorridos o visitas a campo (los días 1 al 5 de cada mes se realizó una visita y/o conteo de aves a cada uno de los 12 humedales), durante los meses de enero a junio de 2023; considerando los aspectos siguientes:

- a) Los horarios de los muestreos fueron comprendidos dentro de las 3 horas seguidas al amanecer y dentro de las 3 horas previas al anochecer, 20 minutos de conteo por humedal recorriendo la periferia a paso lento registrando los individuos avistados en captura fotográfica y llenado de datos en formato de campo. Además de georreferenciación de cada humedal, así como altitud en msnm.
- b) Identificación de las especies de aves se realizó con las Guías para la identificación de aves: Dunn y Alderfer, (2017) (Field Guide to the Birds of North America National Geographic), Sibley, (2003) y la plataforma online Naturalista (CONABIO, 2023).
- c) Material utilizado: Cámara fotográficas Nikon COLPIX- P-900, Binoculares Screenshot, Hike Crew (Binoculares de visión nocturna: Distancia visual en día= 400 m, de noche=100 m) con infrarrojo, vehículo, bicicleta, formato de campo y pluma.

Análisis de datos: Los diferentes datos se fueron capturando en una hoja de análisis del Software Microsoft Excel. Una vez que se registraron los individuos encontrados en cada humedal cada visita y debidamente identificadas las especies se extrajeron valores para la elaboración de las tablas o cuadros para el análisis de los resultados y discusión.

Resultados y discusión

Como resultado se encontro que en el mes de febrero se contabilizaron mas especies de aves (37), que en cualquier otro mes de los seis de estudio y en general en los tres meses de la estación invierno se encontraron más especies de aves que en los tres meses de la estación primavera; posiblemente atribuible al nivel de agua que presentaron los humedales y al incremento de las temperaturas en los meses de abril, mayo y junio (Figura 1); En general se encontro una acumulación de 53 especies de aves pertenecientes a 25 familias y a 10 ordenes distintos. Destacando para los tres meses en la estación invierno dos especies acuáticas migratorias *Bucephala albeola* y *Spatula clypeata* por otro lado en los tres meses de la estación primavera las dos especies que más se registraron fueron *Phainopepla nitens* y *Zenaida macroura*. Asi como también para los seis meses de estudio las familias que más registro de especies acumularon son: Anatidae (8), Troglodytidae (4) y Parulidae (3).

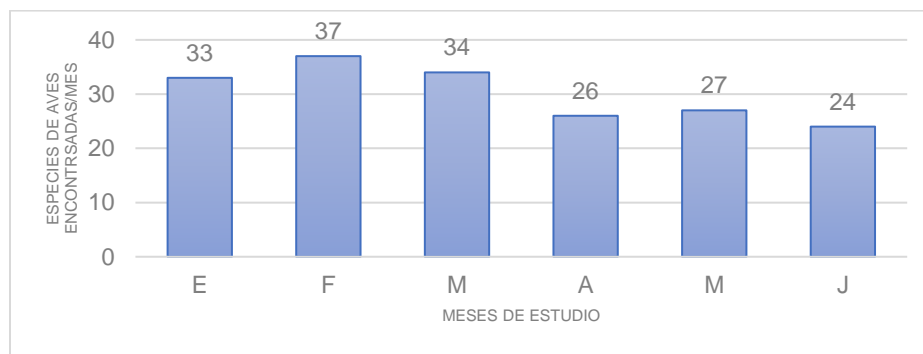


Figura 1. Cantidad de especies contabilizadas por mes en invierno y primavera en doce humedales artificiales.



En la Figura 2 se aprecia el promedio de especies por estación del año (invierno (I) y primavera (P), donde se registró un mayor promedio de especies de aves para los 12 humedales en invierno que en la estación primavera, siendo 8.03=(8) y 5.88=(6), respectivamente.

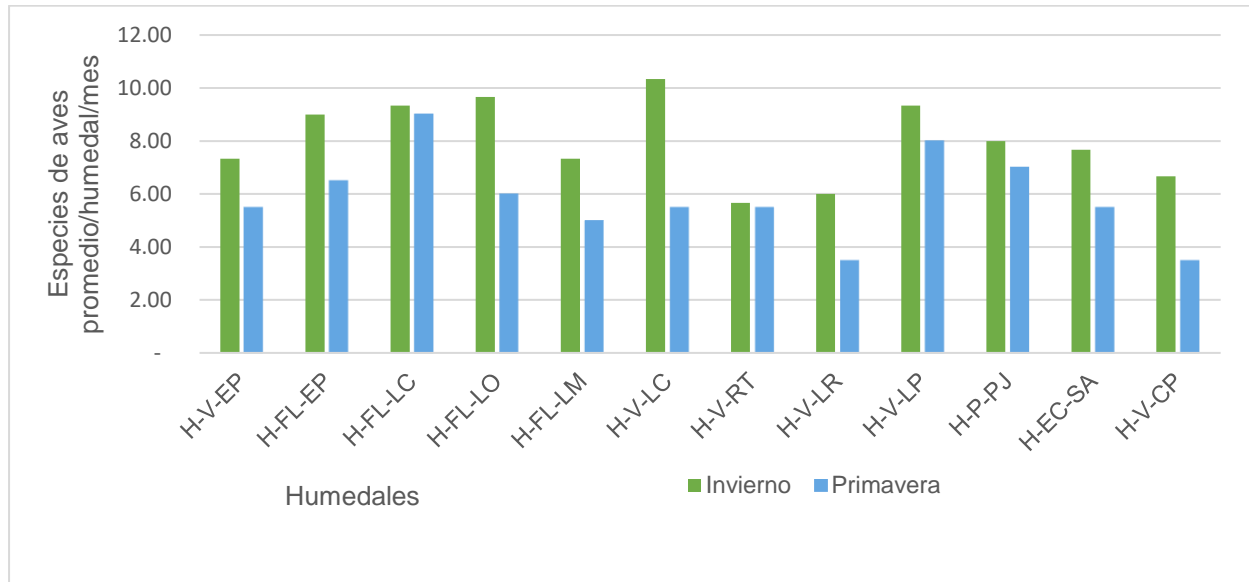


Figura 2. Promedio de especies de aves en 12 humedales artificiales por mes en dos estaciones del año. Nota: H= Humedal, V=Ejido Veracruz, FL=Fracción La Ochoa, P=Pequeña Propiedad, EC= Ejido Elias Calles: EP= “El Pantano”, EP=Humedal “El Pino”, LC= Humedal “Los Charcos”, LO= Humedal “La Onza”, LM= “La Morronga”, LC= “La Cieneguilla”, RT= “Rincón de las Tunas”, LR=“Los Rafaelés”, LP= “Las Planicies”, PJ= “Pequeño Juan”, SA=“San Antonio” y CP=“Cerro Prieto”.

En el Cuadro 1, se observa nuevamente la diferencia en cantidad de individuos tanto totales como por humedal a favor de la estación invierno (855) sobre la estación primavera (375). Destacan tres humedales en invierno superando los 100 individuos, los cuales son: H-FL-EP (100), H-EC-SA (116) y H-FL-LC (145). La cantidad de especies de aves promedio por estación encontradas en el presente estudio fue de 35 y 26 para invierno y primavera, respectivamente. Autores como Serrano et al. (2013) encontraron en un humedal “Manglar de Tumulco” en Veracruz que la riqueza y abundancia obtenida es importante, ya que a pesar de ser un área pequeña presentó 56 especies de aves con un total de 5,945 organismos para toda el área de estudio. Este número representa aproximadamente el 5% de la riqueza de aves reportadas para México y aproximadamente el 10% de la riqueza de aves reportada para todo el estado de Veracruz. En un estudio regional Corrales et al. (2021) reportan que la avifauna registrada para el Cañón de Fernández (humedal natural) fue un total de 29 familias, 51 géneros y 59 especies, lo que representa el 13.72 % del total registrado para el estado de Durango. Espinosa et al. (2020) registraron para 110 puntos de conteo separados cada 300 m., un total de 3,143 aves de 123 especies de tal forma que la diversidad medida con el orden $q=1$ fue de 41.67 y con $q=2$ fue de 24.79 especies efectivas; en los resultados y/o estudios abordados en este párrafo se observan algunas coincidencias con los resultados que se presentan en el presente estudio, con la salvedad de que difieren en la metodología empleada, características climáticas y altitudinales; puesto que los 12 humedales en estudio superan los 2000 msnm.

**Cuadro 1.** Cantidad de individuos en 12 humedales artificiales durante dos estaciones del año en la Sierra Santa Lucía.

Humedal	Invierno	Primavera
H-V-EP	35	20
H-FL-EP	100	53
H-FL-LC	145	52
H-FL-LO	65	31
H-FL-LM	38	18
H-V-LC	86	29
H-V-RT	73	22
H-V-LR	42	12
H-V-LP	69	59
H-P-PJ	50	31
H-EC-SA	116	32
H-V-CP	36	16
Total/individuos	855	375

35 especies promedio

26 especies promedio

Green & Figuerola (2003), consideran que hay una clara relación entre la variabilidad espacial en la naturaleza de los humedales, y la variabilidad en las comunidades de aves acuáticas, indicando que existen múltiples variables, por ejemplo, estatus trófico y las características de la vegetación suelen ser variables interrelacionadas y que a veces es imposible saber cuáles son las que realmente causan los patrones en la distribución de las aves. Complementando lo anterior Enriquez et al. (2006) concluyen que los sistemas silvopastoriles surgen como una herramienta útil de conservación de aves en fincas, ya que además de favorecer las actividades económicas del productor proporcionan recursos y hábitat a estos animales.

Conclusiones

La abundancia de especies de aves silvestres consistió en 35 especies promedio con un total de 855 individuos para invierno y 26 especies promedio con un total de 375 individuos para primavera.

En general se encontró una acumulación de 53 especies de aves pertenecientes a 25 familias y a 10 órdenes distintos en los seis meses de estudio.

Referencias

- Comisión Nacional para el uso y conocimiento de la biodiversidad (CONABIO). (2021). Aves. Recuperado el 11 de julio de 2023 de: www.conabio.gob.mx/otros/nabci/doctos/aves.html
- Corrales A. C.I., Cardoza M. G.F; Herrera S. J.C. y Estrada A. J.R. (2021). Diversidad de aves en el Área Natural Protegida "Parque Estatal Cañón de Fernández", Lerdo, Durango, México. V Congreso Internacional y XVII Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas. Bermejillo, Mapimi, Durango 26 y 27 de octubre de 2021.
- Dunn, J. L., & Alderfer, J. (2017). Field Guide to the Birds of North America. Washington, DC: Séptima edición. National Geographic.
- Enriquez, M. L. (2006). Riqueza, abundancia y diversidad de aves y su relación con la cobertura arbórea en un agropaisaje dominado por la ganadería en el trópico subhúmedo de Costa Rica. Revista Agroforestería en las Américas NO. 45. Avances de Investigación. Recuperado el 04 de septiembre de 2023 de: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7749/Riqueza_abundancia_y_diversidad_de_aves.pdf?sequence=1



- Espinosa-Méndez, S. E., Enríquez, P. L., Pineda Diez de Bonilla, E., & Vandame, R. (2020). Diversidad y composición de aves del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas, México. *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (N.S.)*, 36(1), 1-16. <https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612062>
- Green A. J. & Figuerola J. (2003). Aves acuáticas como bioindicadores en los humedales. *Ecología, manejo y conservación de los humedales*. Págs. 47-60.
- Gucel S, Kadis C, Ozgeo O, Iris C, Conorlinstead, Wayne F, Constantinos K, and Munir O. (2012). Assessment of Biodiversity Differences between Natural and Artificial wetlands in Cyprus. *Pakistan J Bot* 44: 213-224.
- Hilden, O., Koskimies, P., Pakarinen, R., Vaisanen, R. A. (1991). Point count of breeding landbirds. Monitoring bird populations. Helsinki: Zoological Museum, Finnish Museum of Natural History, University of Helsinki.
- Hussien M.E.A.E. (2018) Seasonal Abundance and Diversity of Water Birds in Some Wetlands of Sinnar State, Sudan. *Poult Fish Wildl Sci* 6: 204. doi: 10.4172/2375-446X.1000204
- INEGI. (2010). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Poanas, Durango. 27 de marzo de 2017, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía Recuperado el 23 de julio de 2023 de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/10/10022.pdf>
- INEGI, (2021). Descarga de mapas digitales de los temas climatología serie II y uso de suelo y vegetación y climatología seri IV de la República Mexicana. Recuperado el 02 de diciembre de 2021 de: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
- Ismail MZ, Rahmani, AR. (2004). Important Bird Areas in India: Priority Sites For Conservation. Bombay Natural History Society, Mumbai, India and Birdlife International, Cambridge, UK.
- Mera-Ortiz G., Ruiz-Campos G., Gómez-González A.E., Velázquez-Velázquez E. (2016). Composición y abundancia estacional de aves acuáticas en tres paisajes de la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas. *Huitzil* 17(2): ISSN:1870-7459. 251-261 pp.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp
- Rahman Faid & Ismail Ahmad. (2018). Waterbirds: An Important Bio-Indicator of Ecosystem. *Pertanika Journal of Scholarly Research Reviews*. Universiti Putra Malaysia Press PJSRR (2018) 4(1): 81-90. <http://www.pjsrr.upm.edu.my/>
- Ralph. C John; Geupel, Geoffrey R.; Pyle, Peter; Martin Thomas e.; DeSante, David F.; Milá, Borja. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General Technical Report, Albany CA: Pacific Southwest Station. Forest Service. U.S. Departament of Agriculture.
- Serrano, A., Vázquez-Castán, L., Ramos-Ramos, M., Basáñez-Muñoz, A. J. & Naval-Ávila, C. (2013). Bird diversity and abundance in a wetland of northern Veracruz, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 29(3): 473-485.
- Sibley, D. A. y Knopf, A. A. (2003). The Sibley. Field Guide to Birds of Western North America. New York, E U A.



BULBOS SIN DIFERENCIAR DE 10 GENOTIPOS DE AJO (*Allium sativum* L.) EN CALERA, ZACATECAS, MÉXICO.

Manuel Reveles-Hernández^{1*}, José Ángel Cid Ríos¹, Rodolfo Velásquez-Valle²,
Juan José Figueroa-Gonzalez¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ¹Campo Experimental Zacatecas, Km 20.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera, Zac., CP 98500. ²Campo Experimental Pabellón, * Autor de correspondencia: reveles.manuel@nifap.gob.mx,

Introducción

Para el correcto crecimiento y desarrollo de cada genotipo, el ajo depende de la duración del día y temperatura adecuada de cada región de cultivo (Saluzzo et al., 2010; Wu et al., 2016), la formación de bulbos, que consiste en el “hinchamiento y acumulación de reservas de las yemas axilares”, es diferente en cada variedad y está muy relacionada con la temperatura y la longitud del día (Peña-Iglesias, 1988).

El uso de variedades de ajo adaptadas a cada área de cultivo resulta de gran utilidad, dado que significa rendimiento y calidad del producto a obtener, no obstante, es común que genotipos locales superen en rendimiento y componentes de rendimiento a materiales introducidos, lo que reviste singular importancia en los programas de mejoramiento genético (Ayalew et al., 2015). Se considera que los ensayos de rendimiento, de diferentes ecotipos, ayuda a definir la adaptabilidad de ellos a diversas áreas de cultivo de ajo en donde es importante evaluar su rendimiento y calidad (Narayan et al., 2019).

El rendimiento y calidad del ajo es influenciada fuertemente por la presencia de malformaciones de los bulbos, así como por el tamaño de los mismos, lo que demerita la cantidad y peso de bulbos con valor comercial (Reveles-Hernández et al., 2009).

Los bulbos sin diferencias suelen llamarse por los productores ajos cebollones, bombones, ajo cebolla o ajo porro, son ajos cuya formación de bulbo tunicado no presenta dientes o bulbillos o bien, pueden presentar dos o tres bulbillos solamente, los cuales están distribuidos de manera asimétrica, las catáfila u hojas envolventes acumulan reservas y se hacen más gruesas de lo común, esta malformación o fisiopatía es atribuible a la presencia de un fotoperiodo inferior al requerido por el genotipo, también a exceso de nitrógeno o de humedad disponible, así como a periodos de calor o frío durante el proceso de diferenciación, aunque también puede estar relacionada con la presencia de virus (Peña-Iglesias, 1988).

Materiales y métodos

El experimento se estableció en el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el día 23 de octubre del año 2020, se usaron bulbos de calibre 8 (de acuerdo con la Norma Mexicana) y bulbillos o dientes con diámetro igual o superior a 8.0 mm de diámetro ecuatorial.

El cultivo se estableció en camas de siembra de 1.60 m de ancho en las que se sembraron seis hileras de plantas que eran regadas por tres cintillas de riego, de tal manera que cada cintilla mojara dos hileras de plantas, la cintilla de riego por goteo usada fue calibre 6,000 de alto flujo, con goteros cada 20 cm, la distancia entre plantas fue de 10 cm.



Los tratamientos consistieron en 10 genotipos de ajo del banco de germoplasma del CEZAC, establecidos en bloques al azar con cuatro repeticiones en donde la unidad experimental consistió en tres camas de siembra de cinco metros de largo.

Se aplicó la fórmula de fertilización 80-80-80 antes de la siembra, usando como fuentes sulfato de amonio compactado, superfosfato de calcio simple granulado y sulfato de potasio granulado; durante el ciclo de cultivo se aplicó la fórmula 145-00-185, expresada en kilogramos de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente, para lo cual se usaron como fuente de nitrógeno el sulfato de amonio estándar y el fosfo-nitrato, y como fuente de potasio, el sulfato de potasio soluble. El fertilizante aplicado durante el ciclo de cultivo se dosificó de acuerdo con la curva de extracción del ajo y aplicada a través del sistema de riego, realizando aplicaciones cada 10 días (Reveles-Hernández *et al.*, 2009).

La cosecha se realizó el día 12 de junio de 2021 iniciando por el acondicionamiento de los bulbos durante 12 días para posteriormente realizar la eliminación de la parte aérea y las raíces. Una vez limpios los bulbos se procedió a clasificar los bulbos por tamaño y a contar los bulbos de cada unidad experimental que no presentaban diferenciación o esta era deficiente. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente usando el programa de Diseños experimentales de Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 2013).

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestra la significancia (0.000) que presentó el análisis de varianza para la presencia de la fisiopatía en evaluación en los diversos genotipos en estudio, en notorio el comportamiento de que presentaron algunos genotipos en los que fue muy baja la incidencia de bulbos sin diferenciar, en donde sobresale el criollo regional denominado Saínero, que al parecer tiene cientos de años cultivándose en el municipio de Saín Alto del estado de Zacatecas, lo que puede ser un indicador de que ha sufrido cambios o mutaciones que le permiten adaptarse mejor a las condiciones de la región que otros genotipos que fueron introducidos posteriormente (Cuadro 2), los resultados coinciden con lo reportado por Ayalew y colaboradores (2015), quienes afirman que es común que los materiales regionales superen la productividad de otros introducidos, situación que puede atribuirse al hecho de que genotipos como Tigre y Don Fermín, que fueron introducidos a la región durante la última década presentaron mayor índice de bulbos sin diferenciar (60% o mayor).

Cuadro 1. Análisis de varianza para el porcentaje de bulbos sin diferenciar en 10 genotipos de ajo evaluados en Calera, Zacatecas, México, ciclo 2020-2021

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Significancia
Tratamientos	9	13999.157	1555.462	12.050	0.000
Bloques	3	52.669	17.556	0.136	0.938
Error	27	3485.144	129.079		
Total	39	17536.970			



Cuadro 2. Comparación de medias por el método de DMS ($\alpha=.05$) para el porcentaje de bulbos sin diferenciar en 10 genotipos de ajo evaluados en Calera, Zacatecas, México, ciclo 2020-2021.

Genotipo	Media (%)
Tigre	62.350 a
Don Fermín	60.200 a
Platero	48.075 ab
Calerense	36.050 bc
Altiplano	34.000 bc
Barretero	28.950 c
Clon JAM12	21.800 cd
Clon ENC4	20.675 cd
Sainero	7.000 d
Clon JASP4	6.675 d
DMS	16.485

Los clones JASP4, ENC4 y JAM12 presentaron bajo índice de bulbos sin diferenciar mostrando 6.675, 20.675 y 21.800 % respectivamente, lo que indica que pueden tener buena adaptación a las condiciones edafoclimáticas en las que se realizó la evaluación.

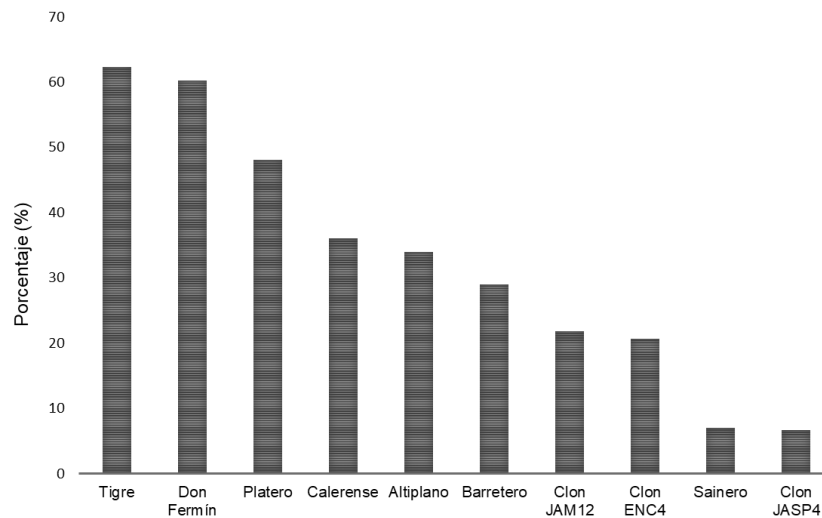


Figura 1. Medias del porcentaje de bulbos sin diferenciar de 10 genotipos de ajo evaluados en Calera, Zacatecas, México durante el ciclo 2020-2021.

Conclusiones

Se nota una interacción entre el genotipo y la presencia de la fisiopatía de bulbos sin diferenciar en los materiales evaluados.

Se requiere realizar nuevas evaluaciones para determinar los factores de manejo que estuvieron relacionados con la presencia de la fisiopatía.

Es importante evaluar los datos de rendimiento de cada uno de los genotipos considerados en el ensayo.



Referencias

- Ayalew, A., Tadesse, D., Medhin, Z.G. and Fantaw, S. (2015). Evaluation of Garlic (*Allium sativum* L.) Varieties for Bulb Yield and Growth at Dabat, Northwestern Ethiopia. Open Access Library Journal, 2: e1216. https://www.scirp.org/pdf/oalibj_2016070710595174.pdf Consultado en línea el 12 de agosto de 2023.
- Narayan R., Kishor A., Mer M. S., Kumar S. R. and Kumar T. V. (2019). Evaluation of long day garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes for growth, yield and quality performance. Chemical Science Review and Letters. 8:247-251
- Olivares S. E. (2013). Diseños experimentales, Versión 1.4 de Prueba. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Peña-Iglesias A. (1988). El ajo: virosis, fisiopatías y selección clonal y sanitaria. I Parte teórico-descriptiva. Bol. San. Veg. Plagas, 14: 461-468
- Peña-Iglesias A. (1988). El ajo: virosis, fisiopatías y selección clonal y sanitaria. II Parte científico-experimental. Bol. San. Veg. Plagas, 14: 493-533
- Reveles-Hernández, M.; Velásquez-Valle, R. y Bravo-Lozano, A. G. (2009). Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Libro Técnico No. 11. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. 272 p.
- Saluzzo J.A.; Villafañe N. y Figuerola P. (2009). Bulbificación de cuatro tipos comerciales de ajo (*Allium sativum* L.) en las condiciones ambientales del Valle Antinaco-Los Colorados, La Rioja, Argentina. Horticultura Argentina 29(68):10-19
- Wu, C.; Wang, M.; Dong, Y.; Cheng, Z.; Meng H. (2016). Effect of plant age and vernalization on bolting, plant growth and enzyme activity of garlic (*Allium sativum* L.). Scientia Horticulturae, 201:295-305



INDUCCION DE BROTAÇÃO EN ARBOLES DE PISTACHE (*Pistacia vera* L.) EN UNA REGION CON BAJA ACUMULACIÓN DE FRÍO

Jesús G. Arreola Avila

Unidad Regional Universitaria de Zonas Aridas. Bermejillo, Dgo. C. P. 35230. * Autor de correspondencia: jgarreola@chapingo.uruza.edu.mx

Introducción

En regiones subtropicales o en áreas caracterizadas por presentar inviernos cálidos, los árboles caducifolios frecuentemente presentan un prolongado periodo de reposo, ya que los requerimientos de frío para su culminación e inicio de brotación, no son cabalmente satisfechos (Tarango y Martínez, 2001). Para resolver este problema generalmente causado por la falta de adaptación de estas especies al clima del área de donde son establecidas, se han aplicado con éxito varios compuestos químicos como aceites, tiourea, nitrato de potasio, 4,6-dinitro-orto-cresol y cianamidas (Erez, 1987). Entre estas, cianamida de hidrógeno ha tenido un efecto significativo sobre el adelanto e incremento de la brotación, en varias especies caducifolias como, manzana (Jackson and Bepete, 1995), durazno (George et al., 1992), uva (Cirami y Fekalier, 1991), nogal (Wood, 1993), zarzamora (Williamson et al., 2001), frambuesa (Jalonen and Linden, 2006), y pistache (Tarango y Martínez, 2001).

La Comarca Lagunera comprende parte de los estados de Coahuila y Durango. La altitud promedio de la región es de 1,100 msnm, con una buena porción de superficie cubierta por montañas. Su actividad agrícola tiene lugar principalmente en las planicies influenciadas por los ríos Nazas y Aguanaval. En la mayor parte de la superficie de riego que es de 173, 352 ha se cultivan forrajes. Los inviernos cálidos con poca acumulación de horas frío en esta región, son una limitante para el desarrollo de especies caducifolias, como el pistache. Esta especie requiere inviernos fríos que acumulen al menos 700 horas con temperaturas equivalentes a los 7 °C o menos. El pistache es una de las especies con bajos requerimientos de agua y tolerantes a salinidad (Picchioni y Miyamoto 1990). Sin embargo, bajo las condiciones de la Comarca esta especie, muestra porcentajes de brotación menores del 5%, provocando una baja foliación del árbol y un bajo potencial productivo. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio, fue evaluar el efecto de H_2CN_2 aplicada en diferentes concentraciones, sobre la brotación de yemas vegetativas, en brotes de diferente edad.

Materiales y métodos

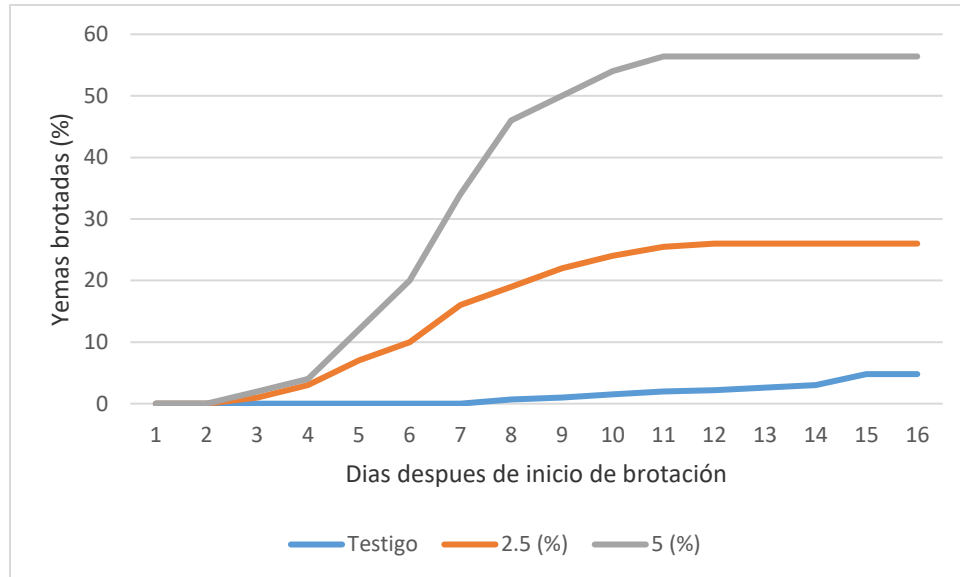
Este estudio fue conducido en una huerta de pistache de cuatro años de edad, establecida en las instalaciones de la Unida Regional Universitaria de Zonas Áridas, situada a 25°53'48" latitud norte y 103°35'35" longitud oeste. Cianamida de hidrogeno fue aplicada en febrero. 20 del año 2022, 20 días previos al inicio de brotación. Las concentraciones aplicadas fueron 0%, 2.5% y 5.0% (v/v) de H_2CN_2 . El producto se aplicó a las yemas sobre brotes de 1 y 2 años de edad, usando un atomizador con capacidad de 1 l, hasta punto de goteo. El porcentaje de brotación fue evaluado utilizando un diseño completamente al azar, en arreglo de parcelas divididas con cinco repeticiones. Se consideró la concentración de H_2CN_2 aplicada como parcela principal y la edad del brote como subparcelas. Se incluyeron cuatro brotes de cada edad por árbol y un total de 15 árboles fueron usados en el estudio. Cada árbol fue considerado como unidad experimental. Los datos fueron analizados usando el programa estadístico Infostat versión 2020. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).



Resultados y discusión

Adelanto en la brotación. Las aplicaciones de H_2CN_2 al 2.5% and 5.0% adelantaron la brotación de yemas en 7 y 8 días en comparación con el testigo (Fig.1). La máxima brotación después de la aplicación del producto se observó a los 11 y 12 días, mientras que en el testigo se observó a los 15 días. El inicio de brotación en los árboles tratados ocurrió el 11 y 12 de marzo, mientras que en los árboles no tratados ocurrió el 19 de marzo. Cianamida hidrogenada no causó ningún efecto de fitotoxicidad visible en cualquiera de las concentraciones.

Figura 1. Dinámica de yemas brotadas tratadas con cianamida de hidrógeno en diferentes concentraciones.



Efecto de H_2CN_2 sobre brotación en brotes de diferente edad. Los tratamientos con cianamida incrementaron significativamente el porcentaje de yemas brotadas en brotes de uno y dos años de edad (Figura 2). En brotes de un año, H_2CN_2 al 2.5% y 5%, incrementó 5 y 6 veces esta variable y en brotes de dos años 4 y 6 veces en comparación con los no tratados. La edad del brote tuvo un efecto significativo sobre la brotación, siendo mayor en brotes tratados de un año comparados con los de mayor edad.

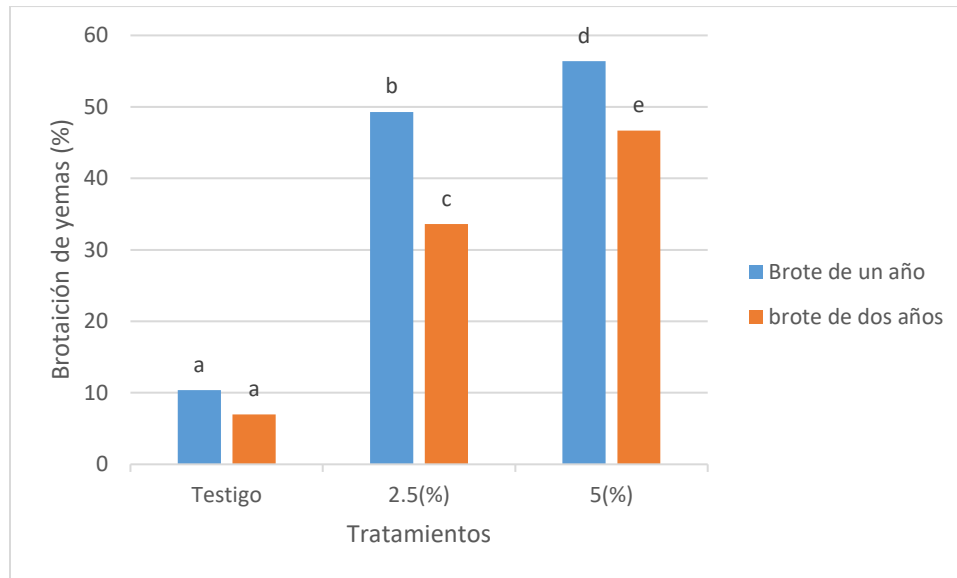


Figura 2. Porcentaje de yemas brotas en brotes de uno y dos años de edad tratados con H_2CN_2 . Medias con letras desiguales en cada par de barras, son diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05\%$.

El mayor porcentaje de yema brotadas en brotes de año de edad observado en este estudio coincide con los resultados encontrados en kiwi por Linsley (1989) quien observó que las ramas de un año de edad tenían mejor respuesta a las aplicaciones del producto que las de mayor edad. La fecha de aplicación tiene un efecto significativo sobre la magnitud de la respuesta en brotación para nogal (Wood, 1993), uva (Cirami and Fuekaliev, 1991) y zarzamora (Williamson et al., 2002). Aunque en este estudio este aspecto no fue considerado, el efecto de los tratamientos fue consistente, particularmente al usarse mayor concentración de H_2CN_2 .

Conclusiones

El inicio de brotación en árboles tratados con H_2CN_2 ocurrió una semana previa a los no tratados. Cianamida de hidrógeno incrementó la brotación en ramas de uno y dos años de edad y fue mayor conforme la concentración incrementó. Los brotes de un año de edad mostraron mejor respuesta a los tratamientos. La anticipación y el incremento de la brotación como respuesta a la aplicación de H_2CN_2 , ponen de manifiesto la capacidad de este producto para satisfacer los requerimientos de frío en esta especie, permitiendo su crecimiento y producción en regiones con inviernos benignos, como la Comarca Lagunera.



Referencias

- Cirami, R. M. and D. D. Fuekaliev. (1991). Effect of time of pruning and hydrogen cyanamide on growth and development of glasshouse-grown cardinal grapes. *Austral. J. Expt. Agr.* 31:273-278.
- Erez, A. (1987) Chemical control of budbreak. *HortScience* 22:1240-1243.
- George, A. P., J. Lloyd and R. J. Nissen. (1992). Effects of hydrogen cyanamide, paclobutrazol and pruning date on dormancy release of the low chill peach cultivar Flordaprince in subtropical Australia. *Austral. J. Expt. Agr.* 32:89-95.
- Jackson, J. E. and M. Bepete. (1995). The effect of hydrogen cyanamide (Dormex) on flowering and cropping of different apple cultivars under tropical conditions of subtropical winter chilling. *Scientia Horticulturae* 60:293-304.
- Linsley, N.G. (1989). Improving flowering of kiwi fruit in climatically marginal areas using hydrogen cyanamide. *Scientia Hort.* 38:247-259.
- Picchioni G. A, Miyamoto S, (1990). Salt effects on growth and ion uptake of pistachio rootstock seedlings. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 115: 647-653
- Tarango R., S.H. y Martínez M., J.R. (2001). Efecto de la cianamida hidrogenada en la brotación y floración de seis variedades de pistachero *Pistacia vera* L. En: S.H.
- Williamson, J. G., B. E. Maust and D. S. Nesmith (2001). Timing and concentration of hydrogen cyanamide affect blueberry bud development and flower mortality. *HortScience* 36: 922-924.
- Wood, B. D. (1993). Hydrogen cyanamide advances pecan budbreak and harvesting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:690-693.



SUSTITUCIÓN DE HERBICIDAS SINTÉTICOS EN FRUTALES: MANEJO DE ARVENSES EN NOGAL PECANERO

José Alberto Urrieta-Velázquez^{1*}, Cristo Omar Puente-Valenzuela¹, Sergio Iván Jiménez Jiménez¹, Leslie Carnero-Avilés², Iván Franco-Gaytán³

¹CENID RASPA, INIFAP; ²CE Delicias, INIFAP; ³CE La Laguna. *Autor para correspondencia: urrieta.jose@inifap.gob.mx

Introducción

El crecimiento de la población a nivel mundial requiere cada vez mayor producción de alimentos, lo que significa una gran presión sobre la actividad agrícola y ganadera para satisfacer la dicha demanda. Esto implica que los sistemas de producción deben ser más eficientes y al mismo tiempo sustentables; hasta ahora esto se ha logrado usando tecnologías que han causado efectos adversos sobre el medio ambiente y en algunos casos sobre los consumidores. Esta situación ha ocurrido con el uso de herbicidas sintéticos para el control del complejo de malezas en los cultivos, pues el método de control químico es el más usado. Lo cual tiene muchas ventajas como el control efectivo, bajo costo, pueden ser productos selectivos y de fácil aplicación. No obstante, tiene desventajas como su persistencia en el medio ambiente como el suelo, agua y pueden resultar tóxicos para el ser humano si no se tiene un manejo adecuado, además, se ha observado que muchas malezas generar resistencia a estas moléculas después de varios ciclos de aplicación (Rosculete et al., 2018). Ante estas cualidades poco deseables del control químico, existen tecnologías alternativas poco utilizadas y que son más amigables con el medio ambiente y la salud humana como el control mecánico, control biológico y el uso de coberteras vivas y muertas, acolchados plásticos y poda de maleza (Zanettini et al., 2019; Zhang et al., 2020). Probablemente algunas de sus desventajas sea su costo y control limitado del complejo de malezas.

En el caso del nogal pecanero del norte de México, el complejo de malezas se realiza mediante tres formas de control: el mecánico, que consiste en el paso de rastra cuando la maleza alcanza una altura de un metro en promedio, y que de acuerdo con algunos técnicos e investigadores es una de las causas de la diseminación e infección por pudrición texana en nogales; la poda de maleza, que se realiza con el paso de una desvaradora o “licuadora” de diferentes anchos de trabajo con lo cual se incorpora gran cantidad de biomasa al suelo, no obstante, con la poda constante se establecen principalmente zacates que compiten por agua y nitrógeno con los árboles; finalmente, el uso de herbicidas sintéticos, entre los que se encuentra el glifosato y otros herbicidas de residualidad prolongada. Debido a esas desventajas de los métodos de control de malezas en nogal pecanero, es necesario continuar investigando mejores formas de manejo del complejo de malezas en dicho cultivo, no solo para un control efectivo de la maleza, sino también buscando otros beneficios para mejorar el rendimiento, calidad, costo y efectos sobre el medio ambiente. Es por ello que el objetivo de esta investigación fue explorar tecnologías que puedan sustituir a los herbicidas sintéticos en el manejo del complejo de malezas en nogal pecanero como alternativas sustentables para este agroecosistema.



Materiales y métodos

El experimento fue establecido en una nogalera de más de 30 años de edad en Gregorio García, municipio de Gómez Palacio, Durango (25°45'09" LN y 103°20'43" LO). Los tratamientos fueron establecidos usando un diseño de bloques completos con tratamientos aleatorizados y cuatro repeticiones, los cuales fueron paja de avena con una capa de 15 cm de grosor y tres metros de radio desde el tronco del nogal, malla cubre suelo (130 g·m²) de 8X8 metros cubriendo el área de la copa de los nogales, un testigo con hierba (Testigo CH) y un testigo químico (N-fosfonometil glicina a dosis de 2 L·ha⁻¹ de producto comercial) que se aplicó usando una boquilla 11003 a una presión de 60 PSI.

Las variables registradas fueron porcentaje de control de maleza usando la escala EWRS (Ekhaton *et al.*, 2018) a intervalos de siete días hasta los 42 días después de la aplicación (DDA), humedad del suelo en % medida con un TDR (Trime Pico IPH/T3, IMKO®), costo por ciclo de la tecnología para el control de maleza e inicio de la brotación en los nogales (50% o más de brotación). Para el análisis de las variables se hizo un análisis de varianza y la prueba de separación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) usando el software estadístico SAS v9.4 para Windows (SAS Institute Inc., 2016).

Resultados y discusión

El complejo de malezas en el sitio experimental está constituido en un 60% por *Sorghum alepense*, le siguen otras malezas como *Solanum elaeagnifolium*, *Helianthus ciliaris*, *Malvastrum coromandelianum* y otras, por lo cual las malezas de hoja angosta predominan en el agroecosistema nogal. Para el manejo de la maleza, el productor realiza dos pasos de rastra, uno al inicio del cultivo para nivelar y formar melgas para riego, y un segundo paso antes de la cosecha para facilitar la misma. El tiempo entre el primero y segundo paso, la maleza crece en promedio un metro, y es la biomasa que se incorpora al suelo durante el ciclo de cultivo. Otros productores de la región realizan más pasos de rastra para el control de la maleza y por lo tanto no se incorpora mucha biomasa. Muy pocos realizan poda de maleza y aplicaciones de herbicidas a base de glifosato.

Al evaluar la efectividad biológica en el control de maleza de las coberturas sintética (malla cubre suelo) y muerta (paja de avena), el método que mejor resultados tuvo fue la malla cubre suelo con el 100% de control sobre el complejo de malezas en comparación con el Testigo químico y Testigo con hierba. Como puede observarse en la Figura 1a, la malla cubre suelo tuvo el mejor control desde la primera semana de instalada en comparación el Testigo químico que tuvo en efecto gradual sobre la maleza hasta los 35 y 42 DDA alcanzando un 91.25% y 92.5% respectivamente, estadísticamente similar a la malla sintética. Con ello podemos concluir que es posible sustituir el uso de herbicidas sintéticos con el uso de acolchados sintéticos como la malla cubre suelo.

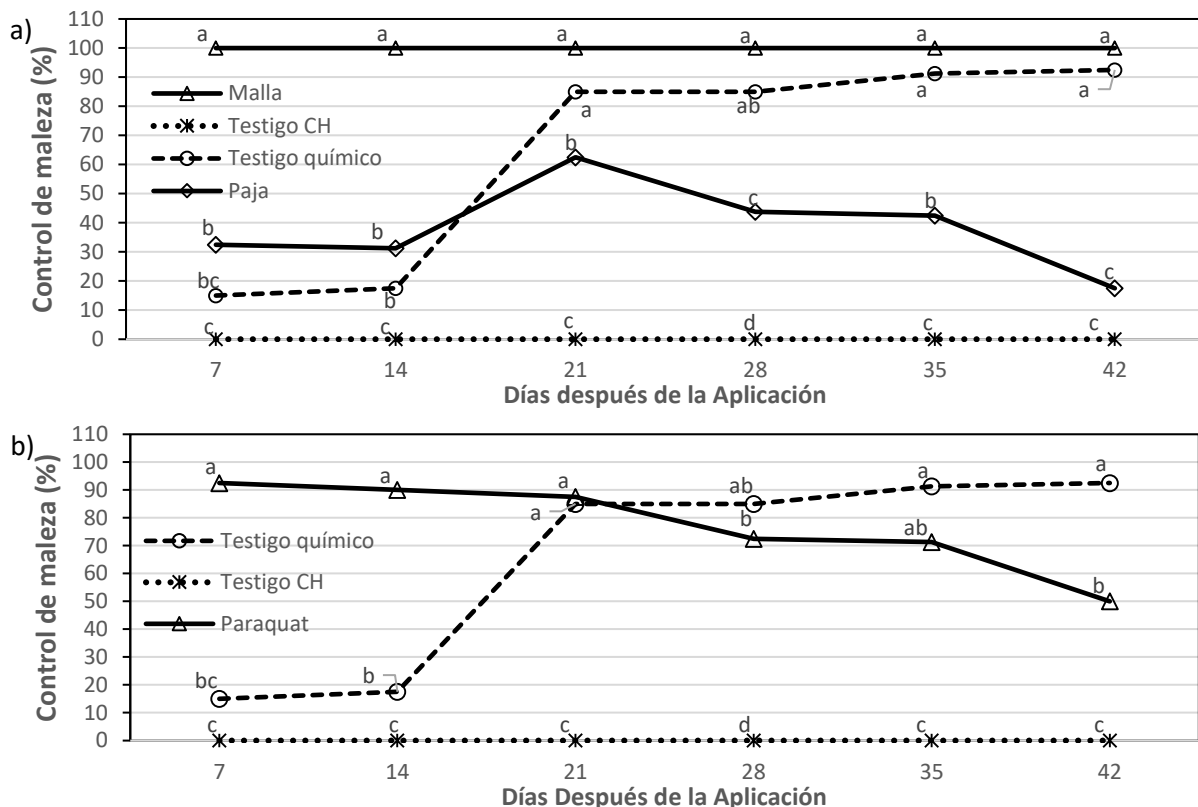


Figura 1. Control del complejo de malezas usando coberteras (a) y herbicidas sintéticos (b) en nogal pecanero (Gregorio García, Gómez Palacio, Durango).

El control del complejo de maleza con herbicidas sintéticos alcanzó un 92.5% en la primera semana usando paraquat, y ese mismo valor a los 42 DDA utilizando 2-fosfonometil glicina (Testigo químico), que a pesar de ser estadísticamente similares al control que se tuvo con la malla están un 7.5% por debajo en comparación la efectividad de ésta. A pesar de que existen otras opciones con igual o mayor efectividad en el mercado, se continuaría aplicando estos productos que si no se tienen las medidas de seguridad y el equipo adecuado para su aplicación se pueden causar problemas de contaminación al medio ambiente.

Además de su efectividad, el costo de las tecnologías es otro factor importante que usan los productores para adoptarlas o no. En la Figura 2 se muestra el costo de las tecnologías evaluadas, donde se puede observar que el Testigo químico es el de menor costo con \$2,720.00 pesos por ciclo por hectárea, mientras que el tratamiento más caro fue la paja de avena con \$29,800.00 por ciclo por hectárea (Figura 2). La malla cubre suelo tuvo un costo de \$14,535.00 por ciclo, lo que representa casi seis veces más que el Testigo químico, no obstante, si se tienen rendimientos de 0.8-1.5 ton·ha⁻¹ y un precio medio rural de \$65,000.00, el ingreso bruto es de \$48,000.00-\$66,000.00 por hectárea en la producción convencional, por lo que el uso de la malla apenas representa el 30.28%-22.02% respectivamente, siendo un menor porcentaje cuando se use en la producción orgánica, cuyo precio medio rural es un 40-50% más que el valor de la nuez convencional. Esto considerando que la malla tiene una durabilidad de 5 años, sin embargo, algunos investigadores han reportado diez años (Arenas-Arenas *et al.*, 2016), lo cual reduciría su costo a la mitad.

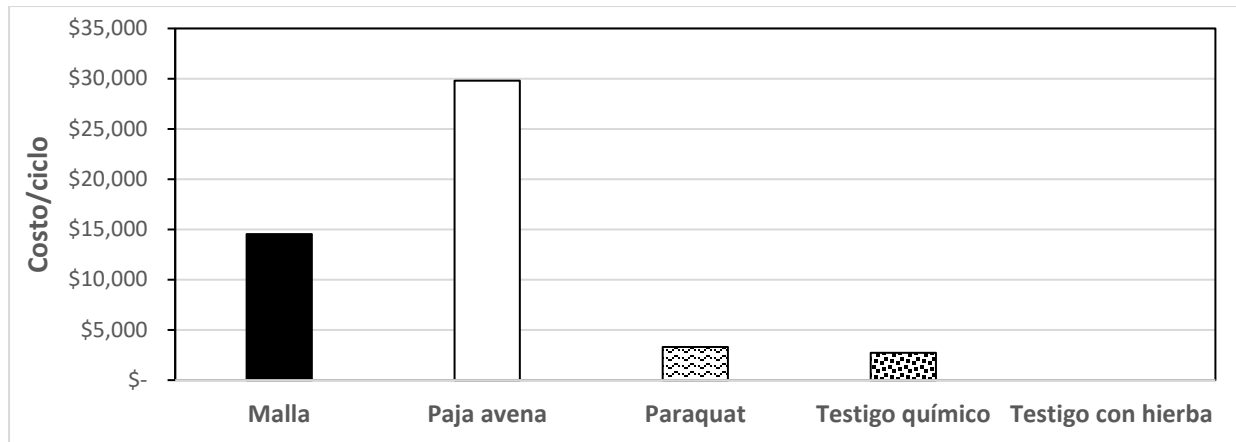


Figura 2. Costo de las tecnologías sin (Malla y paja de avena) y con herbicidas sintéticos (Testigo químico y paraquat).

A pesar del costo que implica el uso de malla cubre suelo, se tiene el beneficio de que se sustituye en su totalidad el uso de herbicidas sintéticos y, además, se tienen otros beneficios como el adelanto de las fechas de brotación. La Figura 3 muestra como en dos fechas de muestreo las coberturas tuvieron mayor brotación en comparación con los testigos, pues ya tenían más del 50% de brotación de ramas. En la segunda fecha de muestreo, el Testigo químico ya tenía el 63.73% de brotación, mientras que los nogales con malla cubre suelo ya tenían más del 93%, y le siguió el uso de paja de avena con 82.5%, siendo éstas últimas estadísticamente inferiores a la malla cubre suelo. Este adelanto de la brotación en nogal pecanero puede deberse a que la malla genera mejores condiciones de humedad como se ha indicado para otros cultivos y tipos de acolchado plástico, ya que como se indica en la Figura 3b, el contenido de humedad en el suelo fue estadísticamente mayor en comparación con el suelo desnudo por el uso de herbicida, variando entre 21 y 23% aproximadamente para la malla cubre suelo y 19 a 21% para el suelo descubierto.

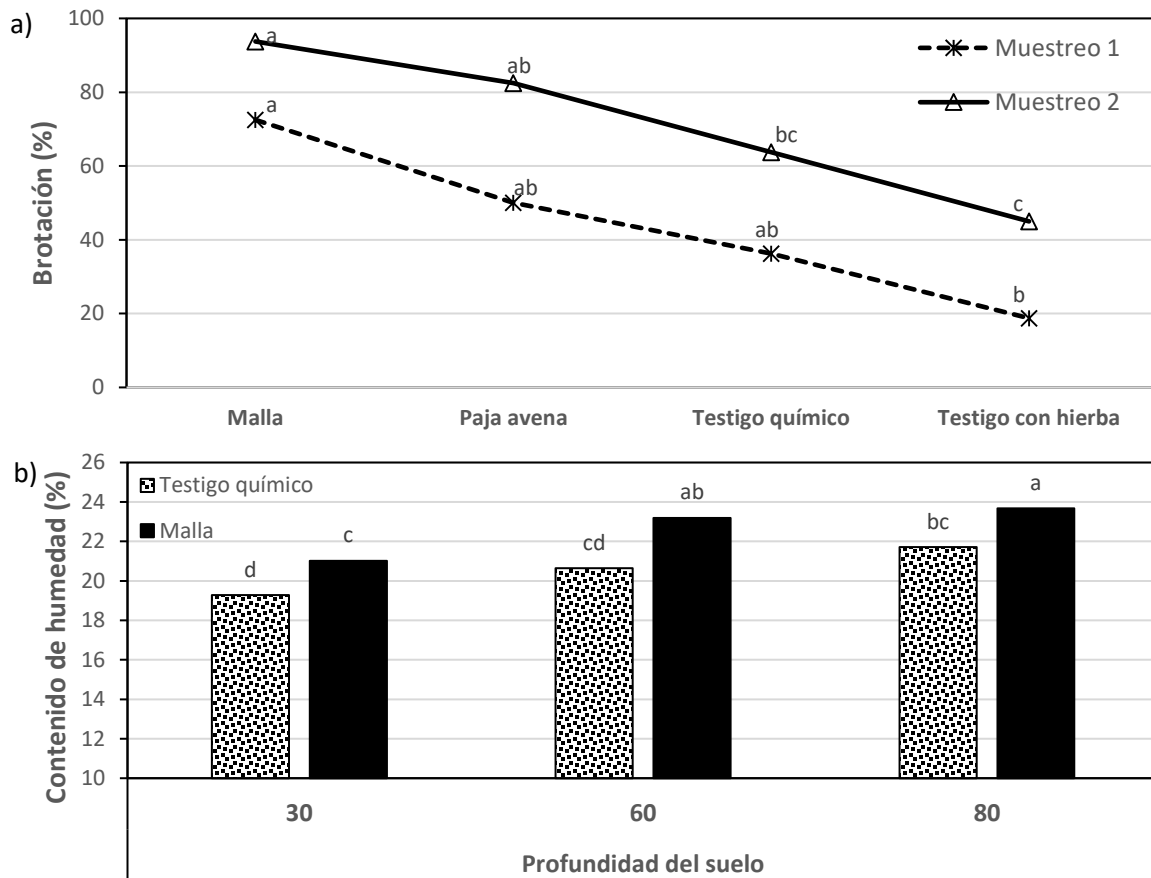


Figura 3. Efectos benéficos en la brotación y humedad del suelo por el uso de coberteras en nogal pecanero (Gregorio García, Gómez Palacio, Durango).

Conclusiones

El uso de malla cubre suelo puede hacer un control eficiente del complejo de malezas en nogal pecanero y sustituir el uso de herbicidas sintéticos, y aunque su costo es alto, tiene otros beneficios como conservar mayor humedad en el suelo y mejorar la brotación de los nogales en comparación con el suelo desnudo por el uso de herbicidas.



Referencias

- Arenas-Arenas F. J., Romero-odríguez E., González-Chimeno A. B., & Hervalejo A. (2016). Efectos del acolchado del suelo con malla negra en el cultivo de los cítricos. *Phytoma España* 284: 2-64.
- Ekhaton F., Ola O. T., & Ikuenobe C. E. (2018). Effectiveness of tank mixture of glyphosate plus metsulfuron for weed control in juvenile oil palm in Nigeria. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* 13(1): 29-38. <https://innspub.net/effectiveness-of-tank-mixture-of-glyphosate-plus-metsulfuron-for-weed-control-in-a-juvenile-oil-palm-in-nigeria/>
- Rosculete, C., Bonciu, E., Rosculete, E., & Olaru, L. (2018). Determination of the Environmental Pollution Potential of Some Herbicides by the Assessment of Cytotoxic and Genotoxic Effects on *Allium cepa*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(1): 75. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph1601007>
- SAS Institute. (2016). *Sas System documentation 9.4. SAS/STAT 15.2*. Cary, N. C., USA.
- Zhang S., Wang Y., Sun L., Qiu C., Ding Y., Gu H., Wang L., Wang Z., Ding Z. (2020). Organic mulching positively regulates the soil microbial communities and ecosystem functions in tea plantation. *BMC Microbiology* 20: 103. <https://doi.org/10.1186/s12866-020-01794-8>
- Zanettini J. L., Orden N., Dubo G. (2019). El cultivo de cobertura en el control de malezas. *RTA malezas* 10(39): 56-59.



CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE HIGO (*Ficus carica* L.) EN LA COMARCA LAGUNERA

María del Rosario Jacobo-Salcedo¹, Ricardo Trejo-Calzada^{1*}, Luis Ángel González-Espíndola¹, Ricardo Valdez-Cepeda²

¹ Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional de Zonas Áridas, Carretera Gómez Palacio-Cd. Juárez, km 40. Bermejillo, Durango, México. ² Profesor-Investigador Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro-Norte, Apdo. Postal 196, CP 98001, Zacatecas, México, vacrida@hotmail.com *Autor para correspondencia: rtrejo@chapingo.uruza.edu.mx

Introducción

El higo común (*Ficus carica* L.) es una planta que ha prosperado tanto en poblaciones naturales como cultivadas (Oliveira et al., 2012). A pesar de su amplia presencia en el país, la diversidad genética de estas poblaciones de higo ha permanecido en gran medida desconocida, y hasta la fecha (SAGARPA, 2020), no se han establecido parámetros sólidos para la caracterización fenotípica o genética de estas poblaciones. Los rasgos morfológicos pueden diferir según los años, las condiciones de crecimiento y del ambiente, ya que estos rasgos son extremadamente susceptibles a las interacciones genotipo-ambiente (Baziar et al., 2018).

Esta falta de información ha llevado a la creencia generalizada de que los higos mexicanos son variantes de la variedad española Black Mission. Este estudio tiene como objetivo dilucidar las relaciones morfogenéticas entre diferentes accesiones locales de higos comestibles en la Comarca Lagunera de Durango y Coahuila, México. El objetivo incluye la identificación de 8 accesiones de higos comestibles de naturaleza silvestre o de traspatio. Para ello se pretende realizar una caracterización morfológica de higueras originarias de la Comarca Lagunera. Nuestra investigación se basa en la combinación de atributos cualitativos y cuantitativos de las plantas madre, tejidos vegetales y fruto, lo que nos ha permitido arrojar luz sobre una sorprendente diversidad morfológica que hasta ahora no había sido documentada.

Materiales y métodos

Un total de 8 accesiones fueron muestreadas y descritas morfológicamente. Estas accesiones se obtuvieron de la región de la Comarca Lagunera ubicada entre los estados de Durango y Coahuila, México en el 2020 y 2021. Las accesiones recolectadas son materiales de traspatio y que no poseen ningún tipo de manejo agronómico con riego ocasional o por lluvia. El clima de la región es árido con una temperatura que fluctúa de 28 a 40 °C, precipitación de 224.6 mm año⁻¹, y un verano muy cálido con temperaturas de hasta 48°C. La selección de las accesiones se basó en un muestreo por conveniencia. Los materiales se identificaron a partir de recorridos exploratorios en los municipios de Mapimí, Lerdo y Gómez Palacio en Durango y Torreón y Parras en Coahuila. Los materiales identificados se evaluaron *in situ* así mismo se tomaron muestras de tejido foliar e higos. En el cuadro 1 se pueden observar las evaluaciones realizadas.

**Cuadro 1.** Evaluaciones morfológicas.

Código o clave	Variable	Clasificación
		Cuantitativa Razón
YL	Yemas longitud (mm) (Tomado de la base de crecimiento a la punta de la yema)	X
YA	Yemas ancho (cm) (Tomado del ancho de la yema)	X
NH	Número de hojas por brote (Cantidad de hojas en cada brote)	X
LC	Longitud del lóbulo central A(cm) (Partiendo de la base de la primera lobulación hasta la punta del lóbulo central de la hoja)	X
AH	Ancho de la hoja B (cm) (Considerando el ancho más prominente de la hoja)	X
LP	Largo del peciolo C (cm) (Partiendo de la base de la hoja al extremo del peciolo)	X
LB	Longitud de la base de la hoja (cm) (Considera la longitud del lóbulo de mayor longitud a la base de la hoja)	X
A	Área de las Hojas (cm ²) (Cálculo de los valores de largo por ancho)	X
GR	Grosor del peciolo (mm) (Medición realizada con vernier de la parte central del peciolo)	X

Resultados y discusión

El crecimiento de plantas leñosas, como las higueras, están íntimamente ligado a su forma y estructura. El conocimiento y la información de las variaciones de la forma y la estructura es tan esencial para comprender los procesos fisiológicos que regulan el crecimiento de las plantas como es su respuesta a condiciones climáticas diversas (Pallardy, 2007). A partir del Análisis de Componentes Principales (PCA), nosotros consideramos los tres primeros componentes los cuales son suficientes para explicar la variación de los datos originales (80 observaciones de 9 variables) (Cuadro 2). Los tres primeros componentes responden el 89.61 % de la variabilidad total. El primer componente principal aportó el 61.4 %, el segundo 18.27 % y el tercero 9.44 % de la variabilidad.

Cuadro 2. Componentes principales que más aportaron a la variabilidad cuantitativa.

Componente Principal	Valor característico	% Varianza	Acumulado
CP1	5.525	61.40	61.4
CP2	1.645	18.27	79.67
CP3	0.894	9.94	89.61

La estructura del Componente Principal (CP) 1 se encuentra compuesto por LC, AH, LP, y LB (Figura 1) las cuales se encuentran positivamente interrelacionadas. Adicionalmente, la estructura del CP se integra por YA y NH los cuales se encuentran positivamente intercorrelacionadas. Mientras que para el CP 3 se observó que está conformado por YL y LC las cuales están negativamente intercorrelacionadas. De acuerdo con nuestros resultados, es posible observar una importante correlación negativa de la longitud del Número de Brotes (NB) y el Ancho de las Yemas (YA) con el Grosor del Peciolo (GR).



Mediante esta serie de análisis es posible evaluar como las condiciones ambiental desencadenan una amplia variedad de respuestas de las plantas, que van desde la expresión genética alterada y el metabolismo celular hasta cambios en el crecimiento y la productividad (Anjum et al., 2011). La accesión Guadalupe Victoria responde en mayor proporción a las variables NH, YA e YL. Mientras que para las accesiones Cruces-Blanco, Cruces-Negro, Arista y Carlos Real presentan una correlación negativa con las variables A, AH, LP, LB y GR.

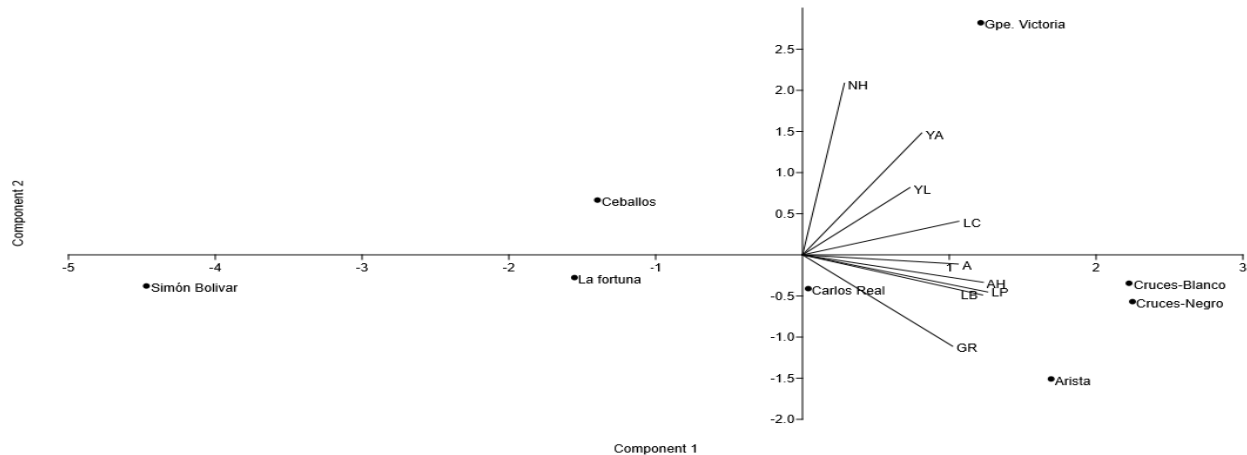


Figura 1. Aporte de las variables cuantitativas a los componentes 1 y 2.

Conclusiones

Los resultados obtenidos del análisis morfológico de higueras nativas de la región Lagunera revelan que, a lo largo de cientos de años, estas variedades de higos han logrado adaptarse de manera notable a las condiciones ambientales locales. Como resultado, estos materiales han generado variedades claramente distintas y valiosas desde el punto de vista morfológico. Las diferencias más destacadas entre las poblaciones mexicanas de higo que hemos identificado se relacionan con la forma y estructura de las hojas, el tamaño de las yemas y la estructura de los peciolo. Esta caracterización morfológica no solo enriquece nuestro entendimiento de la diversidad de higos en México, sino que también establece las bases para futuros estudios en la búsqueda de una caracterización agronómica y molecular con potencial productivo de estos materiales de higo.

Referencias

- Anjum, S. A., Xie, X.-Y., Wang, L.-C., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026–2032. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.027>
- Baziar, G., Jafari, M., Noori, M. S. S., & Samarfard, S. (2018). Evaluation of genetic diversity among Persian fig cultivars by morphological traits and RAPD markers. *HortScience*, 53(5), 613–619. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11306-16>
- Oliveira, A. P., Baptista, P., Andrade, P. B., Martins, F., Pereira, J. A., Silva, B. M., & Valentão, P. (2012). Characterization of *Ficus carica* L. cultivars by DNA and secondary metabolite analysis: Is genetic diversity reflected in the chemical composition? *Food Research International*, 49(2), 710–719. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.019>
- Pallardy, S. G. (2007). *PHYSIOLOGY OF WOODY PLANTS Third Edition* (3a edition). Elsevier.
- SAGARPA. (2020). *Inventario Agronomico*.



ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA FLORA VASCULAR DE LA COMARCA LAGUNERA MÉXICO.

Alberto González-Zamora^{1*}, Rebeca Pérez-Morales²

¹Facultad de Ciencias Biológicas, UJED. Av. Universidad SN, Fracc. Filadelfia, Gómez Palacio, Durango, México. ²Facultad de Ciencias Químicas-Gómez Palacio, UJED. Av. Artículo 123 SN, Fracc. Filadelfia, Gómez Palacio, Durango, México. * Autor para correspondencia: agzfc@ujed.mx

Introducción

El estudio actual de la biodiversidad es una tarea fundamental para comprender los procesos que permiten la funcionalidad y estabilidad de los ecosistemas, así como los servicios ambientales que proporcionan y benefician a los seres humanos (Sunderland, 2011). Sin embargo, la recopilación de la información sobre la biodiversidad debe cumplir con diversas condiciones, entre ellas la verificación de los elementos que permiten caracterizarla, principalmente los registros que se depositan en las colecciones científicas. Los inventarios de biodiversidad y la protección de especímenes en colecciones, museos y bases de datos son requisitos necesarios para el desarrollo de planes de conservación basados en la comprensión de las áreas de distribución de especies en el contexto de la informática de la biodiversidad (Toledo, 2010; Villaseñor, 2015). Una de las formas más simples de medir la biodiversidad se refiere a la riqueza (número) de especies que está influenciado por varios factores, especialmente la heterogeneidad del hábitat, el tamaño del área de estudio y la escala espacial (Socolar et al., 2016).

El Desierto Chihuahuense es un área que se considera con una alta biodiversidad, y varios autores han destacado la importancia del endemismo de esta región para la flora de México (Casas et al., 2010; Villarreal-Quintanilla et al., 2017), aunque pocos estudios se han centrado en la flora vascular en localidades específicas como la Comarca Lagunera en la que se han realizado algunos estudios de la flora vascular, sin embargo, la mayoría de ellos carecen de ejemplares de referencias depositados en alguna colección científica. El objetivo del presente trabajo es presentar un inventario formal de la diversidad florística de plantas vasculares registradas en esta región, así como un análisis de los patrones de distribución de la flora en diferentes unidades geográficas para identificar sitios con alta riqueza de especies y sitios sin datos de colecta de ejemplares.

Materiales y Metodología

La Comarca Lagunera, se encuentra en el centro del norte de México entre las coordenadas 24.37 °N - 26.84 °N, 101.86 °W - 104.82 °W, para este trabajo definimos a la Comarca Lagunera de acuerdo con el criterio de Sánchez (2010), el cual abarca los territorios de los municipios Francisco I. Madero, Matamoros, San Pedro, Torreón y Viesca en Coahuila, así como General Simón Bolívar, Gómez Palacio, Lerdo, Mapimí, Nazas, Rodeo, San Juan de Guadalupe, San Luis del Cordero, San Pedro del Gallo y Tlahualilo en Durango, por lo que ocupa un territorio de aproximadamente 43 000 km². El territorio de esta región corresponde al 2.2% de la superficie total de México.



La recopilación de la información acerca de la diversidad florística de la Comarca Lagunera se llevó a cabo con tres fuentes principales: a) la consulta de la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB) (<http://www.snib.mx/>); b) una revisión exhaustiva de la literatura existente para la región, descripciones originales de especies, revisiones taxonómicas de diversos grupos e inventarios de la flora del Desierto Chihuahuense; y c) una revisión del material depositado en los Herbarios MEXU (Instituto de Biología, UNAM) y CIIDIR (CIIDIR-Durango, IPN), esta información se complementó con colectas de especímenes botánicos. Para cada registro, se verificaron las coordenadas asignadas a cada localidad para detectar posibles errores de georreferenciación. En los casos de inconsistencias, estas se corrigieron con ayuda de la cartografía de INEGI.

La información de las diferentes fuentes fue analizada, revisada taxonómicamente, sintetizada, armonizada y combinada en una base de datos. Para ello, solo se tomaron los registros únicos de cada especie por localidad, y se eliminaron del análisis los registros de especímenes sin datos de la localidad, así como los taxones reportados como malezas y las especies cultivadas y/o introducidas. En cuanto a la nomenclatura y ubicaciones taxonómicas de los grupos, se utilizaron las bases de datos del IPNI (www.ipni.org), The Plant List (www.theplantlist.org) y Tropicos (www.tropicos.org); en los casos en que se sugirieron diferentes nombres para la misma especie, se revisaron los protólogos y la lista para las especies de flora de México de Villaseñor (2016).

Con la base de datos se realizó un análisis de riqueza de especies del área de estudio, se realizó el análisis a nivel de municipios y en los tipos de vegetación reconocidos por INEGI (2016). El análisis de riqueza incluyó los datos de las especies listadas en las categorías de riesgo de las Listas Rojas de la UICN (<https://www.iucnredlist.org/>) y de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) (NOM-059). Adicionalmente, se realizó un conteo del número de especies encontradas dentro de las áreas propuestas para la conservación dentro de la Comarca Lagunera.

Resultados y discusión

La base de datos consta de 7 388 registros históricos únicos que incluyen colectas desde 1831 hasta 2019. La flora vascular de la Comarca Lagunera consiste de 1 174 especies, de las cuales 29 especies pertenecen al grupo de helechos y plantas relacionadas, 10 son gimnospermas y 1 135 angiospermas (Cuadro 1). Estas especies pertenecen a 493 géneros y 105 familias. Las Asterids constituyeron el clado más diverso, representando el 39 % de la riqueza específica, seguidas de las Rosids. En este estudio encontramos que 311 especies (26.5%) presentan una distribución restringida a los límites políticos de México de las cuales 35 especies (2.98%) son endémicas de la Comarca Lagunera, algunas de estas especies solo han sido reportadas en la literatura cuando fueron descritas y los especímenes tipo fueron localizados para su verificación.

Cuadro 1. Número de familias, géneros y especies de plantas vasculares en la Comarca Lagunera, México.

Grupo taxonómico	Familias	Géneros	Especies	Especies endémicas de México	Especies endémicas de la Comarca Lagunera	Especies en la IUCN	Especies en la NOM-059
Helechos	6	13	29	3		1	
Gimnospermas	3	4	10	1		10	
Angiospermas	96	476	1,135	307	35	121	29
Magnoliids	1	1	1				
Monocots	15	77	176	30	1	24	3
Eudicots	80	398	958	277	34	97	26
Total	105	493	1,174	311	35	132	29



Cinco familias de las 105 representadas en la región incluyen más de 50 especies: Asteraceae (201), Poaceae (112), Cactaceae (86), Fabaceae (83) y Euphorbiaceae (56) (Cuadro 2). En cuanto a la riqueza a nivel de géneros, las familias con mayor número de géneros fueron Asteraceae (93), Poaceae (44), Fabaceae (34), Cactaceae (23) y Malvaceae (15). 82 familias (78 %) están representadas por cinco géneros o menos.

Cuadro 2. Familias de plantas vasculares con el mayor número de géneros y especies en la Comarca Lagunera, México.

Familia	Géneros	Especies	Familia	Géneros	Especies
Asteraceae	93	201	Euphorbiaceae	10	56
Poaceae	44	112	Boraginaceae	9	39
Fabaceae	34	83	Solanaceae	8	30
Cactaceae	23	86	Nyctaginaceae	8	27
Malvaceae	15	37	Asparagaceae	8	24

En cuanto a los géneros, 276 (56 %) están representados por una especie en el área de estudio, y 153 tienen de dos a cinco especies, que en conjunto representan el 87% de la diversidad a nivel genérico. *Henricksonia* B.L. Turner y *Marshalljohnstonia* Henr., son dos géneros monotípicos de la familia Asteraceae endémicos de la Comarca Lagunera. El Cuadro 3 muestra los géneros más representativos porque contienen más de 10 especies, tres de las cuales pertenecen a la familia Cactaceae, que en conjunto representaron poco más del 41% del total de especies de esta familia para el área de estudio.

Cuadro 3. Géneros de plantas vasculares con el mayor número de especies en la Comarca Lagunera, México.

Género	Especies	Especies endémicas de México	Especies endémicas de la Comarca Lagunera	Especies en la IUCN	Especies en la NOM-059
<i>Euphorbia</i>	36	2	1		
<i>Muhlenbergia</i>	16	1		2	
<i>Bouteloua</i>	15	4			
<i>Salvia</i>	14	8	1		
<i>Dalea</i>	14	4		3	
<i>Mammillaria</i>	13	8		9	6
<i>Coryphantha</i>	12	8		10	3
<i>Quercus</i>	11	4		10	
<i>Opuntia</i>	11	5		6	
<i>Brickellia</i>	11	5			
<i>Drymaria</i>	10	5	2		
Total	163	54	4	40	9

En cuanto a los tipos de vegetación y uso del suelo en la región (22 de acuerdo con INEGI, 2016), 19 de ellos tienen registros, y los matorrales registran el mayor número de especies, con 1 019, de ellas, 271 son endémicas de México, seguidas de los pastizales, con 137 especies, de las cuales 25 son endémicas de México.

Las especies endémicas de la Comarca Lagunera se distribuyen principalmente en sitios de alta montaña, como la Sierra de Jimulco, Sierra del Rosario y Sierra de las Delicias.

La falta de inventarios a nivel local se refleja en los datos sobre riqueza de especies en los diferentes municipios (Cuadro 4). Los municipios con mayores valores de riqueza específica correspondieron a aquellos donde se localizaron las principales zonas montañosas, principalmente en las zonas centro y norte de la región (Torreón y San Pedro en Coahuila y; Tlahualilo y Mapimí en Durango), mientras que los municipios del sur y en gran parte los del occidente tienen un pequeño número de especies registradas.

**Cuadro 4.** Riqueza florística a nivel de estados y municipios en la Comarca Lagunera, México.

Municipios de Coahuila	Familias	Géneros	Especies	Municipios de Durango	Familias	Géneros	Especies
Torreón	69	250	392	Tlahualilo	70	234	392
San Pedro	70	240	371	Lerdo	74	245	380
Viesca	68	251	346	Mapimí	60	210	338
Francisco I. Madero	50	137	191	Rodeo	52	154	235
Matamoros	30	60	68	Nazas	28	77	106
				Gómez Palacio	23	78	104
				San Pedro del Gallo	25	70	86
				San Juan de Guadalupe	22	54	72
				General Simón Bolívar	15	54	62
				San Luis del Cordero	6	13	20

La flora vascular de la Comarca Lagunera incluye 139 especies que se encuentran en alguna categoría de vulnerabilidad; 132 están en la Lista Roja de la UICN y 29 están en la NOM-059. La familia Cactaceae presenta 68 especies en alguna categoría de riesgo de la UICN, seguida por Fagaceae con 10 especies y Poaceae con 8 especies. Dentro de las categorías de riesgo de la UICN, LC (preocupación menor) tuvo el mayor número de especies con 117, seguido de DD (datos deficientes) y VU (vulnerables) con cuatro especies cada una, mientras que para la categoría EN (en peligro), había tres especies, y dos especies estaban en cada una de las categorías CR (en peligro crítico) y NT (casi amenazada).

Del total de especies en la región de estudio 678 se distribuyen en alguno de los cinco sitios de conservación de la biodiversidad propuestos. La Reserva de la Biósfera Mapimí contiene el mayor número de especies con 364, de las cuales 52 estaban en la Lista Roja de la UICN, seguido de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco con 349 especies, incluyendo 10 especies endémicas de la Comarca Lagunera (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de especies en los sitios destinados a la conservación en la Comarca Lagunera, México.

Área de conservación	Especies	Especies endémicas de México	Especies endémicas de la Comarca Lagunera	Especies en la UICN	Especies en la NOM-059
RB Mapimí	364	34	2	52	9
PE Cañón de Fernández	154	34	8	14	4
REM Sierra y Cañón de Jimulco	349	97	10	26	3
ADPEBIV Villa de Bilbao	26	6	1	3	1
ADPEBIV Tomás Garrido	14	1		4	2
Total	678	139	16	76	12

RB = Reserva de la Biósfera; PE = Parque Estatal; REM = Reserva Ecológica Municipal; ADPEBIV = Área Destinada para la Preservación de los Ecosistemas y su Biodiversidad por Iniciativa Voluntaria.

La riqueza de especies de plantas vasculares reconocidas en este estudio representa el 5.4 % de la flora vascular de México y el 34.7% de las aproximadamente 3 382 especies listadas por Henrickson y Johnston (2007) para todo el Desierto Chihuahuense. La importancia del endemismo en la flora de México ha sido destacada por diversos autores, Villaseñor (2016) informó que había 3 167 especies restringidas a México; sin embargo, en el caso de las especies restringidas a la Comarca Lagunera, la proporción es muy pequeña en comparación con las de otras regiones de México ya que solo representa el 1.1% del total de especies restringidas en el país y el 6.3 % en relación con los 560 taxones endémicos reportados por Villarreal-Quintanilla et al. (2017) para el Desierto Chihuahuense.



Las zonas montañosas de la Comarca Lagunera, especialmente Sierra de Jimulco, Sierra de Tlahualilo, Sierra del Rosario y Sierra de las Delicias, destacan por su alto número de especies; junto con la Reserva de la Biósfera Mapimí, forman las zonas con mayor riqueza de especies vegetales de la región, esta tendencia puede deberse a que en estas áreas el esfuerzo de colecta ha sido mayor. Sin embargo, hay varios sitios dentro de estas zonas de difícil acceso, por lo que no es posible descartar la existencia de especies microendémicas aún desconocidas.

Las áreas destinadas a la protección de la biodiversidad en la Comarca Lagunera son de gran importancia ya que colectivamente contienen cerca del 60% de las especies reportadas en este estudio, el 45% de las especies restringidas a México y el 50% de las especies restringidas conocidas del área. El cambio de uso del suelo no ha sido evaluado con un método estandarizado y es evidente que el área dedicada a actividades antropogénicas ha aumentado.

En este contexto, es muy importante realizar estudios que mejoren el acervo de conocimientos sobre la biodiversidad de diferentes grupos taxonómicos y contribuyan a la iniciativa internacional para conciliar el desarrollo humano con la conservación. Este estudio contribuye a este tema, donde la implementación de planes de conservación en sitios con alta diversidad, especialmente aquellos que tienen especies restringidas, es de suma importancia, especialmente porque esto permitirá la conservación no solo de sitios de alta riqueza sino también de los servicios ecosistémicos asociados a estos sitios.

Conclusiones

En inventario de especies y el análisis de los patrones de distribución de la flora presentados en este estudio pueden ayudar en la toma de decisiones de las autoridades competentes para las áreas designadas para la conservación de la biodiversidad, la implementación de programas para el uso sostenible de especies, el rescate y propagación de especies vulnerables en jardines botánicos y nuevas líneas de investigación.



Referencias

- Casas, A., A. Valiente-Banuet, E. Pérez-Negrón & L. Solís (2010). El manejo de la biodiversidad en el desierto: el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. In: Toledo V.M. (coord) La biodiversidad de México. Inventarios, manejos, usos, informática, conservación e importancia cultural. Fondo de Cultura Económica, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México, D.F., México, pp. 235-272.
- Henrickson, J., M. C. Johnston (2007). A flora of the Chihuahuan Desert region. Los Angeles, USA. Published by authors.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2016). Conjunto de datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI (Capa Unión). Edición 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns%gis_root/usv/inegi/usv250s6gw. (Consultada 10 Ago 2023).
- Sánchez, A. (2010). Delimitación geográfica. In: López, A. & A. Sánchez (coords) Comarca Lagunera. Procesos regionales en el contexto global. Instituto de Geografía UNAM, México, D.F., México, pp. 15-36.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 15 de diciembre de 2010.
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo%5173091&fecha%30/12/2010. (Consultada 10 Ago 2023).
- Socolar, J.B., J.J. Gilroy, W.E. Kunin & D.P. Edwards. (2016). How should beta-diversity inform biodiversity conservation? *Trends Ecol. Evol.*, 31: 67-80. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.11.005>.
- Sunderland, T.C.H. (2011). Food security: why is biodiversity important? *Int. For. Rev.*, 13: 265-274. <https://doi.org/10.1505/146554811798293908>.
- Toledo (coord), V.M. (2010). La biodiversidad de México. Inventarios, manejos, usos, informática, conservación e importancia cultural. Fondo de Cultura Económica-Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México D.F, México.
- Villarreal-Quintanilla, J.Á., J.A. Bartolomé-Hernández, E. Estrada-Castillón, H. Ramírez-Rodríguez, S.J. & Martínez-Amador. (2017). El elemento endémico de la flora vascular del Desierto Chihuahuense. *Acta Bot. Mex.*, 118: 65-96. <https://doi.org/10.21829/abm118.2017.1201>.
- Villaseñor, J.L. (2015). ¿La crisis de la biodiversidad es la crisis de la taxonomía? *Bot. Sci.*, 93: 3-14. <https://doi.org/10.17129/botsci.456>.
- Villaseñor, J.L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Rev. Mex. Biodivers.*, 87: 559-902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>.



ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE ARIDEZ EN LAS REGIONES ÁRIDAS DEL NOROESTE DE MÉXICO MEDIANTE TÉCNICAS DE ANÁLISIS ESPACIAL Y DATOS DE SENSORES REMOTOS (1980-2020)

Lidia Yadira Pérez-Aguilar^{1*}, Ramón Fernando López-Osorio², Wenseslao Plata-Rocha³, Sergio Alberto Monjardin-Armenta³, Edgar Rubén Montiel-Andrade¹, Evangelina Avila-Aceves³, Yedid Guadalupe Zambrano-Medina³

¹Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa, Los Mochis 81223, México. ²Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán 80013, México. ³Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán 80013, México. *Autor de correspondencia: lidiaperez@uas.edu.mx

Introducción

Las zonas áridas y semiáridas son regiones que cubren aproximadamente el 43% de la superficie a nivel mundial (FAO, 2020; Quichimbo et al., 2020; Reed et al., 2012), mismas que se caracterizan por la poca disponibilidad de agua (Dunkerley, 2020), aumento y disminución significativo de las temperaturas y precipitaciones (FAO, 2020). En este sentido las regiones áridas son aquellas que reciben una precipitación anual menor a 200 mm, y semiáridas entre 200 y 500 mm (Gaur & Squires, 2017; Sánchez-Cano, 2019), en la cual existe una escasez de agua y humedad en el aire y el suelo (Diéguez et al., 2014; Velasco & Pimentel, 2010). En México, estas regiones abarcan más de la mitad del territorio mexicano (CONAFOR, 2015; SAGARPA & SIAP, 2014; SEMARNAT, 2014) y más de 40% de la población nacional se concentra en estos ecosistemas (Briones et al., 2018). Es por ello que se han utilizado diferentes técnicas para cuantificar la aridez. El índice de aridez (IA), se utiliza para estimar las condiciones de déficit hídrico de las tierras secas (D'Odorico et al., 2013), entre los que más destacan están el IA De Martonne (Diéguez et al., 2014; Mercado-Mancera et al., 2010); el IA de Thornthwaite (van der Schrier et al., 2011; Yang et al., 2017), por su parte, uno de los más utilizados es el desarrollado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés) (UNEP, 1997), el cual clasifica a las tierras secas en regiones hiperáridas ($IA < 0.05$), áridas ($0.05 < IA < 0.2$), semiáridas ($0.2 < IA < 0.5$), subhúmedas secas ($0.5 < IA < 0.65$) y húmedas ($IA > 0.65$) (Díaz-Padilla et al., 2011). Por lo tanto, y dada la necesidad de diferentes sectores de contar con mapas actualizados de zonas áridas y semiáridas de México, el objetivo principal de este estudio fue identificar y clasificar zonas áridas y semiáridas en el Noroeste de México utilizando una metodología, que incluyó la utilización de la fórmula propuesta por la UNEP, técnicas análisis geoespacial, Sistemas de Información Geográfica (SIG) e imágenes de sensores remotos para el periodo 1980-2020 en intervalos de 5 años, aplicable a nivel nacional y global.

Materiales y métodos

Este estudio se realizó para el Noroeste del territorio mexicano. Limita al norte con los Estados Unidos de América, al noroeste con el Océano Pacífico, al sur con Nayarit y al Este con Chihuahua y Durango, cubre una superficie total de 379,906.22 km². Comprende las entidades federativas de Baja California (73,206.57 km²), Baja California Sur (71,350.57 km²), Sonora (180,378.88 km²) y Sinaloa (54,970.21 km²) (INEGI, 2021). Los datos utilizados en este análisis se muestran en la tabla 1 y la metodología utilizada para clasificar zonas áridas en el periodo de 1980-2020 mediante el IA propuesto por la UNEP, consistió en un modelo geoespacial, que utilizó datos de temperatura total y evapotranspiración potencial descargables de plataformas de uso libre. Seguidamente, se llevó a cabo el procesamiento de los datos, realizando la estandarización de acuerdo a las especificaciones técnicas del modelo y de la máscara de restricción de área de estudio, tales como corrección, reproyección y resolución espacial.



Posteriormente, se realizó la normalización de las variables, aplicando técnicas de lógica difusa a una escala de 0 a 1 donde 0 representa mayor vulnerabilidad a aridez y cercanos a 1 menor vulnerabilidad (Monjardin-Armenta et al., 2020; Perez-Aguilar et al., 2021; Zabihi et al., 2019). Seguidamente se aplicó la fórmula del IA = Pr / ETP (Donde: Pr es la precipitación anual, ETP es la evapotranspiración potencial), el resultado fue un mapa de vulnerabilidad a aridez, al cual se le aplicó la clasificación para obtener un mapa de zonas áridas que indican el nivel de aridez para la región de estudio. A partir del mapa de regiones áridas, se obtuvieron indicadores cuantitativos sobre estas regiones a través del tiempo analizado.

Tabla 1. Datos utilizados para el análisis de IA. Fuente [22,23]

Dato	Tipo de Dato	Resolución Espacial/ escala	Resolución Temporal	Unidades	Fuente	Link
Precipitación	Raster	4 km	Mensual	Milímetros	TerraClimate	https://app.climateengine.org/climateEngine
Evapotranspiración	Raster	4 km	Mensual	Milímetros	TerraClimate	https://app.climateengine.org/climateEngine
División política Estatal	Vector	1:250,000			CONABIO (de INEGI)	http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

Resultados y discusión

Como resultado de la normalización de las variables, se obtuvieron valores de mayor a menor probabilidades a presentar aridez, y una vez aplicada la fórmula a los factores, se obtuvieron los mapas de aridez (Figura 1). El análisis temporal y los datos obtenidos mostraron que en la mayoría de la región de estudio predominan zonas áridas, mismas que se localizan en los estados de Baja California y Baja California Sur, en las cuales predominan los climas de tipo seco y semiseco.

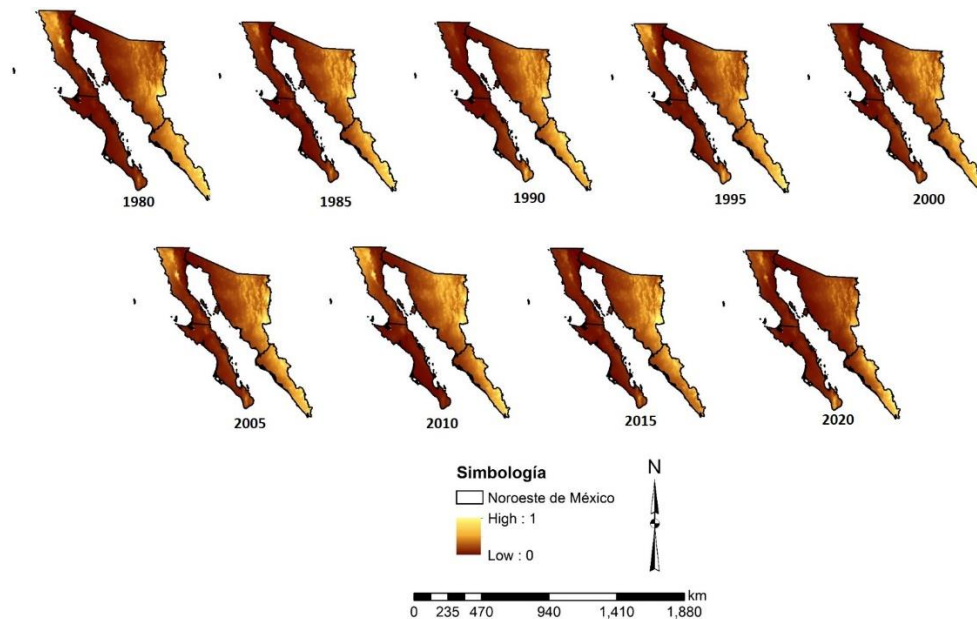


Figura 1. Mapas de aridez periodo 1980-2020.



A su vez, las regiones semiáridas se localizan en su mayoría en la zona centro del área de estudio en los estados de Sonora y Sinaloa. Por su parte, las regiones subhúmedas secas y húmedas se encuentran al sureste de la región y ubicadas en su mayor parte en el estado de Sinaloa y Sonora (Figura 2).

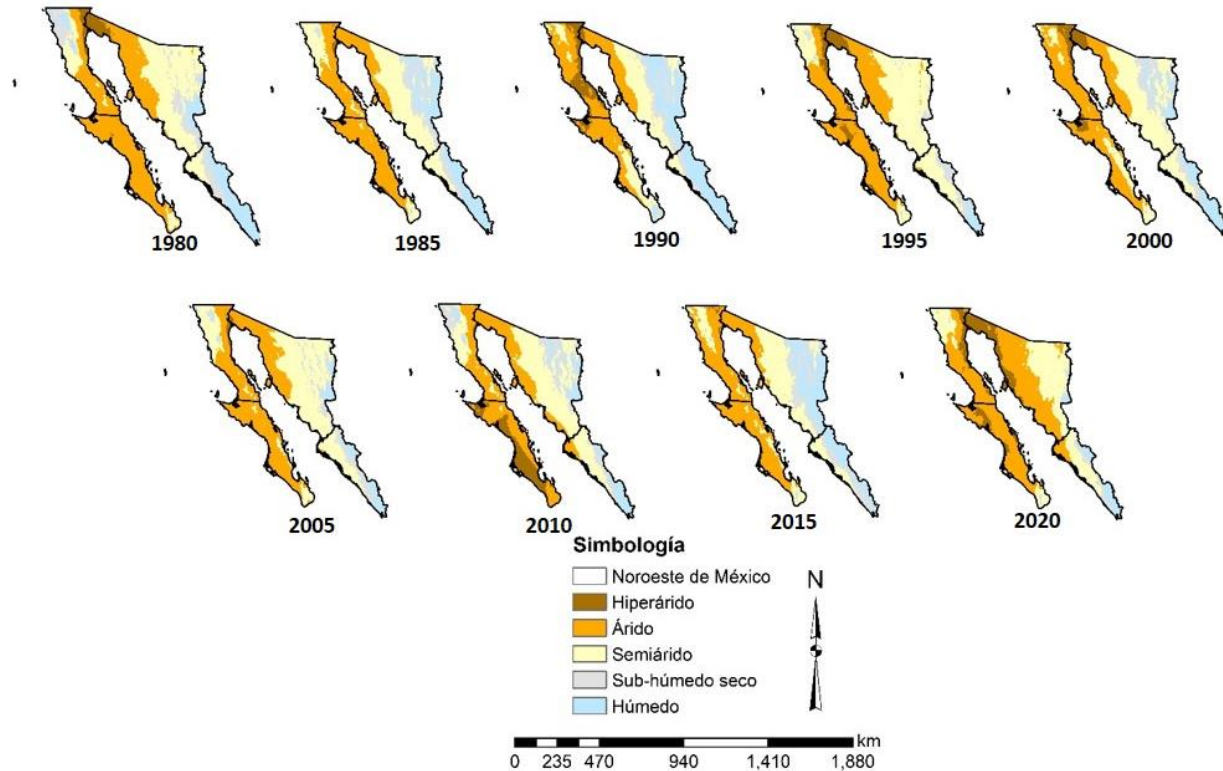


Figura 2. Mapa de regiones áridas periodo 1980-2020.

En la tabla 2 se muestran las superficies de cada región para cada año analizado, donde se puede observar que en la región de estudio para todos los años observados predominan las regiones áridas y semiáridas con superficies mayores a los 100,000 km², así mismo, las regiones subhúmedas secas y subhúmedas han mostrado variaciones a través del tiempo.

Tabla 2. Indicadores cuantitativos de superficies áridas.

	Superficies de regiones áridas en km ²								
	2020	2015	2010	2005	2000	1995	1990	1985	1980
Hiperárido	46,806.48	3,025.48	35,795.82	3,903.74	23,770.42	30,557.79	31,042.78	4,086.95	15,110.34
Árido	187,693.96	140,392.84	128,337.55	155,620.33	136,809.28	149,016.23	119,510.02	143,248.10	150,787.86
Semiárido	116,842.08	115,014.07	135,849.09	162,951.92	137,100.84	168,062.55	94,748.28	125,716.43	124,318.76
Subhúmedo seco	13,398.03	49,758.95	46,566.83	32,161.81	40,098.74	21,821.72	42,393.49	43,432.93	43,552.70
Húmedo	16,981.00	73,624.64	35,231.67	26,916.04	43,994.99	12,418.42	94,130.76	65,592.53	48,112.86



Conclusiones

El mapa de zonas áridas resultante proporciona información importante sobre el comportamiento pasado y actual del índice de aridez y a su vez de las regiones secas del área de estudio, ya que los resultados mostraron que en la región predominan zonas áridas y semiáridas, que comparados con estudios previos, no difieren mucho de la realidad, como por ejemplo el Atlas de zonas áridas de México (SAGARPA & SIAP, 2014), el mapa de climas de INEGI (INEGI, 2008) y el mapa de rangos de humedad del portal de geoinformación de CONABIO (CONABIO, 1990). Cabe mencionar que una de las deficiencias de este análisis es la utilización de datos a muy baja resolución, mismos que se podrían obtener de otras fuentes y de mejor calidad. Sin embargo, los resultados dan un panorama sobre el comportamiento de los ecosistemas áridos en el pasado y poder prever a futuro. Finalmente, se puede decir que la metodología utilizada en este análisis se presenta como una alternativa para el estudio continuo de las regiones áridas y aplicable a nivel nacional y global, ya que los datos considerados se presentan de manera global y de libre descarga, con esto se puede apoyar en la toma de decisiones territorial y desarrollo de políticas públicas para mitigar el impacto de la aridez, así como también, tomar medidas de adaptación que garanticen el bienestar humano, ambiental, económico y social en esas regiones.

Referencias

- Briones, O., Búrquez, A., Martínez-Yrizar, A., Pavón, N., & Perroni, Y. (2018). Biomass and productivity in Mexican arid lands. *Madera y Bosques*, 24(Special Issue). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401898>
- CONABIO. (1990). Geoportel del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [14,117]—CONABIO. Portal de Geoinformación. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- CONAFOR. (2015). La Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA) | Innovación Forestal. *Revista Electrónica de Divulgación Científica Forestal*. https://www.conafor.gob.mx/innovacion_forestal/?p=2177
- Díaz-Padilla, G., Sánchez-Cohen, I., Guajardo-Panes, R. A., Del Ángel-Pérez, A. L., Ruíz-Corral, A., Medina-García, G., & Ibarra-Castillo, D. (2011). Mapeo del índice de aridez y su distribución poblacional en México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVII(Especial), 267–275. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.09.069>
- Diéguez, E. T., Mancera, G. M., Falcón, A. C., Garibay, A. N., Valdez Cepeda, R. D., García Hernández, J. L., & Amador, B. M. (2014). Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica en Baja California Sur, noroeste de México. *Investigaciones Geográficas*, 85(85), 66–81. <https://doi.org/10.14350/ig.32404>
- D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S., & Runyan, C. W. (2013). Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in Water Resources*, 51, 326–344. <https://doi.org/10.1016/J.ADVWATRES.2012.01.013>
- Dunkerley, D. (2020). The Ecohydrology of Desert Environments: What Makes it Distinctive? In S. E. Michael I Goldstein, Dominick A DellaSala (Ed.), *Encyclopedia of the World's Biomes* (first, pp. 23–35). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.11803-2>
- FAO. (2020, September). Elaboración de un programa mundial sobre agricultura sostenible en zonas áridas en colaboración con el Marco mundial sobre la escasez de agua en la agricultura en un clima cambiante. COAG. <http://www.fao.org/3/nd412es/nd412es.pdf>
- Gaur, M. K., & Squires, V. R. (2017). Geographic extent and characteristics of the world's arid zones and their peoples. In *Climate Variability Impacts on Land Use and Livelihoods in Drylands* (pp. 3–20). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56681-8_1
- INEGI. (2008). Climatología. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/>
- INEGI. (2021). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. INEGI; Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/>
- Mercado-Mancera, G., Troyo-Diéguez, E., Aguirre-Gómez, A., Murillo-Amador, B., Beltrán-Morales, L. F., & García-Hernández, J. L. (2010). Calibration and application of the De Martonne aridity index for the analysis of hydric deficit as an estimator of aridity and desertification in arid areas. *Universidad y Ciencia*, 26(1), 51–64.



HUMEDAD SUPERFICIAL DEL SUELO EN BOSQUE DE ENCINO Y PASTIZAL AMACOLLADO

Héctor Ramírez-Garduño*, Gabriel Sosa Pérez, Pedro Jurado Guerra

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental La Campana. Km 33.3 carretera Aldama-Ojinaga, Chihuahua, México. *Autor de correspondencia: ramirez.hector@inifap.gob.mx

Introducción

La humedad del suelo es importante para los procesos hídricos, biológicos y bioquímicos. Aunque solo representa un pequeño volumen comparado al ciclo hidrológico, la humedad del suelo es pieza clave al controlar el intercambio de agua y energía entre la superficie del suelo y la atmósfera (ej. evaporación y transpiración) (Su et al., 2014). Existen dos zonas reconocidas como la saturada (ej. manto freático) y vadosa o no saturada donde ocurren mayormente la evaporación del suelo y transpiración de las plantas. Dentro de esta última zona se encuentra la zona radicular entre los 30 a 120 cm de profundidad (Arora y Boer, 2003) donde la humedad del suelo varía dependiendo de la profundidad, tipo de vegetación, cobertura del suelo, tipo de suelo entre otros. La humedad del suelo es mayormente afectada por la precipitación, radiación solar y tipo de vegetación en los primeros 30 cm de profundidad donde se puede observar la variabilidad dependiendo de la lluvia (ej. picos altos de humedad como respuesta a la lluvia y niveles bajos de humedad durante la época seca). A mayor profundidad, la variabilidad tiende a disminuir por lo que la humedad del suelo se mantiene más estable. Por ejemplo, en una cuenca cerrada del desierto Chihuahuense se reportó que los primeros 20 cm de profundidad la humedad del suelo tiende a variar dependiendo de la lluvia con valores más altos de humedad, seguido por 50 cm de profundidad con menos variabilidad y a 80 cm de profundidad similar a los 50 cm (Ochoa et al., 2023). La humedad del suelo en zonas de bosque comparado con pastizal es mayor debido a la acumulación de hojarasca y microclimas de la sombra de los árboles (Villegas et al., 2010). De igual forma, la humedad del suelo es mayor en bosque de táscate comparado con pastizal debido al uso del agua para la producción de biomasa de los pastos (Fernald et al., 2022). Como parte del balance hidrológico, el objetivo del presente trabajo fue medir la humedad superficial del suelo en un bosque de encino y pastizal amacollado.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el rancho experimental La Campana, situado en el kilómetro 82 de la carretera Panamericana (29°15'59.55" N, 106° 23'21.60" O). El sitio abarca un rango altitudinal que oscila entre los 1,581 y los 1,780 metros sobre el nivel del mar y se caracteriza por tener vegetación predominantemente compuesta por encinos (*Quercus arizonica*) en las zonas más elevadas, mientras que en las áreas más bajas se encuentra un pastizal amacollado conformado principalmente por zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*), con pequeñas áreas de Bouteloua-Aristida. La topografía de la región se conforma por lomeríos altos y zonas de llanura. La temperatura media anual varía entre 12 y 17 °C, y la precipitación anual promedio se sitúa en el rango de 355 a 450 mm (INIFAP, 2008).

La humedad del suelo (Θ) se midió con el uso de un Reflectómetro de Dominio de Tiempo (TDR, por sus siglas en inglés) modelo TDR 100 (Spectrum Technologies) los primeros 3.8 cm de profundidad debido al contenido de rocas en el suelo. Para cada área de muestreo, se generaron 20 puntos con una distancia de 200 m entre cada punto mediante el uso del software QGIS 3.28.1 Firenze (Free Software Foundation, Inc; Boston MA).



Se tomaron aproximadamente 13 lecturas por punto de muestreo en el área del pastizal (17 puntos, $n = 219$) y en el área de encino (11 puntos, $n = 155$) el 18 y 19 de agosto. El muestreo se realizó de la siguiente forma: una lectura en el punto previamente georreferenciado y tres lecturas cada cinco metros en dirección a los cuatro puntos cardinales ($n = 13$), en algunos casos se tomaron muestras de más o menos lecturas según la pedregosidad del área. Se promediaron los datos de cada punto de muestreo y se interpolaron mediante el método de Kriging. El análisis estadístico consistió en un PROC GLM para comparar las medias entre encinos y pastizal mediante el uso de SAS 9.1. La variable analizada fue la humedad del suelo (%). Se reportan las medias y errores estándar (\pm). El nivel de alfa asignado fue de $P < 0.05$.

Resultados y discusión

La humedad del suelo fue diferente ($P < 0.05$) entre las áreas de encino y pastizal. El área de encino tuvo menor Θ (2.98 ± 1.44 %) comparado al pastizal (5.02 ± 2.12 %). La profundidad de los suelos y presencia de rocas influyó en el Θ . Aunque no se midió la profundidad del suelo durante el muestreo, se pudo constatar que, en el área de pastizal, la varilla de 3.8 cm de longitud del sensor no presentó problemas al insertarlo dentro del suelo para tomar la lectura. Por el contrario, en el área de encinos los suelos fueron más someros debido al afloramiento rocoso por lo que lo hizo difícil encontrar puntos para tomar las lecturas de Θ . Aún al encontrar donde tomar la lectura, la presencia de rocas y suelos delgados resultó en lecturas menores al 2 %. Por el contrario, en el área de pastizal, la presencia de rocas fue menor a lo observado al área de encinos. Antes de realizar el muestro (18 y 19 de agosto) se registraron diferentes eventos de lluvia desde el 11 hasta el 15 de agosto con un total de 33.2 mm. En el área de pastizal, se tuvieron lecturas de hasta 14.8 % de Θ mientras que en el área de encinos la máxima de Θ fue del 7%. Esto antes de realizar el promedio por punto de muestreo.

La figura 1, muestra el contenido de humedad según el área (encino o pastizal). El lado derecho superior presentó mayor humedad del suelo debido a que es la parte con suelos más profundos y menor contenido de roca. Por otra parte, el lado izquierdo presentó afloramiento rocoso con suelo delgados. Es decir, entre más alto el rango altitudinal (de derecha a izquierda), los suelos fueron más delgados.

La información reportada sobre la Θ ha sido medida en los primeros 20 cm de profundidad (Ochoa et al., 2023; Fernald et al., 2022; Ray et al., 2019, Gaduño et al., 2010) por lo que lo hace difícil comparar con los 3.8 cm con nuestro estudio. Sin embargo, el contenido de la Θ superficial nos ayuda a comprender el contenido de humedad del suelo ya que, a esta profundidad, la Θ es mayormente influenciada por la radiación térmica, humedad ambiental, velocidad del viento y temperatura (Davarzani et al., 2014). La pérdida de humedad ocurre en los primeros decímetros del suelo considerada como capa seca del suelo (Balugani et al. 2018) mediante el cual el transporte del agua es en estado gaseoso como vapor de agua (Or et al., 2013) siendo más común en ecosistemas áridos o semiáridos (Wang, 2015).

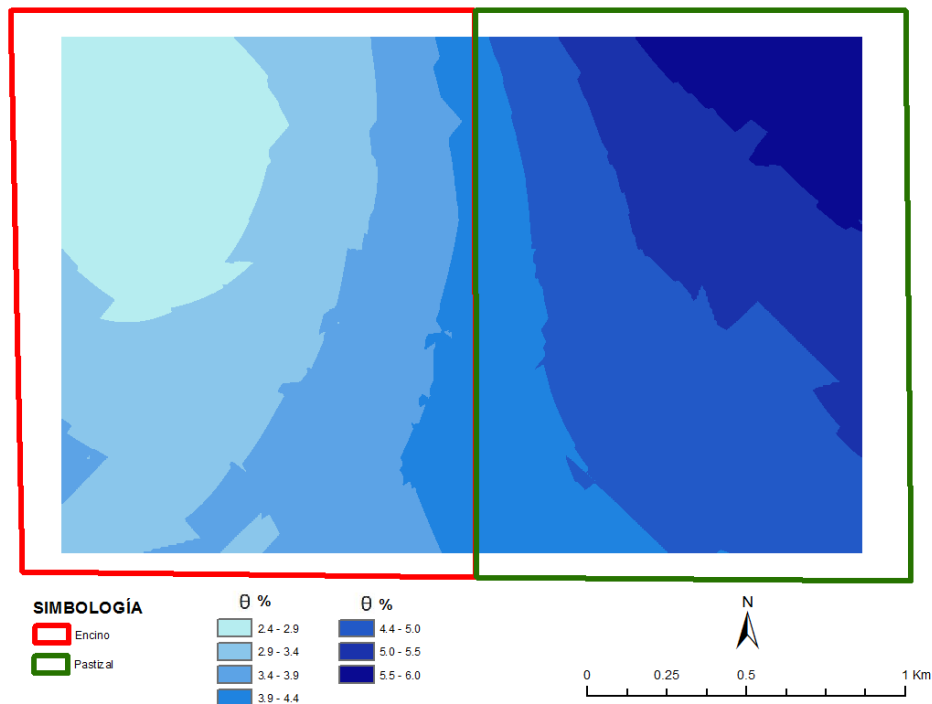


Figura 1. Interpolación de humedad superficial del suelo en bosque de encino y pastizal.

Conclusiones

La humedad superficial del suelo fue menor en el área de encinos debido a suelos someros y presencia de manto rocoso mientras que en el área de pastizal la humedad fue mayor debido a suelos más profundos y menor presencia de rocas. Después del último evento de lluvia, el pastizal conservó la humedad por más tiempo los primeros 3.8 cm de profundidad mientras que, en los encinos, los suelos perdieron la humedad más rápido resultando en suelos con menor contenido de humedad. Como parte del balance hídrico, se seguirá monitoreando la humedad del suelo como se ha descrito y a diferentes profundidades (20, 50, y 80 cm) para poder analizar el efecto del pastizal y del bosque de encino en la humedad del suelo.



Referencias

- Arora, V. K., & Boer, G. J. (2003). A representation of variable root distribution in dynamic vegetation models. *Earth Interactions*, 7(6), 1-19.
- Balugani, E., M.W. Lubczynski, C. van der Tol, & K. Metselaar. (2018). Testing three approaches to estimate soil evaporation through a dry soil layer in a semi-arid area, *Journal of Hydrology*, Volume 567: 405-419.
- Davarzani, H., Smits, K., Tolene, R. M., & Illangasekare, T. (2014). Study of the effect of wind speed on evaporation from soil through integrated modeling of the atmospheric boundary layer and shallow subsurface. *Water resources research*, 50(1), 661-680.
- Fernald, A. G., H.R. Garduño., F. Gökbülak., & D.M VanLeeuwen., A. Cibils. (2022). Response of soil moisture to infrequent heavy defoliation of chemically thinned juniper woodland. *Rangeland Ecology & Management*, 84, 108-116.
- Garduño, H. R., Fernald, A. G., Cibils, A. F., & VanLeeuwen, D. M. (2010). Response of understory vegetation and soil moisture to infrequent heavy defoliation of chemically thinned juniper woodland. *Journal of Arid Environments*, 74(2), 291-297.
- INIFAP. (2008). Rancho Experimental La Campana 50 años de investigación y transferencia de tecnología en pastizales y producción animal. Libro Técnico No. 2. 214 pp.
- Ochoa, C. G., Villarreal-Guerrero, F., Prieto-Amparán, J. A., Garduño, H. R., Huang, F., & Ortega-Ochoa, C. (2023). Precipitation, Vegetation, and Groundwater Relationships in a Rangeland Ecosystem in the Chihuahuan Desert, Northern Mexico. *Hydrology*, 10(2), 41.
- Or, D., Lehmann, P., Shahraeeni, E., & Shokri, N. (2013). Advances in soil evaporation physics: A review. *Vadose Zone Journal*, 12(4), vzj2012-0163.
- Qiu, J., Crow, W. T., Nearing, G. S., Mo, X., & Liu, S. (2014). The impact of vertical measurement depth on the information content of soil moisture times series data. *Geophysical Research Letters*, 41(14), 4997-5004.
- QGIS Development Team (2023). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.
- Ray, G., Ochoa, C. G., Deboodt, T., & Mata-Gonzalez, R. (2019). Overstory–understory vegetation cover and soil water content observations in western juniper woodlands: A paired watershed study in Central Oregon, USA. *Forests*, 10(2), 151.
- SAS Institute, Inc. (2006). SAS online Doc 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- SU., S. L., Singh, D. N., & Baghini, M. S. (2014). A critical review of soil moisture measurement. *Measurement*, 54, 92-105.
- Villegas, J. C., D.D. Breshears., C.B. Zou., P.D. Royer. (2010). Seasonally pulsed heterogeneity in microclimate: phenology and cover effects along deciduous grassland–forest continuum. *Vadose Zone Journal*, 9(3), 537-547.
- Wang X. (2015). Vapor Flow Resistance of Dry Soil Layer to Soil Water Evaporation in Arid environment: An Overview. *Water* 7(8):4552-4574.



CAMBIO DE LA TEMPERATURAS ANUALES (MÁXIMA Y MÍNIMA) Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO EN LA PRECIPITACIÓN

Ramiro Chávez Mota

¹Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México–Texcoco. Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. México. * Autor de correspondencia: rchavezm@chapingo.mx

Introducción

Según Olmos (2012), el calentamiento global ha causado cambios en los patrones espaciales de precipitaciones, consecuentemente, cambios en la frecuencia y magnitud de eventos extremos. Valdecasas (2018) y (Brunet, 2015) mencionan que las proyecciones globales de cambio climático indican una intensificación del ciclo hidrológico como consecuencia del calentamiento global. Por lo tanto, se sabe que al aumentar la temperatura el ciclo hidrológico se intensifica. Es decir, aumenta la precipitación y como consecuencia, la evapotranspiración, el escurrimiento y la infiltración a nivel global. En el estudio presentado por Chávez (2022), se identificaron las estaciones climáticas que tenían datos completos al menos por 30 años y se presentó un algoritmo para detectar el cambio climático por estación para temperaturas máximas y mínimas mensuales. Por lo tanto, en este estudio se aplica el mismo algoritmo para detectar cambios en la precipitación y su relación con los cambios en las temperaturas mencionadas. Esto permitirá un mejor manejo de los efectos que produce el cambio de temperatura sobre la precipitación, en las diversas regiones del país. Ya que un cambio en la precipitación trae consigo un cambio en todas las variables que dependen de él, principalmente el escurrimiento.

Materiales y métodos

Este estudio es una continuación del estudio reportado por Chávez (2022), en donde se analizan las tendencias de las temperaturas máximas y mínimas mensuales de todo el país de 1777 estaciones climáticas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) perteneciente a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). De estas estaciones, en 1776 se encontraron datos suficientes de temperatura máxima y mínima anual y precipitación anual haciendo una depuración de estaciones como se explica enseguida. Cada año se dividió en cuatro estaciones, enero-marzo, abril-junio, julio-septiembre, octubre-diciembre.

Se tomaron en cuenta solo los años con al menos tres estaciones del año con información. Donde cada estación tenía al menos dos meses con un mínimo de 28 días de registro de las tres variables. Para cada año seleccionado se obtuvo el promedio anual sumado los registros diarios de cada variable de todo el año y dividiendo entre el número total de días con registro. Se seleccionaron aquellas estaciones climatológicas con al menos 30 años de registro de las tres variables siendo 1776 estaciones climáticas seleccionadas.

Para detectar si hubo un cambio significativo en cada una de las estaciones para las tres variables (temperatura máxima y temperatura mínima y precipitación) en cada una de las 1776 estaciones climatológicas se aplicó el algoritmo explicado por Chávez (2022), usando un $\alpha = 0.10$. Una vez identificado un cambio positivo (incremento), negativo (decremento) o nulo (sin cambio) en las tres variables de cada una de las estaciones climatológicas. Posteriormente se procedió a buscar como se relacionaba este cambio entre las variables. En este análisis se usó el lenguaje de programación de alto nivel R en su versión 3.6.3 (2020-02-29) bajo la plataforma RStudio versión 1.3.1093.



Resultados y discusión

La mayoría de las estaciones aumentaron su temperatura máxima, disminuyeron su temperatura mínima y aumentaron su precipitación. De las tres variables, la temperatura máxima fue la que cambió en más estaciones. Tal como se puede apreciar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Número y porcentaje de estaciones con un cambio positivo (incremento), negativo (decremento) y neutro (sin cambio en la variable) en las variables temperatura máxima, mínima y precipitación mostrando.

Variable	Tipo	Número	Porcentaje
Temperatura máxima	Positivo	1113	62.70
	Negativo	609	34.30
	Neutro	54	3.00
	Total	1776	
Temperatura mínima	Negativo	902	50.80
	Positivo	811	45.70
	Neutro	63	3.50
	Total	1776	
Precipitación	Positivo	709	39.90
	Negativo	676	38.10
	Neutro	391	22.00
	Total	1776	

El cuadro anterior proporciona cambios en variables por separado. Para conocer las relaciones que existen entre los cambios que sufrieron las variables se realizaron tablas de contingencia para ver la relación que existe entre la temperatura máxima y la precipitación (cuadro 2) y la temperatura mínima y la precipitación (cuadro 3).

En el cuadro 2 se puede apreciar que no hay una dependencia marcada del cambio en la precipitación con la temperatura máxima.

Cuadro 2. Tabla de contingencia relacionando el tipo de cambio que sufrieron la temperatura máxima y la precipitación.

TEMPERATURA MÁXIMA	PRECIPITACIÓN			Suma
	Positivo	Negativo	Neutro	
Positivo	24.1	24.1	14.5	62.7
Negativo	14.8	12.9	6.6	34.3
Neutro	1.1	1.1	0.9	3.0
Suma	39.9	38.1	22	100



En el cuadro 3 también se puede apreciar que el cambio en la precipitación no depende del cambio de la temperatura mínima.

Cuadro 3. Tabla de contingencia relacionando el tipo de cambio que sufrieron la temperatura mínima y la precipitación.

TEMPERATURA MÍNIMA	PRECIPITACIÓN			Suma
	Positivo	Negativo	Neutro	
Negativo	21.2	19.3	10.2	50.8
Positivo	17.6	17.3	10.8	45.7
Neutro	1.1	1.4	1.0	3.5
Suma	39.9	38.1	22.0	100.0

Para revisar más en detalle la independencia de las dos variables, se calcularon los porcentajes de las diferentes categorías de la precipitación (positivo, negativo y neutro) dentro de cada una de las categorías de ambas temperaturas (máxima y mínima). En el cuadro 4 se presentan para temperatura máxima y en el cuadro 5 para temperatura mínima.

En el cuadro 4 se aprecian porcentaje muy similares del cambio en la precipitación en cada una de las categorías de la temperatura máxima con los porcentajes de precipitación que se obtuvieron a nivel nacional (39.90, 38.10, 22.00).

Cuadro 4. Porcentaje de cambio de la precipitación dentro de cada una de las categorías de la temperatura máxima.

TEMPERATURA MÁXIMA	PRECIPITACIÓN			Suma
	Positivo	Negativo	Neutro	
Positivo	38.44	38.44	23.13	100.0
Negativo	43.15	37.61	19.24	100.0
Neutro	36.67	36.67	26.70	100.0

En el cuadro 5 se aprecia un leve incremento de las estaciones positivas dentro de la temperatura mínima, pero en general se mantienen porcentaje similares a los nacionales (39.90, 38.10, 22.00)

Cuadro 5. Porcentaje de cambio de la precipitación dentro de cada una de las categorías de la temperatura mínima.

TEMPERATURA MÍNIMA	PRECIPITACIÓN			Suma
	Positivo	Negativo	Neutro	
Negativo	41.73	37.99	20.08	100.0
Positivo	38.51	37.86	23.63	100.0
Neutro	31.43	40.00	28.57	100.0



Conclusiones

La mayoría de las estaciones aumentaron su temperatura máxima, disminuyeron su temperatura mínima y aumentaron su precipitación.

El cambio en la precipitación no depende ni del cambio en la temperatura máxima ni del cambio en la temperatura mínima.

Referencias

Chávez Mota, R. (2022). Variación del cambio climático con respecto al clima. VII congreso Nacional de riego, drenaje y biosistemas.

https://www.riego.mx/congresos/comeii2022/assets/docs/ProtPonencias/PDF_Extenso/22030_RamiroChavez_extenso.pdf

Brunet, M. (2015). Presentación 0. Cambio climático.

Olmos Giménez, P. (2012). Modelización distribuida del impacto del cambio climático en componentes del ciclo hidrológico a escala mensual.

Valdecasas, M. M. D. V. G. (2018). Climate-change projections in the Iberian Peninsula: a study of the hydrological impacts (Doctoral dissertation, Universidad de Granada).



ESCALA DEL SENSOR REMOTO EN RELACIÓN CON LOS ÍNDICES DE VEGETACIÓN PARA CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO

Ramón Trucíos-Caciano^{1*}, Nuria Aide López-Hernández¹, Yenifer Moreno-Sepúlveda¹, Enrique Miguel-Valle¹, Aldo Rafael Martínez-Sifuentes¹

¹ CENID RASPA, Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento s/n, C.P. 35179. *Autor de correspondencia: lopez.nuria@inifap.gob.mx

Introducción

El análisis de imágenes obtenidas para explicar fenómenos que observamos en el campo de la agronomía son de extenso uso. Sin embargo, es importante conocer que implica la escala de obtención de datos o escala del pixel por parte de los sensores. Uno de los sensores más utilizados actualmente por su cobertura (mundial), escala temporal (cinco días), su versatilidad para el cálculo de índices de vegetación (incluyendo la banda de borde rojo) y sobre todo por ser de libre acceso, es el sensor Sentinel 2 (ESA, 2023). Por otra parte, otros sensores que últimamente se utilizan en estudios agronómicos son los montados en drones, que tienen tamaños de pixel menores a 20 cm y que, por lo tanto, tienen información más específica sobre el cultivo que se estudia. El objetivo de este estudio es mostrar la diferencia que existe entre el registro de datos de índices de vegetación por sensores con tamaño de pixel mayores o igual a 10 metros en comparación con imágenes obtenidas por drones con pixeles menores a 20 cm, y su implicación en variables agronómicas.

Materiales y métodos

El sitio de estudio se ubicó en el ejido Porvenir, en el municipio de Francisco I. Madero con un productor cooperante (25°46'49.38" Lat N, 103° 18' 44.54" Long W, 1110 msnm). La información recolectada en campo corresponde al ciclo de primavera 2023, para maíz forrajero. Se realizaron cuatro vuelos con dron (RPAS multiespectral –bandas: verde, borde rojo, infrarrojo cercano-) con una resolución de 18 cm/pixel. Del área muestreada se descargaron las imágenes satelitales del sensor Sentine 2^a y 2B. La información registrada en campo, en parcelas de 1 metro cuadrado, para las cuatro fechas del vuelo de RPAS fueron: individuos por metro, individuos por metro cuadrado, número de hojas, diámetro de la base del tallo, altura de planta, clorofila en hoja bandera (SPAD), NDVI a 50 cm de altura del cultivo (GreenSeeker), peso verde, peso seco y biomasa (materia seca).

Tabla 1. Características de las imágenes comparadas en este estudio.

Fechas del vuelo del dron	Tipo de imagen	Tamaño de Pixel	Fechas de Sentinel 2A y 2B	Tipo de imagen	Tamaño de Pixel
1/jun/2023	Multiespectral	18 cm	1/jun/2023	Multiespectral	10 y 20 m
7/jun/2023	Multiespectral	18 cm	6/jun/2023	Multiespectral	10 y 20 m
16/jun/2023	Multiespectral	18 cm	21/jun/2023	Multiespectral	10 y 20 m
26/jun/2023	Multiespectral	18 cm	26/jun/2023	Multiespectral	10 y 20 m

El programa utilizado para la extracción de los datos y el cálculo de índices de vegetación, de las imágenes obtenidas por drones fue el emotion 3.5® y el QGIS 3.32 para las imágenes satelitales. Los índices calculados fueron: NDRE (Diferencia Normalizada de Borde Rojo), NDVI (Diferencia Normalizada), SAVI (Ajustado a Suelo), SR (Radio Simple), SER (Radio Simple Borde Rojo), WDRBI (Amplio Rango Dinámico); sin embargo, en este trabajo (por su extensión) solo se mostrará la relación observada entre el NDVI y su relación con la escala de los sensores remotos estudiados (IDB, 2023).



Resultados y discusión

El entrenamiento de las imágenes de satélite y ortofotos con la información de campo, se desarrolló de la manera tradicional, relacionando la información de biomasa (variable respuesta) con los datos de los sensores remotos (variable explicativa). Sin embargo, el factor de escala de los sensores remotos empleados en este estudio, se muestra a continuación (Figura 1).

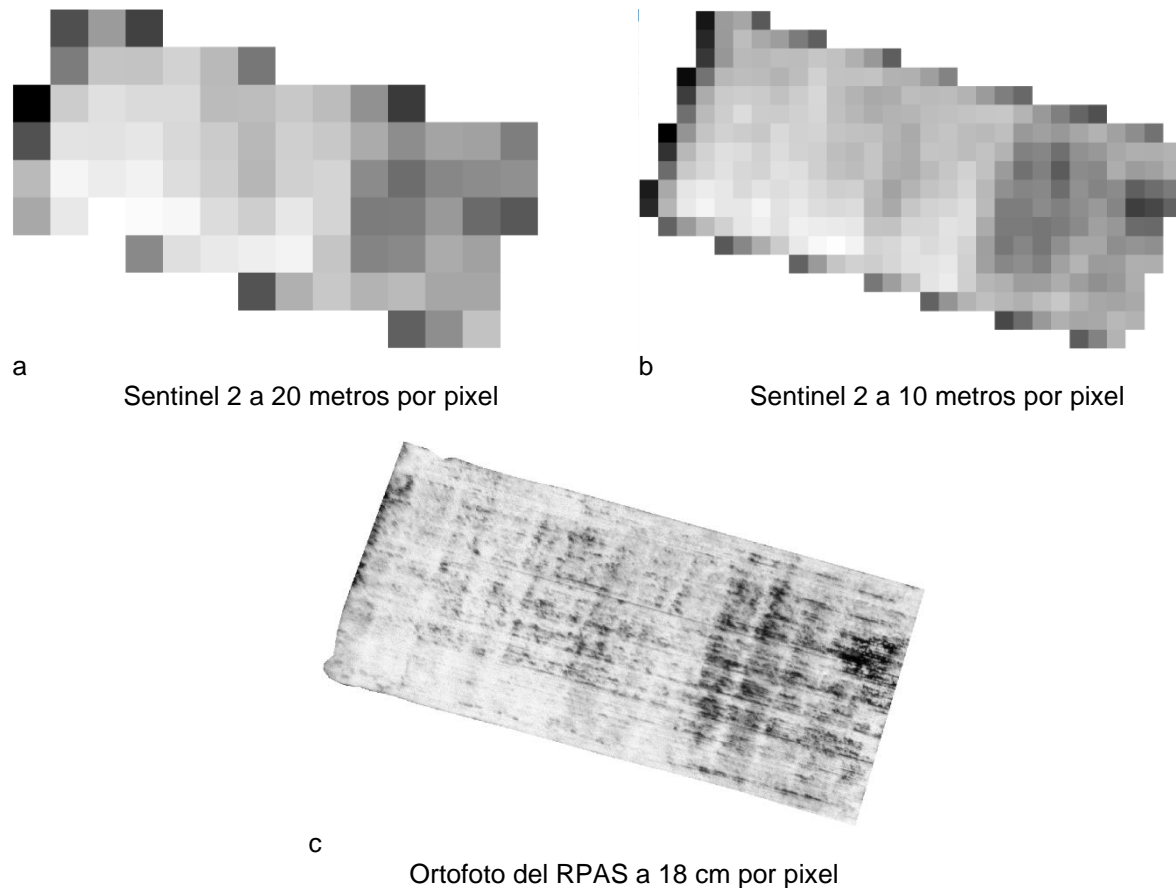


Figura 1. Ortofoto e imágenes satelitales del sitio de estudio para la fecha 1/jun/2023.

<i>Valor</i>	<i>Sentinel 2 20 m (a)</i>	<i>Sentinel 2 10 m (b)</i>	<i>RPAS (c)</i>
máximo	0.5666	0.5826	0.8743
promedio	0.4683	0.4569	0.7057
mínimo	0.2500	0.1928	0.1678
rango	0.3166	0.3898	0.7065
pixeles	38	150	567609

Tabla 2. Estadísticas básicas por sensor (tamaño de pixel).



Se puede observar al tamaño de los pixeles como una clara diferencia entre las escalas empleadas. Lo anterior implica, como se observa en la Tabla 2, que existe una disminución en la cantidad de datos obtenidos, inversamente proporcional al tamaño del Pixel, mientras en la escala de 20 metros fueron 38 pixeles, en la escala de 18 cm fueron más de 500,000 pixeles, para la superficie de estudio. Otro dato importante, de las estadísticas básicas es el rango de valores, además de los valores máximos y mínimos, registrados en las diferentes escalas, con un mayor rango para el caso de RPAS en comparación con los datos obtenidos por el Sentinel 2. Jae-Hyun et al. (2020), obtuvo resultados similares para ajo y cebolla, con R^2 de 0.27 – 0.36 en comparaciones de NDVI se Sentinel 2 y RPAS, en relación a datos medidos en campo con espectrómetro.

A continuación, se enlistan los 9 sitios muestreados el día 1 de junio del 2023, en donde se obtuvo el registro de NDVI en campo por medio de un Green Seeker®. El valor del mismo sitio para la información registrada por el RPAS (superficie de 1 m²) y los sensores de Sentinel se muestran en la Tabla 3.

Sitio	Green Seeker®	RPAS	Sentinel 10 m	Sentinel 20 m
1	0.7300	0.8042	0.4701	0.4594
2	0.7000	0.8439	0.4799	0.5389
3	0.7200	0.8349	0.5417	0.4688
4	0.7200	0.3896	0.4261	0.4542
5	0.7900	0.5854	0.4608	0.4511
6	0.7200	0.5816	0.4652	0.4542
7	0.4500	0.4069	0.4860	0.4988
8	0.5400	0.3266	0.4721	0.4988
9	0.3300	0.3821	0.3821	0.4051
	R^2	0.3692	0.2077	0.0388

Tabla 3. Valor de NDVI, de los sensores remotos empleados en este estudio, para los sitios muestreados en campo con Green Seeker®.

En la tabla 3, en donde se observan los valores de NDVI registrados para un mismo sitio, muestra al final un Coeficiente de Correlación de Pearson que relaciona al conjunto de datos obtenidos por cada sensor, con el obtenido en campo por el Green Seeker. Con lo anterior, se observa una mayor relación de los datos registrados con el RPAS, en comparación con los datos de Sentinel. Cabe destacar que al momento de procesar la información de los datos obtenidos por RPAS, estos son filtrados para únicamente relacionar la información de vegetación con los datos de campo, es decir, se discriminan los pixeles que corresponden a otros elementos registrados en la imagen y que no corresponden a la información a analizar, como el suelo (Matias et al., 2020). Este proceso, no se puede realizar en las imágenes de Sentinel por su escala de registro de información, y por lo tanto, los pixeles de 10 X 10 y 20 X 20 siempre van a incluir los datos de NDVI del suelo y de otros elementos que no estén en nuestros objetivos analizar, como es el caso de las malezas o residuos de cultivos anteriores. Esto último implica que en estudios en donde se consideren escalas de trabajo de Sentinel, para vegetación o cultivos, se requiere del uso de índices que discriminen la información del suelo y maximicen las características de la vegetación el cultivo, o deben ser aplicados a aquellos cultivos en donde su cobertura espacial sea mayor a la escala del sensor (Vani y Venkata-Ravibabu, 2017).



Los resultados de esta comparación de sensores, muestran que no es recomendable utilizar modelos que implicaron el uso de drones en estimaciones de variables como biomasa (materia seca) hacia escalas de mayor tamaño de pixel, pues se corre el riesgo de subestimar el contenido de biomasa.

Conclusiones

Las diferentes escalas de trabajo en campo, cuando se entrenan imágenes satelitales u ortofotos obtenidas por drones deben estar planificadas en función a la escala del sensor remoto, es decir, ser representativas a la información obtenida por el sensor.

Es necesario tomar en cuenta la escala del sensor remoto utilizado en el desarrollo de modelos para estimación de parámetros como biomasa, no se recomienda su uso en condiciones diferentes a las cuales fue desarrollado.

Referencias

- Matias, F. I., Caraza-Harter, M. V., Endelman F. B. 2020. FIELDimageR: An R package to analyze orthomosaic images from agricultural field trials. *The Plant Phenom Journal*.
- European Spatial Agency (ESA). 2023. Sentinel-2 MSI User Guide. European Union. (<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi> Sitio visitado el 1 de septiembre del 2023)
- Index DataBase (IDB). 2023. A database for remote sensing indices. The IDB Project. (<https://www.indexdatabase.de/> Sitio visitado el 28 de agosto del 2023)
- Jae-Hyun, R., Sang-Il, N. Jaeil, C. 2020. Inter-Comparison of Normalized Difference Vegetation Index Measured from Different Footprint Sizes in Cropland. *Remote Sensing*.
- Vani, V., Venkata-Ravibabu, Mandla. 2017. Comparative study of NDVI and SAVI vegetation indices in Anantapur District semi-arid areas. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*.



CARACTERIZACIÓN EDAFOLOGICA DONDE CRECEN FORMAS SILVESTRES DE FRIJOL COMÚN

Liliana Wallander-Compeán^{1,2*}, Norma Almaraz-Abarca², José A. Ávila-Reyes², Erika Berenice León-Espinoza¹, Minerva Rentería-Ortega¹

¹Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, Av. Instituto Tecnológico s/n Ejido de San Felipe, Edo. De México. C.P. 50640; ²Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. Sigma 119, Fraccionamiento 20 de noviembre II, Durango, Durango. C.P.34220 *Autor de correspondencia: lwallanderc@ipn.mx

Introducción

Las especies silvestres tienen rasgos relacionados con la adaptación a condiciones desfavorables como temperaturas extremas, sequía y ataque de insectos al desarrollo de las plantas y semilla (Peña-Valdivia et al., 1999, 2002, 2011; López, et al., 2010; Sánchez-Urdaneta et al., 2003). Los beneficios potenciales del aprovechamiento y abundancia de las poblaciones silvestres de frijol para el fitomejoramiento preceden a su estudio detallado, desde enfoques científicos diversos, para fundamentar su aprovechamiento (Moreno & Casas, 2008). El objetivo del trabajo fue conocer los contenidos totales de los elementos presentes en el suelo es importante, porque nos permite hacer una apreciación de abundancia y distribución de estos en el mismo.

Materiales y métodos

Los suelos donde crece el frijol común silvestre se colectaron en septiembre-noviembre de 2018 en tres lugares diferentes de Durango, México, Súchil Latitud N 23° 39'02.4'', Longitud O, 104° 02'26.7'', Altitud 1964 y precipitación 511. Arroyo del Tepehuaje Latitud N 23° 52'31.5'', Longitud O, 105° 37'15.2'', Altitud 1850 y precipitación 231.0 y La Calera Latitud N 23° 51'59.4'', Longitud O, 105° 36'29.7'', Altitud 1892 y precipitación 231.0.

Las muestras se prepararon para el método Fluorescencia de Rayos-X (FRX). Ensayo de identidad de las principales bandas, siguiendo el "Manual de usuario del equipo espectrómetro de FRX", marca Bruker. Se obtuvo el análisis de las muestras, de acuerdo a los parámetros Muestra: sólida, gas utilizado: He, Tiempo de análisis: 7 minutos, Tipo de análisis: análisis completo.

Resultados y discusión

Análisis con el método Fluorescencia de Rayos-X (FRX). La comparación de los elementos encontrados en el suelo analizado (Tabla 1), muestra que la población con elementos en mayor cantidad es la de Arroyo del Tepehuaje, con alta cantidad de macronutrientes entre ellos, P, Ca y Mg, micronutrientes, Fe y Mn, donde se encontró mayor cantidad de Si fue en la muestra analizada de Súchil con 62.2%. Se hizo Análisis de componentes principales en el cual se aprecia como es que se agrupan, La Calera y Arroyo del Tepehuaje, esto porque algunos elementos se encuentran en proporciones similares, en comparación con la muestra analizada de Súchil.

**Tabla 1.** Resultados del análisis de FRX de cada una de las muestras

	Súchil	Arroyo del Tepehuaje	La Calera
Si	62.2	47.6	54
Al	11.6	19.2	15.3
Fe	7.17	17.1	13.3
K	10.8	3.2	7.24
Ca	4.47	5.14	4.83
Sr	0.0331	0.142	0.152
Mg	0.441	3.28	1.38
Ti	0.637	1.85	1.67
Mn	0.219	0.385	0.339
Zn	0.0447	0.0506	0.0591
Na	1.36	1.6	1.16
P	0	0.243	0.129
S	0	0.0635	0
Rb	0.136	0.0114	0.0347
Ba	0.564	0.155	0.381
Zr	0.161	0	0

Si: Silicio, Al: Aluminio, Fe: Hierro, K: Potasio, Ca: Calcio, Sr: Estroncio, Mg: Magnesio, Ti: Titanio, Mn: Manganeseo, Zn: Zinc, Na: Sodio, P: Fósforo, S: Azufre, Rb: Rubidio, Ba: Barios, Zr: Circonio. Unidades= %

Análisis de Componentes Principales. Los resultados del PCA basado en los resultados obtenidos del FRX, revelaron que dos componentes principales explicaron el 100 % de la varianza total entre los suelos analizados (Fig. 1). El componente principal 1 (PC1), que explicó el 83.81 % de la varianza total, estuvo asociado con el suelo analizado de La Calera y Arroyo del Tepehuaje, los cuales coparten características similares en nutrientes de suelo. El componente principal 2 (PC2) estuvo asociado con el suelo analizado de Súchil y explicó el 16.19% de la varianza total.

Los resultados del correspondiente PCA revelaron que el suelo de Arroyo del Tepehuaje, posee mayores nutrientes y el de Súchil, aunque posee altas cantidades de Silicio, elemento estructural que refuerza la pared celular, fortaleciendo la sustentación física del vegetal y protegiéndolo del ataque de agentes externos (Caballero *et al.* 2020).

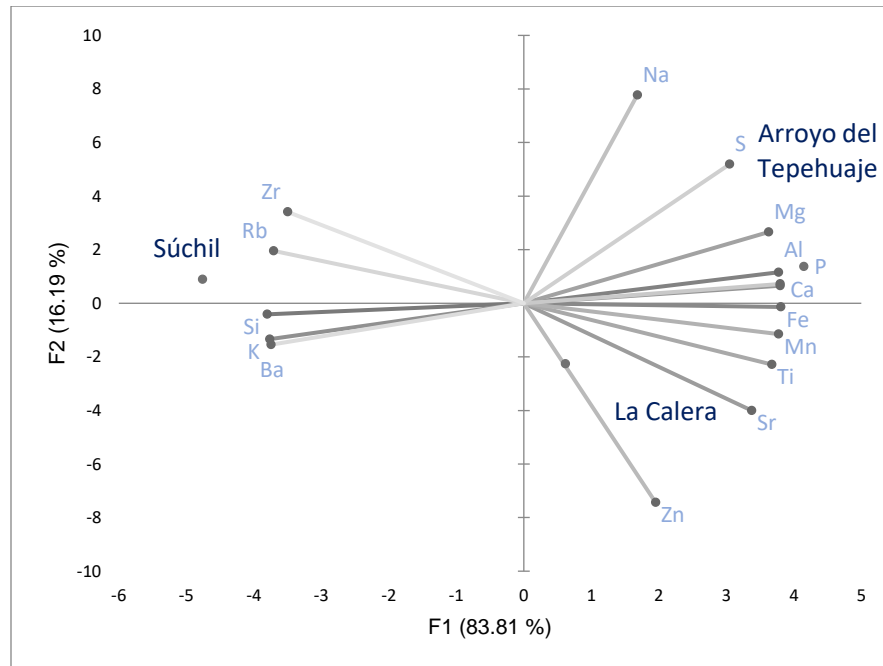


Figura 1. Resultados del análisis de componentes principales basados en los resultados del método FRX de suelo donde crecen formas silvestres de frijol común de Durango, México.

Conclusiones

Los elementos nutritivos como P, K, Ca, Mg y los metales pesados estimados por Fluorescencia de Rayos X, se obtuvieron diferentes concentraciones, siendo el suelo de Arroyo del Tepehuaje el que mayor porcentaje tiene de elementos como el Al, que ayuda a reducir la toxicidad producida por el exceso de fósforo, hierro, cobre o zinc, incrementa la actividad de las enzimas antioxidantes y ayuda a que la planta tenga un mayor crecimiento. El análisis total reveló altos niveles de algunos elementos como Si, Zn, Na y Al en los suelos estudiados, los cuales pueden ser importantes para el mejor desarrollo de la planta. Estos resultados ilustran la variabilidad en la composición de elementos nutritivos en el suelo



Referencias

- Caballero, E. M. C., Badel, D. A. P., & Fuentes, R. B. (2020). Silicio disponible en suelos alcalinos por diferentes métodos y el absorbido por cultivos de maíz y frijol a nivel de invernadero. *Suelos Ecuatoriales*, 50(1y2), 13-25. DOI: 10.47864/SE(50)2020p13-25_114
- López Salinas, E., Tosquy Valle, O. H., Villar Sánchez, B., Rodríguez Rodríguez, J. R., Ugalde Acosta, F. J., Morales Rivera, A., & Acosta Gallegos, J. A. (2010). Negro Comapa, nueva variedad de frijol para el estado de Veracruz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(5), 707-714.
- Moreno-Calles, A. I., & Casas, A. (2008). Conservación de biodiversidad y sustentabilidad en sistemas agroforestales de zonas áridas del valle de Tehuacán, México. *Zonas Áridas*, 12(1), 13-35.
- Peña-Valdivia, C. B., Hernandez, E. D., Bernal-Lugo, I., & Aguirre, J. R. (1999). Seed quality of a wild population and an improved cultivar of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) after storage. *Interciencia* 24: 8-13.
- Peña-Valdivia, C. B., GARCIA N, R., AGUIRRE R, J. R., & Trejo, C. (2002). The effects of high temperature on dormancy and hypocotyl-root growth of wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Seed science and technology*, 30(2), 231-248.
- Peña-Valdivia, C. B., García-Nava, J. R., Aguirre R, J. R., Ybarra-Moncada, M. C., & López H, M. (2011). Variation in physical and chemical characteristics of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grain along a domestication gradient. *Chemistry & Biodiversity*, 8(12), 2211-2225.
- Roca, F. A. I.; Paz, G. A.; Vidal, V. E. (2008). Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo tras la adición de compost procedente de RSU. *Actas del VIII Congreso SEAE*. Murcia. (en prensa)
- Sánchez-Urdaneta, A. B., Peña-Valdivia, C. B., Trejo, C., Aguirre, J. R., Cárdenas, E., & Galicia Jiménez, A. B. (2003). Permeabilidad de las membranas radicales de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre y domesticado bajo déficit de humedad. *Interciencia*, 28(10), 597-603.



VII CONGRESO
INTERNACIONAL

XIX CONGRESO
NACIONAL

SOBRE

**RECURSOS BIÓTICOS
DE ZONAS ÁRIDAS**

Memoria:

Carteles



Contenido

Carteles

Modelación espacial de idoneidad de hábitat para el cultivo de Higo (<i>Ficus carica</i> L.) En La Comarca Lagunera	162
Crecimiento y potencial de producción de tres especies forrajeras leguminosas en la región centro-sur de Chihuahua	166
Análisis nutricional de la producción de forraje de Maíz y Girasol bajo temporal en Mineral de Reforma, Hidalgo, México.	170
Preferencia de consumo de ensilados de Maíz con Girasol por ovejas	174
Fases fenológicas de líneas sobresalientes y variedades convencionales de Algodón, en La Comarca Lagunera de Coahuila, México.	178
Potencial productivo de Guar (<i>Cyamopsis tetragonoloba</i> L.) En función del distanciamiento entre surcos y densidad de población	183
Medición del área de cladodios de Nopal forrajero (<i>Opuntia</i> spp.) En dos sistemas de plantación.	187
Rendimiento y calidad de Frijol variedad pinto bravo en dos arreglos topológicos en condiciones de riego suplementario	192
Propiedades de cocción de tallarines elaborados con harina de Trigo y cotiledones de Frijol Negro San Luis	195
Diversidad de la microbiota oral en población humana expuesta a nitratos	199
Rendimiento en selecciones de Duraznero en aguascalientes	204
Rendimiento y peso de Frijol pinto libertad sembrado en dos sistemas de siembra bajo riego por goteo.....	208
Actividad bactericida del extracto etanólico de <i>Argemone mexicana</i> (Chicalote) por el método de alamar azul en cepas causantes de las IAAS, aisladas de un sanatorio privado.....	211
Efecto de la inoculación con <i>Fusarium</i> sp en plantas de Chile (<i>Capsicum annum</i>) sobre la concentración de auxinas	215
Respuesta de plantas de Mezquite al trasplante en sustratos compuestos por jales mineros	219
Rendimiento y distribución de la fruta de genotipos sobresalientes de Guayaba plantados semicomercialmente en altas densidades	223
Incidencia de pudrición de la raíz en cinco variedades de frijol pinto en suelos de Aguascalientes	226
Efecto de bioestimulantes biológicos y químicos en algunos indicadores de crecimiento y fisiología en el cultivo del tomate <i>Solanum lycopersum</i> en condiciones de déficit hídrico	231
Indicadores morfométricos y productivos de diferentes materiales genéticos de <i>Lotus corniculatus</i> L. Bajo condiciones de déficit hídrico en campo abierto del norte de México	235
Efecto del zilpalterol comercial en bovinos productores de carne periodo (engorda-sacrificio): caso de un rancho en Nuevo León	238



Efecto de inoculantes en la capacidad de formación de nodulos en los cultivo de Soya (<i>Glycine max</i> L.), <i>Crotalaria</i> (<i>Crotalaria juncea</i> L.) Y <i>Lablab</i> (<i>Lablab purpureus</i> L.)	242
Gusano barrenador del fruto (<i>Diaphania hyalinata</i> l.) En el cultivo de melón en La Región Lagunera.....	244
Comportamiento de respuesta en el contenido relativo de agua y producción de biomasa fresca en cultivos de Maíz <i>Zea mays</i> L. Y Sorgo <i>Sorghum bicolor</i> en condiciones de agricultura de escorrentía.....	246
Relación entre las condiciones ambientales con la concentración de carotenoides y en plantas de <i>Lotus corniculatus</i> L.....	249
Aislamiento orográfico y sus efectos sobre la diversidad genética en colectas de Maíz criollo del Mezquital, Durango.....	253
Hidro y quimio acondicionamiento de semillas de Melón (<i>Cucumis melo</i> L.) Con quitosano y sus efectos en la germinación.....	258
Métodos colorimétricos para evaluar la calidad fisiológica de semillas de Agave, Mezquite y Pino.....	261
Comportamiento del contenido hídrico y pigmentos fotosintéticos en Tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. Cv. Saladette en condiciones de déficit hídrico	265
Acumulación de materia seca de Triticale y Avena forrajeros en el rancho El Carmen	268
Caracterización de un sistema de producción familiar de bovino lechero semi-estabulado en San Miguel El Alto Jalisco	272
Los recursos florísticos cercanos a los apiarios ubicados en el estado de Guanajuato, México.	276
Las nanoparticulas de oxido zinc biosintetizadas aumentan los compuestos fitoquimicos en frutos de Chile (<i>Capsicum annum</i>).....	282
Plantas medicinales para problemas músculo esqueléticos en la región de Isidro Fabela, estado de México.	286
Caracterización morfométrica de semillas de Samandoque [<i>Hesperaloe funifera</i> (K. Koch) Trel.].....	289
Influencia de el niño oscilación del sur (Enso) en la temperatura media para la cuenca del río conchos	292
Carbono almacenado en una plantación forestal comercial de Candelilla (<i>Euphorbia antispyhillitica</i> Zucc.) Con diferentes intensidades de aprovechamiento.....	296
Evaluación y selección de materiales convencionales de Algodón para la región centro-sur de Chihuahua.	301
Calidad fisiológica de la semilla de <i>Agave potatorum</i> zucc. (Papalomé).....	305
Propuesta de una metodología para la colecta y beneficio de semilla de Mezquite (<i>Prosopis leavigata</i>)	310
Sustentabilidad de la producción de Maíz amarillo en el distrito de Desarrollo Rural 33 Cuauhtémoc, Chihuahua.....	314
Estimacion de la cobertura del suelo en una imagen clasificada, mediante un cuadrante virtual en un agostadero en Panuco, Zacatecas.....	319
Efecto del uso de biofertilizantes en la calidad y captura de carbono en suelos de huertas de naranjo.....	324
Caracterización molecular de <i>Agave</i> spp, utilizando la región ITS2.....	329



Distribución y caracterización de sitios de anidación de <i>Athene cunicularia</i> al sureste de Mapimí, Durango.	334
Evaluación agronómica de triticale (<i>X. Triticosecale</i> witt.) Con diferentes regímenes de agua y fertilización.....	338
Diversidad de aves acuáticas en un humedal permanente al sur del municipio de Cuencamé, Durango.	343
Daño de frutos en selecciones de Duraznero en Aguascalientes	347
Incremento de la temperatura media en la estación del Campo Experimental Zacatecas durante el periodo de 1973 al 2022.....	351
Registros de distribución geográfica de especies silvestres de <i>Phaseolus</i> L., en el estado de Durango, México.	354
Crecimiento en vivero y calidad de planta de <i>Prosopis glandulosa</i> y <i>Acacia farnesiana</i> en diferentes mezclas de sustrato.....	358
Evaluación de un retenedor de humedad aplicado al sustrato durante la producción de planta en vivero	363
Desarrollo vegetativo en plántulas de Orégano (<i>Lippia graveolens</i> Kunth) con influencia de fitohormona y micorriza	367
Momento óptimo de control con base a la densidad de Mosca blanca y depredadores en Algodón convencional	374
Efecto de la temperatura ambiental en el potencial genético y productivo de Maíz forrajero	378
Carpita negra, <i>Codoma ornata</i> , Girard 1856 (Cypriniformes: Leuciscidae) especie sensible y endémica para el norte de México, aspectos para su conservación.	382
Panorama actual de la producción de biodiesel	386
Contenido de compuestos polifenólicos en frutos de Durazno (<i>Prunus persica</i> L.) según su ubicación en el árbol.....	391
Producción de Maíz forrajero con altas densidades de población y riego por goteo.....	395
Determinación del coeficiente de cultivo del Maíz forrajero mediante índices de vegetación de imágenes de satélite y tecnología RPAS	399
La contaminación por nitratos y sus efectos en la salud humana.....	403



MODELACION ESPACIAL DE IDONEIDAD DE HABITAT PARA EL CULTIVO DE HIGO (*Ficus carica* L.) EN LA COMARCA LAGUNERA

Karla Janeth Martínez-Macias¹, Selenne Yuridia Márquez-Guerrero^{1*}, Aldo Rafael Martínez-Sifuentes², Miguel Ángel Segura-Castruita³

¹Instituto Tecnológico de Torreón, carretera Torreón - San Pedro de las Colonias Km 7.5, Ejido Ana, 27170 Torreón, Coah. ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA), Km. 6.5 margen derecha. Canal de Sacramento, C.P. 35079, Gómez Palacio, Durango, ³Instituto Tecnológico de Tlajomulco, carretera Tlajomulco Km 10, Cto. Metropolitano Sur, 45640 Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. * Autor de correspondencia: selenne.marquez@hotmail.com

Introducción

En los últimos años, actividades antrópicas como la quema de combustibles, la deforestación, la ganadería y hasta la misma agricultura, han intensificado el cambio climático, provocando incrementos mayores en la temperatura, aumentando un aproximado de 0.74 °C en los últimos 100 años y se pronostica un aumento de entre 1.8 a 4.0 °C para el 2100 (Rivera-Aguirre et al., 2021). Los resultados de los análisis realizados por Nelson *et al.*, (2009) sugieren que el cambio climático afectará negativamente a la agricultura y al bienestar humano, ya que representa una amenaza para la satisfacción de los requerimientos de los cultivos y por lo tanto su presencia y distribución (Rivera-Aguirre et al., 2021). Los modelos de nicho ecológico son capaces de predecir qué tanto potencial de desarrollo tiene una especie con respecto a las condiciones ambientales (Rivera-Aguirre et al., 2021), el cual se ha fortalecido a partir del desarrollo de tecnologías informáticas lo que ha permitido que este enfoque metodológico se esté utilizando ampliamente para abordar preguntas en diferentes campos y mejorar sus interpretaciones (Mota-Vargas et al., 2019).

Los cultivos emergentes o alternativos, son aquellos que se han introducido recientemente y responden a nuevas demandas y oportunidades comerciales (González, 2021). Es decir, por sus características, permiten sustituir o complementar a los que se producen tradicionalmente, registran mejores precios por la alta demanda internacional y brindan una oportunidad de incrementar las ganancias del productor agrícola (Neri-Guzmán y Medina-Ortega 2019). El higo es considerado un cultivo emergente debido a su importancia, versatilidad y adaptabilidad a establecerse en zonas semi áridas, sin embargo, las recientes investigaciones al cultivo de higo se han enfocado a evaluaciones para establecimiento y calidad de fruto (Flores-Mora et al. 2009; Pereira et al. 2017), análisis de bioestimulantes y nutrimentos (Becerril-Roman 2018) y variación estacional de concentración foliar de nutrientes (Márquez-Guerrero et al. 2019), pero no se ha establecido su viabilidad y la importancia que pueda tener en México y la Comarca Lagunera.

Materiales y métodos

Para la elaboración de este trabajo se tuvieron diferentes fases, tomando a la Comarca Lagunera (25° 33' 00" N, -103° 26' 00" W) como área de estudio. Para la primera etapa se utilizaron imágenes del satélite Sentinel-2 con un nivel de procesamiento 2A, descargadas de la página <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> perteneciente a la Agencia Europea Espacial. Posteriormente se hizo una recolección de datos. Se obtuvieron 644 puntos de incidencia del cultivo de higo para México de la base de datos de Global Biodiversity Information Facility (GBIF.org 2021). Se realizó un primer filtro para eliminar datos que estuvieran a 1 km de distancia entre ellos mediante la plataforma NicheToolBox de CONABIO (Osorio-Olvera et al. 2019).



Después se llevó a cabo, un segundo filtro con el software de ArcGIS 10.8, donde mediante la capa vectorial de uso de suelo y vegetación serie VII de INEGI proveniente de CONABIO (2022), se seleccionaron los puntos de presencia del cultivo dentro de áreas agrícolas, reduciendo el número de datos a 68. Posteriormente, de la base de datos de WorldClim ver 2.0, se obtuvieron los datos de clima (Fick y Hijmans, 2017) con una resolución de ~1 km² por píxel, con información promedio mundial de 1970 al 2000. Para clima futuro, se descargó la información del CMIP5 (Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 5 2013) para el horizonte 2050 y 2070, utilizando vías de concentración representativas (RCP) 2.6 y 8.5. para el Modelo Climático Global HADGEM2-ES (Hadley Centre Global Environment Model version 2-EarthSystem) (de ahora en adelante HE), el cuál es recomendado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático para la República Mexicana (INECC 2022).

Para seleccionar las variables ambientales más relevantes (cuadro 1), se utilizó el algoritmo del software MaxEnt ver 3.4.4 (Máxima Entropía por sus siglas en inglés) (Phillips et al. 2006), utilizando 10,000 puntos de fondo, con base en una prueba no discriminativa (sin duplicación) de información relevante para la heterogeneidad ambiental de la información climática de la higuera, y se extrajo información de cada variable de acuerdo con Becerra-López et al. (2017).

Cuadro 1. Variables ambientales relevantes para la producción del cultivo de higo

Variable	Descripción
BIO12	Precipitación anual
MO	Materia orgánica
BIO9	Temperatura media del trimestre más seco
ELE	Elevación
BIO17	Precipitación del trimestre más seco
FR	Fragmentos rocosos
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido
ARC	Acilla

La tendencia del cambio de superficie por efectos del cambio climático, se cuantificó mediante la ecuación propuesta por Gutiérrez y Trejo (2014), tanto para el RCP 2.6 como el 8.5, tomando como referencia el clima actual, así como el cambio entre escenarios. $\% \text{ Cambio} = \left[\frac{S_1 - S_0}{S_0} \right] \times 100$
 Donde: S₀ es la superficie total, de acuerdo al escenario base, y S₁ es la superficie bajo condiciones de cambio climático.

Resultados y discusión

Las variables más relevantes para la distribución del cultivo de higo en México, para clima actual fueron BIO12, MO, BIO9, ELE, BIO17 y FR, que explican una variabilidad total de 90.6% del modelo. En el cuadro 2 se pueden observar los cambios que se tienen con la producción del cultivo de higo proyectados a futuro en la Comarca Lagunera (figura 1 y 2).

Cuadro 2. Superficie de idoneidad del cultivo de higo actual y cambio porcentual proyectado a futuro

	Actual Laguna	%Cambio 2050		%Cambio 2070	
	Km ²	HE26	HE85	HE26	HE85
Mala	24,928.40	-17.81	-13.20	-12.99	-27.39
Regular	15,172.50	-20.79	-6.40	-19.35	-18.17
Buena	7,417.81	+14.40	+15.88	+13.75	+31.64
Excelente	463.79	+1,399.00	+656.92	+1,103.44	+1,551.44

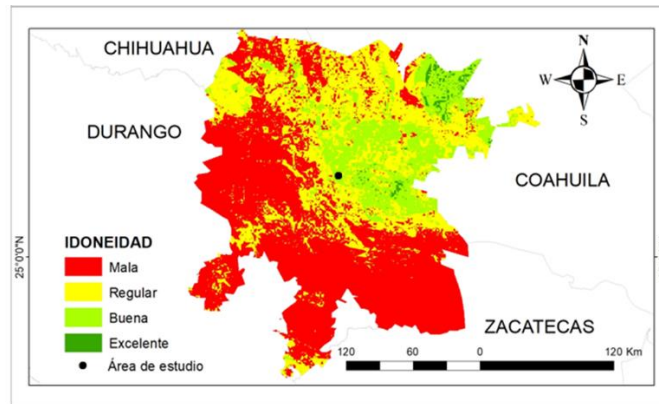


Figura 1. Áreas de idoneidad para la producción del cultivo de higo en la actualidad

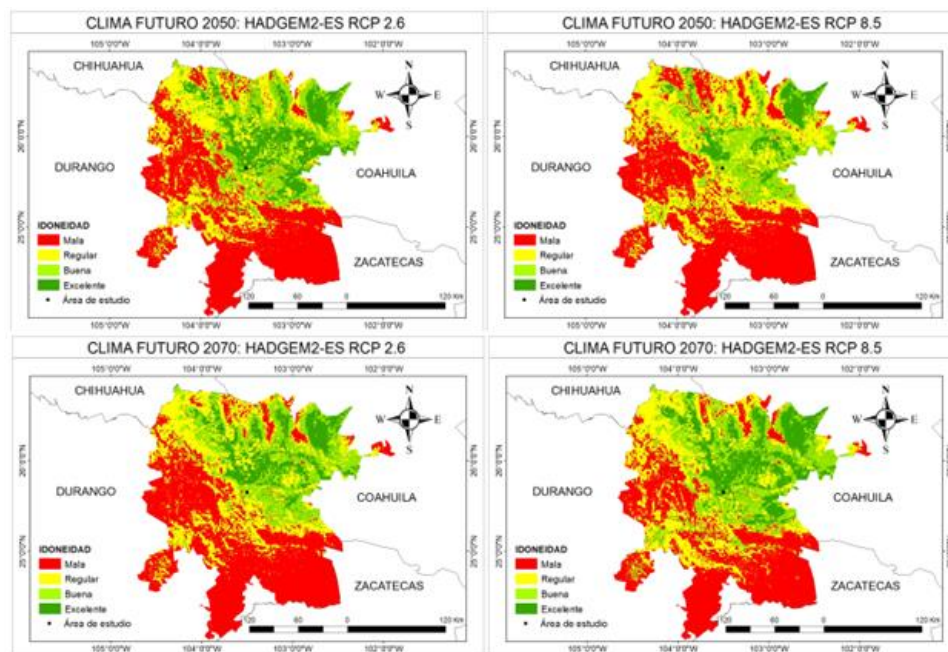


Figura 2. Áreas de idoneidad para la producción del cultivo de higo proyectados a futuro con RCP 2.6 y 8.5 para los años 2050 y 2070.

Diversos autores han reportado resultados con el uso del programa MaxEnt para diferentes especies bajo condiciones naturales de desarrollo y bajo prácticas agrícolas, como lo son el ahuehuete, algodón, cacahuate, cacao, granadilla, (Martínez-Sifuentes et al. 2021, Munar et al. 2022, Rivera-Aguirre et al. 2021), entre otros, obteniendo buenas predicciones con pocas variables bioclimáticas, pero que representan más del 90% de la variabilidad. Para el caso de La Comarca Lagunera se puede observar que se presenta un aumento significativo en los sitios de idoneidad para la producción del cultivo de higo, con lo cual se pueden aprovechar estas zonas para la producción actual y futura del cultivo de higo.

Conclusión

Los resultados encontrados en este estudio, permitieron identificar las áreas con las características ambientales aptas para el establecimiento del cultivo de higo dentro de la Comarca Lagunera, y así poder sacar el mejor potencial del cultivo en la Región.



Referencias

- Becerra-López JL, Esparza-Estrada CE, Romero-Méndez U, Sigala-Rodríguez JJ, Mayer-Goyenechea IG, Castillo-Cerón JM. (2017). *Evidence of niche shift and invasion potential of Lithobates catesbeianus in the habitat of Mexican endemic frogs*. *Plos One* 12: e0185086. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185086>
- Becerril-Román, A. (2018). *Bioestimulantes y nutrimentos foliares en la producción de higo (Ficus carica L.) 'Café de Turquía'*. *Agro Productividad*. 11(9). DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i9.1209>
- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. 2022. Portal de Geoinformación 2022. Acervo del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [SNIB]. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Fick SE, Hijmans RJ. (2017). *Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas*. *International Journal of Climatology* 37: 4302-4315. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Flores-Mora DM, Jiménez-Bonilla V, Chacón-Cerdas R. (2009). *Cultivo de tejidos en Ficus carica con miniestacas*. *Agronomía Mesoamericana*. 20(2): 319-325.
- GBIF [Global Biodiversity Information Facility]. 2021. GBIF Occurrence Download. DOI: <https://doi.org/10.15468/dl.nt9eaf>
- González M. (2021). *Abran paso a los cultivos emergentes*. *Agricultura. Revista Agropecuaria*. 6-21. http://www.revistaagricultura.com/emergentes/economia/abran-paso-a-los-cultivos-emergentes_13724_39_17107_0_1_in.html (accessed may 12, 2022).
- Gutiérrez E, Trejo I. (2014). *Efecto del cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas de bosque templado en México*. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 179-188. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.37737>
- INECC [Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático]. (2022). *Guía de Escenarios de Cambio Climático para Tomadores de Decisiones*. pp 65.
- Márquez-Guerrero SY, Figueroa-Viramonetes U, Cueto-Wong JA, Arreola-Ávila JG, Zegbe-Domínguez JA, Trejo-Calzada R. (2019). *Variación estacional de la concentración foliar de nutrimentos en huertas de higuera bajo sistemas de producción intensiva*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.10(3): 525-537. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1272>
- Martínez-Sifuentes AR, Villanueva-Díaz J, Crisantos de la Rosa E, Stahle, DW. 2021. *Current and future spatial modeling of habitat suitability of the Mexican baldcypress (Taxodium mucronatum Ten.): a proposal for conservation in Mexico*. *Botanical Sciences*. 99(4), 752-770. <https://doi.org/10.17129/botsci.2772>
- Mota-Vargas C, Encarnación-Luévano A, Ortega-Andrade HM, Prieto-Torres DA, Peña-Peniche A, Rojas-Soto OR. (2019). *Una Breve introducción a los modelos de nicho ecológico. La Biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo/LiberMex, Ciudad De México, pp.39-63.
- Munar A, Rodríguez A, Muñoz J. 2022. *Potenciales áreas cultivables de pasifloras en una región tropical bajo escenarios de cambio climático*. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 13(1):109 - 129. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.4637>
- Nelson GC, Rosegrant MW, Jawoo Koo, Robertson R, Sulser T, Zhu T, Ringler C, Msangi S, Palazzo A, Batka M, Magalhaes M, Valmonte-Santos R, Ewing M, Lee D. (2009). *Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation*. *Food Policy Report 21*. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute [IFPRI].
- Neri-Ortega JC, Medina-Ortega MA. (2019). *Cultivos alternativos como un mecanismo para el desarrollo de zonas áridas. El caso de la jojoba en el Altiplano potosino*. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*.10(1): 44-63. https://rde.inegi.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/RDE_27_art4.pdf
- Osorio-Olvera L, Vijay B, Narayani B, Soberón J, Falconi M. (2019). *Ntbox: From getting biodiversity data to evaluating species distributions models in a friendly GUI environment*. *R package version 0.2.5.4*. <https://github.com/luismurao/ntbox> (accessed April 24, 2022).
- Pereira C, Serradilla MJ, Pérez-Gragera F, Martín A, Villalobos MC, López-Corrales M. 2017. Evaluation of agronomic and fruit quality traits of fig tree varieties (*Ficus carica L.*) grown in Mediterranean conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 15 (3): e0903 (9 p.). <https://doi.org/10.5424/sjar/2017153-10403>
- Phillips SJ, Anderson RP, y Schapire RE. (2006). *Maximum entropy modeling of species geographic distributions*. *Ecological Modelling*, 190(3-4):231–259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Rivera-Aguirre D, Ortiz-Acosta M, Bernal-Mendoza H, Sánchez-Rojas G, Ramírez-Bravo E, Jiménez-García D. (2021). *Impacto del cambio climático en la distribución potencial de tres cultivos agrícolas en México*. *Acta Agrícola Pecuaria*. 7 (1):1-16 DOI: <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071015>



CRECIMIENTO Y POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE TRES ESPECIES FORRAJERAS LEGUMINOSAS EN LA REGIÓN CENTRO-SUR DE CHIHUAHUA

David Guadalupe Reta Sánchez¹, Esmeralda Ochoa Martínez², Juan Isidro Sánchez Duarte², Yasmin Ileana Chew Madinaveitia²

¹Campo Experimental Delicias. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. ²Campo Experimental La Laguna. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte. Col. Centro. C.P. 27440, Matamoros, Coahuila.

Introducción

La degradación del suelo es una de las principales amenazas para la producción sostenible de forrajes en los sistemas de producción de leche intensivos en el Norte-Centro de México. Para contribuir en el mejoramiento del proceso de producción de forraje, es importante incorporar leguminosas que ayude a tener una mejor rotación de cultivos. De esta forma es posible disminuir el uso de los fertilizantes nitrogenados, y además mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo. En los sistemas de producción forrajeros actuales sólo se produce en forma intensiva, como leguminosa, a la alfalfa, por lo que es importante continuar con los estudios para determinar el potencial de producción de nuevas especies leguminosas en la región. En la Comarca Lagunera y en Delicias, Chihuahua se reportan rendimientos de materia seca (MS) de soya de 7,873 a 13,500 kg ha⁻¹ (Reta *et al.*, 2008; Reta *et al.*, 2013; Orozco *et al.*, 2014), de chícharo de vaca de 3,540 a 5,885 kg ha⁻¹ y de frijol lablab de 6,132 a 15,578 kg ha⁻¹ (Reta *et al.*, 2008). Otra especie leguminosa con potencial de adaptación en la región es la *Crotalaria juncea* L., que ha sido utilizada como mejorador del suelo y abono verde, y como fuente de forraje por su potencial de rendimiento de MS de 7,704 a 13,398 kg ha⁻¹ en un período de 71 a 121 días después de la siembra (dds) (Santos *et al.*, 2011). El objetivo del estudio fue determinar el crecimiento y potencial de producción de forraje de tres especies leguminosas en la región Centro-Sur de Chihuahua.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Campo Experimental Delicias del INIFAP, localizado en Delicias, Chihuahua a 28° 11' latitud norte y 105° 30' longitud oeste, con una altitud de 1,178 msnm. La textura del suelo es franco arenoso en el estrato 0-30 cm y franco arcilloso arenoso en 30-60 cm. La preparación del terreno que consistió en subsoleo, arado, rastreo, nivelación y surcado a 65 cm se realizó entre el 21 de abril y 15 de mayo de 2023. El riego de siembra se aplicó el 21 de mayo de 2023. Los tratamientos en evaluación fueron tres especies de leguminosas: soya (*Glycine max* L.) variedad "Nainari", crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) cv. "Común" y Lablab (*Lablab purpureus* L.) cv "Sustain LS".

La siembra se realizó el 1º de junio de 2023 con una densidad de siembra en crotalaria de 100 semillas/m² y 64 semillas/m² en lablab y soya. Se aplicó una dosis de fertilización de 250 kg N ha⁻¹ y 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ con Novatec Solub 45 y ácido fosfórico, respectivamente. Para evitar deficiencias de Fe se aplicó quelato "Ultraferro 6%" en dosis de 10 kg/ha en todas las parcelas experimentales. Se aplicaron tres riegos de auxilio a los 17, 22 y 54 días después de la siembra (dds). Para el control de plagas se realizaron tres aplicaciones de insecticidas. Para determinar el crecimiento y desarrollo de los cultivos, semanalmente se obtuvieron datos de altura de planta, índice de área foliar (IAF) y el desarrollo fenológico. A los 69 dds, cuando la crotalaria alcanzó la etapa de final de floración y llenado de vainas, se estimó el rendimiento de materia seca (MS) de las tres especies.



Resultados y discusión

Desarrollo y crecimiento de especies. La especie con mayor precocidad fue la crotalaria con un periodo de crecimiento vegetativo corto de 44 días, y de 25 días de crecimiento de órganos reproductivos, durante el cual se desarrollaron ramas y en ellas, la formación y crecimiento de vainas (Cuadro 1). El crecimiento rápido en altura de planta ocurrió a partir de los 29 dds, superando ampliamente al observado en soya y lablab. La cosecha de crotalaria se realizó a los 69 dds, cuando las plantas presentaron las últimas flores abiertas en los extremos de ramas y tallo principal, y las vainas aún verdes contenían semillas verdes en crecimiento. La soya por su parte, presentó un crecimiento vegetativo más largo (54 días), con un inicio más tardío de la formación y crecimiento de vainas (69 dds). Se observó un crecimiento en altura de planta más rápido a partir de los 29 dds. El lablab mostró un crecimiento lento hasta los 57 dds, con un ligero incremento a partir de esta edad (Figura 1), cuando se inició el crecimiento de guías vegetativas, sin desarrollar órganos reproductivos.

Cuadro 1. Etapas fenológicas de tres especies de leguminosas.

Especie	Etapas fenológicas					Cosecha
	10 nudos [¶]	15 nudos	Inicio floración	Inicio crecimiento vainas	Llenado de vainas	
Días después de la siembra						
Soya	29	44	54	70	-	69
Crotalaria	12	24	44	49	57	
Lablab	29	44	-	-	-	

[¶]Número nudos tallo principal; Inicio floración = primeras flores en plantas; Inicio crecimiento vainas = vainas 1-2 cm longitud; Llenado vainas = crecimiento semillas.

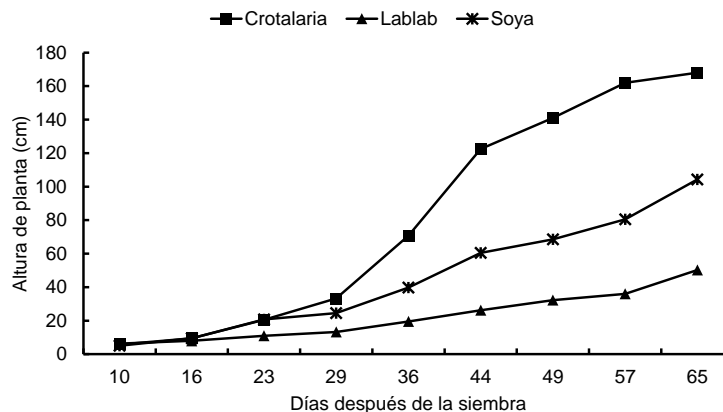


Figura 1. Altura de planta durante el ciclo de crecimiento de tres especies de leguminosas en la región Centro-Sur de Chihuahua.



Intercepción de radiación solar y rendimiento de materia seca. Los valores del índice de área foliar (IAF) y la capacidad de intercepción de radiación solar (INTRS) durante el ciclo fueron diferentes entre especies. Los valores de ambos parámetros durante el ciclo fueron mayores en soya, seguido de crotalaria y el lablab que tuvo un crecimiento más lento, desde las etapas más tempranas del desarrollo. Las diferencias entre soya y crotalaria se amplían a partir de los 31 dds (Figura 2).

Los valores máximos de IAF alcanzados a los 65 dds fueron de 5.34 en soya, 2.52 en crotalaria y 1.81 en lablab; mientras que la capacidad de intercepción de radiación solar presentó valores máximos de 95.7% en soya, 66.1% en crotalaria y 55.9% en lablab; esto significa que sólo la soya cubrió totalmente el suelo a los 65 dds.

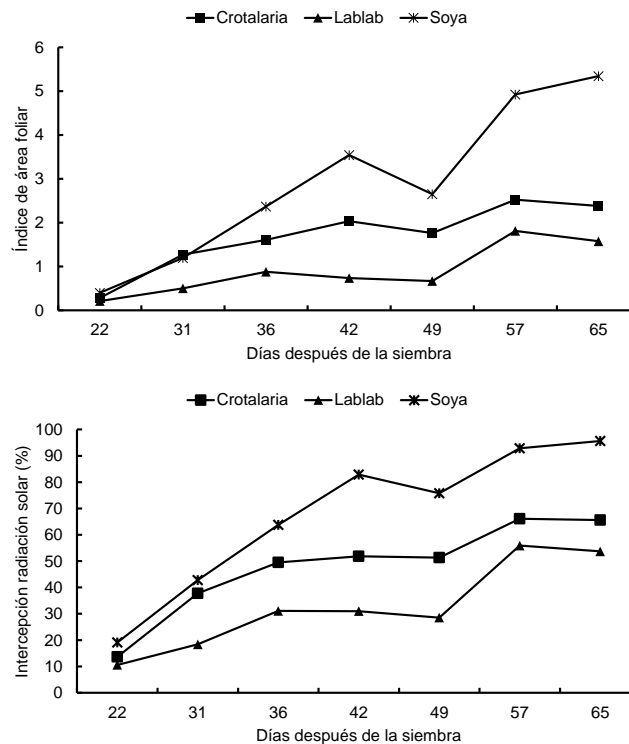


Figura 2. Índice de área foliar (IAF) y capacidad de intercepción de radiación solar, durante el ciclo de crecimiento de tres especies leguminosas.

Los mayores rendimientos de MS a los 69 dds se obtuvieron en crotalaria (3,894 kg/ha) y en soya (3,635 kg/ha), mientras que lablab produjo 1,286 kg/ha. El nivel de rendimiento de MS observado en crotalaria fue inferior al obtenido en otros estudios (7,704 a 8,800 kg/ha) a los 71 y 90 dds (Shomberg *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2011), y similar a los 4,500 kg/ha obtenidos a los 60 dds (Schomberg *et al.*, 2007). En el presente estudio, de acuerdo a la etapa de cada especie, los rendimientos de la crotalaria están cerca del máximo posible ya que se cosechó cuando el cultivo alcanzó el final de floración y durante el llenado de la semilla, mientras que la etapa de cosecha en la soya y el lablab fue temprana respecto a la fase de cosecha recomendada para forraje en otros estudios para soya (7,873 a 11,872 kg/ha), con un ciclo de crecimiento de 91 a 132 dds (Reta *et al.*, 2008; Reta *et al.*, 2013; Orozco *et al.*, 2014); y para lablab de 6,132 a 15,578 kg/ha (Reta *et al.*, 2008).



Cuando se observó la relación entre la intercepción de radiación solar promedio durante el ciclo con el rendimiento de MS de las especies leguminosas, se encontró que la mayor capacidad de intercepción de soja y crotalaria resultó en una mayor acumulación de MS; sin embargo, la crotalaria requirió menores valores de IAF para lograr rendimientos de MS similares (Figura 3).

Probablemente, la mayor capacidad de cubrir el suelo en soja significó una mayor competencia por luz en el dosel del cultivo; mientras que en crotalaria, la mayor eficiencia de aprovechamiento de la radiación solar por unidad de IAF se debió a una mejor distribución de luz en su dosel; lo cual se originó de la incapacidad del cultivo de cubrir completamente el suelo y de una mayor altura de planta (168 cm), con una arquitectura de un tallo principal con ramas desde la mitad del tallo hacia arriba.

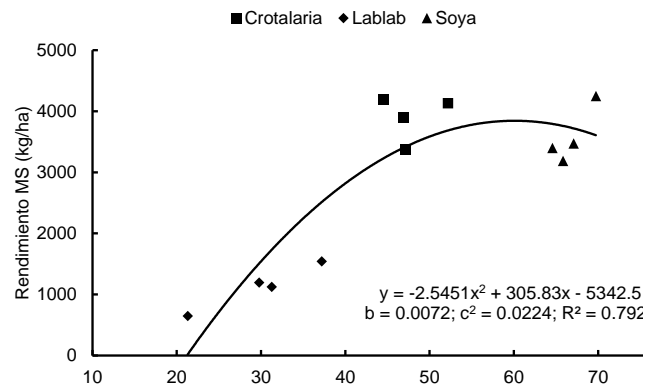


Figura 3. Relación entre la intercepción de radiación solar promedio y el rendimiento de materia seca (MS) en tres especies de leguminosas.

Conclusiones

Los mayores rendimientos de MS se obtuvieron en crotalaria y soja, con un ciclo de crecimiento más corto en crotalaria, ya que esta alcanzó la etapa de final de floración y llenado de vainas en la cosecha realizada a los 69 dds; mientras que la soja llegó a inicio de floración y el lablab se cortó en fase vegetativa. El mayor rendimiento de MS en soja y crotalaria se relacionó a su mayor capacidad de intercepción de radiación solar, sin embargo, la crotalaria presentó un mayor incremento de rendimiento de MS por unidad de IAF.

Referencias

- Orozco, H.G., D.G. Reta S., F. Baez I., & G. Terrazas P. (2014). Potencial forrajero de variedades de soja con diferente ciclo de crecimiento y tipo de planta durante el ciclo primavera-verano en Delicias, Chih. pp: 367-372. Memoria de la XXVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. 10 al 12 de septiembre del 2014. Gómez Palacio, Durango, México.
- Reta, S.D.G., J.S. Serrato C., R. Figueroa V., J.A. Cueto W., S. Berúmen P., & J. Santamaría C. (2008). Cultivos alternativos con potencial de uso forrajero en la Comarca Lagunera. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP-CIRNOC-SAGARPA. 268 p.
- Reta, S.D.G., P.C. Castellanos G., J. Olague R., H.M. Quiroga G., J.S. Serrato C., & A. Gaytán M. (2013). Potencial forrajero de cuatro especies leguminosas en el ciclo de verano en la Comarca Lagunera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4(5):659-671.
- Santos, A., E. Valencia, E. Román-Paoli, & R. Ramos-Santana. (2011). Época de siembra y fechas de cosecha afectan el rendimiento de materia seca de *Crotalaria juncea* L. 'Tropic Sun' en el noroeste de Puerto Rico. J. Agric. Univ. P.R. 95(3):179-191.
- Schomber, H.H., N.L. Martini, J.C. Diaz-Perez, S.C. Phatak, K.S. Balkcom, & H.L. Bhardwa. (2007). Potential for using sunn hemp as a source of biomass and nitrogen for the piedmont and coastal plain regions of the southeastern USA. Agron. J. 99:1448-1457.



ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE MAÍZ Y GIRASOL BAJO TEMPORAL EN MINERAL DE REFORMA, HIDALGO, MÉXICO.

Mauricio Velázquez-Martínez^{1*}, Filogonio Jesús Hernández-Guzmán², Francisco Santiago-Hernández¹, Miguel Ángel Mata-Espinosa³ Rosendo Hernández Martínez⁴.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Luis, km 14.5 Carretera San Luis - Matehuala. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. C.P. 78430. ²Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Domicilio conocido s/n, Tepatepec, Francisco I. Madero, Hidalgo, México. CP. 42660. ³Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km. 40 Carr. Gómez Palacio – Chihuahua. Bermejillo, Durango, México C.P. 35230. ⁴INIFAP, Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas, México. km. 61 Carr. Matamoros-Reynosa C.P. 88900.

*Autor de correspondencia: velazquez.mauricio@inifap.gob.mx.

Introducción

La alimentación del ganado rumiante en producción se basa en forrajes de corte y pastoreo, sin embargo, el uso de ensilados es importante para mantener la condición corporal de los animales en época de estiaje y que no disminuya la eficiencia ganadera (Echavarría, 2007). El girasol es una planta nativa del Norte de México y Suroeste de Estados Unidos con rendimientos de forraje en materia verde de 8 a 12 t ha⁻¹ (Fassio et al. 2001), donde la calidad nutritiva en botón, floración y madurez fisiológica, en proteína cruda (PC) contiene 16, 11 y 9%, respectivamente, mientras la digestibilidad de la materia orgánica es 75, 72 y 63%, respectivamente. Por su parte Tomich et al. (2003) reportaron en 13 genotipos de girasol con rendimientos en base húmeda de 12.1 a 29.1 t ha⁻¹. Por otro lado, el rendimiento de maíz forrajero en verde en el temporal semiárido potosino fue reportado por Velázquez-Martínez et al. (2018); en Charcas fue de 4.8 t ha⁻¹ y en Matehuala de 28.0 t ha⁻¹, lo cual indica variabilidad entre maíces utilizados por los productores locales, en diferentes condiciones de suelo y humedad. Así mismo, Aragadvay-Yungán et al. (2015) en varias combinaciones de maíz + girasol (100% maíz, 75% maíz + 25% girasol, 50% maíz + 50% girasol, 25% maíz + 75 % girasol y 100% girasol) en Almoloya de Juárez, Estado de México, concluyen que el ensilado de girasol podría ser una alternativa para sustituir al ensilado de maíz hasta un 25%, ya que el aporte de proteína y energía es similar al ensilado de maíz solo, sin embargo, son de diferente demanda hídrica (uso consultivo) de 467 mm (para maíz) y 390 mm (para girasol), respectivamente (Villanueva et al., 2001). Basado en los antecedentes, la siembra combinada de maíz + girasol en temporal a diferentes proporciones para ensilado no ha sido documentado, por tanto, el objetivo del estudio fue evaluar la producción de forraje y ensilajes a base de plantas de maíz forrajero (100%), maíz forrajero + girasol (10%) y maíz forrajero + girasol (20).

Materiales y métodos

Sitio experimental. El estudio se realizó en la localidad La Pila, Mineral de la Reforma, Estado de Hidalgo, México. El lugar está situado a 2510 metros sobre el nivel del mar, coordenadas geográficas Longitud (dec): -98.686111 y Latitud (dec): 20.106667. El clima es templado-semiárido con 15° C de temperatura media anual y 540 mm de precipitación. El suelo es Vertisol con textura arcillosa, 2% de materia orgánica, pH de 7.0 (INEGI, 2009). La semilla del maíz utilizado fue de híbrido trilineal marca Asgrow variedad Faisán, el cual tiene su fecha de antesis a 130 días después de siembra (dds) y listo para ensilar a 155 dds. El girasol sembrado (*Helianthus annuus*) fue la variedad Sunspot, el cual llega al estadio lechoso-masoso a 160 dds. El estudio comprendió desde la preparación de terreno, siembra, primera y segunda escarda, cosecha de los materiales forrajeros (junio-noviembre 2020).



Manejo experimental. La preparación de terreno se realizó el 26 de mayo 2020 y constó de barbecho y dos pasos de rastra. La siembra fue en suelo a capacidad el 6 de junio 2020 con sembradora manual y no se realizó fertilización. Las proporciones (tratamientos) de los materiales fueron 100% maíz, 90% maíz + 10% girasol y 80% maíz + 20% girasol; lo anterior, en tres bloques completos al azar. La densidad de siembra tanto de maíz como girasol fue de acuerdo a Escalante-Estrada *et al.* (2008), esto es, 75 000 plantas ha⁻¹.

La unidad experimental consistió de dos surcos con separación de 0.80 m entre sí por 6 m de largo, se cortó a 10 cm sobre el suelo y se pesó en báscula de reloj (Marca Torino®, Morelia, Michoacán, México). El corte de los materiales forrajeros se realizó a 126 dds, tal como lo indicó Aragadvay-Yungán *et al.* (2015), para esto, se picó finamente (<1 pulgada) de manera manual y fue colocado en tambos de plástico de 100 L por duplicado, después, se compactó de manera paulatina y fueron tapados herméticamente. Posterior a 45 días se destapó cada silo y se determinó la materia seca, esto es, se pesó 2.0 kg en tres repeticiones en báscula digital Truper modelo 15161 (México) de 5.0 kg de capacidad, después permanecieron en ambiente de invernadero durante dos semanas con flujo de aire, posteriormente, permanecieron en estufa de aire forzado (Marca Ciderta®, Huelva, España) a 55 °C durante 5 h y luego se pesó en báscula digital Truper 15161. Una vez pesados los materiales forrajeros en base seca, se pesó 0.5 kg por tratamiento por duplicado para enviar al laboratorio certificado Agro Lab de México SA. de CV en Gómez Palacio, Durango, México, donde se determinó: porcentaje de proteína cruda (PC), proteína soluble, fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), carbohidratos no fibrosos, grasa, nutrientes digestibles totales (NDT), digestibilidad de la materia orgánica a 30 h, digestibilidad *in vitro* de la materia seca, digestibilidad *in vitro* de FDN. Así mismo, en Mcal kg⁻¹, energía metabólica (EM).

Variables estudiadas. Las variables fueron producción forrajera en verde y materia seca (t ha⁻¹), por otro lado, análisis bromatológico en laboratorio.

Análisis de datos. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza usando el programa estadístico SAS/STAT (2010) y, las medias se compararon con prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$), previo a homogeneidad de varianza de Bartlett. El modelo para variables producción de forraje fue:

$$Y_{ij} = \mu + \text{Trat}_i + \text{Bloq}_j + e_{ij}$$

En el cual Y_{ij} = es la variable respuesta en el tratamiento i , repetición j ; μ = media general; Trat_i = efecto del tratamiento i , donde $i = 1, 2$ y 3 ; Bloq_j = efecto del bloque j ; e_{ij} = error aleatorio.

Resultados

Se observó diferencia en el rendimiento de forraje en verde ($P < 0.001$) y en base seca ($P < 0.01$; Figura 1), donde la siembra combinada de maíz 80% y girasol 20% fue mayor en 1.25 veces respecto a solamente maíz, contrario a lo reportado por Warren (1980), ya que observaron mayor cantidad de materia seca con solamente maíz (11195 vs. 9346 kg ha⁻¹). La producción de forraje de maíz en verde en nuestro estudio en comparación a Velázquez-Martínez *et al.* (2018) realizado en Charcas y Matehuala, Estado de San Luis Potosí, México (4.8 y 28 t ha⁻¹, respectivamente), indica que la producción en Mineral de la Reforma, Hidalgo, está en el rango de maíces en temporal. Se observó que, a mayor adición de girasol en la siembra, el rendimiento de forraje fue mayor ($P < 0.01$), sin embargo, el cultivo de girasol es complicado, ya que, en suelos con historial de banco de malezas, su desarrollo será menor por no poder aplicar herbicidas selectivos para hoja ancha. Se observa una mayor producción de forraje conforme se aumentó el porcentaje de girasol en la siembra combinada con maíz (Figura 1).

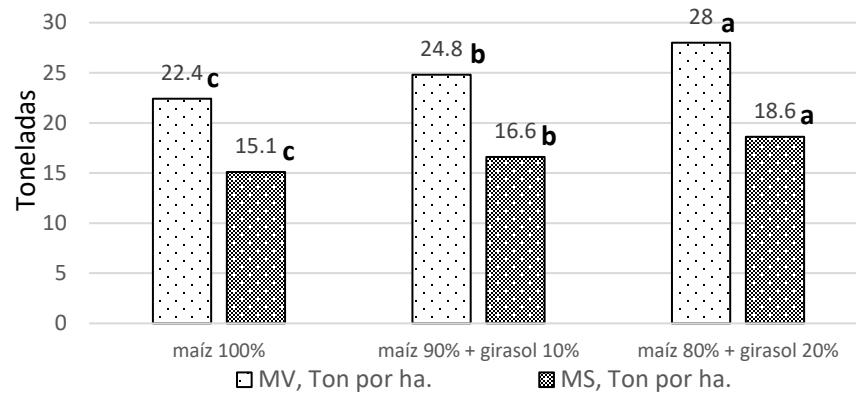


Figura 1. Rendimiento de forraje de la siembra combinada de maíz, y maíz + girasol en Real del Monte, estado de Hidalgo en condiciones de temporal. a,b,c Medias con distintas literales en barras similares, difieren estadísticamente ($P < 0.05$). MV = Materia verde, MS= Materia seca.

En el análisis bromatológico de los ensilados a partir de maíz, maíz + girasol 10% y maíz + girasol 20% únicamente las variables PC y NDT no fueron diferentes ($P > 0.05$; Cuadro 1), sin embargo, la proteína soluble maíz + girasol 10% fue mayor ($P < 0.01$), lo cual coincidió con mayor calificación en la producción de ácidos grasos volátiles, por tanto, se puede entender que los microorganismos pueden aprovechar en mayor proporción la proteína del forraje, lo cual ayudara a la multiplicación de la microbiota ruminal, aporte energético y proteína metabólica (Velázquez-Martínez *et al.* 2022) y según Okoruwa y Igene (2014) a mayor digestibilidad de la FDN en rumen da como resultado mayor producción de ácidos grasos volátiles en el orden: acetato, propionato y butirato.

Cuadro 1. Composición química de tres ensilados producidos de siembra combinada de maíz con girasol en Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

Concepto	maíz 100%	maíz 90% - girasol 10%	maíz 80% - girasol 20%	Promedio	Signif.	EEM
Proteína cruda	10.4	10.2	10.0	10.2	NS	0.07
Proteína soluble	59.0c †	72.5a	66.0b	65.8	**	0.86
FDA	35.4b	35.9a	35.8a	35.7	**	0.043
FDN	59.3b	61.1a	61.9a	60.8	**	0.18
Lignina	3.2c	3.6b	4.6a	3.8	***	0.043
DIV a 30 h	80.5a	77.5b	78.1ab	78.7	*	0.41
DIV FDN a 30 h	67.3a	65.2b	64.1b	65.5	**	0.17
Carbohidratos no fibrosos	22.3a	20.5c	21.6b	21.4	**	0.05
Grasa	2.9a	2.3b	2.2b	2.4	**	0.04
NDT	58.9	59.3	57.5	58.5	NS	0.33
Enl	1.19a	1.16ab	1.12b	1.2	*	0.007
Enm	1.18a	1.17a	1.12b	1.2	**	0.005
Eng	0.62a	0.61a	0.55b	0.6	**	0.004
EM (Mcal)	2.38a	2.29b	2.22c	2.3	**	0.01
Calificación AGV	6.27b	7.16a	5.48c	6.3	***	0.007

a,b,c Medias con distintas literales en la misma fila difieren estadísticamente ($P < 0.05$). Signif. = Significancia * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$. EEM = Error estándar de la media. NS = no significativo estadísticamente ($P > 0.05$). FDA = Fibra detergente ácido, FDN = Fibra detergente neutro, DIV = Digestibilidad *in vitro*, ENI = Energía neta de lactancia (Mcal kg), ENm = Energía neta de mantenimiento (Mcal kg), ENG = Energía neta de ganancia (Mcal kg). EM = Energía metabólica (Mcal kg). AGV = Ácidos Grasos Volátiles.



Recomendaciones. Se recomienda seguir buscando alternativas de producción de forraje que resulten económicas y con un aceptable nivel de efectividad para enfrentar los efectos adversos del clima, específicamente la reducción en cantidad y frecuencia de la precipitación pluvial que afecta el potencial productivo de los cultivos.

Conclusiones

Cuando se requiera producir mayor cantidad de forraje por unidad de superficie, la mejor combinación es maíz 80% + girasol 20% y mantiene el porcentaje de nutrientes digestibles totales.

Referencias

- Aragadvay-Yungán, R.G., Rayas-Amor, A.A., Heredia-Nava, D., Estrada-Flores, J.G., Martínez-Castañeda F.E., & Arriaga-Jordan C.M. (2015). Evaluación in vitro del ensilaje de girasol (*Helianthus annuus* L.) solo y combinado con ensilaje de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 6 (3): 315-327.
- Echavarría, Ch. F.G., Serna, P.A., & Bañuelos, V.R. (2007). Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano: II Cambios en el suelo. *Técnica Pecuaria en México* 45 (2):177-194. http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/sistema_de_pastoreo.pdf
- Escalante-Estrada, L.E., Escalante-Estrada, Y.I. & Linzaga-Elizalde, C. (2008). Densidad de siembra del girasol forrajero. *Agronomía Costarricense* 32 (2): 177-182. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43632213.pdf>
- Fassio, A., Cozzolino, D. & Fernández, E. (2001). Girasol, alternativa forrajera. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. *El país agropecuario* 25-28. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10425/1/71.pdf>
- Okoruwa, M.I. & Igene, F.U. (2014). Comparison of fermentation kinetics (*in-vitro*) of Napier grass and fruit peels for ruminants: The pattern of organic matter degradability, volatile fatty acid concentration estimated methane and microbial biomass production. *J. Agriculture and Veterinary Science* 7: 21-28.
- Tomich, T., Rodrigues, J., Gonçalves, L., Tomich, R. & Carvalho, A. (2003). Potencial forrageiro de cultivares de girasol produzidos na safrinha para ensilagem. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 55 (6): 756-762. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352003000600013>
- SAS/STAT. (2010). Statistical Analysis System for windows. Version 9.3. SAS Institute Inc., Campus Drive, Cary, North Carolina 27513
- Velázquez-Martínez, M., Mendoza-Guzmán, S., Hernández-Guzmán, F.J., Landa-Salgado, P., Nieto-Aquino, R. & Mata-Espinosa, M. (2018). Producción forrajera de mijo perla y maíz en el altiplano potosino de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 41 (4): 477-482. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4.477-482>
- Velázquez-Martínez, M., Rodríguez-Ortega, L.T., Rojas-García, A.R., Enríquez-Quiroz, J.F., Santiago-Hernández, F., Ramírez-Rojas, S.G., & Hernández Guzmán, F.J. (2022). Morphology and forage quality in buffel, rhodes, and blue grama grasses in Valle del Mezquital: Grasses of semiarid. *AgroProductividad* 15 (1): 137-143. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i1.2158>
- Villanueva, D.J., Loredó, O.C., & Hernández R. A. (2001). Requerimientos hídricos de especies anuales y perennes en las zonas Media y Altiplano de San Luis Potosí. INIFAP, Folleto Técnico Núm. 30 p. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/755.pdf>
- Warren, F.S. (1980). Forage production of corn and sunflower mixtures. *Canadian J. of Plant Science* 60: 1377-1382. <https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.4141/cjps80-192>



PREFERENCIA DE CONSUMO DE ENSILADOS DE MAÍZ CON GIRASOL POR OVEJAS

Mauricio Velázquez-Martínez^{1*}, Filogonio Jesús Hernández-Guzmán², Miguel Ángel Mata-Espinosa³, Perpetuo Álvarez Vázquez⁴, Francisco Santiago-Hernández¹, Lino Garnica-Monzalvo²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Luis, km 14.5 Carretera San Luis - Matehuala. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. C.P. 78430. ²Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Domicilio conocido s/n, Tepatepec, Francisco I. Madero, Hidalgo, México. CP. 42660. ³Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km. 40 Carr. Gómez Palacio – Chihuahua. Bermejillo, Durango, México C.P. 35230. ⁴Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista. Saltillo, Coahuila. C.P.25315. *Autor de correspondencia: velazquez.mauricio@inifap.gob.mx.

Introducción

El uso de ensilado de maíz es muy común en la alimentación de rumiantes, tanto en época de estiaje como en unidades de producción especializada en leche y carne. El girasol es una planta nativa del Norte de México y Suroeste de Estados Unidos con rendimientos de forraje en materia verde de 8 a 12 t ha⁻¹ (Fassio et al. 2001), donde la calidad nutritiva en botón, floración y madurez fisiológica, en proteína cruda (PC) contiene 16, 11 y 9%, respectivamente, mientras la digestibilidad de la materia orgánica es 75, 72 y 63%, respectivamente. Así mismo, Aragadvay-Yungán et al. (2015) en varias combinaciones de maíz + girasol (100% maíz, 75% maíz + 25% girasol, 50% maíz + 50% girasol, 25% maíz + 75 % girasol y 100% girasol) en Almoloya de Juárez, Estado de México, concluyen que el ensilado de girasol podría ser una alternativa para sustituir al ensilado de maíz hasta un 25%, ya que el aporte de proteína y energía es similar al ensilado de maíz solo, sin embargo, son de diferente demanda hídrica (uso consultivo) de 467 mm para maíz y 390 mm para girasol, respectivamente (Villanueva et al., 2001). La selección de materiales forrajeros por ovinos ha sido descrita por Anderson *et al.* (2010) donde menciona que los ovinos prefieren forrajes con mayor contenido de proteína, bajo en carbohidratos fibrosos y de alto valor forrajero. Por tal motivo, se debe considerar que las gramíneas disminuyen su calidad a mayor edad de las plantas por agregación de lignina (Velázquez-Martínez et al. 2022). En caso de girasol según Fassio et al. (2001), la disminución de la digestibilidad de la materia orgánica a madurez fisiológica, es debida a mayor contenido de lignina, pero también por altos contenidos de aceite; que afecta la digestión ruminal por parte de la microbiota. Basado en los antecedentes, se probó la preferencia de consumo por ovejas en tres ensilados de maíz combinado con girasol en diferentes porcentajes: ensilajes a base de maíz forrajero al 100%, maíz forrajero + girasol al 10% y maíz forrajero + girasol al 20%.

Materiales y métodos

Sitio experimental. El estudio se realizó en la localidad La Pila, Mineral de la Reforma, Estado de Hidalgo, México. El lugar está situado a 2510 metros sobre el nivel del mar, coordenadas geográficas Longitud (dec): -98.686111 y Latitud (dec): 20.106667. El clima es templado-semiárido con 15° C de temperatura media anual y 540 mm de precipitación. El suelo es Vertisol con textura arcillosa, 2% de materia orgánica, pH de 7.0 (INEGI, 2009).

Materiales experimentales. La semilla del maíz utilizado fue de híbrido trilineal marca Asgrow variedad Faisán, el cual tiene su fecha de antesis a 130 días después de siembra (dds) y listo para ensilar a 155 dds. El girasol sembrado (*Helianthus annuus*) fue la variedad Sunspot, el cual llega al estado lechoso-masoso a 160 dds. Las siembras combinadas de maíz y girasol hasta la cosecha de forraje comprendieron de junio-noviembre 2020 y, la adaptación y selección de ensilajes por ovejas fue de diciembre 2020 a enero 2021. Las proporciones (tratamientos) de los materiales fueron 100% maíz, 90% maíz + 10% girasol y 80% maíz + 20% girasol; lo anterior, en tres bloques completos al azar.



La densidad de siembra tanto de maíz como girasol fue de acuerdo a Escalante-Estrada *et al.* (2008), esto es, 75 000 plantas ha⁻¹. El corte de los materiales forrajeros para ensilar se realizó a 126 dds, tal como lo indicó Aragadvay-Yungán *et al.* (2015), para esto, se picó finamente (≤ 1 pulgada) y se usaron como silos, tambos de plástico de 100 L, por duplicado, después, se compactó de manera paulatina y fueron tapados herméticamente. Posterior a 45 días se destapó cada uno de los silos y se determinó la materia seca, esto es, se pesó 2.0 kg en tres repeticiones en báscula digital Truper modelo 15161 (México) de 5.0 kg de capacidad, después permanecieron en ambiente de invernadero durante dos semanas con flujo de aire, posteriormente, permanecieron en estufa de aire forzado (Marca Ciderta®, Huelva, España) a 55 °C durante 5 h y luego se pesó en báscula digita Truper 15161. Una vez pesados los materiales forrajeros en base seca, se pesó 0.5 kg por tratamiento por duplicado para enviar al laboratorio certificado Agro Lab de México SA. de CV en Gómez Palacio, Durango, México, donde se determinó: porcentaje de proteína cruda (PC), proteína soluble, fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), carbohidratos no fibrosos, grasa, nutrientes digestibles totales (NDT), digestibilidad de la materia orgánica a 30 h, digestibilidad *in vitro* de la materia seca, digestibilidad *in vitro* de FDN. Así mismo, en Mcal kg⁻¹, se determinó energía neta de lactancia (ENI), energía neta de mantenimiento (ENm), energía neta de ganancia (ENg), energía metabólica (EM).

Acondicionamiento de animales y manejo experimental. Previo al periodo de selección de los ensilados, diez borregas (Suffolk X Hamshire) fueron desparasitadas con ivermectina al 0.1% a dosis de 1 ml 50 kg PV⁻¹ subcutánea y albendazol oral a dosis de 2 ml 10 kg PV y revacunación de bacterina 7 vías de marca Biozoo a dosis de 1.0 ml 20 kg PV subcutánea. Después, durante nueve días de 13:00 a 17:00 h, se colocó a borregas en corraletas individuales con sombra (1.5 x 1.7 m) para su costumbre; y se les ofreció heno rye grass y agua *ad libitum*. El manejo de las corderas durante 20 días en experimentación en la selección de los ensilados, de 08:00 a 13:00 h permanecieron juntas con 700 g por animal de heno de rye grass, y agua *ad libitum*. La selección de los tres ensilados fue de 13:00 a 17:00 h en las corraletas individuales con agua *ad libitum*. En la corraleta se colocó un comedero con tres compartimentos separados donde se depositaron 510 g de cada ensilado: 1) ensilaje de maíz, 2) ensilaje de maíz + girasol 10% y 3) ensilaje de maíz + girasol 20%. Una vez terminado el tiempo, todos los animales permanecieron juntos para pernoctar.

VARIABLES ESTUDIADAS. Las variables fueron las concernientes al análisis bromatológico de los ensilados y el consumo promedio por tipo de ensilado. De manera adicional, se pesó a las borregas antes de iniciar el experimento y al término de éste, con báscula tipo “romana” marca Torino (México) de 200 kg de capacidad.

ANÁLISIS DE DATOS. Los datos de las variables estudiadas fueron sometidos a análisis de varianza usando el programa estadístico SAS/STAT (2010) y, las medias se compararon con prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$), previo a homogeneidad de varianza de Bartlett. El modelo usado para análisis de los datos de preferencia de consumo fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Sup}_i + \text{Día}_j + (\text{Sup}_i \times \text{Día}_j) + e_{ijk}$$

En el cual Y_{ijk} = respuesta observada en el tiempo de muestreo en la submuestra *j-esimo* nivel de inclusion de girasol *i-esimo* en la repetición *k-esimo*; μ = media general; Sup_i = efecto del tipo de suplemento *i*, donde *i* = 1, 2 y 3; Día_j = efecto de la muestra en el tiempo *j*, donde *j* = 1... 20; $\text{Sup}_i \times \text{Día}_j$ = efecto de la interacción entre el *i-esimo* tipo de suplemento con el *j-esimo* día de muestreo; e_{ijk} = error experimental asociado con todas las observaciones (Y_{ijk}).



Resultados y discusión

En el análisis bromatológico de los ensilados a partir de maíz, maíz + girasol 10% y maíz + girasol 20% solamente la variable proteína cruda no fue diferente ($P > 0.05$; Cuadro 1), sin embargo, la proteína soluble maíz + girasol 10% fue mayor ($P < 0.01$), lo cual coincidió con mayor calificación en la producción de ácidos grasos volátiles, por tanto, se puede entender que los microorganismos pueden aprovechar en mayor proporción la proteína del forraje, lo cual ayudara a la multiplicación de la microbiota ruminal, aporte energético y como proteína metabólica (Velázquez-Martínez *et al.* 2022) y según Okoruwa e Igene (2014) a mayor digestibilidad de la FDN en rumen da como resultado mayor producción de ácidos grasos volátiles en el orden: acetato, propionato y butirato, lo cual fue observado en maíz ($P < 0.01$).

Cuadro 1. Composición química de tres ensilados producidos en Mineral de la Reforma, Hidalgo, México y utilizados para ser seleccionados por borregos.

Concepto	Maíz 100%	Maíz 90% + girasol 10%	Maíz 80% + girasol 20%	Signif.
Proteína cruda	10.4	10.2	10.0	NS
Proteína soluble	59.0c	72.5a	66.0b	**
FDA	35.4b	35.9a	35.8a	**
FDN	59.3b	61.1a	61.9a	**
Lignina	3.2c	3.6b	4.6a	***
DIV a 30 h	80.5a	77.5b	78.1ab	*
Carbohidratos no fibrosos	22.3a	20.5c	21.6b	**
EM (Mcal)	2.38a	2.29b	2.22c	**
Calificación AGV	6.27b	7.16a	5.48c	***

a,b,c Medias con distintas literales en la misma fila difieren estadísticamente ($P < 0.05$). Signif. = Significancia * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$. NS = no significativo estadísticamente ($P > 0.05$). FDA = Fibra detergente ácido, FDN = Fibra detergente neutro, DIV = Digestibilidad *in vitro* de la MS, EM = Energía metabólica (Mcal kg). AGV = Ácidos Grasos Volátiles.

En la prueba de preferencia de consumo de ensilados por ovejas, se observaron diferencias entre tratamientos ($P < 0.001$; Figura 1), sin embargo, no se observaron diferencias por el tiempo ($P < 0.0784$), ni la interacción ($P < 0.8781$). El consumo de ensilados animal día⁻¹, en maíz solo promedió 355.05 g, en maíz 90 + girasol 10% promedió 237.03 g, y maíz 80 + girasol 20% promedió 235.41 g. La prueba de comparación de medias indicó que, el ensilado maíz solo, tuvo mejor aceptación por las ovejas en comparación al ensilado combinado forraje de maíz con girasol ($P < 0.01$) y, no se observaron diferencias entre los ensilados que contenían girasol ($P > 0.05$; Figura 1). Lo anterior puede ser explicado por la composición química de los ensilados, el de maíz contiene menos lignina ($P < 0.001$; Cuadro 1); además, se observó que el ensilado de maíz tuvo mayor contenido de carbohidratos no fibrosos ($P < 0.01$), razón por la cual fue más preferido. Lo anterior fue consignado por Anderson *et al.* (2010) al mencionar que los ovinos seleccionan su dieta en base PC, fibra digestible y fibra no digestible y menos pubescencia en los materiales forrajeros; lo que hace menos palatable a ensilados con girasol. El peso final promedio de las ovejas en los 20 días de selección de los tres ensilados fue de 49.77 kg y la ganancia diaria de peso fue de 0.247 gr.

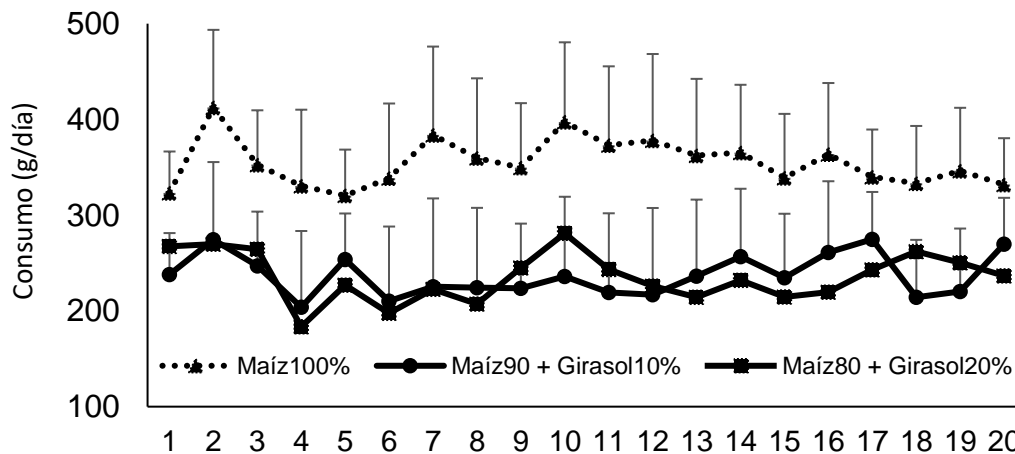


Figura 1. Preferencia de consumo diario de ensilados por ovejas en Mineral de la Reforma, Estado de Hidalgo, México.

Recomendaciones. Como resultado de obtener forrajes alternativos que resulten económicos y con un aceptable nivel de efectividad para enfrentar los efectos adversos del cambio climático en el potencial productivo de los cultivos forrajeros, se recomienda realizar pruebas de preferencia de consumo y producción animal con estos forrajes, con la finalidad de conocer la respuesta animal.

Conclusiones

El ensilado de 100% forraje de maíz, es más preferido por ovejas que en combinación con 10 y 20 % de girasol; sin embargo, como alternativa al déficit del régimen de lluvias, la producción de ensilados de maíz con 10 y 20 % de girasol también es bien consumido y mantiene sus principales características nutricionales.

Referencias

- Anderson, V., Troche, G., & Fugal, R. (2010). Preferencia de forrajes introducidos por el ganado vacuno y ovino en el Altiplano Boliviano. *BIOTecnía* 7 (3): 42-57. DOI: <https://doi.org/10.18633/bt.v12i3.103>
- Aragadvay-Yungán, R.G., Rayas-Amor, A.A., Heredia-Nava, D., Estrada-Flores, J.G., Martínez-Castañeda F.E., & Arriaga-Jordan C.M. (2015). Evaluación in vitro del ensilaje de girasol (*Helianthus annuus* L.) solo y combinado con ensilaje de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 6 (3): 315-327.
- Escalante-Estrada, L.E., Escalante-Estrada, Y.I. & Linzaga-Elizalde, C. (2008). Densidad de siembra del girasol forrajero. *Agronomía Costarricense* 32 (2): 177-182. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43632213.pdf>
- Fassio, A., Cozzolino, D. & Fernández, E. (2001). Girasol, alternativa forrajera. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. *El país agropecuario* 25-28. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10425/1/71.pdf>
- Okoruwa, M.I. & Igene, F.U. (2014). Comparison of fermentation kinetics (*in-vitro*) of Napier grass and fruit peels for ruminants: The pattern of organic matter degradability, volatile fatty acid concentration estimated methane and microbial biomass production. *J. Agriculture and Veterinary Science* 7: 21-28.
- SAS/STAT. (2010). Statistical Analysis System for windows. Version 9.3. SAS Institute Inc., Campus Drive, Cary, North Carolina 27513
- Velázquez-Martínez, M., Rodríguez-Ortega, L.T., Rojas-García, A.R., Enríquez-Quiroz, J.F., Santiago-Hernández, F., Ramírez-Rojas, S.G., & Hernández Guzmán, F.J. (2022). Morphology and forage quality in buffel, rhodes, and blue grama grasses in Valle del Mezquital: Grasses of semiarid. *AgroProductividad* 15 (1): 137-143. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i1.2158>
- Villanueva, D.J., Loredó, O.C., & Hernández R. A. (2001). Requerimientos hídricos de especies anuales y perennes en las zonas Media y Altiplano de San Luis Potosí. INIFAP, Folleto Técnico Núm. 30 p. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/755.pdf>



FASES FENOLÓGICAS DE LÍNEAS SOBRESALIENTES Y VARIEDADES CONVENCIONALES DE ALGODÓN, EN LA COMARCA LAGUNERA DE COAHUILA, MÉXICO.

Beatriz Martínez-Yañez^{1*}, Enrique Hernández-Leal², Fernando Castillo-González¹, J. Jesús García-Zavala¹, Tarcisio Corona-Torres y Humberto Vaquera-Huerta¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. ²Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. ²*Correo electrónico: martinez.beatriz@colpos.mx

Introducción

En México, el cambio climático propicia un decremento de la precipitación en la mayor parte del territorio (Sifuentes et al., 2014), así como diversos cambios en los requerimientos de los cultivos, como el riego, fecha de siembra, densidad de población, nutrición, rotación de cultivos. En el caso del algodón (*Gossypium hirsutum* L.), la fecha de siembra está condicionada por factores ambientales favorables, lo que impacta en las etapas fenológicas del cultivo, por ejemplo, en las siembras tempranas hay efectos negativos, provocados por las bajas temperaturas, mientras que las siembras en fechas tardías, las plantas se ven expuestas a mayores o bajas temperaturas, lo que reduce de manera significativa el crecimiento del cultivo en etapas críticas (etapa vegetativa y reproductiva). Algunas referencias mencionan que, en fechas óptimas de siembra, los rendimientos son superiores, pero sin mostrar diferencias estadísticas significativas (Winkler et al., 2018 y Silvertooth (2015a). Por otro lado, Silva et al. (2011), mencionan que la duración de cada etapa es variable debido a las condiciones dadas al cultivo durante su periodo de crecimiento, sugiere que la siembra deberá establecerse bajo condiciones de humedad que permita que la semilla emerja entre cinco a diez días con temperaturas superiores a 20 °C. La rotación de cultivos es recomendada para el incremento de rendimiento, promoviendo la calidad del suelo, disminución de plagas y enfermedades, así como menor presencia de malezas. Los factores bióticos y abióticos en el desarrollo y rendimiento del algodón, así como las características genotípicas y fenotípicas son todos los elementos que deben de tomarse en cuenta. Orozco et al. (2011) mencionan que la sincronía del desarrollo y distribución de la biomasa está influenciada por la precocidad, altura, ramas fructíferas, área foliar, la tasa de crecimiento hasta la formación de la fibra. Pervez et al., (2006), sostienen lo dicho por Orozco y argumenta que el área foliar es un factor determinante en el incremento del rendimiento del cultivo. Por ello el objetivo de esta investigación fue conocer los avances de las fases fenológicas de cinco variedades convencionales, tres genotipos nativos y dos testigos comerciales.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en el ciclo primavera-verano del 2023 en el Campo Experimental (C.E.). La Laguna (CELALA) del INIFAP, Matamoros, Coahuila (25° 32' N y 103° 14' O). La población de estudio estuvo conformada por cinco variedades convencionales (Juárez-91, Laguna-89, Nazas-87, Cian-95 y Cian Precoz), tres líneas (GOS-27, FZ-13 Champion y TOA-09) del Jardín Botánico del C. E. Iguala del INIFAP y dos testigos comerciales (Fibermax®-989 y Deltapine®). El diseño experimental fue en bloques completos al azar, con 10 tratamientos y cuatro repeticiones. La parcela experimental consistió en seis surcos de 5 m. La siembra fue el 3 de abril a una distancia de 0.76 m entre surcos y entre plantas 0.11 m. La fertilización fue 160N-70P-00K por hectárea, para el nitrógeno, se aplicó la mitad después de la siembra y el resto antes del primer riego de auxilio, mientras que el fósforo se aplicó todo durante la siembra. Se dieron tres riegos de auxilio 58 días después de la siembra (dds), 87 dds y 113 dds, respectivamente.



Para el control de la mosca blanca (*Bemisia tabaci Gennadius*) se hizo una aplicación del insecticida con el ingrediente activo Pyriproxyfen a una dosis de 1 mL/L⁻¹. Se tomaron datos de cada etapa después de la siembra, después de la emergencia, la primer y segunda hoja verdadera, aparición del primer cuadro y el 50% de aparición de cuadros, aparición de la primera flor, así como el 50% de flores, la aparición de la primera bellota madura y el 50% de bellotas maduras, primera apertura de capsula y 50% de apertura capsulas en cada repetición con la finalidad de saber cuándo se presenta cada fase y etapa dentro de estas y tener una referencia en cuanto a precocidad de los materiales.

Resultados y discusión

Entre las 11 variables evaluadas, tres de ellas son altamente significativas del inicio de la fase reproductiva en aparición del primer cuadro y 50% cuadros, así como el 50% de apertura de bellotas (Cuadro 1). Bonilla et al. (2020) citan que, en experimentos establecidos en campo, los coeficientes de variación (C.V.) tienden a ser bajos (inferiores a 10), como lo expresan las fuentes de variación de esta investigación. Winkler et al. (2018) señalan que la temperatura es el factor principal que controla la duración de las etapas de desarrollo y propuso que la temperatura base del cultivo es de 12 °C, para Silva et al. (2011) debe ser 20 °C, mientras que para Orozco et al. (2011) de 17.7 °C, lo que nos sugiere que este factor puede estar en un intervalo amplio que va desde los 12 y hasta los 20 °C.

En el presente estudio se presentó una temperatura media de 30 °C en la siembra, lo que sustenta por Silva et al. (2011), que emerge entre cinco a 10 días con temperaturas superiores a 20 °C. Cuando se registran mayores temperaturas el cultivo acelera su desarrollo y cumple las etapas fenológicas en menor tiempo (Winkler et al., 2018), presentando en este ciclo temperaturas ≥ 34 °C y ≤ 36.2 °C, concluyendo la fase vegetativa. Sifuentes *et al.* (2014), dicen que la disminución de las precipitaciones y el incremento de temperaturas, producen el aumento de la evapotranspiración y acorta el ciclo fenológico, lo que acelera la aparición entre el primer cuadro y el 50% cuadros con una temperatura media de 36.6 °C presentado en el inicio de las dos etapas. Por ello Silvertooth (2015b), menciona que el equilibrio entre un buen crecimiento vegetativo y reproductivo es de suma importancia para obtener buenos rendimientos, buena calidad de fibra y precocidad, se requerirá un sistema de raíces y tallo principal fuerte, numerosas ramas fructíferas que soporten la carga de cápsulas y Silva et al. (2011), encontraron que una buena área foliar en las plantas también contribuye en el incremento de rendimiento debido a que estas se encargan de interceptar la luz solar.

Después de los cuadros la temperatura media máxima mensual de junio fue de 42.6 °C presentándose etapas de floración y bellotas maduras dando paso al 50% de apertura de cápsula con temperatura media máxima de julio de 39.2 °C, sin embargo, cuando esto sucede las altas temperaturas acelera el desarrollo de la fibra (Yang et al., 2016), pero limita la duración del alargamiento a lo que esta fase se presenta en el proceso de formación de bellota una vez que la flor se fecunda y si añadimos el déficit hídrico al que fue sometido el estudio por causas ajenas y Winkler et al. (2018), cita que la deficiencia de agua durante los primeros 20 y 60 días después de la floración afectara la calidad de fibra en el parámetro de finura de importancia en la industria textil, así resistencia y longitud de fibra.

**Cuadro 1.** Cuadrados medios de análisis de varianza de 10 genotipos en 11 caracteres de dos fases fenológicas en CELALA, Coahuila, P-V 2023.

F.V.	Genotipo		Bloque		Error	C.V.	Media	DE
EM	0.67	NS	0.63	NS	0.33	9.14	6.35	0.66
PH	1.71	NS	0.43	NS	1.15	7.70	13.95	1.11
SH	0.51	NS	1.09	NS	0.57	4.62	16.37	0.77
AC	5.44	***	2.55	NS	0.96	2.30	42.67	1.45
50% AC	26.4	***	0.09	NS	0.98	2.11	46.87	2.6
AF	6.23	NS	7.06	NS	2.82	2.78	60.40	1.98
50% AF	2.85	NS	0.49	NS	1.95	1.90	73.47	1.43
AB	6.32	NS	18.46	NS	3.11	2.34	75.30	2.24
50% AB	25.76	NS	40.26	***	16.13	4.82	83.30	4.49
IACAP	4.23	NS	1.50	NS	2.09	1.38	104.35	1.59
50% ACAP	8.71	***	3.83	NS	2.22	1.36	109.05	1.96

F.V.: fuente de variación; C.V.: coeficiente de variación (%); DE: desviación estándar; NS: no significancia; *** $P \leq 0.001$; EM: emergencia; PH: primera hoja verdadera (dds); SH: segunda hoja verdadera (dds); AC: aparición de cuadro (dds); 50% AC: 50% aparición de cuadros (dds); AF: aparición de flor (dds); 50% AF: 50% aparición de flores (dds); AB: aparición de la bellota (dds); 50% AB: 50% aparición de bellotas (dds); IACAP: inicio apertura de cápsula (dds) y 50% ACAP: 50% apertura de capsulas (dds).

En estudios anteriores Palomo et al. (1990) para el registro de la variedad Juárez-91 en la etapa de 50% de floración se asentó con 107 dds y Bonilla et al. (2022), presentó a los 100 dds, en este ciclo fue a los 71.5 y 74.5 dds en los materiales evaluados lo que indica que las temperaturas influyeron para el caso de Bonilla et al. (2022) en la variedad convencional Juárez-91, por la época de establecimiento del estudio O-I en invernadero presentando baja temperatura media 15.5 °C al ambiente, para el proceso de desarrollo de la fase vegetativa la temperatura ambiente fue de 10.5 °C, debido al lapso de periodo de tiempo que se presentó la tercera hoja verdadera hasta los 59 dds (tercera semana de diciembre) con una temperatura media mínima al ambiente 6.4 °C y en el presente estudió la segunda hoja verdadera se presentó ≤ 17 dds, la fase reproductiva inicio a los 87 dds a mediados del mes de enero 2020 y la floración a finales de enero con una temperatura media de 7 °C al ambiente, de acuerdo con el autor el ciclo de Juárez-91 es de (170 dds) y estimó por los datos presentados hasta el momento sea menor, debido a las temperaturas.

Para Cian Precoz, material de ciclo corto (145 días), Palomo et al. (2003), aludió que esta variedad es 15 días más precoz en comparación de otras variedades convencionales utilizadas en la Comarca Lagunera de Coahuila, sin embargo, el inicio de floración se presentó a los 60 dds y en Gaytán et al. (2004), presentó floraciones promedio a los 55 dds, obteniendo un ciclo menor a los 140 dds. Hernández (2015), menciona que Nazas-87 registro su máxima exposición de flores a los 93 (dds) y la apertura de cápsula máxima a los 124 (dds), para Bonilla et al. (2022) presento 129 y 150 dds respectivamente, para este ciclo lo cual su precocidad para este ciclo fue una diferencia de 15 y 20 días con Hernández y Bonilla 55 y 42 días respectivamente. Sin embargo, los genotipos nativos y convencionales se comportaron de manera similar entre ellos en casi todas las variables evaluadas, incluido el testigo comercial Deltapine®, excepto Fibermax®-989, en la apertura del 50% de cápsula fue el material estadísticamente diferente para comparación de medias.

**Cuadro 2.** Comparación de medias en 11 características en fases fenológicas de siete variedades convencionales y tres materiales nativos, en CELALA, Coahuila, P-V 2023

Genotipo	EM	PH	SH	AC	50% AC	AF	50% AF	AB	50% AB	IAC	50% ACA
Fibermax® 989	7.2 a	15.0 a	16.7 a	44.0 a	52.5 a	63.5 a	74.5 a	76.2 ab	87.7 a	106.5 a	112.2 a
Delta Pine®	6.7 ab	13.5 ab	16.5 a	44.0 a	49.0 b	60.7 b	73.5 ab	75.0 abc	82.2 abc	104.7 abc	110.2 ab
TOA09	6.5 ab	14.2 ab	16.5 a	41.5 bc	45.0 e	59.7 b	73.0 ab	74.7 bc	81.0 bc	103.2 bc	108.7 bc
Laguna89	6.5 b	14.2 ab	16.0 a	44.0 a	48.0 b	59.7 b	73.5 ab	74.0 bc	81.7 bc	104.0 bc	108.2 bc
Cian95	6.2 b	13.2 ab	16.5 a	42.7 ab	46.0 de	59.2 b	73.7 a	75.2 abc	83.2 abc	104.5 abc	108.7 bc
Nazas89	6.2 b	13.2 b	16.0 a	41.2 c	45.5 de	60.5 b	74.0 a	72.3 abc	83.2 abc	104.0 bc	107.7 c
Juárez91	6.0 b	13.2 b	16.0 a	41.2 c	43.5 f	59.0 b	71.5 b	73.0 c	80.5 c	102.7 c	107.0 c
GOS27	6.0 b	13.7 ab	16.0 a	43.5 a	46.5 cd	60.2 b	73.0 ab	75.7 ab	86.5 abc	104.7 abc	110.0 bc
FZ13Ch	6.0 b	15.0 a	17.0 a	41.7 bc	45.0 e	60.5 b	73.7 a	76.2 ab	81.0 bc	104.0 bc	108.5 bc
Cian Precoz	6.0 b	13.7 ab	16.5 a	42.7 ab	47.7 bc	60.8 b	74.2 a	77.5 a	85.7 abc	105.0 ab	109.0 bc
LSD	0.8423	1.5596	1.098	1.458	1.4367	2.439	2.0284	2.5606	5.8283	2.0988	2.1628

Medias con letras iguales en las filas no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05); LSD: diferencia mínima significativa; EM: emergencia; PH: primera hoja verdadera (dds); SH: segunda hoja verdadera (dds); AC: aparición de cuadro (dds); 50% AC: 50% aparición de cuadros (dds); AF: aparición de flor (dds); 50% AF: 50% aparición de flores (dds); AB: aparición de la bellota (dds); 50% AB: 50% aparición de bellotas (dds); IAC: inicio apertura de cápsula (dds) y 50% ACA: 50% apertura de cápsulas (dds).

Conclusiones

Se identificó que el material convencional Juárez-91 tuvo el menor número de días en casi todas las fases fenológicas, mientras que el testigo comercial Fibermax®-989 se comportó en todas las fases fenológicas con mayor número de días.

Referencias

- Bonilla-Barrientos, O.; Hernández-Leal, E.; Franco-Gaytán, I.; Maltos-Buendía, J. y Martínez-Yáñez, B. (2022). Etapas fenológicas en genotipos nativos y convencionales de algodón (*Gossypium hirsutum* L.). XXXIV Semana Internacional de Agronomía celebrada del 07 al 09 de septiembre 2022. Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) de la Facultad de Agricultura y Zootecnia.
- Bonilla-Barrientos, O.; Hernández-Leal, E.; Verastegui-Chávez, J.; Maltos-Buendía, J.; Bautista-Ramírez, E.; Hernández-Bautista, A. y Isidro-Requejo, L. M. (2020). Productividad y calidad de fibra de variedades convencionales de algodón en la Comarca Lagunera, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 43(1): 3-9.
- Cruz-Díaz, J.A. (1990). Análisis y Perspectivas del cultivo del algodón. El Salvador, Coyuntura Económica. Año V 33:22-32.
- Gaytán-Mascorro, A.; Palomo-Gil, A.; Reta-Sánchez, D.G.; Godoy-Ávila, S. y García-Castañeda, E.A. (2004). Respuesta del algodón cv. Cian Precoz 3 al espaciado entre surcos y densidad poblacional. I. Rendimiento, precocidad y calidad de fibra. *Revista Internacional de Botánica experimental (OYTON)*. 57-67
- Hernández-Montes, Ma. T. (2015). Producción y distribución en variedades convencionales de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) para la Comarca Lagunera. TESIS: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, División de Carreras Agronómicas. 58 p.
- Orozco-Vidal, J.A.; Yescas-Coronado, P.; Segura-Castruita, M.A.; Valdez-Cepeda, R.; Martínez-Rubín de Celis, E.; Montemayor-Trejo, J.A.; Fortis-Hernández, M. y Preciado-Rangel, P. (2011). Análisis de crecimiento de tres variedades de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en una región árida de México. *International Journal of Experimental Botany*. 80:47-52
- Palomo-Gil, A.; Gaytán, A. y García-C., E.A. (1990). Laguna 89: nueva variedad de algodón tolerante al *verticillium*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte, Campo agrícola Experimental de la Laguna.
- Palomo-Gil, A.; Gaytán-Mascorro, A.; Godoy-Ávila, S. y García-Castañeda, E. A. (2003). Cian Precoz: variedad de algodón de ciclo corto y tolerante a la enfermedad "secadera tardía" (*Verticillium dahliae* K.). *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26(2):131.
- Pervez, H.; Makhdum, M.I.; Ashraf, M. y Udin, S. (2006). Influencia de la nutrición de potasio en el índice de área foliar en algodón (*Gossypium hirsutum* L.) bajo un ambiente árido. *Revista de botánica de Pakistán*. 38:1085-1092.
- Rojas, J.M.; Roldán, Ma. F. y Guevara, G. S. (2015). Influencia de rotaciones en la calidad del suelo en la zona central del Chaco y su relación con la producción de algodón. *Ciencia del Suelo*, 33(2).
- Sifuentes-Ibarra, E.; Ruelas-Islas, J. del R.; Soto-Flores, J.J.; Macías, J. y Palacios-Mondaca, C.A. (2014). Planeación del riego en el cultivo del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) mediante un modelo de programación integral en el Distrito 075, Sinaloa, México. *Ciencia Agropecuaria*. 5(2):93-102.



- Silva, IPF.; Junior, JFS.; Araldi, R.; Tanaka, AA.; Girotto, M.; Bosque, GG., y Lima, FCC. (2011). Estudio de dos fases fenológicas del algodón (*Gossypium hirsutum* L.). Revista Científica Electrónica de Agronomía. 10(20):1-10.
- Silvertooth, J.C. (2015a). Early Season Crop Management. The University of Arizona. College of Agricultura & Life sciences. Tucson, Arizona. Cooperative Extension. extension.arizona.edu/pubs/az1217-2015.pdf
- Silvertooth, J.C. (2015b). Estimating Fruit Retention. The University of Arizona. College of Agricultura & Life sciences. Tucson, Arizona. Cooperative Extension. extension.arizona.edu/pubs/az1208-2015.pdf
- Winkler, H.; Scarpin, G.; Dileo, P. y Paytas, M. (2018). Fecha de siembra óptima en variedades comerciales de algodón. Voces y Ecos. 40:22-27.
- Yang, Jiashuo; Hu, Wei; Zhao, Wenqing; Chen, Binglin; Wang, Youhua; Zhou, Zhiguo and Men, Yali. (2016). Fruiting Branch K+ level affects cotton fiber elongation through osmoregulation. Frontiers in Plant Science. 7-13.



POTENCIAL PRODUCTIVO DE GUAR (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) EN FUNCIÓN DEL DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS Y DENSIDAD DE POBLACIÓN

Esmeralda Ochoa Martínez^{1*} David Guadalupe Reta Sánchez², Juan Isidro Sánchez Duarte¹, Yasmin Ileana Chew Madinaveitia¹, Karla Rodríguez Hernández¹, Arturo Reyes González¹, Edimar Rodriguez Soares³

¹Campo Experimental La Laguna. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Blvd. José Santos Valdez 1200. Col. Centro. 27440. Matamoros, Coahuila. ²Campo Experimental Delicias. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. Facultad Quirinópolis, Brasil. ^{*}Autor de correspondencia: ochoa.esmeralda@inifap.gob.mx

Introducción

El cultivo guar es reconocido como uno de los cultivos más tolerantes a la sequía y a las altas temperaturas, crece en regiones de intenso calor y alta salinidad del suelo. Por lo anterior, la planta guar es considerada un cultivo altamente viable para las regiones semiáridas (Gresta et al., 2013; Avola et al., 2020). Investigaciones realizadas por Singh y Singh (1986) y Sharma et al. (1984) en la India, observaron mayor producción en surcos a 30 y 45 cm de distancia en relación con distancias de 60 y 75 cm. Sin embargo, en regiones de México existe poca información sobre el manejo agronómico y rendimiento del grano. Por otra parte, la Región Lagunera se caracteriza por una limitada e irregular disponibilidad de agua y altas temperaturas. Esta situación revela que es importante aumentar la sustentabilidad de la agricultura en la región a través de una mayor diversidad de cultivos, sobre todo con especies alternativas que ofrezcan ventajas como menores requerimientos de agua, tolerancia a altas temperaturas y una rentabilidad igual o superior a la de los cultivos tradicionales. El objetivo de este estudio fue determinar el potencial de producción de semilla del guar en respuesta a la distancia entre surcos y densidad de población en la Región Lagunera

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el ciclo primavera 2021 en el Campo Experimental La Laguna en Matamoros, Coahuila, México. El suelo es de textura arcillosa con un pH de 8.2 y una conductividad eléctrica de 1.6 dS m en el estrato de 0-30 cm. La siembra se realizó en suelo seco y de forma manual el día 21 de mayo. La fertilización consistió en una dosis total de 250 kg ha⁻¹ de N y 10 kg ha⁻¹ de P₂O₅ con base a una meta de rendimiento de 2.5 a 3.0 t ha⁻¹. Se realizaron dos aplicaciones foliares de un fertilizante orgánico multi-quelutado Fe y Zn a una dosis de 1 kg ha⁻¹ en el primero y segundo riego de auxilio. Se aplicaron cuatro riegos de auxilio a los 22, 39, 60 y 75 días después de la siembra (dds). Se evaluó la variedad Santa cruz bajo cuatro distanciamientos entre surcos (30, 45, 60 y 75 cm) y cuatro densidades de población (300,450,600 y 750 mil plantas ha⁻¹). Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 4 x 4 donde el factor A fue el distanciamiento entre surcos y el factor B la densidad de población con cuatro repeticiones. Se determinó la producción de grano en una parcela útil de 4 m². Se registró la fluctuación poblacional de plagas mediante un monitoreo semanal colocando trampas amarillas con adherente. La información se analizó con el programa SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2016), utilizando un análisis de varianza para un experimento factorial 4 x 4. Se aplicó la prueba de Tukey a un nivel de significancia P≤0.05.



Resultados y discusión

Crecimiento del cultivo. En relación a la altura de planta en las Figuras 1 y 2 se observa el crecimiento a diferentes distanciamientos entre surcos y densidades de población, respectivamente. Los valores de la altura de la planta oscilaron de 109 a 116 cm, sobresaliendo el tratamiento de 30 cm de distanciamiento entre surcos y la densidad de 600 mil plantas.

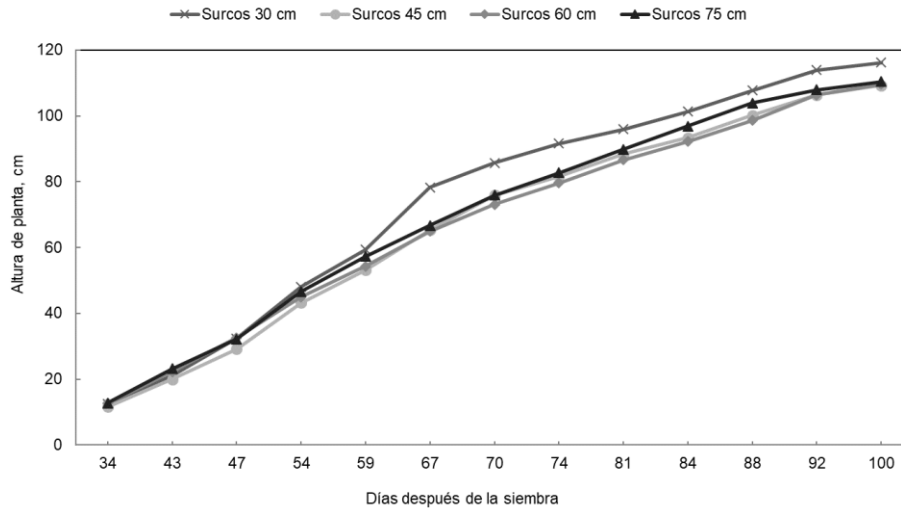


Figura 1. Altura de planta durante el desarrollo del cultivo guar en cuatro distancias entre surcos, en el ciclo primavera-verano, 2021.

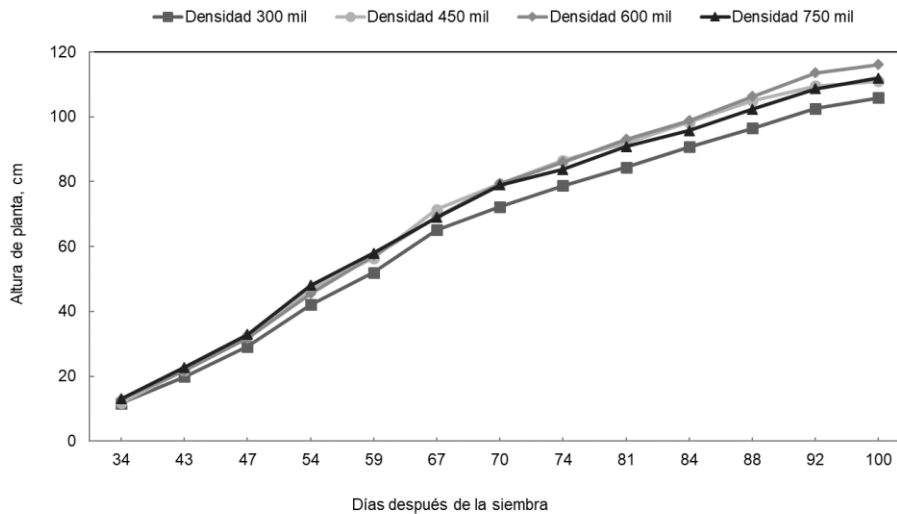


Figura 2. Altura de planta durante el desarrollo del cultivo guar en cuatro densidades de población, en el ciclo primavera-verano, 2021.



Producción de grano. La interacción distanciamiento de surcos x densidad de población afectó el rendimiento de grano (Cuadro 1). La mayor producción de grano ($3,087 \text{ kg ha}^{-1}$), se obtuvo con una densidad de $750 \text{ mil plantas ha}^{-1}$ a una distancia de 75 cm entre surcos y la producción más baja se obtuvo con una densidad de $300 \text{ mil plantas ha}^{-1}$ a 60 cm de distancia entre surcos. Sin embargo, numéricamente los tratamientos con densidades de 450 y $600 \text{ mil plantas ha}^{-1}$ a una distancia entre surcos de 60 cm obtuvieron una producción de grano de $2,786$, y $2,693 \text{ kg ha}^{-1}$, las cuales pueden considerarse como buenas. Al respecto, estos rendimientos superaron ligeramente a los obtenidos por Sortino y Gresta (2007), dichos autores obtuvieron en promedio $2,400 \text{ kg ha}^{-1}$ de grano al evaluar cuatro variedades (Esser, Malosan, Kinman Lewis y Santa Cruz) con densidades de $250 \text{ mil plantas ha}^{-1}$ a una distancia de 50 cm entre surcos.

Cuadro 1. Producción de grano del cultivo guar, en el ciclo primavera-verano, 2021.

Tratamientos		Producción de grano (kg ha^{-1})
Distanciamiento entre surcos (cm)	Densidad de población ($\text{mil plantas ha}^{-1}$)	
30	300	1,991 ^{bcd}
45	300	2,481 ^{abc}
60	300	1,582 ^d
75	300	2,596 ^{abc}
30	450	1,942 ^{cd}
45	450	2,385 ^{abcd}
60	450	2,786 ^{ab}
75	450	2,537 ^{abc}
30	600	2,049 ^{bcd}
45	600	2,637 ^{abc}
60	600	2,693 ^{abc}
75	600	2,463 ^{abc}
60	750	2,286 ^{abcd}
45	750	3,088 ^a
60	750	2,160 ^{bcd}
75	750	2,012 ^{cd}

* Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey <0.05).

Conclusiones

El cultivo mostró la mayor producción de grano ($3,088 \text{ kg ha}^{-1}$) con una población de $750 \text{ mil plantas por hectárea}$ a una distancia de 45 cm entre surcos. Sin embargo, el empleo de surcos más estrechos de 60 cm dificulta las labores agrícolas. Por lo anterior, se sugiere emplear surcos de 60 cm y densidades entre 450 y $600 \text{ mil plantas por hectárea}$ ya que se pueden obtener rendimientos superiores a $2,500 \text{ kg ha}^{-1}$.



Referencias

- Avola, G., Riggi, E., Calvin, T., Sortino, O., Gresta, F. (2020). Deficit irrigation on guar genotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.): Effects on seed yield and water use efficiency. *Agronomy*, 10(6): 1-11. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060789>
- Gresta, F., O. Sortino, C. Santonoceto, L. Issi, C. Formantici, Y.M. Galante. (2013). Effects of sowing times on seed yield, protein and galactomannans content of four varieties of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in a Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products*. 41(1):46-52. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.007>
- Sharma, B.D., Taneja, K.D., Kairon, M.S., Jain, V. (1984). Effect of dates of sowing and row spacing on yield and quality of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* (L) Taub.). *Indian Journal of Agronomy*. 29 (4):557-558.
- Singh, B.P.; Singh. J.P. (1986). Effect of crop geometry on seed yield and water use of dry land clusterbean on aridisols. International seminar on water management in arid and semi-arid zones, held at Hisar. Nov. 27-29, 1986. pp:231-237.
- Sortino O y Gresta. (2007). Growth and yield performance of five guar cultivars in a mediterranean environment. *Italy. J. Agron./Riv. Agron.* 2 (4):359-364 <https://doi.org/10.4081/ija.2007.359>



MEDICIÓN DEL ÁREA DE CLADODIOS DE NOPAL FORRAJERO (*Opuntia* spp.) EN DOS SISTEMAS DE PLANTACIÓN.

Perla García-Saucedo^{1*}, Esteban Salvador Osuna-Ceja², José Pimentel-López³,
J. Saúl Padilla-Ramírez²

¹Ingeniería en procesos Agroalimentarios. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/INIFAP/Campo Experimental Pabellón. ³Profesor Investigador Adjunto/Colegio de Postgraduados/Campus San Luis Potosí. *Autor de correspondencia: perlagarcia1555@gmail.com

Introducción

Los productores de nopal monitorean el tamaño de las plantas para evaluar su estado y detectar deficiencias en su manejo o prever el momento ideal de la cosecha. De acuerdo con Contreras-Murillo et al., (2020), el tamaño de las hojas (área foliar) está directamente correlacionada con la capacidad de una planta para absorber la luz solar e intercambiar humedad y CO₂ con su ambiente. En el género *opuntia*, las hojas se encuentran transformadas en espinas y son los cladodios los que pueden medirse (Contreras-Murillo et al., 2020). El uso de parámetros fisiológicos de la planta de nopal, como el índice de área foliar (IAF), que permiten medir el potencial fotosintético del cual depende la acumulación de biomasa, puede contribuir a entender cómo se relacionan entre sí estas variables en una condición ambiental de los climas áridos (Figuroa, 2017). En la literatura se reportan diferentes técnicas de medición de área foliar las cuales se clasifican en destructivas y no destructivas. En los métodos destructivos la hoja se corta para medirla en el laboratorio, a estos corresponden todas las técnicas clásicas como los métodos por planimetría, volumetría, escaneo 2D, integradores y los de estimación matemática (Contreras-Murillo et al., 2020); en los métodos no destructivos o no invasivos la hoja se mide in situ, sin separarla de la planta, así podemos citar el método del ceptometro lineal (DECAGON DEVICES INC. ACCUPAR) el cual proporciona directamente el dato de área foliar de la planta (Baéz et al., 2002) y la toma de fotografías 3D con la cámara RealScense R200 (Contreras-Murillo et al., 2020). Ambos métodos no destructivos pueden resolver los inconvenientes que presentan las estrategias clásicas de medición del área foliar al momento de aplicarse a la planta espinosa. El objetivo del presente estudio fue determinar y comparar el área foliar de cladodios de nopal forrajero en dos métodos de plantación mediante cuatro técnicas: uno directo (integrador) y tres indirectos (cálculos de áreas geométricas), para su uso en la inferencia sobre la eficiencia fotosintética y cantidad de biomasa.

Materiales y métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en los meses de marzo y abril en el Campo Experimental "Pabellón", Ags; localizado a los 22° 11' N y 102° 20' O, a 1912 msnm. El suelo del sitio experimental es de tipo Xerosol, de textura migajón-arenoso con pH alcalino de 7.9 y con menos de 1 % de materia orgánica. Se realizaron mediciones de plantas de nopal forrajero (*Opuntia* spp.) de tres años, bajo dos sistemas de plantación con diferente densidad de plantas: 1) franjas de nopal en un arreglo de dos líneas con 2800 plantas por hectárea y 2) franjas de nopal en un arreglo de tres líneas con 4600 plantas por hectárea. Ambos casos, con una distancia de 50 cm entre líneas y 50 cm entre plantas, dejando franjas de terreno para cultivo de 15 m de ancho entre barreras de nopal.



En cada uno de los sistemas se seleccionaron 5 áreas completamente al azar, las cuales fueron de 5 m de largo por 1.60 m de ancho. En ambos sistemas, las plantas fueron podadas y se dejaron dos niveles con dos cladodios en el segundo piso. Después de la poda se realizaron mediciones en 4 y 6 plantas por repetición en ambos sistemas. Se tomaron parámetros específicos en dos cladodios por planta por repetición, en total se midieron 40 y 60 cladodios en los sistemas de plantación de dos y tres hileras, respectivamente.

En las plantas seleccionadas de cada repetición, se estimó el área foliar de las hojas, mediante una serie de técnicas directas e indirectas y se compararon entre sí. El área de los 100 cladodios de nopal, se calculó por el método del integrador de área foliar (Li-Cor LI-3000A) y por tres métodos clásicos. Para ello, la silueta de cada uno de los 100 cladodios, se marcó en papel para poder medirla sin tener que cortar el espécimen. Una vez obtenido el contorno del cladodio se procedió a pasarlas por el integrador y así obtener el área de manera directa.

Los métodos indirectos incluyeron a UNO, DOS y TRES.

Método uno. Se calculó el área del cladodio si se considera que tienen la forma de elipse, para lo cual se midió el largo (a) y ancho (b) con una cinta métrica y se sustituyeron los valores en la fórmula del área de la elipse. Fórmula del área de la elipse: $A = \pi.a.b$.

Método dos. Se estimó el área del cladodio mediante trapecios. Este consistió en dividir el área en cuatro trapecios; los dos trapecios centrales con altura igual variando la altura de los dos trapecios de extremos de penca, para obtener las bases de los trapecios se dividió la penca en 5 secciones.

Método tres. Se calculó el área considerando una superficie intermedia entre un rectángulo ajustada por un factor mediante la fórmula de largo (L) por ancho máximo (A) por 0.75, ($L*A*0.75$), (López-Acosta, et al., 2008).

Los datos de área foliar se analizaron bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial y cinco repeticiones, donde los factores fueron: a) sistemas de plantación y b) técnicas para calcular el área foliar. Se realizó un análisis de varianza para determinar si existe diferencia entre sistemas de plantación y entre las técnicas utilizadas y se realizó una prueba de medias por el método de la diferencia mínima significativa con un nivel de significancia del 5 %. Posteriormente se hicieron análisis de regresión entre las técnicas de estimación utilizadas para determinar la relación entre ellos; así como entre el área foliar obtenido con todos los métodos contra la biomasa.

Resultados y discusión

No hubo significancia estadística entre sistemas de plantación de nopal ($p \leq 0.05$) en la variable analizada; mientras que en los de métodos de estimación de AF, se detectó significancia estadística entre ellos, siendo el valor más alto para AE, luego con el Integrador, siguiéndole la SI, y por último la técnica de los Trapecios con valores promedios de AF de 339.04, 328.44, 323.76 y 305.02 cm², respectivamente (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Promedios de AF de cladodios de nopal establecido en dos sistemas de plantación y obtenidos con métodos directos e indirectos.

Método de estimación del AF	Sistema de plantación de nopal		
	2 Hileras (cm ²)	3 Hileras (cm ²)	Promedio (cm ²)
Integrador de área foliar (Li-Cor LI-3000A)	319.43	337.47	328.45
Método de los trapecios (MT)	296.18	313.87	305.03
Aproximación Elipse (AE)	325.14	352.94	339.04
Superficie intermedia (SI)	310.49	337.04	323.77
Media	312.81	335.32	324.07

Con respecto al AF promedio obtenida con el Integrador (328.44 cm²), el método AE, sobreestimó el valor en un 3.22%, mientras que el método de la superficie Intermedia (SI) y el método de los trapecios (MT), la subestimaron en un 1.42 y 7.13%, respectivamente.

Asimismo, los resultados que se muestran en el Cuadro 2, sobre los parámetros (largo y ancho) que determinan el AF no hubo diferencia estadística entre sistemas de plantación. Esto nos indica que la cantidad de superficie fotosintética presente en los cladodios de ambos sistemas son prácticamente iguales, lo cual se relaciona indirectamente con procesos vitales como la fotosíntesis, la respiración y la productividad del nopal. Por tanto, se concluye que la superficie foliar del cladodio no se modifica significativamente en función de la densidad de plantas.

Cuadro 2. Promedios de los descriptivos estadísticos del AF de cladodios de nopal en dos sistemas de plantación.

Parámetro	Estadístico			
	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Media (cm)	CV
2 Hileras (2,800 plantas)				
Largo	15.6	39.0	27.19	22.14
Ancho	9.0	22.0	15.51	19.65
3 Hileras (4,600 plantas)				
Largo	16.3	38.8	27.24	20.11
Ancho	7.1	24.0	15.92	20.96

CV=coeficiente de variación

Al analizar la relación entre métodos para determinar el área foliar (AF) del cladodio de nopal se observó, en todos los casos, que el coeficiente de correlación fue significativo ($p \leq 0.01$) (Figura 1), lo cual indica que la estimación por cualquiera de los métodos utilizados proporcionó valores similares, aunque el método directo (integrador) resultó más rápido. en la determinación del AF. A este respecto, los métodos indirectos ofrecen mayor exactitud, pero acostan a dañar la planta. Sin embargo, en *Opuntia*, las técnicas no invasivas presentan más ventajas debido a que pueden utilizarse in situ, de tal manera que no es necesario manipular la planta espinosa (Contreras-Murillo et al., 2020).

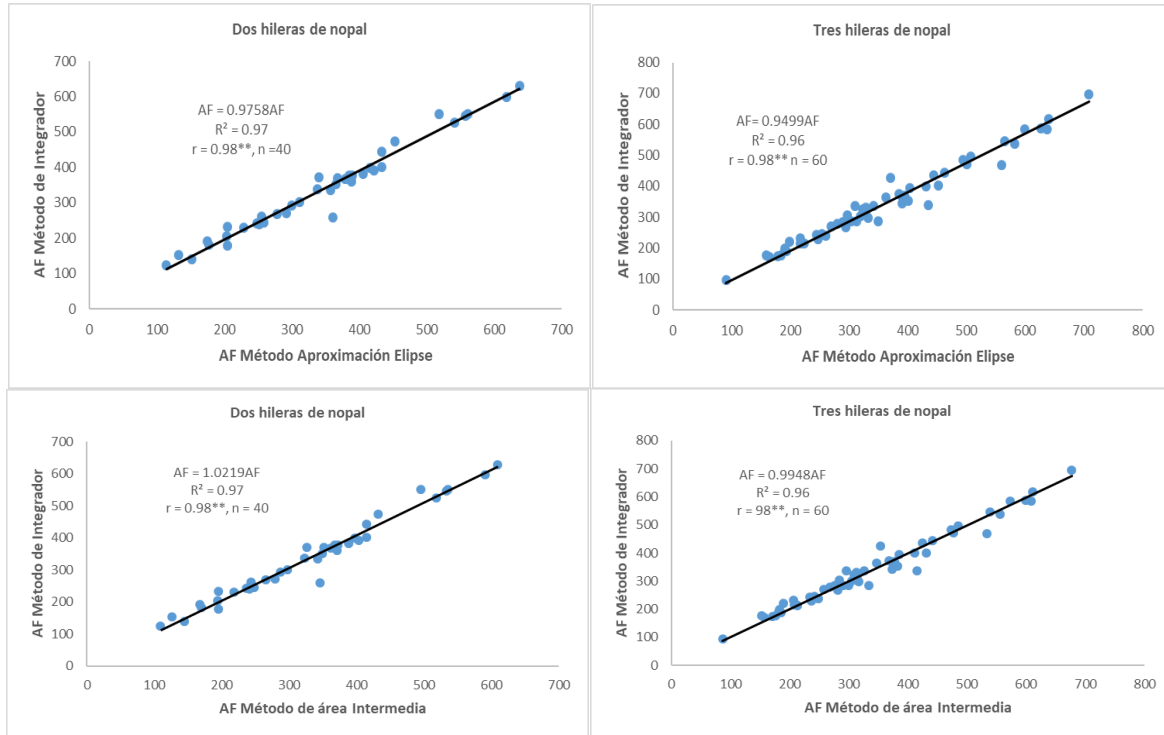


Figura 1. Relación entre técnicas de estimación del área foliar de los cladodios de nopal en dos sistemas de plantación a dos y tres hileras.

Hubo significancia estadística ($p \leq 0.05$) entre sistemas de plantación en producción de biomasa (Cuadro 3), por lo que se procedió a realizar la prueba de medias. El rendimiento más alto se obtuvo con el arreglo a tres hileras. Al igual que el parámetro anterior (biomasa) hubo significancia estadística ($p \leq 0.05$) entre sistemas de plantación en altura de planta, siendo el sistema de plantación con arreglo a dos hileras el que presentó mayor altura en comparación con el de tres hileras.

Cuadro 3. Promedios de producción de biomasa de nopal forrajero y altura de planta en dos sistemas de plantación.

Sistema de plantación de nopal	Biomasa tha-1	Altura planta (cm)
Dos hileras de nopal (2800 plantas)	12.604 b	67.84 a
Tres hileras de nopal (4600 plantas)	20.084 a	61.20 b
Media	16.344	64.52
DMS05	5.357	6.317

DMS05= diferencia mínima significativa



Por otra parte, la relación entre la biomasa y el AF del cladodio obtenido con los diferentes métodos de estimación mostró un buen grado de asociación, en ambos sistemas de plantación. Estos resultados indican la estrecha relación que existe entre ambos parámetros (Figura 2).

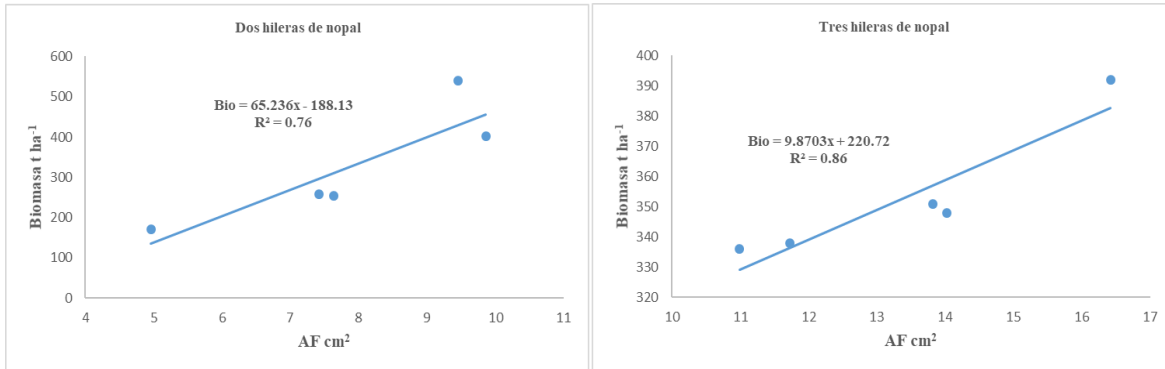


Figura 2. Relación entre el Área foliar (AF) y la biomasa de nopal forrajero establecido bajo dos sistemas de plantación.

Conclusiones

El sistema de plantación no mostró diferencias estadísticas, aunque el promedio de AF de las franjas con arreglo de tres líneas con 4600 plantas ha⁻¹ fue mayor que las franjas con arreglo de dos líneas con 2800 plantas ha⁻¹ (AF = 335.32 y 312.81 cm², respectivamente).

Hubo significancia estadística entre métodos de estimación del AF del cladodio. La comparación de medias con respecto al AF promedio obtenida con el Integrador de área (328.44 cm²), el método AE, sobreestimó AF en un 3.22%, mientras que los métodos de la superficie Intermedia (SI) y el método de los trapecios (MT), la subestimaron en un 1.42 y 7.13%, respectivamente. Lo anterior sugiere que el método de la SI es un buen estimador del AF de cladodios de nopal, en ausencia de un Integrador.

Referencias

- Baez-González, A.D.; Chen, P.; Tiscareño-López, M. and Srinivasan. R. 2002. Using satellite and field data with crop growth modeling to monitor and estimate corn yield in México. *Crop Sci.* 42:1943-1949.
- Contreras-Murillo, S.; de-los Cobos-Silva, S.; Mora-Gutiérrez, R.A.; Lara-Velázquez, P.; Gutiérrez-Andrade, M.; Rincón-García, E.A. 2020. Medición de Cladodios de *Opuntia* spp. En *Fotografías en Tercera Dimensión. Agrociencia.* 54:177-194.
- Figuroa, S.B. 2017. El aprovechamiento potencial de las zonas áridas y semiáridas. *Estudios de Investigación. Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA).* 427p.



RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRIJOL VARIEDAD PINTO BRAVO EN DOS ARREGLOS TOPOLOGICOS EN CONDICIONES DE RIEGO SUPLEMENTARIO

Reveles-Hernández M., Cid-Ríos J. A., Figueroa-González J. J., Ramírez-Cabral N. Y., y Servín-Palestina M.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera, Zac., México. Tel 01 800 088 22 22 Extensión 82320. *Autor de correspondencia: reveles.manuel@inifap.gob.mx

Introducción

El frijol es una de las leguminosas más importantes a nivel mundial, ya que se encuentra distribuido en cinco continentes, y es parte importante en la dieta diaria en Centroamérica y Sudamérica. Esta leguminosa es importante por sus propiedades nutritivas y alto contenido proteico (Ulloa et al., 2011). Dentro de los problemas del cultivo de frijol que disminuye la productividad en la región del altiplano es la sequía, además, de que se presentan precipitaciones irregulares y en pocos eventos. Además de que los suelos poseen poca materia orgánica, se presentan problemas de bacteriosis común en diferente grado de severidad y en diferentes regiones del altiplano, entre ellas Zacatecas (Navarrete et al., 2008). La producción de cultivos bajo condiciones de temporal en áreas áridas, semiáridas y la baja disponibilidad de humedad y presencia de lluvia ocasiona la sobrevivencia y permanencia del cultivo. Aunado a esto, el bajo contenido de nutrientes en el suelo provoca un constante estrés.

Los sistemas de siembra del cultivo del frijol en el estado de Zacatecas incluyen los surcos con una hilera de plantas, los surcos con doble hilera, las camas de siembra con tres hileras de plantas y las camas de siembra con cuatro hileras de plantas; en general, mayores densidades de siembra se han usado para optimizar la humedad disponible, optimizar la captación de energía y disminuir la evaporación al cubrir más rápidamente la superficie del suelo (Cid et al., 2021), sin embargo, aún falta evaluar el comportamiento de nuevas variedades de plantas. Las investigaciones realizadas en cuanto a arreglos topológicos y densidades de siembra en el cultivo del frijol demuestran que la respuesta depende de la variedad, afectando variables como altura de planta, longitud de tallo, número de vainas por planta, rendimiento y calidad de semilla (Kouam y Tsague, 2020).

Investigaciones realizadas en el estado de Zacatecas dejan ver que se requiere implementar prácticas que permitan aprovechar al máximo el agua disponible en condiciones de temporal del cultivo de frijol, evitar los escurrimientos cuando ocurren precipitaciones torrenciales, típicas de las regiones áridas, de tal manera que signifiquen una ventaja productiva con relación a los sistemas tradicionales de siembra en surcos con una sola hilera de plantas; dado que se identifica a la densidad de población como un factor que influye en la productividad del cultivo se sugiere que se establezcan altas densidades de siembra y el uso de arreglos topológicos en camas (Cid-Ríos et al., 2022). El objetivo del trabajo fue evaluar el rendimiento por hectárea y la calidad del frijol variedad Pinto Bravo bajo condiciones de riego suplementario en Zacatecas.



Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el km 24.5 de la carretera Zacatecas-Fresnillo, en Calera de Víctor Rosales cuyas coordenadas y altura son 22° 54' 31" latitud norte y 102° 39' 34" de longitud oeste y 2197msnm, respectivamente. Se evaluó el rendimiento de frijol de la variedad Pinto Bravo bajo dos sistemas de producción cultivado en condiciones de temporal; el primero establecido en surcos de 0.76 m de ancho (siembra tradicional); el segundo en camas de 1.62 m de ancho con cuatro hileras de siembra de plantas. La distancia entre plantas para los sistemas de siembra señalados fue de 10 cm equivalente a 131,000 y 260,000 mil plantas por hectárea. En los últimos diez días del mes de julio se presentaron 19.5 mm de precipitación, humedad que se aprovechó para realizar la siembra el día 30 de julio del 2022. Al momento de la siembra la semilla para ambos sistemas de producción fue inoculada con micorriza INIFAP *Rhizopagus Intraradices*, la cual fue aplicada a la sombra.

Se utilizó un diseño de parcelas apareadas con cinco sub-muestreos completamente al azar, donde la unidad experimental para el primer sistema de siembra fue de cinco metros de longitud por 0.76 m de ancho, y para el segundo sistema constó de tres metros de longitud en camas de 1.52 m de ancho. Para el mantenimiento del cultivo se realizó una escarda a los 15 días después de la siembra, y al mismo tiempo se aplicó la fertilización 30-50-00 nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, la segunda escarda fue realizada a los 25 días después de la primera. Cuando la variedad presentó floración, se aplicó un riego de gravedad solo por las calles para cada sistema de siembra, esto para garantizar la producción de grano de frijol.

Durante el ciclo de cultivo solo se presentaron 162.6 mm de precipitación los cuales 65.92 % se presentaron en el estado vegetativo, 14 % en la etapa de floración y 20 % en llenado de grano. Al llegar a madurez fisiológica de la variedad para cada sistema de siembra se obtuvieron cinco muestras completamente al azar. Las muestras fueron desgranadas manualmente y se determinó el peso de cien semillas y el rendimiento por hectárea. Los datos obtenidos se analizaron usando el programa estadístico SAS 9.0.

Resultados y discusión

Al realizar el análisis de varianza para el peso de cien semillas no se encontraron diferencias significativas entre sistemas de siembra ($P=0.341$); sin embargo, se registró una disminución del tamaño de grano cuando se incrementó la densidad de población usando el arreglo topológico de cuatro hileras de plantas establecidas en una cama de siembra: mientras que 100 semillas obtenidas del sistema de siembra en surcos con una hilera de planta pesaron 38g en promedio, cuando se cosecharon del sistema de siembra en camas con cuatro hileras de plantas el peso promedio disminuyó a 35g, lo que significa un 8% menor que en el sistema tradicional (Cuadro 1). Para el rendimiento por hectárea, el sistema de cuatro hileras incrementó 27.82 % de rendimiento con respecto al sistema tradicional (Cuadro 1), produciendo 2, 473 kg ha⁻¹, en comparación con 1,785 kg ha⁻¹ obtenidos cuando se estableció el cultivo en el sistema tradicional de surcos con una sola hilera de plantas.



Cuadro 1. Comparación de medias para peso de cien semilla y rendimiento por hectárea en diferentes sistemas de siembra, bajo condiciones de temporal en Zacatecas.

Sistema de siembra	Peso de cien semillas (g)	Rendimiento de frijol (kg ha ⁻¹)
Una hilera	38a	2,473a
Cuatro hileras	35a	1,785 b
C.V.	5.33	15.46

Los resultados observados muestran cómo se puede incrementar la productividad del cultivo del frijol al incrementar el número de plantas por hectárea sin que represente una diferencia significativa en cuanto a la calidad del grano obtenido, lo anterior deja claro el efecto de la cantidad de plantas sobre la productividad del cultivo en condiciones de riego suplementario, los datos obtenidos tiene concordancia con lo observado por Kouam y Tsague (2020), quienes encontraron una tendencia al incremento de productividad al incrementar la densidad de siembra. Bitá y colaboradores (2022), también reportan los mejores rendimientos de grano en cultivo de frijol cuando la densidad de plantas es superior a 333,000 plantas por hectárea, lo que hace suponer que aún se pueden obtener mejores resultados si se incrementa la densidad de población.

El incremento de la densidad de plantas por hectárea no afecta la fisiología de la planta, por el contrario, favorece la producción de biomasa, sin embargo, se debe de incrementar la fertilización química y evitar la utilización de variedades de porte arbustivo para no afectar la fenología del cultivo (Escalante-Estrada et al., 2015).

Conclusión

Se observó un incremento significativo en el rendimiento por hectárea sin afectar la calidad del grano obtenido al usar la variedad Pinto Bravo por lo que significa una opción del sistema de siembra para incrementar su productividad y rentabilidad.

La calidad del grano no se afectó significativamente al incrementar la densidad de población, sin embargo, sería conveniente seguir evaluando el comportamiento de la variedad con densidades de siembra mayores para conocer su comportamiento.

Referencias

- Biya M., Yadete E., and Gurmu S. (2022). Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to NP fertilizer rates and plant population density at Jimma Zone, Southwest Ethiopia. *Al-Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences*, 12:98-110
- Cid-Ríos J. A.; Reveles-Hernández M.; Ramírez-Cabral N. Y. Z.; Velásquez-Valle R. y Sánchez-Gutiérrez R. A. (2021). Arreglos topológicos y densidades de siembra en el cultivo de frijol de riego en Zacatecas. Folleto Técnico Núm. 110, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Zacatecas, Calera de V.R, Zacatecas. 24p
- Cid-Ríos J. A.; Velásquez-Valle R.; Reveles-Hernández M.; Ramírez-Cabral N. Y. Z. y Sánchez-Gutiérrez R. A. (2022). Sistemas de siembra recomendados para frijol bajo temporal en Zacatecas. Folleto para Productores Núm.44. CIRNOC-INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. 22 p
- Escalante-Estrada J. A., Rodríguez-González M. T. y Escalante-Estrada Y. I. (2015). Nitrógeno, distancia entre surcos, rendimiento y productividad del agua en dos cultivares de frijol. *Bioagro*. 27: 75-82
- Kouam E. B. y Tsague, A. B. (2020). Effect of plant density on growth and yield attributes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Notulae Scientia Biologicae* 12:339-408
- Navarrete M., R.; Acosta G., J. A.; Ibarra P., F. J.; Cuellar R., E. I. (2008). Bacteriosis común del frijol inductor por *Xanthomonas campestris* pv. *Phaseoli* en el altiplano mexicano. INIFAP. Campo Experimental Bajío, Celaya Gto., Mexico. 36 p
- Ulloa J. A., Rosas U. P., Ramírez R. J. C. y Ulloa R. B. E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fotoquímicos. *Revista Fuente*. 8: 5-9



PROPIEDADES DE COCCIÓN DE TALLARINES ELABORADOS CON HARINA DE TRIGO Y COTILEDONES DE FRIJOL NEGRO SAN LUIS

Raquel K. Cruz Bravo^{1*}, Mayra Denise Herrera¹, Blanca Isabel Sánchez Toledano¹, Salvador Horacio Guzmán Maldonado²

¹INIFAP Zacatecas, Carretera Zacatecas- Fresnillo Km. 20.5. Calera de V.R., Zacatecas. C.P. 98500; ²INIFAP Bajío, Km. 6.5. Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, México. *Autor de correspondencia: cruz.raquel@inifap.gob.mx

Introducción

El frijol es de los alimentos más consumidos en la historia de la población mexicana y es reconocido como el tercer cultivo de mayor importancia en México (CIMMYT, 2019). Sin embargo, su consumo y superficie cultivada ha ido en disminución en las últimas décadas (Lara-Flores, 2015). Es por ello que se requiere buscar algunas alternativas que agreguen valor al cultivo y, así, coadyuvar en el aumento de su competitividad en el mercado. En este trabajo se propuso desarrollar dos formulaciones para elaborar tallarines con harina de trigo en combinación con harina extruida de cotiledones de frijol de la variedad Negro San Luis. En la primera formulación, se propone el uso mínimo de huevo y se comparó con una segunda formulación donde se incrementa el uso de huevo y agua para formar la masa para la pasta. Para lo anterior, se decortican los granos del frijol para separar la testa de los cotiledones; estos últimos se molieron y la harina resultante se extruyó y se usó para elaborar tallarines en combinación con harina de trigo, así como un testigo de 100 % trigo. Posteriormente, se realizaron pruebas físicas con base en diferentes parámetros para determinar las propiedades de cocción de las pastas. Además de las ventajas económicas que puede ofrecer esta tecnología, se propone ofrecer una alternativa más saludable de consumo de pastas, ya que se ha demostrado que el frijol es una fuente importante de proteínas, vitaminas del complejo B, minerales como el hierro y fibra (Los et al., 2018), y, particularmente, los frijoles de tipo negro aportan antocianinas, que son compuestos fenólicos con capacidad antioxidante y que ayudan a prevenir enfermedades crónico-degenerativas, tales como obesidad, diabetes y diversos tipos de cáncer (Damian-Medina et al., 2022).

Materiales y métodos

Materiales. El frijol variedad Negro San Luis se adquirió con un productor local. Se utilizaron ingredientes de origen comercial para elaborar los tallarines.

Extrusión de la harina de cotiledones de frijol. Previamente, los granos de frijol se limpiaron y se decortican, se separó la testa de los cotiledones y estos últimos se molieron hasta obtener una harina fina.

Con el propósito de mitigar los factores antinutricios en la harina cruda de cotiledones de frijol, se extruyó la misma bajo las siguientes condiciones: humedad 22 %, tornillo 1:1, dado de salida de 3 mm, temperatura en las cuatro zonas de 120 °C, velocidad de alimentación de 30 g de harina por minuto y una velocidad de extrusión de 95 rpm. El extrudido se secó en un horno de convección y se molió hasta obtener una harina fina.

Formulaciones para elaborar tallarines. Se desarrolló una primera fórmula para elaborar tallarines con harina de trigo (HT) y harina extruida de cotiledones de frijol (HEC), así como una segunda formulación para mejorar la textura de la pasta, como se describe a continuación:

**Cuadro 1.** Fórmula #1 para elaborar tallarines con harina de trigo y HEC.

Ingrediente	Tallarines testigo*	Tallarines trigo/HEC
HT	70 g	52.5 g
HEC	-	17.5 g
Huevo	5 g	5 g
Agua	25 ml	25 ml

*Tallarines testigo: elaborados 100 % con harina de trigo.

Cuadro 2. Fórmula #2 para elaborar tallarines con harina de trigo y HEC.

Ingrediente	Tallarines testigo*	Tallarines trigo/HEC
HT	70 g	52 g
HEC	-	18 g
Huevo	15 g	15 g
Agua	20 ml	20 ml

*Tallarines testigo: elaborados 100 % con harina de trigo.

Elaboración de tallarines. Como primer paso, se pesan todos los ingredientes para tenerlos listos inmediatamente antes del proceso. De ser necesario, se ciernen las harinas para evitar el paso de partículas de tamaño irregular y dar mejor presentación al producto.

Se coloca el huevo y el agua en un mismo recipiente y se homogenizan. A continuación, se coloca la mezcla de harinas en un recipiente hondo y se le adiciona el huevo con agua poco a poco mientras se va amasando. Una vez que la masa está homogénea y suave, se aplana con un rodillo o con una máquina para pastas. Se puede enharinar la masa para facilitar su manejo. Finalmente, se pasa la masa por la cortadora para obtener los tallarines, se secan en un horno de convección a 60 °C, se enfrían a temperatura ambiente y se almacenan para su posterior uso o análisis.

Pruebas físicas de los tallarines. Se determinó el tiempo de cocción, ganancia de peso, aumento de volumen, porcentaje de sedimentación y el índice de tolerancia a la cocción en los tallarines de acuerdo a lo descrito por los métodos del AAC 66-50; Beuchat, (1977) y Bryant & Hamaker, (1997).

Tiempo de cocción: en 300 ml de agua destilada se colocaron 25 g de muestra y se midió el tiempo de cocción en función de la pegajosidad de la pasta y consistencia al dente.

Ganancia de peso: se determinó mediante la diferencia de peso entre la pasta cocida y la cruda

Aumento de volumen: se midieron las dimensiones de la pasta cruda y cocida en función del espesor, ancho y longitud

Porcentaje de sedimentación: el agua de cocción se colocó en una probeta graduada y se registró el volumen del precipitado después de un reposo de tres horas.

Tolerancia a la cocción: consistió en registrar el tiempo de desintegración de la pasta en por lo menos tres partes durante la cocción.

Resultados y discusión

Como puede observarse en el cuadro 3, el tiempo de cocción fue similar en los dos tipos de tallarines (HT y HT/HEC), lo cual implica que la adición de HEC en la proporción utilizada en este estudio no influyó negativamente respecto a una pasta elaborada totalmente con trigo; sin embargo, para esta primera fórmula, ambos tiempos fueron elevados comparados con los estándares comerciales, lo cual se ve relegado en la alta tolerancia a la cocción de ambas pastas.



Por otra parte, se observa que la ganancia de peso fue significativamente mayor en la pasta elaborada con HT/HEC, lo cual puede significar un producto más resistente al quiebre. El porcentaje de sedimentación fue mayor en la pasta HT/HEC respecto a la pasta testigo, lo cual se relaciona con la capacidad de desintegración de la pasta. Estos resultados son similares a lo reportado por Cabuk *et al.* (2020), quienes observaron un aumento en el tiempo de cocción, volumen y una mayor pérdida durante la cocción en pastas fortificadas con frijol, en comparación con el control de trigo.

Aunque en algunos parámetros la pasta con HEC presentó mejores propiedades que el testigo (Cuadro 3), se detectó la necesidad de mejorar la formulación para evitar su quiebre durante la cocción y disminuir el tiempo de cocción.

Cuadro 3. Pruebas físicas de la fórmula #1 para elaborar tallarines con trigo y harina extruida de cotiledones de frijol (HEC)

Muestra	Tiempo de cocción (min)	Ganancia de peso (%)	Aumento de volumen	Sedimentación (%)	ITC (min)
Tallarines testigo	26	164.40 ± 8.92b	1.05 ± 0.1a	19 ± 0.01b	17
Tallarines con HEC	27	209.15 ± 6.59a	1.29 ± 0.02a	28 ± 1.0a	19

Los resultados se presentan como la media ± el error estándar de tres experimentos independientes. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa ($\alpha = 0.05$); prueba *t*. Tallarines testigo: pasta elaborada con 100 % harina de trigo. ITC: índice de tolerancia a la cocción.

Con base en los resultados anteriores, se decidió desarrollar la fórmula #2 que consistió en aumentar la cantidad de huevo y ajustar el agua utilizada en la masa (Cuadro 2) para mejorar la textura y propiedades de cocción de las pastas, por lo que en el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos en las pruebas físicas.

Cuadro 4. Pruebas físicas de la fórmula #2 para elaborar tallarines con trigo y harina extruida de cotiledones de frijol (HEC)

Muestra	Tiempo de cocción (min)	Ganancia de peso (%)	Aumento de volumen	Sedimentación (%)	ITC (min)
Tallarines testigo	3	144.13 ± 4.41 ^a	0.64 ± 0.01 ^b	7.83 ± 0.16 ^a	4
Tallarines con HEC	4	151.96 ± 0.71 ^a	0.86 ± 0.02 ^a	7.16 ± 0.16 ^b	4.5

Los resultados se presentan como la media ± el error estándar de tres experimentos independientes. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa ($\alpha = 0.05$); prueba *t*. Tallarines testigo: pasta elaborada con 100 % harina de trigo. ITC: índice de tolerancia a la cocción.

Como puede observarse, todos los parámetros físicos (tiempo de cocción, ganancia de peso, aumento de volumen, porcentaje de sedimentación, índice de tolerancia a la cocción) se redujeron considerablemente con el ajuste de huevo y agua en la formulación (Cuadro 4). Estos resultados son similares a los hallazgos de Milde *et al.* (2021), quienes observaron un mejoramiento de las propiedades de cocción y textura en pastas al aumentar el contenido de albúmina de huevo, ya que la albúmina del huevo forma una red que garantiza la cohesión de pasta por acción del calor.



Conclusiones

De manera general, la pasta elaborada con harina extruida de cotiledones (HEC) de frijol Negro San Luis presentó propiedades físicas similares a la pasta testigo elaborada solamente con harina de trigo, lo cual implica la factibilidad del uso de la HEC para este tipo de producto alimentario. Sin embargo, existió la necesidad de modificar la formulación en ambas pastas, ya que fue necesario disminuir el tiempo de cocción y aumentar la resistencia al quiebre durante la cocción. Por lo que, con base en los resultados obtenidos para la segunda formulación, se pudo observar un mejoramiento considerable en los parámetros de cocción al aumentar un poco la cantidad de huevo utilizado, lo cual es conveniente para la optimización de recursos durante el tratamiento térmico de las pastas.

Referencias

- Association of Official Analytical Chemists [AOAC] (2002). Official methods of analysis. 17th ed. Arlington, Va.: AOAC.
- Beuchat, L. R. (1977). Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 25, 258-261.
- Bryant, C. M., & B. R. Hamaker. (1997). Effect of lime on gelatinization of corn flour and starch. *Cereal Chemistry* 74, 171-175.
- Çabuk, B., & Yilmaz, B. (2020). Fortification of traditional egg pasta (erişte) with edible insects: nutritional quality, cooking properties and sensory characteristics evaluation. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 2750-2757.
- Milde, L. B., Rivero, D. A., Chigal, P. S., Zubreski, E. R., Chade, M. E., & Brumovsky, L. A. (2021). Changes in the physical, textural and chemical properties of the enriched pasta elaborated with cassava starch. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 1-7.



DIVERSIDAD DE LA MICROBIOTA ORAL EN POBLACIÓN HUMANA EXPUESTA A NITRATOS

Sandra Dayana Ríos Castro^{1*}, María Fernanda González-Delgado², Rebeca Pérez-Morales² y Alberto González-Zamora¹.

¹Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. ²Facultad de Ciencias Químicas-GP, Universidad Juárez del Estado de Durango. Laboratorio de Biología Celular y Molecular, Gómez Palacio, Durango, México. *Autor para correspondencia: agzfc@ujed.mx

Introducción

Las zonas rurales de la Comarca Lagunera se caracterizan por la alta producción de ganado lechero, lo que ocasiona que cada año se depositen en los suelos cerca de 842,000 t año⁻¹ de masa seca de estiércol, lo que equivale a 44,200 t año⁻¹ de nitrógeno (Figuroa et al., 2015). Esta situación provoca un grave deterioro y contaminación de las reservas de aguas subterráneas de la región, debido a los altos niveles de nitratos que se atribuyen principalmente a la agricultura y la ganadería (García-Torres et al., 2022).

La contaminación por nitratos es el resultado de la lixiviación de los componentes nitrogenados que se encuentran en el estiércol, la producción y eliminación de aguas residuales urbanas, de residuos sépticos y efluentes de fosas sépticas o fugas que también contribuyen a la contaminación (Shalev et al., 2015).

Los factores naturales y antropogénicos han ocasionado que en algunas zonas de la Comarca Lagunera se haya superado el límite permisible de nitratos en agua para consumo humano, que ha sido establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 11 mg/L de nitrógeno de nitrato; mientras que en México de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021 (Diario Oficial de la Federación, 2022), el límite permisible es de 10 mg/L de nitrógeno de nitrato en el agua potable.

Los nitratos se obtienen a través de la dieta a partir del consumo de vegetales de hoja verde, alimentos procesados que contienen nitratos y nitritos como aditivos y agua contaminada con altas concentraciones de nitrato. El nitrato ingerido se reduce a nitrito a través de la acción de las bacterias presentes en la cavidad oral, por acción de las enzimas nitrato reductasa (Lundberg et al., 2018). Los niveles de nitrato en los fluidos corporales como en la saliva, plasma y orina aumentan después de su ingesta, lo que provoca que las concentraciones de nitrito plasmático y salivario se incrementen considerablemente hasta 5 a 8 mM (Spieck & Lipski, 2011).

La exposición a nitratos se ha asociado con diversas enfermedades crónicas degenerativas como la obesidad, diabetes, enfermedades cardiovasculares y alteraciones tiroideas, aunque existen algunos estudios al respecto, los estudios que analicen el potencial de la microbiota de la cavidad oral en la transformación del nitrato ingerido son muy limitados, por lo que el objetivo del presente estudio es analizar algunos biomarcadores de interés y la microbiota oral de una muestra poblacional expuesta a nitratos en el agua de bebida.



Materiales y métodos

Se realizó un muestreo no probabilístico por cuotas ya que se recolectaron muestras en las localidades del municipio de Lerdo Durango que rebasan los límites permisibles de nitratos, según la NOM-127-SSA1-2021. Estas localidades son Nazareno y la Loma que presentan 36.5 – 56.9 mg/L de N-NO₃, mientras que Juan E. García y San Jacinto presentan 18.1 – 32.1 mg/L de N-NO₃. De acuerdo con los lineamientos del Manual de Procedimientos para el Proyecto Microbioma Humano (McInnes, 2010), se incluyeron en el estudio personas de 18 a 60 años, sexo femenino y masculino, que vivan en las localidades por lo menos desde dos años anteriores al estudio y que participen de manera voluntaria, se obtuvo la firma de un consentimiento informado. El estudio cuenta con la aprobación del Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Químicas UJED.

Se registraron los datos epidemiológicos de cada participante, en donde se tomó en cuenta la edad, el sexo, las enfermedades crónicas degenerativas. También se recolectó ~ 3 ml de saliva y 10 ml de sangre periférica contenida en tubos vacutainer con EDTA, posteriormente se analizó la cantidad de nitritos en cada una de las muestras biológicas con el método de Griess (Tenorio et al., 2005) y se registró la densidad óptica en el espectrofotómetro a 540nm. Como estándar se utilizó una curva de concentración de NaNO₂ en un rango entre 10 mM y 100 mM.

Para la extracción del DNA bacteriano se utilizó el kit QIAamp DNA Mini, siguiendo las instrucciones del fabricante. Una vez realizada la extracción, se cuantificó con un espectrofotómetro NanoDrop 2000 UV-vis (Thermo Scientific) y se determinó la integridad del material genético mediante electroforesis en gel de agarosa al 1%. La región V3–V4 del gen 16S rRNA se amplificó utilizando los oligonucleótidos 338F (5'-ACTCCTACGGGAGGCAGCAG-3') y 806R (5'-GGACTACHVGGGTWTCTAAT-3'). Se realizó una reacción en cadena de polimerasa (PCR) punto final, siguiendo las instrucciones de la hoja técnica de la Taq polimerasa de Promega® para amplificar el fragmento de interés, la reacción se llevó a cabo en el termociclador C1000 Touch Thermal Cycler (Bio-Rad). Posteriormente el producto de PCR fue digerido con la enzima de restricción HpaI (Thermo Scientific) para analizar los sitios del corte del fragmento variable del 16S rRNA. El patrón de restricción fue observado en un gel de poliacrilamida al 8%.

Resultados y discusión

Se incluyeron 87 muestras de los participantes que contaban con todos los datos de interés y la cantidad de muestra fue suficiente para los análisis posteriores. Se analizaron los datos clínicos, índice de masa corporal (IMC), y la presencia enfermedades crónicas degenerativas como la obesidad, diabetes e hipertensión. A este respecto las localidades de Juan E. García y La Loma cuentan con altos porcentajes de obesidad y diabetes; en lo que respecta a los niveles de nitratos en saliva y plasma las comunidades Nazareno y San Jacinto cuentan con los niveles más altos. Estos datos se presentan en la Tabla 1 donde se estratifican por comunidad.



Tabla 1. Variables analizadas en la población de estudio, estratificada por comunidad.

Localidad	Total	F	M	IMC (x)	Obesidad (%)	Diabetes (%)	Hipertensión (%)	NO ₂ saliva (mM)	NO ₂ plasma (mM)
Nazareno	25	23	2	29.70	39	4	36	23.97	27.49
Juan E . García	12	10	2	29.94	44	42	42	9.34	13.52
La Loma	19	18	1	31.99	42	11	26	13.54	9.99
San Jacinto	31	28	3	27.71	26	26	29	37.77	25.54
Total	87	79	8						

En la figura 1, se puede observar el producto de PCR del gen 16S rRNA que corresponde a 468pb de la región hipervariable V3 – V4; mientras que en la figura 2 se muestran los patrones de restricción obtenidos con la enzima HpaI, los cuales permiten detectar diferentes tipos de bacterias presentes en la muestras analizadas.

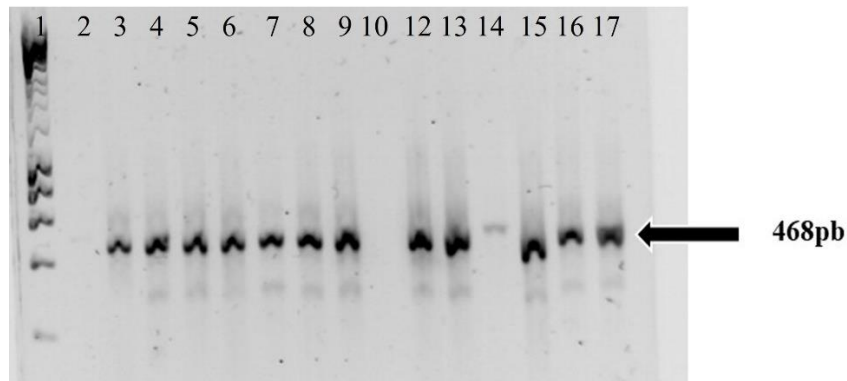


Figura 1. Fragmento hipervariable (V3 – V4) del gen 16S rRNA. El carril 1 es marcador de peso molecular 1Kb, carril 2 control negativo, carril 3 – 17 son muestras procedentes de la cavidad oral de los participantes.

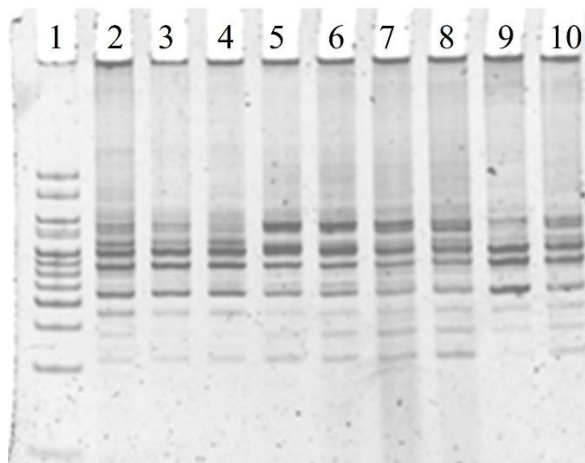


Figura 2. Muestras representativas del patrón de restricción de la región hipervariable V3 – V4 del gen 16S rRNA. El carril 1 es marcador de peso molecular 25 pb, carril 2 – 10 corresponden a muestras procedentes de la cavidad oral de los participantes.



La Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera del país, donde su población de cabezas de ganado lechero produce un gran volumen anual de estiércol, esta situación provoca contaminación de las reservas de aguas subterráneas de la región debido a los altos niveles de nitratos (Salazar et al., 2004).

Dentro del organismo los nitratos son transformados a nitrito por las bacterias de la cavidad oral, así como por el tracto digestivo, en particular, algunas bacterias de la familia *Veillonellaceae* residentes en la cavidad oral pueden reducir la ingesta dietética de nitratos, produciendo nitritos, de tal forma que al ingerir altos niveles de nitratos en el agua de bebida y al ser reducidos en la cavidad oral, se espera que exista mayor cantidad de nitritos circulantes en saliva y plasma (Doel et al., 2005; Hyde et al., 2014).

El incremento de los nitritos en saliva y plasma puede ser relacionado con el aumento de triglicéridos y colesterol, por lo que podría incrementar el riesgo a enfermedades cardiovasculares, resultados que concuerdan con nuestra población muestreada. Existen estudios relacionados como el de Kina-Tanada et al., 2017, en donde evidencia un aumento del peso corporal, hipertensión, resistencia a la insulina, así como enfermedades cardiovasculares en ratones con alta exposición a nitratos. De igual forma, Cook et al., 2003 demostró que existe un aumento en el estrés metabólico producto de la biotransformación del nitrato-nitrito-óxido nítrico. Comparando estos estudios previos, podemos decir que la biotransformación del nitrato en el cuerpo humano produce un estrés metabólico que puede provocar un aumento de biomarcadores de riesgo para enfermedad cardiovascular como, colesterol, triglicéridos, ácido úrico, e hiperglucemia, estos niveles alterados pueden conducir a desarrollar diabetes e hipertensión.

Por otro lado, Sato et al., 1997, realizó una investigación empleando un análisis de RFLP para identificar las variaciones en la longitud de los fragmentos de restricción generados por enzimas de restricción específicas, lo que le permitió evaluar la diversidad genética y relación filogenética de las bacterias. Estudios más recientes como el de Sano et al., 2021 realizaron un estudio similar con el análisis de RFLP, para determinar la variabilidad de la microbiota oral y encontró diferentes patrones de restricción en la microbiota oral de los individuos analizados, lo que indica que cada individuo tiene una composición diferente de bacterias. En este estudio se pueden observar distintos patrones, según su procedencia, lo que sugiere que cada individuo tiene diferente microbiota, aunque es posible que compartan ciertos géneros bacterianos la intensidad de las bandas es variable, lo que podría deberse a una mayor densidad bacteriana de ciertos géneros en las distintas muestras, lo que también podría relacionarse con la transformación del nitrato a nitrito y por lo tanto con la cantidad de nitrito circulante en saliva y plasma de los individuos.

Conclusión

En cada población se encontraron distintos patrones de la microbiota oral que participa en la primera transformación de nitrato a nitrito, además los niveles más altos de nitrito en saliva se encontraron en San Jacinto que corresponde a una zona de exposición media, mientras que el nitrito plasmático fue más alto en la población de Nazareno que es una zona de alta exposición, por lo que la actividad de la microbiota oral es importante en la biodisponibilidad del contaminante. En todas las comunidades analizadas existe una alta prevalencia de enfermedades que pueden asociarse al estrés oxidante y nitrosante generado por la biotransformación del nitrato ingerido en el agua de bebida.



Referencias

- Cook, Stéphane et al. "Clustering of cardiovascular risk factors mimicking the human metabolic syndrome X in eNOS null mice." *Swiss medical weekly* vol. 133,25-26 (2003): 360-3. doi:10.4414/smw.2003.10239
- Diario Oficial de la Federación. 2022. NORMA Oficial Mexicana NOM-127- SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. DOF: 02/05/2022.
- Doel, Justin Johnston, et al. "Evaluation of bacterial nitrate reduction in the human oral cavity." *European journal of oral sciences* 113.1 (2005): 14-19. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2004.00184.x>
- Figueroa, U., G. Núñez, D. G. Reta & H. E. Flores. 2015. Balance regional de nitrógeno en el sistema de producción leche-forraje de la Comarca Lagunera, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 6 (4): 377-392.
- García-Torres, E., R. Pérez-Morales, A. González-Zamora, E. Ríos-Sánchez, E. H. Olivás-Calderón, J. J. Alba, E. Y. Calleros-Rincón. 2022a. Consumption of water contaminated by nitrate and its deleterious effects on the human thyroid gland: a review and update. *International Journal of Environmental Health Research* 32 (5): 984-1001. <https://doi.org/10.1080/09603123.2020.1815664>
- Hyde E. R., Andrade F, Vaksman Z, Parthasarathy K, Jiang H, Parthasarathy D. K-, et al. (2014) Metagenomic Analysis of Nitrate-Reducing Bacteria in the Oral Cavity: Implications for Nitric Oxide Homeostasis. *Plos one* 9(3): e88645. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088645>
- Kina-Tanada, Mika et al. "Long-term dietary nitrite and nitrate deficiency causes the metabolic syndrome, endothelial dysfunction and cardiovascular death in mice." *Diabetologia* vol. 60,6 (2017): 1138-1151. doi:10.1007/s00125-017-4259-6
- Lundberg, J. O., M. Carlström & E. Weitzberg. 2018. Metabolic effects of dietary nitrate in health and disease. *Cell Metabolism* 28 (1): 9-22. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.06.007>
- McInnes, P. 2010. Manual of procedures for Human Microbiome Project. Core microbiome sampling protocol A, HMP Protocol # 07-001. Version Number: 12.0.
- Salazar S., E., Beltrán M. A., Fortis H. M., Leos R. J. A., Cueto W. J. A. y Vázquez V. C. 2003. Mineralización de Nitrógeno en el Suelo y Producción de Avena Forrajera con tres Sistemas de Labranza. *TERRA Latinoamericana*, Vol. 21, Núm. 4. Universidad Autónoma Chapingo, México. Pp. 561-567.
- Sato T., Sato M., Matsuyama J., & Hoshino E. (1997). PCR-restriction fragment length polymorphism analysis of genes coding for 16S rRNA in *Veillonella* spp. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 47(4), 1268-1270.
- Shalev, N., A. Burg, I. Gavrieli & B. Lazar. 2015. Nitrate contamination sources in aquifers underlying cultivated fields in an arid region - The Arava Valley, Israel. *Applied Geochemistry* 63: 322-332. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2015.09.017>
- Spieck, E. & A. Lipski. 2011. Cultivation, growth physiology, and chemotaxonomy of nitrite- oxidizing bacteria. In: *Methods in enzymology* 486: 109-130. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381294-0.00005-5>
- Tenorio, L., A. Fermín, L. del Valle, G. Pastelín. 2005. Validación de un método analítico espectrofotométrico para la cuantificación de metabolitos estables de óxido nítrico en fluidos biológicos. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 36 (1): 31-41.



RENDIMIENTO EN SELECCIONES DE DURAZNERO EN AGUASCALIENTES

Manuel Antonio Galindo-Reyes^{1*}, Valentín Melero Méraz²; Mayra Denisse Herrera², José Carlos Monárrez-González³

¹INIFAP-Campo Experimental Pabellón. ²INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. ³INIFAP-Campo Experimental Valle de Guadiana. Autor de correspondencia: galindo.manuel@inifap.gob.mx.

Introducción

En México, durante el año 2022 se cultivaron poco más de 34 mil hectáreas de duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch.] para diferentes destinos de la producción. Los principales estados en superficie cultivada son Zacatecas, Puebla, Michoacán, entre otros (SIAP, 2023).

En el cultivo de duraznero, algunas variedades empleadas en México proceden de programas de mejoramiento de EEUU, Italia, Francia, entre otros, lo que ha provocado alta dependencia tecnológica. Una segunda desventaja de utilizar variedades importadas es que rara vez se adaptan bien a nuestras condiciones propias de suelo, de clima y de mercado, por lo que es indispensable contar con variedades generadas en nuestro país (Cantín et al., 2009).

En el Campo Experimental Pabellón (CEPAB), hasta antes del año 2007 existió un programa de mejoramiento en duraznero, donde se generaron diversas selecciones y variedades. Ante esta situación surge la necesidad de conservar y evaluar las variedades y selecciones generadas en el CEPAB y otros genotipos traídos de otras regiones con el fin de disponer de variedades o para iniciar un programa de mejoramiento. Por esta razón esta investigación tiene como objetivo presentar el rendimiento de fruto y sus componentes de 10 selecciones de duraznero durante cinco años continuos.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en un huerto pequeño de duraznero que se ubica en el Campo Experimental Pabellón, en Aguascalientes; cuya localización es de 22° 09' Latitud Norte y 102° 16' Longitud Oeste y 1,920 m de altitud. El suelo del huerto es de tipo Calcisol, de textura franco-arenosa, con pH alcalino (7.9), con menos de 1% de materia orgánica (Osuna et al., 2013). El clima que predomina es semidesértico con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 16.2 °C, la media anual máxima es de 20 °C y la mínima es de 7.1 °C (Medina et al., 2006).

En este huerto de duraznero se evaluaron 10 genotipos durante cinco años continuos (2017, 2018, 2019, 2020 y 2021). Los 10 genotipos en estudio se consideraron como tratamientos. Dichos tratamientos se distribuyeron en condiciones de un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y como unidad experimental se consideró un árbol.

El huerto se estableció con 14 genotipos de duraznero con árboles que provenían de plantas propagadas mediante estaca sin injertar, durante mes de marzo del año 2010, pero en esta evaluación únicamente se presentan resultados de 10 selecciones de duraznero. La plantación se realizó a una distancia de 5 x 4 metros para líneas y plantas, respectivamente; y las hileras se orientaron de Este-Oeste. Todos los árboles se condujeron en vaso o copa, dejando entre cuatro o cinco ramas principales para favorecer la entrada de la luz y soportar el peso de los frutos y las hojas.



Con relación al manejo agronómico, el huerto se ha fertilizado año con año con la dosis de 150-100-50-30-50-50 unidades de N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO y S, respectivamente, con aplicaciones fraccionadas de por lo menos cinco ocasiones al año, de acuerdo con la etapa fenológica. El riego se proporciona por gravedad, en primavera se dio un riego cada 10 días, en verano antes del periodo fuerte de lluvia se aplicó un riego cada siete días y durante el otoño se suministró un riego cada 10 días. Finalmente, los árboles recibieron prácticas agronómicas de acuerdo con el manejo comercial de la región como fue el control de maleza, de plagas y de enfermedades.

Como variables de respuesta se tomaron rendimiento y número de frutos por árbol. Para esto se cuantificaron frutos totales, comerciales y no comerciales; producción total, comercial y no comercial. La cosecha se hizo conforme ocurrió la madurez comercial en cada selección, desde junio hasta septiembre. La información se analizó calculando el promedio de todas las selecciones en cada variable.

Resultados y discusión

Número de frutos por árbol. Las selecciones produjeron en promedio durante cinco años entre y 2,000 frutos por árbol (Figura 1). En general, la mayor producción de frutos por árbol en la mayoría de las selecciones ocurrió durante el año 2018, por lo que este año se puede considerar la máxima producción de número de frutos por árbol durante el periodo de evaluación.

Las Selecciones 2 y 7 superaron de manera consistente al resto de las selecciones en el número de frutos durante todos los años de evaluación (Figura 1), por lo tanto, estos dos genotipos se pueden considerar como unos buenos materiales potenciales para producción de fruto en el estado de Aguascalientes. Es importante señalar que durante el año 2018 la Selección 2 presentó el mayor número de frutos por árbol, con aproximadamente 2,000 frutos por árbol y la Selección 8 fue la accesión que menos frutos produjo durante los cinco años de evaluación, ya que siempre mostró menos de 70 frutos por árbol (Figura 1).

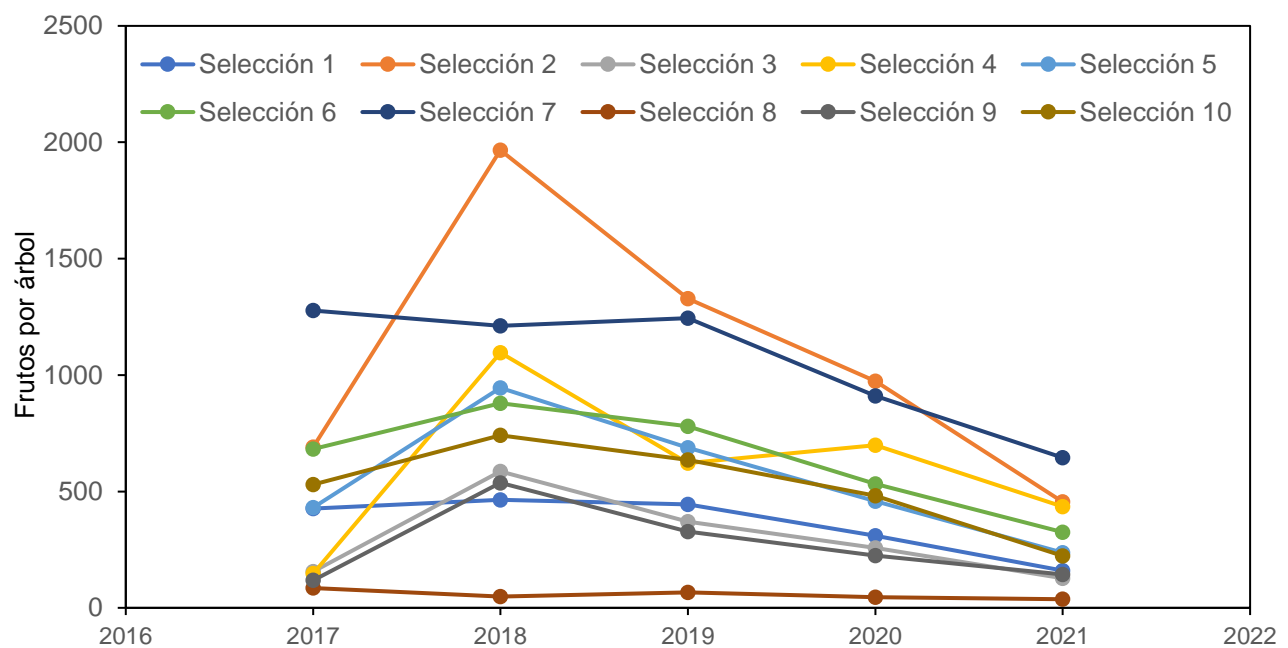


Figura 1. Número de frutos por árbol de duraznero durante cinco años.



Rendimiento por árbol. La producción de fruto varió ampliamente entre años y selecciones, así se detectó un mínimo 2.0 y un máximo de 125 kilogramos por árbol desde el año 2017 hasta el año 2021 (Figura 2). De manera general, la máxima producción de fruto por árbol se observó durante el año 2018 en todas las selecciones y coincide con el mayor número de frutos por árbol en ese año (Figura 1), por lo que el rendimiento por árbol lo determina en gran medida el número de frutos. En este sentido, Osborne *et al.* (2014) señalan que existe una relación lineal positiva entre el número de frutos por árbol y el rendimiento por hectárea en duraznero de la variedad Zee Lady.

Las selecciones 2 y 7 presentaron la mayor producción de frutos por árbol de manera consistente durante todos los años de evaluación. Estas selecciones siempre produjeron más de 50 kilogramos por árbol, sobre todo el año 2018, cuando produjeron más de 120 kilogramos por árbol cada selección. En contraste, la Selección 8 fue la que mostró la menor producción en kilogramos por árbol todos los años de evaluación (Figura 2), ya que únicamente produjo como máximo entre 3 y 4 kilogramos por árbol.

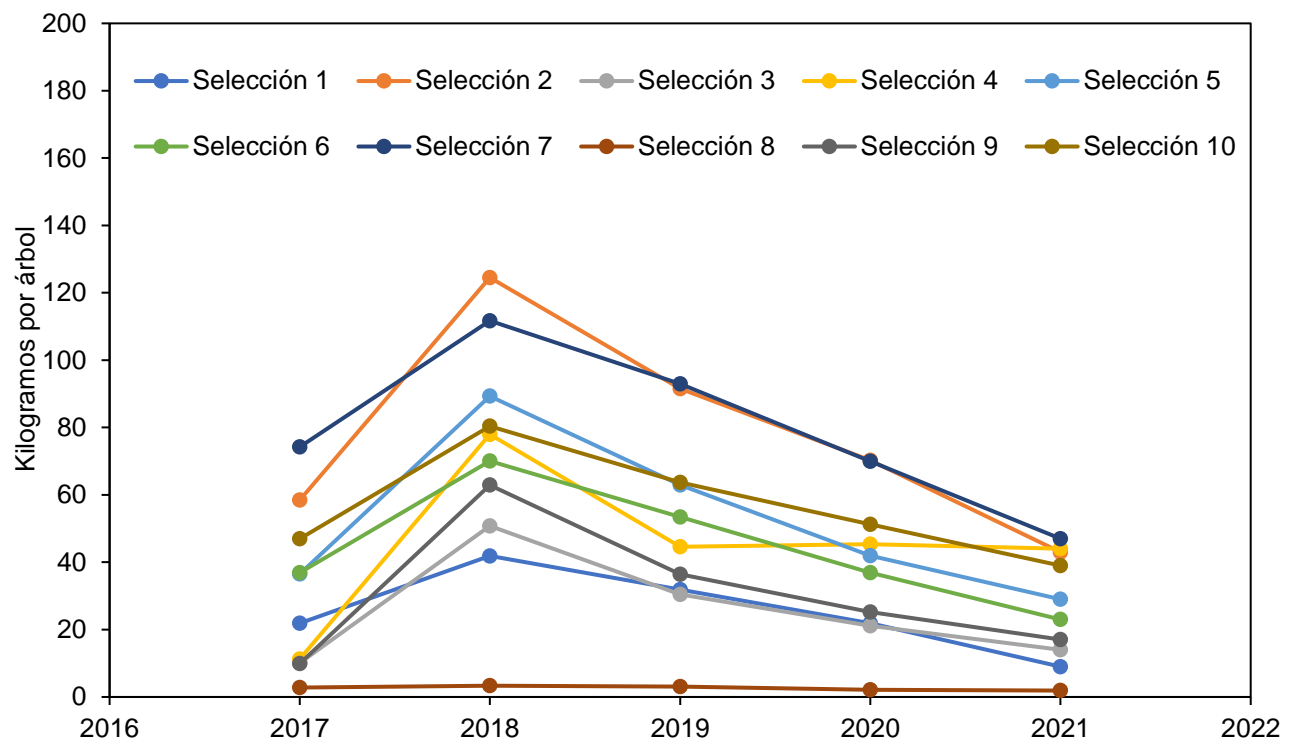


Figura 2. Producción de fruto por árbol de duraznero durante cinco años.

Es importante señalar las Selecciones 2 y 7 son candidatos potenciales para liberarse como variedades comerciales en el corto plazo y cultivarse en el estado Aguascalientes y sur del estado de Zacatecas debido a su alta producción de fruto por árbol.



Conclusiones

Las Selecciones 2 y 7 de duraznero siempre produjeron más de 500 frutos por árbol durante la evaluación. Las Selecciones 2 y 7 siempre produjeron más de 50 kilogramos de fruto por árbol durante el tiempo de evaluación.

Referencias

- Cantín, C. M., Gogorcena, Y. and Moreno, M. Á. (2009). Analysis of phenotypic variation of sugar profile in different peach and nectarine [*Prunus Persica* (L.) Batsch] breeding progenies. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89:1909-1917.
- Medina, G. G., Maciel, P. L. H., Ruiz, C. J. A., Serrano, A. V. y Silva, S. M. M. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Aguascalientes (periodo 1961-2003). INIFAP. Campo Experimental Pabellón, Fundación Produce, Aguascalientes. Libro técnico núm. 2. SAGARPA.
- Osborne, J. Parra-Quezada R. A., Terence L. R. y Arreola-Ávila, J. G. 2014. El raleo químico en floración incrementa el tamaño del fruto y el valor de la producción en durazno variedad Zee Lady. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5:353-365.
- Osuna-Ceja, E. S., Reyes-Muro, L., Padilla-Ramírez, J. S., Rosales-Serna, R., Martínez-Gamiño, M. A., Acosta-Gallegos, J. A. y Figueroa-Sandoval, B. 2013. Rendimiento de genotipos de frijol con diferentes métodos de siembra y riego-sequía en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4:1209-1221.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Cierre de la producción agrícola por estado: uva. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). In: www.siap.gob.mx. Consultado en línea el 20 de agosto de 2023.



RENDIMIENTO Y PESO DE FRIJOL PINTO LIBERTAD SEMBRADO EN DOS SISTEMAS DE SIEMBRA BAJO RIEGO POR GOTEO

Nadiezhdá Ramírez-Cabral, Juan J. Figueroa-González, Manuel Reveles-Hernández,
José A. Cid-Ríos y Miguel Servín-Palestina

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera, Zac., México. Tel (55) 3871 8700. * Autor de correspondencia: ramirez.nadiezhdá@inifap.gob.mx

Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una fuente de energía y proteínas para regiones con un bajo nivel de desarrollo económico, principalmente, Latinoamérica y África (Perez-Hernandez et al., 2021). Además, el frijol común, después de la soya, es una de las leguminosas más consumidas en todo el mundo (Alcázar-Valle et al., 2021). Esta leguminosa tiene un importante interés científico por su perfil de macronutrientes y micronutrientes, aunado a lo anterior, contienen diversos tipos de compuestos bioactivos, como los flavonoides, que constituyen el grupo principal de compuestos fenólicos en los frijoles (Cárdenas-Castro et al., 2020). Sin embargo, este grano presenta diversos problemas en su producción, tanto factores abióticos como bióticos, lo que llega a reducir los rendimientos potenciales. Una manera de incrementar la producción es mediante diversas prácticas agrícolas, como lo es la densidad de siembra; esta práctica agrícola es de las más recomendables para lograr un incremento en la productividad de los cultivos, debido a que con un número apropiado de plantas por unidad de superficie se logra un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos y nutricionales. Algunas prácticas para incrementar el rendimiento por unidad de superficie son las siembras a doble, triple y cuatro hileras, que se han adaptado al cultivo y han dado excelentes resultados (Osuna-Ceja y Martínez-Gamiño, 2017). Tomando en cuenta lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el peso de cien semillas y rendimiento por hectárea de la variedad de frijol Pinto Libertad en dos sistemas de siembra bajo riego por goteo.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatecas (coordenadas y altura, 22° 54' 31" latitud norte y 102° 39' 34"). La siembra se realizó el 16 de mayo del 2022 a tierra venida. Se evaluó el rendimiento de frijol de la variedad Pinto Libertad. La unidad experimental constó de dos sistemas de siembra: una hilera (hilera sencilla) y en camas (cuatro hileras), de cinco metros lineales y la distancia entre surcos fue de 0.76 m y 10 cm entre plantas. La fertilización al suelo en la siembra fue con la dosis 50-60-30 de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. Para el establecimiento de ambos sistemas de siembra se aplicó un riego de 14 h y durante el desarrollo del experimento se realizaron 10 riegos alternados con una duración de 5 h cada uno. El manejo del cultivo se realizó siguiendo las recomendaciones de INIFAP para esta leguminosa.

En el experimento se realizaron cinco repeticiones para cada variable y sistema de siembra y se arregló en un diseño experimental completamente al azar. Las variables evaluadas fueron: peso de cien semillas (PCS), reportado en gramos (g); esta variable fue estimada para cada sistema de siembra tomando cien semillas al azar de cada muestra cosechada y pesándolas en una balanza digital. El rendimiento por hectárea se estimó en los dos sistemas de siembra a cada repetición, determinando el peso por parcela (kg), y se convirtió a kilogramos por hectárea (kg ha⁻¹) de acuerdo con Cid-Ríos et al. (2019).



Los resultados fueron reportados como la media y la desviación estándar. Las diferencias fueron analizadas usando el ANOVA con el programa estadístico SAS. Las diferencias significativas entre medias fueron identificadas por la prueba de Tukey ($P < 0.05$). El análisis de los datos se realizó con el paquete estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., NC, USA).

Resultados y discusión

El sistema de siembra de cuatro hileras fue estadísticamente ($P < 0.05$) mayor para la variable PCS con respecto al sistema de una hilera. El PCS influyó en el tipo de siembra, contrario a lo reportado por Osuna-Ceja et al. (2013), quienes reportaron 39.4 y 36.9 g en el PCS para la variedad Pinto Libertad sembrado a una hilera y tres hileras, respectivamente. Rosales-Serna et al. (2019) reportó para diferentes líneas mejoradas de frijol cultivadas en Durango de 21.4 a 45.2 g el PCS. Además, la semilla grande (35-45 g de PCS) y la forma arriñonada son los atributos preferidos por las personas entrevistadas en un estudio realizado por Rosales-Serna et al. (2014). Esto indica que el grano grande obtenido por siembra de cuatro hileras es viable para obtener granos de Pinto Libertad con características comerciales.

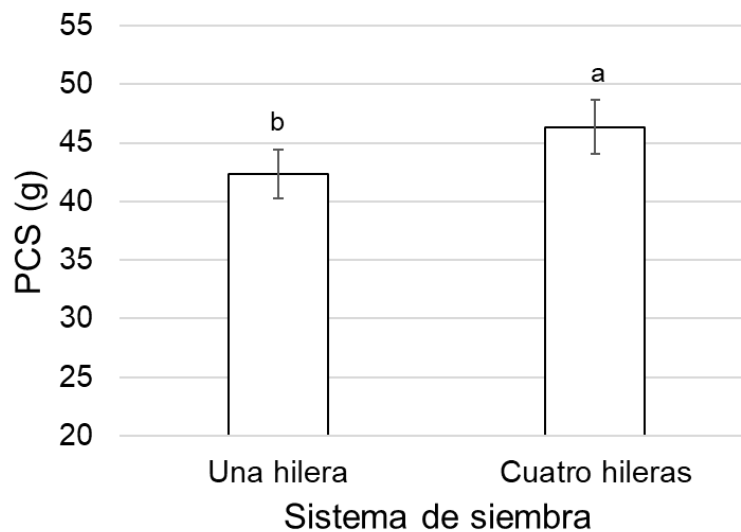


Figura 1. Peso de cien semillas (PCS) de frijol Pinto Libertad bajo dos sistemas de siembra: hilera sencilla y en camas (cuatro hileras).

El rendimiento de frijol Pinto Libertad fue de 2.84 y 2.12 para los sistemas de siembra de una hilera y cuatro hileras, respectivamente. Por lo tanto, los valores de rendimiento no coinciden con lo reportado por Osuna-Ceja et al. (2013), quienes reportaron un incremento de rendimiento en frijol Pinto Libertad conforme aumentaba la densidad de siembra.

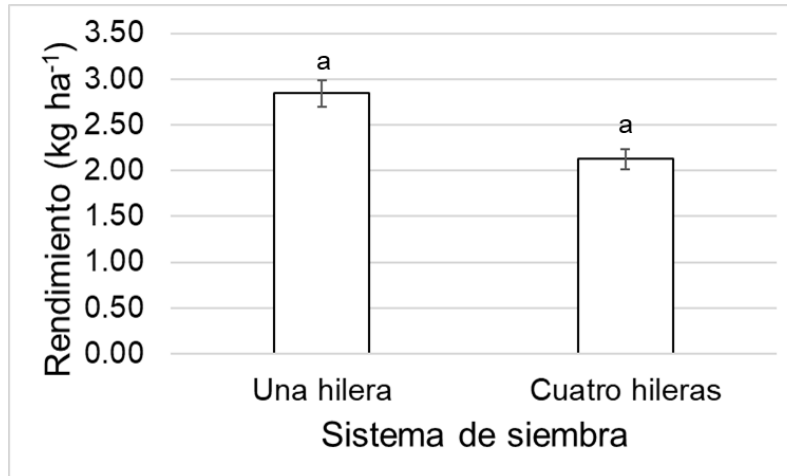


Figura 2. Rendimiento de frijol Pinto Libertad bajo dos sistemas de siembra: hilera sencilla y en camas (cuatro hileras).

CONCLUSIONES

El peso de cien semillas es una característica comercial que no afecta la calidad comercial al utilizar densidad de siembra (cuatro hileras) en frijol Pinto Libertad. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas para el rendimiento en la variedad evaluada, lo que significa que los dos tipos de siembra (una y cuatro hileras) presentan cierta estabilidad con respecto al rendimiento del grano.

REFERENCIAS

- Alcázar-Valle, M., García-Morales, S., Mojica, L., Morales-Hernández, N., Sánchez-Osorio, E., Flores-López, L., & Lugo-Cervantes, E. (2021). Nutritional, antinutritional compounds and nutraceutical significance of native bean species (*Phaseolus spp.*) of mexican cultivars. *Agriculture*. 11: 1031
- Cárdenas-Castro, A. P., Pérez-Jiménez, J., Bello-Pérez, L. A., Tovar, J., & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2020). Bioaccessibility of phenolic compounds in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) after in vitro gastrointestinal digestion: A comparison of two cooking procedures. *Cereal Chemistry*. 97: 670-680
- Cid-Ríos, J. Á., Gallegos, J. A. A., Salinas, A. G., Osuna, H. T. G., Hernández, Y. J., & Herrera, S. A. R. (2019). Rendimiento y peso del grano de líneas de frijol tipo "Flor de Junio" y oscurecimiento de la testa de la semilla. *Nova Scientia*. 10: 344-359
- Osuna-Ceja, E. S., & Martínez-Gamiño, M. Á. (2017). Rendimiento y calidad de forraje de maíz y sorgo de temporal a cuatro y seis hileras en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8: 1259-1272
- Osuna-Ceja, E. S., Reyes-Murov, L., Padilla-Ramírez, J. S., Rosales-Serna, R., Martínez-Gamiño, M. A., Acosta-Gallegos, J. A., & Figueroa-Sandoval, B. (2013). Rendimiento de genotipos de frijol con diferentes métodos de siembra y riego-sequía en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4: 1209-1221
- Pérez-Hernández, L. M., Hernández-Álvarez, A. J., Morgan, M., Boesch, C., & Orfila, C. (2021). Polyphenol bioaccessibility and anti-inflammatory activity of Mexican common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with diverse seed colour. *CyTA-Journal of Food*. 19: 682-690
- Rosales-Serna, R., Flores-Gallardo, H., Nava-Berumen, C. A., & Ortiz-Sánchez, I. A. (2019). Yield and grain quality in improved common bean lines grown under irrigation in Durango, Mexico. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 42: 39-46.
- Rosales-Serna, R., Nava-Berumen, C. A., González-Ramírez, H., Herrera, M. D., Jiménez-Galindo, J. C., Ramírez-Cabral, N. Y., & Osuna-Ceja, E. S. (2014). Rendimiento, preferencia y calidad de enlatado de variedades de frijol pinto producidas en Durango, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5(2), 309-315.



ACTIVIDAD BACTERICIDA DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE *Argemone mexicana* (CHICALOTE) POR EL MÉTODO DE ALAMAR AZUL EN CEPAS CAUSANTES DE LAS IAAS, AISLADAS DE UN SANATORIO PRIVADO

José de Jesús Alba-Romero^{1,2}, Damari Lizeth Alba-Romero², Concepción García Lujan¹, Aurora Martínez-Romero^{1*}

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación. Facultad de Ciencias Químicas. Unidad Gómez Palacio. Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). ²Laboratorio de Análisis clínicos Asesores Especializados de La Laguna. *Autor de correspondencia: aurora.martinez@ujed.mx

Introducción

Comúnmente llamada amapola espinosa mexicana, *Argemone mexicana* (*A. mexicana*) es un miembro resistente al estrés de la familia de plantas Papaveraceae que se ha utilizado en la medicina tradicional durante siglos por las comunidades indígenas en México y partes occidentales de los Estados Unidos (Orozco-Nunnally et al., 2023). Las Infecciones Asociadas a la Atención de la Salud (IAAS) se consideran uno de los mayores problemas a nivel mundial, para la seguridad del paciente, afectando directamente la calidad en la prestación de servicios en las Unidades para la Atención Médica (Castañón-González et al., 2014). La IAAS se define como la infección que ocurre después de la admisión hospitalaria y que no estaba presente ni incubándose en ese momento. Se asocia a una elevada morbilidad y mortalidad, así como un alarmante incremento para la institución en el costo de la atención y cuidados de los pacientes (Sierra Díaz 2023). Las infecciones nosocomiales presentan un gran reto para la medicina hospitalaria, en general, y para las Unidades de Cuidados Intensivos, en particular. Su elevada prevalencia, la gran morbilidad y mortalidad asociadas, el incremento de la estancia hospitalaria (Orozco-Nunnally et al., 2023) además, las condiciones críticas del paciente incrementan el riesgo de adquirir IAAS, un ejemplo evidente son los pacientes con COVID-19, ellos tienen un riesgo bajo pero significativo de contraer una IAAS después de la admisión. Este riesgo aumenta notablemente con la gravedad de la enfermedad COVID-19 y la duración de la hospitalización (O'Toole 2021).

Las bacterias multirresistentes (MDR) que comúnmente se asocian con la atención médica causan una carga de salud sustancial y es necesario estimaciones nacionales actualizadas para este grupo de patógenos para informar la acción de salud pública (Jernigan et al., 2020). En el Boletín Infecciones Asociadas a la Atención de la Salud Red Hospitalaria de Vigilancia Epidemiológica (RHOVE) se establecen los diez microorganismos aislados causantes de IAAS más frecuentes notificados, la mayoría agentes Gram negativos como *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* y *Staphylococcus aureus*, la presencia de esta bacterias son un indicador de falta de apego a acciones de prevención y control de las IAAS, como la higiene de manos, la calidad del agua, la adecuada desinfección del ambiente, entre otros (Secretaría de Salud 2022). Algunos investigadores han probado de manera experimental los extractos de plantas con propiedades bactericidas, en Argentina los datos etnobotánicos de las diez especies de plantas medicinales recolectadas en dos ambientes fitogeográficos y son consideradas con propiedades antisépticas y antiinflamatorias (Zampini et al., 2007).



La distribución geográfica de *Argemone mexicana* (*A. mexicana*) es a nivel mundial y es utilizada como planta medicinal, la actividad biológica de esta planta se ha observado en patógenos como virus, hongos, bacterias, protozoos y plagas de cultivos agrícolas; dicha actividad se atribuye a compuestos como flavonoides, glucósidos, terpenoides, compuestos fenólicos y alcaloides presentes en la planta (Delgado-Ortiz et al., 2023). Se ha identificado en extractos de *A. mexicana* la presencia de terpenoides, alcaloides, glucósidos cardíacos y carbohidratos (Jaiswal et al., 2023). *A. mexicana*, presenta alcaloides bencilisquinolínicos, derivados de la tirosina y hoy en día, se utiliza para tratar diferentes dolencias, dadas sus propiedades antimicrobianas, antiparasitarias, antipalúdicas, pesticidas, citotóxicas y neurológicas (Rubio-Pina & Vazquez-Flota, 2013).

Por lo tanto, actualidad es importante determinar la concentración mínima inhibitoria de los principios activos de las plantas con actividad bactericida. El micrométodo colorimétrico Alamar azul (MABA), un método oxido reducción descrito por Luna Herrera en año 2003 el cual, es una prueba eficiente en la determinación de la resistencia de las micobacterias ante los medicamentos anti-tuberculosis, por lo que, su uso como una herramienta confiable, rápida, fácil de realizar y económica resulta muy favorable, sobre todo en países de escasos recursos (Luna-Herrera et al., 2010). En la actualidad se investiga el potencial antimicrobiano de *A. mexicana* en extractos metanolicos y acuosos fríos a partir de las hojas estos extractos fueron probados por sus actividades antibacterianas contra aislamientos bacterianos seleccionados (More et al., 2017).

Las IAAS se definen como aquellas infecciones que afectan a un paciente durante el proceso de asistencia en un hospital o centro sanitario, que no estaba presente, ni en período de incubación al momento de su ingreso y que pueden inclusive llegar a manifestarse después del alta del paciente. Los microorganismos causantes de IAAS se trasmite por aerosoles, por malas prácticas del personal de salud y la falta de desinfección eficiente de las superficies, Los microorganismos pueden permanecer largos períodos en superficies inertes pero las técnicas correctas de desinfectar y los desinfectantes juegan un papel importante en la prevención de las IAAS.

Los extractos de plantas que presentan efecto bactericida, son una alternativa en la prevención de las IAAS, tal es el caso de *A. mexicana* que se le atribuye efecto bactericida. Asimismo, los extractos de *A. mexicana* presentan efecto bactericida y son una alternativa en la prevención de IAAS. Por lo que, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la actividad bactericida del extracto etanólico de *Argemone mexicana* (chicalote) por el método de Alamar Azul en cepas causantes de las Infecciones Asociadas a la Atención de la Salud, aisladas de un Sanatorio Privado de Gómez Palacio, Durango.

Material y métodos

Se obtuvieron cultivo de superficies inertes de diferentes áreas de un sanatorio, se muestreó áreas de 25 cm² (delimitada por un asa cuadrada de metal de 5X5 cm) con un hisopo humedecido en caldo lactosado al 0.1% contenido en tubos de ensayo de 13/100 con rosca. Se sembraron las muestras de superficie en agar Sangre, Mac Conkey y agar Biggy. Se incubaron 18-24 h a 37°C, posteriormente se identificaron los crecimientos bacterianos con el método automatizado de VITEK[®] 2 Compact-bioMérieux.



Obtención de los extractos. Se preparó etanol a una concentración del 85% en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, se tapó y se dejó reposar. En tubos Corning de 15 mL etiquetados con el nombre de la planta, se agregó el material vegetal previamente tamizado y pesado, después con una pipeta de 10 mL se tomó etanol al 85% y se hizo una suspensión del polvo vegetal. Con el sonicador se lavaron las muestras 8 veces continuas en un tiempo de 60 min, posteriormente se centrifugó durante 10 min a una velocidad de 3500 rpm para separar el extracto del material vegetal, una vez separado se puso en tubos previamente etiquetados y recubiertos de aluminio, para evitar la degradación y/o fotólisis de los compuestos.

Eliminación del solvente y reconstituir los componentes. Terminado el proceso de obtención, los extractos de cada parte vegetal fueron sometidos a una filtración con bomba al vacío, esto con la finalidad de eliminar cualquier partícula que haya podido quedar al realizar el lavado vegetal. Para la evaporación del solvente se tomaron placas Petri estériles y se les añadió 5 mL del extracto después se incubaron, sin taponar, a 36°C por 24 h. Una vez transcurrido el tiempo, se extrajeron las placas y con ayuda de un aplicador se removió el extracto seco, luego se pesaron 100 mg y se pusieron en tubos Eppendorf® para así resuspender con 1 mL de agua destilada, posteriormente de uso el vortex para mezclarlo.

Determinación de la actividad antimicrobiana por el método de Alamar Azul. En una placa con 96 pocillos de baja evaporación se inocularon 100 µL de caldo Luria Bertani en una fila de pocillos para cada bacteria (se procesaron por duplicado), se agregó en el primer pocillo 100 µL del extracto etanólico de la hoja de *A. mexicana*, con una concentración de 200 mg/mL, posteriormente se manejaron microdiluciones donde se extrajo 100 µL del pocillo 1 al pocillo 2, del pocillo 2 al 3 y así sucesivamente hasta llegar al pocillo 12 ajustándose las concentraciones a 100, 50, 25, 12,5 mg/dL respectivamente, al final de las diluciones se eliminaron los 100 µL excedentes de estos dos últimos. Posteriormente en cada uno de pocillos se depositaron 100 µL del inóculo ajustado al 0.5 del Nefelómetro de McFarland. Una vez terminado el proceso, se dejaron incubar durante 24 h a 37°C. Una vez transcurrido el tiempo, se agregó 20 µL del Alamar azul, reactivo de oxidación-reducción, para evidenciar si las bacterias seguían vivas y generando CO₂, y de ser así, estos se teñirán de color rojo o, de lo contrario, de color azul.

Resultados y discusión

Se seleccionaron 5 cepas *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* y *Staphylococcus aureus* aisladas de superficies inertes de diferentes áreas del Sanatorio. Se determinó la CMI del extracto etanólico de *A. mexicana* para cada una de las bacterias. Se determinó la CMI de 4 cepas: *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* y *Staphylococcus aureus* la CMI fue de 25 mg/dL y para *Klebsiella pneumoniae* la CMI fue de 12.5 mg/dL. Asimismo, Jaiswal y colaboradores (2023) evaluaron la actividad antibacteriana de varios extractos de *A. mexicana*. Estos extractos mostraron fuertes actividades antioxidantes y antimicrobianas contra *Salmonella typhi*, *Staphylococcus epidermidis*, *Citrobacter*, *Neisseria gonorrhoeae* y *Shigella flexneri*. De la misma manera, More y colaboradores (2017) prepararon extractos metanólicos y acuosos fríos a partir de las hojas de *A. mexicana* L., y se ha utilizado para tratar infecciones de la cavidad oral. Es probable que con el uso de extractos de *A. mexicana* se traten las IAAS, para infecciones del torrente sanguíneo, del tracto urinario relacionada con el catéter, infección del sitio quirúrgico, neumonía adquirida en el hospital, neumonía asociada al ventilador, infección por *Staphylococcus aureus* resistente a la metilicina, infección por *Clostridium difficile* y otras, que pueden ser causa importante de morbilidad y mortalidad.



Conclusión

El extracto etanólico de *A. mexicana* presenta efecto bactericida entre 25 y 12.5 mg/dL para las principales bacterias descritas en México por la Secretaría de Salud en el Boletín Infecciones Asociadas a la Atención de la Salud Red Hospitalaria de Vigilancia Epidemiológica (RHOVE) en el año 2022. Por lo tanto, *A. mexicana* es una alternativa en la eliminación de las principales bacterias asociadas a las IAAS.

Referencias

- Castañón-González, J.A., Polanco-González, C., Samaniego-Mendoza, J.L., & Buhse, T. (2014). Programa de registro automatizado de infecciones nosocomiales [An automated registry program for nosocomial infections]. *Gac Med Mex*, 2014 Dec;150 Suppl 1:65-6.
- Delgado-Ortiz, J.C., López-López, H., Beltrán-Beache, M., Ochoa-Fuentes, Y.M., Cerna-Chávez, E., & Castro del Ángel, E. (2023). Insecticidal effect of the methanolic extract of *Argemone mexicana* for the control of *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae). *Revista Bio Ciencias*, 10:e1404.
- Jaiswal, J., Siddiqi, N.J., Fatima, S., Abudawood, M., AlDaihan, S.K.,...& Sharma B. (2023). Analysis of Biochemical and Antimicrobial Properties of Bioactive Molecules of *Argemone mexicana*. *Molecules*, 28(11):4428.
- Jernigan, J.A., Hatfield, K.M., Wolford, H., Nelson, R.E., Olubajo, B.,...& Baggs, J. (2020). Multidrug-Resistant Bacterial Infections in U.S. Hospitalized Patients, 2012-2017. *N Engl J Med*, 382(14):1309-1319.
- Luna-Herrera, J., Martínez-Cabrera, G., Parra-Maldonado, R., Enciso-Moreno, J.A., Torres-Lopez, J., & Quesada-Pascual, F. (2003). Use of receiver operating characteristic curves to assess the performance of a microdilution assay for determination of drug susceptibility of clinical isolates of *Mycobacterium tuberculosis*. *Eur J Clin Microbiol*, 22(1):21-7.
- More, N.V., Kharat, K.R., & Kharat, A.S. (2017). Berberine from *Argemone mexicana* L exhibits a broadspectrum antibacterial activity. *Acta Biochim Pol*, 64(4):653-660.
- Orozco-Nunnally, D.A., Pruet, J., Rios-Ibarra, C.P., Bocangel Gamarra, E.L., Lefeber, T., & Najdeska, T. (2023). Characterizing the cytotoxic effects and several antimicrobial phytochemicals of *Argemone mexicana*. *PLoS One*, 16(4):e0249704.
- O'Toole, R.F. (2021). The interface between COVID-19 and bacterial healthcare-associated infections. *Clin Microbiol Infect*, 27(12):1772-1776. doi: 10.1016/j.cmi.2021.06.001. Epub 2021 Jun 7. PMID: 34111586; PMCID: PMC8182977.
- Rubio-Pina, J., & Vazquez-Flota, F. (2013). Pharmaceutical applications of the benzyloquinoline alkaloids from *Argemone mexicana* L. *Curr Top Med Chem*, 13(17):2200-7.
- Secretaría de Salud. (2022). Boletín Infecciones Asociadas a la Atención de la Salud Red Hospitalaria de Vigilancia Epidemiológica (RHOVE).
- Sierra Díaz, E. (2023). Infecciones asociadas a la atención de la salud: plan de mejora institucional para la prevención. *Repositorio Institucional CIDE*. CIDE. <http://hdl.handle.net/11651/5496>
- Zampini, I.C., Cudmani, N., & Isla, M.I. (2007). Actividad antimicrobiana de plantas medicinales argentinas sobre bacterias antibiótico-resistentes. *Acta Bioquím Clín Latinoam*, 41(3):385-393.



EFFECTO DE LA INOCULACIÓN CON *Fusarium* sp EN PLANTAS DE CHILE (*Capsicum annuum*) SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE AUXINAS

Mayra Denise Herrera¹, Ruth Noemí Picaso Soto¹, Silvia Salas Muñoz^{1*}, Luis Roberto Reveles Torres¹, José Ángel Cid Ríos¹, José Ángel Gallegos Hernández², Fátima Berenice Salazar Badillo³

¹INIFAP-CEZAC. Carretera Zacatecas-Fresnillo, km. 24.5, Calera de V.R., Zacatecas, México. C.P. 98500. ²CECYTEZ-Calera. Nicolás Bravo No. 801. Colonia Francisco Madero, Calera de V.R., México. C.P. 98507. ³Unidad Académica de Ciencias Químicas – Universidad Autónoma de Zacatecas Campus Siglo XXI, Villanueva - Zacatecas, La Escondida, 98160 Zacatecas, Zacatecas, México. *Autor de Correspondencia: silviasm0207@gmail.com

Introducción

Las hormonas producidas por las plantas afectan no sólo su crecimiento y desarrollo, sino también la interacción entre microorganismos y organismos superiores (plantas y animales), principalmente mediante la determinación del microbioma de los tejidos vegetales y la estructura de los intestinos de los animales (Chanclud & Lacombe, 2017; Shi et al., 2016). Dicha interacción se basa en que los microorganismos colonizadores de las plantas (bacterias y hongos) sintetizan sus propias fitohormonas, afectando el equilibrio hormonal de la planta y modificando la interacción con los microorganismos (Jaroszuk-Sciseł et al., 2014; Mefteh et al., 2017). Las fitohormonas juegan un papel importante en la agricultura y la medicina, lo que se refleja en el interés sobre la producción industrial de fitohormonas, especialmente utilizando cultivos de hongos (Shi et al., 2016). Estas sustancias orgánicas son capaces de modificar las funciones fisiológicas y el crecimiento de las plantas, incluso en bajas concentraciones. La señalización de auxinas está íntimamente conectada con el crecimiento y desarrollo de las plantas, y puede ser modificada por microorganismos colonizadores de plantas, porque las plantas pueden recibir ácido indolacético microbiano a través de sus propios receptores de auxinas (Fu & Shiping, 2011). Debido a que estas sustancias orgánicas son capaces de modificar las funciones fisiológicas y el crecimiento de las plantas, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación de plantas de chile (*Capsicum annuum*) sobre la síntesis de auxinas, medidas por equivalentes de ácido indolacético por gramo de muestra seca, en diferentes tejidos vegetales.

Materiales y métodos

Producción de plántulas de chile. La siembra de chile se realizó en charolas de 200 cavidades dentro del invernadero del Campo Experimental Zacatecas del INIFAP, las cuales se establecieron en el mes de marzo bajo las recomendaciones señaladas por Reveles-Hernández et al. (2010) para la aplicación de riegos y nutrición. Las plántulas de chile se trasplantaron cuando presentaron de tres a cuatro hojas verdaderas con una altura de 10 a 20 cm, o después de que la planta cumpliera los 50 días en invernadero.

Establecimiento de la parcela experimental. Los trabajos de investigación se realizaron en terrenos del Campo Experimental Zacatecas (Calera, Zacatecas), ubicado a 22° 54' latitud Norte, y 102° 39' longitud Oeste a una altitud media de 2,197 msnm. En campo, se estableció la siembra de la parcela experimental en abril del 2020. Previo al trasplante, se realizó la inoculación en el sistema radicular de las plántulas de chile con cepas de *Fusarium*. La suspensión de esporas fúngicas se ajustó a 1×10^6 esporas por mL.



El aislamiento de las cepas y trabajos *in vitro* previos a su evaluación en campo están reportados por Reveles-Torres et al. (2019) Esta suspensión de esporas fue posteriormente utilizada para la inoculación de las plántulas de chile tipo Mirasol. Para visualizar el efecto de las cepas no se aplicó fertilización química en el trasplante, tampoco en el desarrollo del cultivo. La distancia entre plantas fue de 30 cm y 0.76 m entre surcos, se utilizó cintilla calibre 5000 de alto flujo con distanciamiento entre emisor de 20 cm. Se realizaron tres escardas al cultivo.

Toma de muestras de tejidos de chile. Se tomó muestra de 3 plantas de chile por cada tratamiento y bloque experimental. Se tomó diferentes tejidos (hojas, tallos y raíz), que se sumergieron en nitrógeno líquido para detener los procesos metabólicos causados por el estrés mecánico. En laboratorio se almacenaron los tejidos a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h mínimo. Posteriormente se liofilizaron en una liofilizadora LABCONCO®-7754041 los tejidos, se molieron en un molino doméstico y se almacenaron en bolsas de polietileno selladas, hasta su uso.

Cuantificación de auxinas. Se pesaron 0.050 g de muestra, posteriormente, se agregó 500 μL de etanol y 500 μL de reactivo Salkowski, este reactivo se prepara con la mezcla de 98 mL de ácido sulfúrico al 35% y 2 mL de cloruro férrico 0.5 M. Después de agitar en vortex, se dejó la muestra reposando en la oscuridad a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 30 minutos. Posteriormente, se centrifugaron las muestras por 10 minutos a $13,000 \times g$. Posteriormente, se tomó el sobrenadante y se pasó directamente a un pozo de micro placa para leer su absorbancia a 530 nm en un lector de placa Multiskan™ GO Microplate Spectrophotometer de ThermoFisher. La concentración de auxinas se calculó con base a un modelo de regresión lineal en el que se utilizó ácido indol-3-acético (AIA) ($R^2 = 0.99$). Los resultados se reportaron como mg equivalentes de AIA por gramo de muestra seca (mg EAI/g).

Diseño experimental y análisis de datos. Se trabajó con tres cepas de *Fusarium* aisladas de plantas de *Zea maíz*: a) Cepa 1 *Fusarium* (M102T) sp., b) Cepa 2 *Fusarium* (M102R) sp., y c) Cepa 3 *Fusarium* (P119) sp. La metodología seguida para el aislamiento de las cepas de *Fusarium*, y la evaluación de su capacidad benéfica *in vitro* en plantas de *Arabidopsis thaliana* se describió previamente en una publicación técnica del INIFAP-Zacatecas (Reveles-Torres et al., 2019). Adicionalmente se incluyó un testigo (sin aplicación de cepa). Los cuatro grupos fueron establecidos bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron mediante la comparación múltiple de medias con el paquete estadístico SAS (SAS Institute ver. 9.3, 2002-2010, Cary, NC, EE. UU.). Las medias de tratamiento se agruparon por la prueba estadística de Tukey con $p < 0.05$.

Resultados y conclusiones

Las fitohormonas y compuestos similares a hormonas pueden proporcionar una germinación exitosa de las semillas o un crecimiento normal de las plantas mediante la regulación de una relación simbiótica entre las plantas y, por ejemplo, hongos micorrízicos o bacterias (Tsavkelova et al., 2006). En la Figura 1, se observa el comportamiento de las plantas con respecto a la síntesis de auxinas, específicamente en la raíz. La concentración de auxinas en la raíz fue mayor por efecto de las cepas M102T y P119, sin embargo, no se encontró diferencias al comparar con el grupo control. No obstante, las plantas del grupo T2 tuvieron una disminución del 41%. Esto sugiere una interacción significativa entre las vías de resistencia de las plantas y las fitohormonas. Lo más probable es que la relación entre las hormonas inmunitarias (como ácido jasmónico y etileno), y las hormonas del crecimiento, se produzca en esta interacción (Jaroszuk-Scisiel et al., 2019), ya que se ha observado un efecto positivo de ácido jasmónico sobre el nivel de auxina en plantas, lo que se ha relacionado con un aumento significativo en el nivel endógeno de ácido indolacético tras la presencia de hongos (Carná et al., 2014).

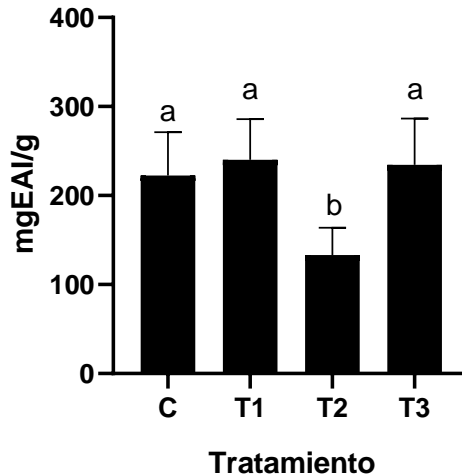


Figura 1. Concentración de auxinas en raíz obtenida de plantas de chile *C. annuum* inoculadas con cepas de *Fusarium*. Los datos se muestran como la media \pm la DE. Las letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ($p < 0.05$) con la prueba Tukey. EAC, equivalentes de ácido indolacético.

Por otro lado, a partir de la cuantificación de auxinas en el tejido foliar de las plantas, se observó un efecto contrario (Figura 2); en este caso, las plantas inoculadas con la cepa M102R (T2) tuvieron mayor concentración de auxinas, estos resultados son ampliamente interesantes ya que Fu & Shiping (2011) reportaron que la señalización de auxinas está íntimamente conectada con el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como con su resistencia, y puede ser modificada por microorganismos colonizadores de plantas, porque las plantas pueden recibir ácido indolacético microbiano a través de sus propios receptores de auxinas, lo que pudiera explicar los datos observados.

Finalmente, no se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en cuanto a la concentración de auxinas en el tallo de las plantas analizadas (Figura 3), no obstante, la tendencia en la concentración de estas fitohormonas fue similar a lo observado en el tejido foliar.

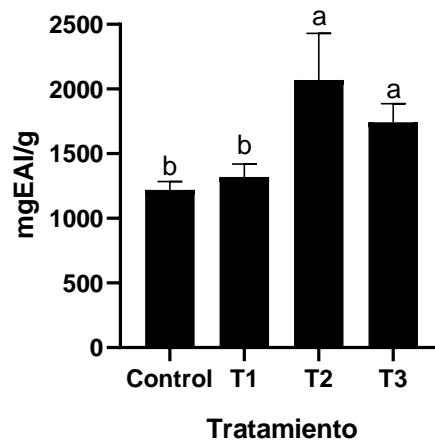


Figura 2. Concentración de auxinas en hojas obtenidas de plantas de chile *C. annuum* inoculadas con cepas de *Fusarium*. Los datos se muestran como la media \pm la DE. Las letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ($p < 0.05$) con la prueba Tukey. EAC, equivalentes de ácido indolacético.

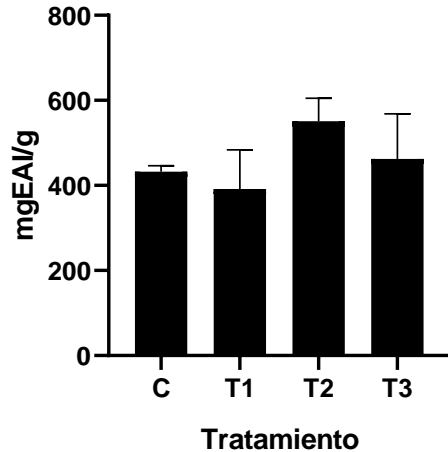


Figura 3. Concentración de auxinas en tallos obtenidos de plantas de chile *C. annuum* inoculadas con cepas de *Fusarium*.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que la relación *Fusarium*-planta es un sistema dinámico, en esta relación se moldea la regulación y el equilibrio hormonal específico, sin embargo, los resultados serán diferenciados por la especie del hongo. Es decir, la asociación microorganismo-planta produce metabolitos como las auxinas, que pudieran estar asociados con el desarrollo y crecimiento de las plantas de *C. annuum*, pero el proceso de su síntesis es variable y depende del hongo empleado, lo que sugiere la importancia de avanzar en el estudio de su efecto tanto a nivel fisiológico como agronómico, para seleccionar hongos promotores de crecimiento que potencien el rendimiento del cultivo.

Referencias

- Carná, M., Repka, V., Skupa, P., Šturdík, E. (2014). Auxins in defense strategies. *Biologia*, 69, 1255–1263.
- Chanclud, E. & Lacombe, B. (2017). Plant hormones: key players in gut microbiota and human diseases? *Trends Plant Sci.* 2017, 22, 754–758.
- Fu, J. & Shiping Wang, S. (2011). Insights into auxin signaling in plant–pathogen interactions. *Front. Plant Sci.* 2011, 2, 1–7.
- Jarozuk-Scisiel, J., Kurek, E., Trytek, M. (2014). Efficiency of indoleacetic acid, gibberellic acid and ethylene synthesized *in vitro* by *Fusarium culmorum* strains with different effects on cereal growth. *Biologia*, 69, 281–292.
- Mefteh, F.B., Daoud, A., Bouket, A.C., Alenezi, F.N., Luptakova, L., Rateb, M.E., Kadri, A., Gharsallah, N., Belbahri, L. (2017). Fungal root microbiome from healthy and brittle leaf diseased date palm trees (*Phoenix dactylifera* L.) reveals a hidden untapped arsenal of antibacterial and broad spectrum antifungal secondary metabolites. *Front. Microbiol.* 8, 307.
- Reveles-Hernández M., Huchín-Alarcón, S., Velásquez-Valle, R., Trejo-Calzada, R., Ruiz-Torres, J. (2010). Producción de Plántula de Chile en Invernadero. Folleto Técnico Núm. 41. Campo Experimental Valle del Guadiana, CIRNOC-INIFAP, 40p.
- Reveles-Torres, L.R., Herrera, M.D., Salas-Muñoz, S., Salazar-Badillo, F.B., Mauricio-Castillo, J.A. (2019). Evaluación de la capacidad benéfica e identificación molecular de cepas de *Fusarium* spp aisladas de plantas de maíz. Folleto Técnico Núm. 105. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP, 29p.
- Shi, W.L., Chen, X.L., Wang, L.X., Gong, Z.T., Li, S., Li, C.L., Xie, B.B., Zhang, W., Shi, M., Li, C., (2016). Cellular and molecular insight into the inhibition of primary root growth of *Arabidopsis* induced by peptaibols, a class of linear peptide antibiotics mainly produced by *Trichoderma* spp. *J. Exp. Bot.*, 67, 2191–2205.
- Tsavkelova, E.A., Klimova, S.Y., Chedyntseva, T.A., Netrusov, A.I. (2006). Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: A review. *Appl. Biochem. Micro.*, 42, 117–126.



RESPUESTA DE PLANTAS DE MEZQUITE AL TRASPLANTE EN SUSTRATOS COMPUESTOS POR JALES MINEROS

José Ángel Sigala-Rodríguez^{1*}, Erickson Basave-Villalobos¹, Celi Gloria Calixto-Valencia¹, José Leonardo García-Rodríguez¹, Erika Nava-Reyna²

¹Campo Experimental Valle del Guadiana, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Carr. Durango-El Mezquital km 4.5, 34170 Durango, México. ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera, INIFAP, Km 6.5 Margen Derecha Canal de Sacramento, 35079 Gómez Palacio, Durango, México. *Autor de correspondencia: sigala.jose@inifap.gob.mx

Introducción

Para el cultivo de especies arbóreas en vivero, el sustrato es uno de los componentes elementales de los sistemas de producción porque influye en las características morfológicas y fisiológicas de las plantas. Además de una estructura física adecuada, el sustrato debe proporcionar un entorno químico y biológico ideal para que las plantas puedan acceder eficazmente a los recursos, especialmente agua y nutrientes (Barrett et al., 2016). Pero también, el sustrato representa una parte importante del costo de producción de planta, por lo que debe ser asequible y fácil de obtener para el viverista.

La turba de musgo o *peat moss* es un sustrato con excelentes propiedades físico-químicas para la producción de planta en vivero. Sin embargo, en México, este material es de importación por lo que su uso eleva considerablemente los costos de producción. Además, existe una creciente preocupación por los diferentes impactos ambientales que genera la explotación de la turba (Carlile & Coules, 2013). Por lo tanto, en la actualidad hay una exploración constante de sustratos alternativos que puedan sustituir a dicho material. En esta búsqueda, se han encontrado materiales con características adecuadas y de bajo costo que pueden ser usados como sustratos, como la corteza y aserrín de pino, fibra de coco, biosólidos y diferentes tipos de compostas orgánicas. En este sentido, cada vez son más los productores que utilizan sustratos alternativos a la turba. Por ejemplo, en la mayoría de los viveros del estado de Durango, se ha adoptado la corteza de pino compostada como componente de la mezcla de sustrato para la producción de planta forestal (Sigala et al., 2015).

En la industria minera se generan distintos tipos de subproductos que usualmente ya no son aprovechados, como los jales, y finalmente son dispuestos en grandes depósitos a cielo abierto. Los jales son sólidos finos que resultan como residuo de las operaciones mineras después de la extracción del mineral de interés. En el contexto de la economía circular, a los jales se les ha buscado algunos usos principalmente en la manufactura de materiales de construcción (Carmignano et al., 2021). Asimismo, en el sector agrícola, se ha probado que los jales pueden ser incorporados en los suelos para mejorar algunas características, sobre aquellos que no contengan elementos tóxicos o metales pesados (Araujo et al., 2022). Sin embargo, en la actualidad existe desconocimiento si los jales mineros pueden usarse como sustratos para la producción viverística. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue probar el uso de este material como componente de la mezcla de sustrato para el cultivo de plantas de mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. et Bonpl. ex Willd) en vivero.



Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del vivero forestal del Campo Experimental Valle del Guadiana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Durango, en las coordenadas 24°01'N y 100°44'O, a una altitud de 1806 m. Se utilizaron plantas de mezquite que provenían de una producción de 8 meses en bandejas de poliestireno expandido con 77 cavidades (170 cm³). La mezcla de sustrato usada para esta primera etapa de cultivo se compuso de turba de musgo (50%), corteza compostada (40%) y perlita (10%). El 27 de marzo de 2023, las plantas se trasplantaron a contenedores de plástico rígido de 1 L. Para el trasplante, se utilizaron cuatro diferentes mezclas de sustratos: 1) mezcla base (50% turba, 40% corteza compostada y 10% perlita), 2) tierra de enlame + mezcla base (50:50), 3) jal minero + mezcla base (50:50) y 4) jal minero + tierra de enlame + corteza compostada (20:40:40). Cada mezcla se enriqueció con fertilizante de liberación controlada (Multicote® 18-6-12 NPK) a razón de 4 g/L de sustrato.

La tierra de enlame corresponde a suelos que se generan de sedimentos aluviales y se extrae cerca de las vegas de los ríos. La tierra de enlame es comúnmente usada en los viveros forestales de Durango para el trasplante a contenedores de gran volumen cuando se desea que las plantas alcancen mayores dimensiones previo a su plantación en el sitio definitivo. Por otra parte, el jal que se utilizó en este estudio proviene de la Minera del Norte S.A. de C.V. Unidad Cerro del Mercado, en Durango, que produce concentrado de hierro. Este material es un sedimento de textura fina con bajo contenido de materia orgánica (0.53%), muy bajo contenido de nitrógeno (0.49 ppm) y pH medianamente alcalino (8.36).

En total, se incluyeron 30 plantas por tratamiento, las cuales distribuyeron bajo un diseño completamente al azar. Al momento de trasplante, se midió la altura y diámetro de cada planta y 12 semanas después (29 de junio de 2023) se midieron nuevamente estas variables para calcular el incremento en diámetro y altura como respuesta al tipo de sustrato. Asimismo, se hizo un muestreo destructivo de seis plantas por tratamiento para evaluar la producción de biomasa aérea y de raíz. Para esto, a las plantas se les eliminó cuidadosamente el sustrato de la raíz, y se separaron en parte aérea y raíz. Las muestras se secaron a 60°C por 48h y se obtuvo el peso de cada componente en una balanza analítica. El efecto del tipo de sustrato en las variables respuesta se evaluó mediante ANOVAs de una vía. En las variables en las que el efecto fue significativo, se realizaron pruebas de comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Finalmente se realizó una regresión lineal entre la biomasa aérea y biomasa de raíz para analizar si la relación entre ambos componentes cambiaba como efecto del sustrato.

Resultados y discusión

El análisis de varianza mostró un efecto significativo del tipo de sustrato en el incremento en altura de las plantas ($p<0.01$), pero no así en diámetro ($p=0.07$). Las plantas cultivadas tanto en mezcla base, como en la combinación de jal minero + mezcla base, mostraron mayor incremento en altura que aquellas que crecieron en las mezclas de tierra de enlame + mezcla base y la combinación de tierra de enlame + jal minero + corteza (Figura 1). Los jales mineros suelen ser materiales con características poco apropiadas para las plantas; de hecho, la revegetación de depósitos de jales suele ser un proceso complejo y de largo plazo (Huang et al., 2012). No obstante, algunos tipos de jales, como los que resultan del aprovechamiento del hierro, suelen ser ricos en minerales como silicatos, calcio y hierro (Carmignano et al., 2021), y, eventualmente, pueden utilizarse para mejorar suelos agrícolas (Araujo et al., 2022).



Coherentemente, en el análisis químico del jal minero utilizado en este estudio se encontró concentraciones altas de azufre y boro, así como niveles moderados de hierro, calcio y magnesio, lo cual pudo beneficiar del desarrollo de las plantas. En este sentido, los resultados del presente estudio muestran que los jales mineros de hierro pueden usarse hasta en un 50% la mezcla de sustratos para el cultivo de plantas de mezquite, las cuales tuvieron un adecuado crecimiento, incluso superior a los sustratos compuestos con tierra de enlame.

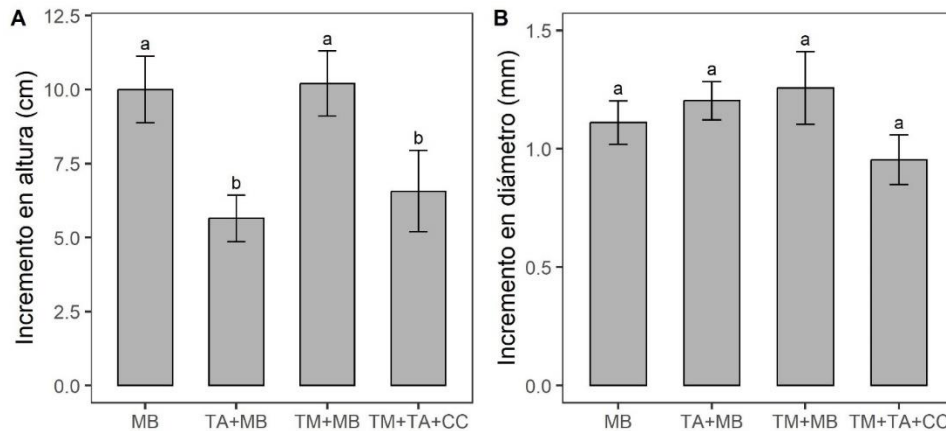


Figura 1. Incremento en altura (A) y diámetro del tallo (B) en plantas de mezquite (*Prosopis laevigata*) a 12 semanas después de trasplante en diferentes sustratos. MB=Mezcla base (50% turba, 40% corteza compostada y 10% perlita), TA=Tierra de enlame, TM=jal minero, CC=corteza compostada. Las medias con letra distinta indica diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$).

El efecto del tipo de sustrato sobre la biomasa aérea, a 12 semanas del trasplante, no fue significativo ($p = 0.35$), pero sí en biomasa de raíz ($p = 0.05$). Las plantas cultivadas en mezcla base tuvieron mayor producción de biomasa radical que las mezclas de tierra de enlame + mezcla base y la combinación de tierra de enlame + jal minero + corteza. Por otra parte, el sustrato compuesto por mezcla base y jal minero produjo valores intermedios de biomasa de raíz, estadísticamente similares a aquellos obtenidos con la mezcla base (Figura 2).

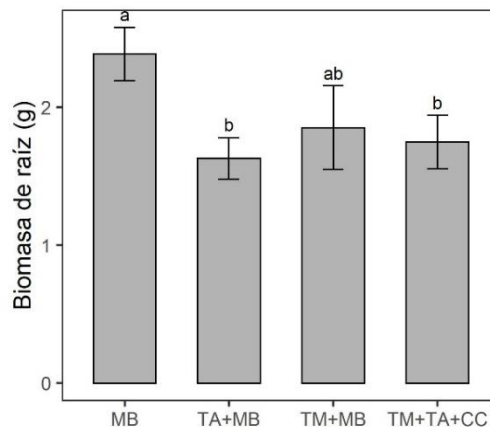


Figura 2. Biomasa de raíz en plantas de mezquite (*Prosopis laevigata*) a 12 semanas después de trasplante en diferentes sustratos. MB=Mezcla base (50% turba, 40% corteza compostada y 10% perlita), TA=Tierra de azolve, TM=relave de mina, CC=corteza compostada.



Entre otras cosas, una adecuada porosidad es una de las características importantes del sustrato que se relaciona con la disponibilidad de aire y agua para el crecimiento del sistema radicular de las plantas (Pascual et al., 2018). La mezcla base y, en especial, la turba se reconoce por tener una porosidad total apropiada (60-80%), lo que podría explicar el hecho que la mezcla base usada en este estudio hay producido mayor biomasa radical. Por otra parte, debido a su composición fina, tanto los jales mineros como la tierra de enlame, tienden a reducir la porosidad del sustrato. Por lo tanto, se recomienda mezclarlos con algún componente orgánico (e.g. corteza) o mineral (e.g. perlita) para mejorar la porosidad y evitar la compactación. Aún con esto, se observó que en los sustratos compuestos con tierra de enlame, las plantas tuvieron significativamente menor biomasa de raíz, en comparación con la mezcla base, mientras que en el sustrato compuesto por jal minero y mezcal base, el desarrollo radical fue similar.

Conclusiones

Los jales mineros de aprovechamientos de hierro pueden usarse como componente de la mezcla de sustratos para el cultivo de plantas de mezquite en vivero, mostrando incluso mejores resultados a los obtenidos con sustratos compuestos por tierra de enlame. Sin embargo, debido a su alta densidad, composición fina y bajo contenido de materia orgánica, es necesario combinarlos con otros componentes orgánicos que mejoren porosidad y, en consecuencia, la disponibilidad de aire y agua, para un adecuado desarrollo radicular de las plantas.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado con recursos fiscales del INIFAP mediante el proyecto "Integración de tecnologías para la restauración agroecológica de tierras marginales en ecosistemas semiáridos del Norte-Centro de México". Se agradece al Ing. Manuel Rocha por su apoyo en el mantenimiento del experimento y toma de datos.

Referencias

- Araujo, F. S. M., Taborda-Llano, I., Nunes, E. B., & Santos, R. M. (2022). Recycling and Reuse of Mine Tailings: A Review of Advancements and Their Implications. *Geosciences*, 12(9), 319. <https://doi.org/10.3390/geosciences12090319>
- Barrett, G. E., Alexander, P. D., Robinson, J. S., & Bragg, N. C. (2016). Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – A review. *Scientia Horticulturae*, 212, 220–234. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.030>
- Carlile, B., & Coules, A. (2013). Towards sustainability in growing media. *Acta Horticulturae*, 1013, 341–349. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1013.42>
- Carmignano, O. R., Vieira, S. S., Teixeira, A. P. C., Lameiras, F. S., Brandão, P. R. G., & Lago, R. M. (2021). Iron ore tailings: Characterization and applications. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 32(10), 1895–1911. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20210100>
- Huang, L., Baumgartl, T., & Mulligan, D. (2012). Is rhizosphere remediation sufficient for sustainable revegetation of mine tailings? *Annals of Botany*, 110(2), 223–238. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs115>
- Pascual, J. A., Ceglie, F., Tuzel, Y., Koller, M., Koren, A., Hitchings, R., & Tittarelli, F. (2018). Organic substrate for transplant production in organic nurseries. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(3), 35. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0508-4>
- Sigala, J. A., Sarmiento-López, H., Ferrel-Soto, J. I., Basave-Villalobos, E., Rosales-Mata, S., & Prieto-Ruiz, J. Á. (2015). Sistemas de producción de planta en los viveros forestales del estado de Durango. Folleto técnico No. 79. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP



RENDIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LA FRUTA DE GENOTIPOS SOBRESALIENTES DE GUAYABA PLANTADOS SEMICOMERCIALMENTE EN ALTAS DENSIDADES

José Saúl Padilla Ramírez, Jorge A. Zegbe Domínguez*

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias- Campo Experimental Pabellón. Km. 32.5, Carretera Aguascalientes-Zacatecas, CP. 20670, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. Tel.: 01 800 088 22 22 Ext. 82529 *Autor de correspondencia: zegbe.jorge@inifap.gob.mx

Introducción

En 2022, la producción mundial de guayaba fue \approx 261 millones de t. Después de la India e Indonesia, México y China aportaron cada uno 4.9% a la producción mundial (Trigde, 2023). La región guayabera “Calvillo-Cañones” aporta el 36% de la producción nacional (SIAP, 2023). En particular, la cadena agroalimentaria de guayaba, en la región de “Los Cañones”, se encuentra en estado de retracción por baja importancia socioeconómica y competitiva (Zegbe et al., 2023). Diversos factores climáticos, económicos y agronómicos han contribuido a esta circunstancia (Sánchez-Toledano et al., 2023). La baja competitividad agronómica está asociada, entre otros factores, a sistemas de producción anacrónicos y falta de variedades mejoradas (Padilla-Ramírez et al., 2016). Para enfrentar esta situación, una alternativa es el cultivo de frutales tropicales y subtropicales en altas densidades, entre ellos el guayabo a densidades desde 1,111 (Ahmed & Kaur, 2022) hasta 5,000 árboles ha^{-1} (Patil & Banyal, 2021). Mientras tanto, que el componente genético podría estar representado por variedades de guayaba liberadas recientemente por Padilla-Ramírez et al. (2016). Estas variedades fueron desarrolladas en la selva baja caducifolia con clima semicálido semiseco cuya región se le conoce como “Los Cañones” (Padilla-Ramírez et al., 2014). Este frutal convive con especies frutales xerófitos endémicas como el garanbullo (*Myrtillocactus geometrizans*), pitayo de mayo (*Stenocereus pruinosus*), pitayo dulce (*Stenocereus thurberi*), pitahaya (*Hylocereus undatus*) y pitayo de Querétaro (*Stenocereus queretaroensis*) (Lara, 1998). El objetivo fue evaluar la el rendimiento y distribución porcentual de la guayaba por categorías de genotipos de guayabos cultivados en altas densidades. Bajo este sistema, la competencia entre árboles por luz y otros recursos es intensa (Mitra, 2019), de tal manera que, el verdadero potencial genético entre genotipos, se expresa en términos de productividad y eficiencia productiva (Melero-Meraz et al., 2020).

Materiales y métodos

El estudio está siendo conducido en el Sitio Experimental Los Cañones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el municipio de Huanusco, Zacatecas (lat. 21° 44.7' N, long. 102° 58.0' W; elevación 1,508 m). El clima es semicálido semiseco con un temperatura mínima, media y máxima promedio anual de 9.8, 19.7 y 29.6 °C, respectivamente. La precipitación oscila entre los 582 mm anuales, de ésta, el 75% ocurre entre julio y septiembre. La evaluación fue hecha en el ciclo 2022-2023 con tres variedades ('Calvillo Siglo XXI', 'HidroZac' y 'Caxcana') y tres selecciones sobresalientes [S-12, S-20 (testigo) y S-47] con 15 años de edad y plantadas a 2 x 2 m (Padilla-Ramírez et al., 2016). El volumen (cono, m^3) y sección transversal del tronco (m^2) de cada árbol fueron registradas al término de la cosecha. En cada cosecha la fruta se contó, pesó y clasificó por tamaños. Éstos últimos fueron determinados a través del diámetro ecuatorial en Categoría Extra (> 5 cm), Primera (4.9–4.0 cm) y Segunda (3.9–3.0 cm) (Norma Oficial Mexicana NOM-FF-40-1982). La información se analizó con un modelo en bloques completos al azar con cinco repeticiones y un árbol como unidad experimental. En la separación de medias de tratamientos se aplicó la prueba *post-hoc* de Scheffé ($p < 0.05$). Todos los cálculos se efectuaron en el sistema de análisis estadístico (Versión 9.3, 2002-2010; SAS Institute, Cary, NC, USA).



Resultados y discusión

No obstante que, en estudios previos, los rendimientos entre variedades y selecciones de guayaba revelaron diferencias estadísticas (Padilla-Ramírez et al., 2016), esto no fue consistente en este ciclo reproductivo (Cuadro 1). Los árboles frutales en altas densidades compiten entre ellos por luz, agua y nutrimentos (Melero-Meraz, 2020). Bajo este sistema y, dependiendo de la carga genética, los genotipos expresan su verdadera eficiencia en el uso de los recursos disponibles, siendo la captación de luz, la más importante (Mitra, 2019). Esto último tendió a reflejarse en el número de frutos, peso medio del fruto, rendimiento y eficiencia productiva en las variedades 'Caxcana', 'Calvillo Siglo XXI' y la selección S-46, seguida por la selección S-12, 'HidroZac' y finalmente el testigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros de eficiencia productiva de genotipos de guayaba cultivados en altas densidades.

Genotipo	VA* (m ³)	ATT (cm ²)	NF	PMF (g)	R (kg)	EP (kg/cm ²)
Testigo (S-20)	2.4a	82.2a	44a	78.9a	3.4a	0.04a
'Caxcana'	1.4a	74.2a	114a	101.6a	11.5a	0.2a
'Calvillo Siglo XXI'	2.3a	94.3a	139a	83.4a	11.2a	0.11a
'HidroZac'	2.5a	97.2a	58a	80.2a	4.1a	0.04a
S-12	2.3a	121.2a	98a	77.6a	6.8a	0.06a
S-46	2.3a	88.7a	139a	73.4a	10.3a	0.11a
Significancia	0.60	0.16	0.42	0.13	0.28a	0.06

*V = volumen del árbol, ATT = área trasversal del tronco, NF = número de frutos, PMF = peso medio del fruto, R = rendimiento y EP = eficiencia productiva, todo por árbol.

Similarmente, el análisis de la información reveló, en promedio, la ausencia de diferencias en la distribución porcentual de la fruta por categorías (Cuadro 2). Sin embargo, la variedad 'Caxcana' tendió hacia el porcentaje de fruta Extra más alto. Los genotipos testigo, 'HidroZac', S-12, 'Calvillo Siglo XXI' y S-46, produjeron, respectivamente, 13, 16.8, 19.6, 21.3 y 38.4% menos fruta Extra que la variedad 'Caxcana' (Cuadro 2). Bajo este sistema y, dependiendo de la carga genética, cuando los recursos de suelo y agua no son limitantes, los genotipos expresan su verdadera eficiencia en la captación de la energía solar (Mitra, 2019). La suma de estos factores es traducida a la elaboración eficiente de fotoasimilados particionados hacia los puntos de demanda (fruta, principalmente) (Falchi et al., 2020). Esto último se observó en las tendencias numéricas de la distribución de la fruta entre genotipos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución porcentual de la fruta de genotipos de guayaba cultivados en altas densidades.

Genotipo	Distribución de la fruta (Diámetro ecuatorial, cm)		
	Extra (> 5)	Primera (4.9 -4.0)	Segunda (3.9 – 3.0)
Testigo	49.3a	37.6a	13.1a
'Caxcana'	62.3a	33.0a	4.7a
'Calvillo Siglo XXI'	41.0a	49.4a	9.6a
'HidroZac'	45.5a	37.3a	17.2a
S-12	42.7a	42.4a	14.9a
S-46	23.9a	54.7a	21.4a
Significancia	0.32	0.4	0.16



Conclusiones

Con base en el objetivo, la variedad 'Caxacana' tendió a ser la más eficiente en los parámetros productivos evaluados, excepto para el volumen y área transversal del tronco. La productividad fue: 8.5, 10.4, 17.1, 25.7, 27.9 y 28.8 t ha⁻¹ para la variedad testigo, 'HidroZac', S-12, S-46, 'Calvillo Siglo XXI' y 'Caxcana', respectivamente. La producción de fruta Extra de la variedad 'Caxacan' fue > Testigo, > 'HidroZac', > S-12, > 'Calvillo Siglo XXI' y > S-46.

Referencias

- Ahmed, S. & J. Kaur (2022). High density planting in fruit trees. *Just Agric.*, 2(8): 1-7.
- Falchi, R., C. Bonghi, M.F. Drincovich, F. Famiani, M.V. Lara, R.P. Walker & G. Vizzotto (2020) Sugar m,tabolism in stone fruit: Source-sink relationships and environmental and agronomical effects. *Front. Plant Sci.*, 11:573982. doi: 10.3389/fpls.2020.573982
- Lara, C., D. (1998). Evaluación económica del sistema de producción de pitayo *Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbau en Santa Rosa, Municipio de Moyahua de Estrada, Zacatecas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo.
- Melero-Meraz, V., J.A. Zegbe, M.R. Fernández-Montes & A.J.M. Carrillo-Aguilera (2020). Caracterización de genotipos de durazno como alternativa para ampliar la oferta de comercialización en fresco. *Rev. Mex. Cien. Agríc.*, 11(7):1661-1667.
- Mitra, S.K. (2019). High density orcharding and canopy management of some tropical and subtropical fruits. *Acta Hortic.*, 1255, 127-138.
- Norma Oficial Mexicana NOM-FF-40-1982, Productos alimenticios no industrializados para uso humano-fruta fresca-guayaba. Especificaciones. Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación.
- Padilla-Ramírez, J.S., E. González-Gaona & M.A. Perales de la Cruz (2016). Nuevas variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.). SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón. Folleto Técnico No. 42. 25 p.
- Patial, U.R. & S.K. Banyal (2021). High density orcharding in subtropical fruits. *Nat. Sci.*, 1. 70-76.
- Sánchez-Toledano, B., M. Borja-Bravo, J.A. Zegbe & J.J. Figueroa-González (2023). Current situation of the guava agrifood chain in Zacatecas, Mexico. *ECORFAN Journal-Spain*. 10-18:21-26.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2023b). Estacionalidad por año agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/estacionalidad_gb/est_agricola-AA/index.php (Consulta septiembre 7, 2023)
- Trigde (2023). Producción mundial de guayaba. <https://www.tridge.com/es/intelligences/guava> (Consulta septiembre 7, 2023)
- Zegbe, J.A., B. Sánchez-Toledano & S.X. Almeraya-Quintero (2021). Estructura socioeconómica y competitiva para la revalorización de productos agrícolas. XVII Congreso Nacional & V Congreso Internacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional de Zonas Áridas. pp 25-29.



INCIDENCIA DE PUDRICIÓN DE LA RAÍZ EN CINCO VARIEDADES DE FRIJOL PINTO EN SUELOS DE AGUASCALIENTES

Rodolfo Velásquez-Valle¹, José Ángel Cid-Ríos^{2*} y Manuel Reveles-Hernández³

¹Campo Experimental Pabellón – INIFAP, Km. 32.5 Carr. Aguascalientes – Zacatecas, Pabellón de Art., Ags. CP 20660, ^{2,3}Campo Experimental Zacatecas – INIFAP, Km. 24.5 Carr. Zacatecas – Fresnillo, CP 98500. * Autor para correspondencia: cid.angel@inifap.gob.mx

Introducción

Las plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) son infectadas por un número considerable de patógenos que dañan tanto sus partes aéreas como subterráneas; la incidencia y severidad de las enfermedades del follaje como la roya, antracnosis y tizones bacterianos son dependientes en gran medida de las condiciones ambientales, especialmente por la presencia de lluvias, en contraste con la presencia de enfermedades de la raíz que generalmente ocurren anualmente con severidad variable, en cada ciclo de cultivo, independientemente de las condiciones climáticas. Una pieza clave en manejo de enfermedades, especialmente en cultivos extensivos, como esta leguminosa, es el empleo de variedades mejoradas; en este sentido, las nuevas variedades de frijol generadas por el INIFAP, además de poseer un ciclo más corto y de contar con las características comerciales que demanda el mercado, poseen tolerancia a las enfermedades más importantes (Cid et al., 2014). La pudrición de la raíz (PR) es una enfermedad globalmente distribuida que provoca pérdidas variables y es causada por diversos patógenos (Mayo-Prieto et al., 2020); en el norte centro de México entre los patógenos más comúnmente asociados con esta enfermedad se encuentran los hongos *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Colletotrichum* spp. y *Thielaviopsis* spp., el oomiceto *Pythium* spp. y los nematodos formadores de agallas *Meloidogyne* spp. y *Nacobbus aberrans* (Groenewold-Labrada et al., 2003; Velásquez-Valle et al., 2022). La PR puede presentarse previa o posteriormente a la emergencia de la plántula causando lesiones en la raíz o en el hipocótilo que pueden impedir su emergencia o debilitar o aún matar a las plantas (Conner et al., 2014). La incidencia de la enfermedad en las parcelas comerciales se ve influenciada por la densidad del inóculo, condiciones físicas y de manejo del suelo; este complejo de factores condiciona la respuesta de los genotipos de frijol y generalmente determina su comportamiento fitopatológico respecto a las PR en cada tipo de suelo. Usualmente el número de plantas afectadas, es decir la incidencia de esta enfermedad y su impacto en el desarrollo de la planta son evaluados en etapas cercanas a la floración o cosecha (Naseri, 2014; Jacobs et al., 2019) por lo que poco se conoce acerca de la reacción de las plantas de frijol ante la enfermedad en los primeros días después de la emergencia, consecuentemente, el objetivo del trabajo consistió en determinar la reacción natural temprana de cinco variedades de frijol pinto a la PR en diferentes suelos bajo condiciones de laboratorio.

Materiales y métodos

Durante abril de 2023 se colectó suelo en 26 parcelas comerciales seleccionadas al azar en el estado de Aguascalientes (Figura 1); en cada una se registró el cultivo anterior. En cada parcela se tomaron tres submuestras de aproximadamente 500 g cada una; las muestras se obtuvieron en los primeros 20 cm del perfil del suelo; posteriormente las submuestras de cada muestra se homogenizaron. De cada muestra homogenizada se tomaron 400 g que se colocaron en un contenedor de plástico con capacidad de 500 g. Una vez en el contenedor, el suelo se humedeció para permitir la siembra de frijol.

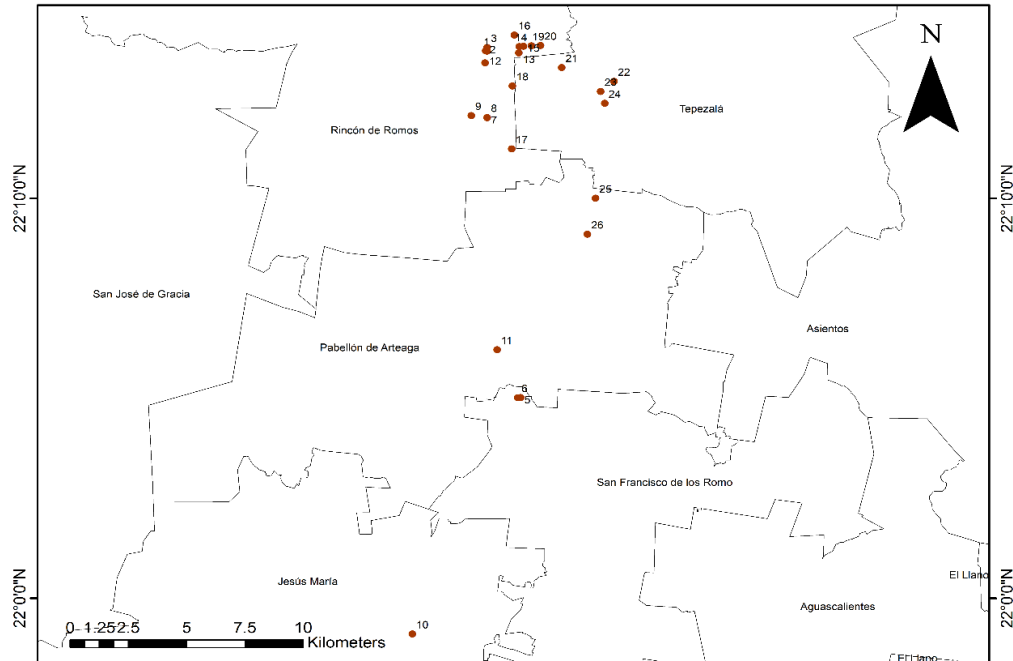


Figura 1. Distribución de los sitios de colecta de suelo en Aguascalientes, México.

Se utilizó semilla de las variedades de frijol Pinto Bravo, Pinto Centenario, Pinto Coloso, Pinto Raramuri y Pinto San Rafael proporcionadas por el MC José Ángel Cid Ríos (Campo Experimental Zacatecas – INIFAP). Previamente a la siembra la semilla se desinfectó con una solución de cloro comercial (0.2%): la semilla se introdujo en la solución por 30 segundos y se permitió su secado antes de la siembra.

Para cada variedad se utilizaron dos contenedores con cada tipo de suelo; en cada uno de ellos se depositaron entre 10 y 12 semillas de la variedad en evaluación. Una vez sembrados, los contenedores se mantuvieron a temperatura ambiente (16 a 26 °C) en el laboratorio. A los 6 – 8 días después de la emergencia, las plantas se extrajeron del suelo, se retiró el exceso de suelo de la raíz y se evaluó la incidencia de la enfermedad, que se clasificó como baja (0 – 25%), media (25.1 – 50%), alta (50.1 – 75%) y extrema (75.1 – 100%). Al momento de la evaluación se registraron los síntomas aéreos presentes en cada planta.

Resultados y discusión

En 73.1% de las parcelas muestreadas el cultivo anterior fue maíz; solamente en 11.5% de ellas el cultivo precedente fue frijol. En parcelas con otros cultivos como avena, ajo, chile y una parcela en descanso se obtuvieron muestras de suelo en una ocasión en cada caso.

Pinto Bravo. La incidencia de la enfermedad en esta variedad osciló entre 0.0 y 100.0% con un promedio de 44.8%, independientemente del origen de suelo. En 24% de los suelos la incidencia de PR menor a 25%; por el contrario, en 16% de los suelos el rango de incidencia de la enfermedad se encontró entre 75.1 y 100% considerada como incidencia extrema. Valores de incidencia entre 25.1 y 75.0% se registraron en 60% de los suelos evaluados.



Pinto Centenario. Los valores máximos y mínimos de incidencia de PR en este genotipo variaron entre 33.3 y 100%, con una media de 62.2%, independientemente del origen de suelo. En ninguno de los 26 suelos muestreados se registró incidencia de la enfermedad menor a 25%; en el 26.9% de los suelos la PR alcanzó valores extremos, entre 75.1 y 100%. En la mayoría de los suelos (73.1%), la incidencia varió entre 25.1 y 75.0%.

Pinto Coloso. El rango de incidencia de PR en plantas de Pinto Coloso varió entre 30.0 y 100.0 % con un promedio de 59.8%, independientemente del origen de suelo. No se registraron valores de incidencia menores a 25% en ninguno de los suelos; en cambio, en el 24% de los suelos la incidencia adquirió valores entre 75.1 y 100%; en el restante 76% de los suelos la incidencia obtuvo valores entre 25.1 y 75.0%.

Pinto San Rafael. El rango de incidencia de la enfermedad en plantas de Pinto San Rafael osciló entre 40.0 y 100.0% y cuya incidencia promedio, independientemente del origen de suelo, fue de 69.5%. No se registraron valores de incidencia de PR menores a 25% en ninguno de los suelos evaluados, sin embargo, en el 36% de los suelos el porcentaje de plantas de Pinto Raramuri sintomáticas a PR se consideró extremo (75.1 – 100%). En el resto de los suelos (64%) la incidencia de la enfermedad fluctuó entre 25.1 y 75%.

Pinto Rarámuri. El rango de incidencia de PR en plantas de Pinto Raramuri fluctuó entre 27.3 y 93.9%; el promedio de incidencia, sin considerar el origen del suelo, fue de 54.2%. En 8.7% de los suelos la incidencia de la enfermedad no fue mayor de 25%. Se registró incidencia extrema de la enfermedad (75.1 – 100%) en 17.4% de los suelos. En la mayoría de los suelos (73.9%) la incidencia de PR varió entre media (25.1 – 50%) a alta (50.1 – 75%).

La incidencia promedio de PR en las cinco variedades de frijol pinto en macetas conteniendo suelo proveniente de 26 parcelas se muestra en la figura 2; la variedad Pinto Bravo obtuvo el valor de incidencia más bajo (44.8%) mientras que el valor más elevado correspondió a la variedad Pinto San Rafael (69.5%). Los valores de incidencia obtenidos por las variedades podrían indicar una susceptibilidad de moderada a alta en función de la concentración de inóculo en el suelo.

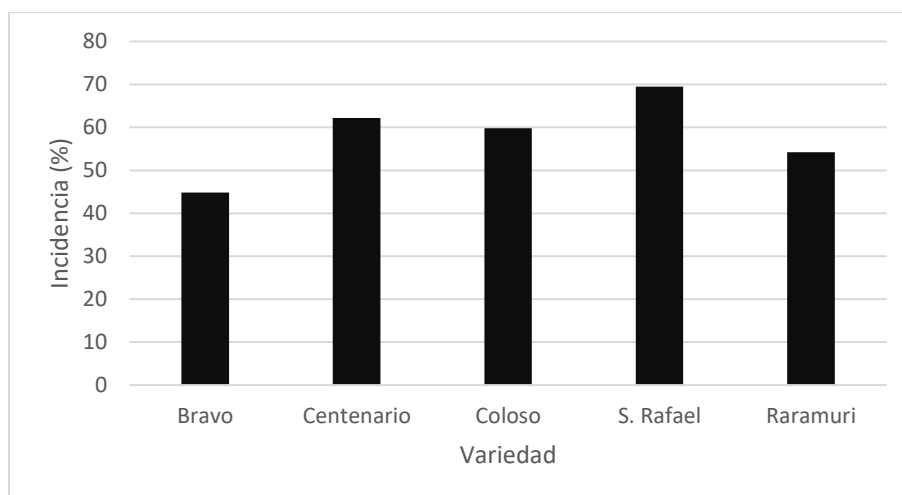


Figura 2. Incidencia promedio de PR en cinco variedades de frijol pinto en condiciones de laboratorio.



Las cinco variedades de frijol pinto evaluadas mostraron un segmento con alta susceptibilidad, caracterizada por la incidencia extrema de plántulas con lesiones radiculares, a los patógenos comúnmente presentes en los suelos de Aguascalientes. El número de suelos donde se presentó esta incidencia extrema es variable, aunque destacan Pinto San Rafael y Pinto Centenario con nueve y siete suelos, respectivamente y Pinto Bravo y Pinto Rarámuri con cuatro suelos cada una. El promedio de incidencia de PR dentro de este segmento de alta incidencia varió entre 84.7 (Pinto Rarámuri) y 93.9% (Pinto San Rafael) (Figura 3).

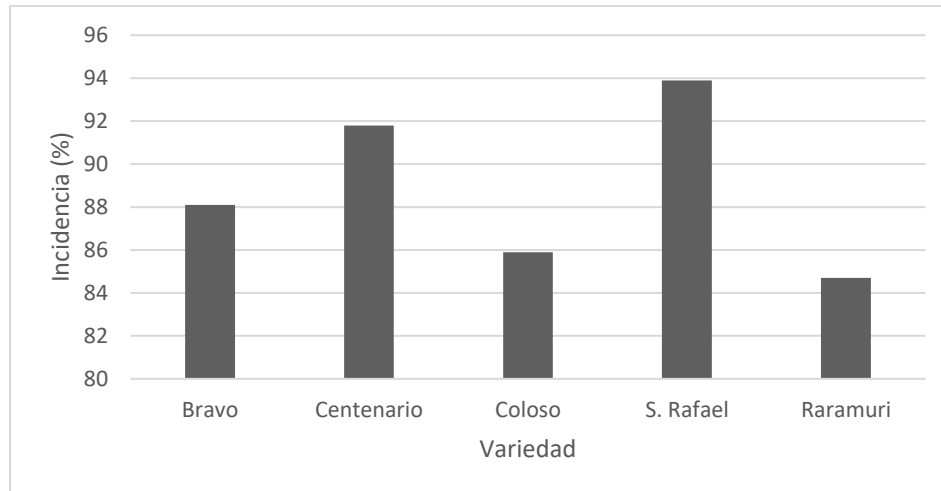


Figura 3. Incidencia promedio de PR en la categoría de daño extremo en cinco variedades de frijol pinto en condiciones de laboratorio.

En la mayoría de las plantas no se registraron síntomas aéreos al momento de la evaluación (6 – 8 días después de la emergencia), sin embargo, la presencia del hongo *Sclerotium rolfii* ocasionó marchitez y muerte de plántulas en algunos suelos. Se observó la presencia de lesiones, generalmente de color café rojizo, apariencia hundida y tamaño variable, en el hipocótilo asociadas con la infección por el hongo *Rhizoctonia* (Schwartz, 2011), sin embargo, estas lesiones, aún en infecciones severas no significaban la muerte de la plántula. El ataque de *S. rolfii* causó una pudrición seca de las raíces en plantas emergidas y frecuentemente la pudrición de la raíz, talluelo y hojas cotiledonares y consecuentemente la muerte de las plántulas, previamente a la emergencia.

Conclusiones

La pudrición de la raíz se observó en plántulas de las variedades Pinto Bravo, Pinto Centenario, Pinto Coloso, Pinto San Rafael y Pinto Rarámuri en etapas tempranas (6 – 8 días después de la emergencia).

Las plantas de las variedades Pinto Bravo y Pinto San Rafael obtuvieron la menor y mayor incidencia promedio de la enfermedad, respectivamente.

Se identificó a los hongos *Rhizoctonia* spp y *Fusarium* spp en el hipocotilo sin causar la muerte de las plántulas de frijol; también se identificó al hongo *Sclerotium rolfii* causando la muerte de plántulas en pre y post emergencia.



Referencias

- Cid, R. J. A., Reveles, H. M., Velásquez, V. R. y Mena, C. J. 2014. Producción de semilla de frijol. Folleto Técnico No. 63. Campo Experimental Zacatecas-INIFAP. 69 p.
- Conner, R. L., Hou, A., Balasubramanian, P., McLaren, D. L., Henriquez, M. A., Chang, K. -F., and McRae, K. B. 2014. Reaction of dry bean cultivars grown in western Canada to root rot inoculation. *Canadian Journal of Plant Science* 94:1219-1230.
- Groenewold-Labrada, B., Mayek-Pérez, N. y Padilla-Ramírez, J. S. 2003. Hongos asociados a la semilla de frijol en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21:375-378.
- Jacobs, J. L., Kelly, J. D., Wright, E. M., Varner, G., and Chilvers, M. I. 2019. Determining the soilborne pathogens associated with root rot disease complex of dry bean in Michigan. *Plant Health Progress* 20:70-131. <https://doi.org/10.1094/PHP-11-18-0076-S>
- Mayo-Prieto, S., Rodríguez-González, A., Lorenzana, A., Gutiérrez, S., and Casquero, A. P. 2020. Influence of substrates in the development of bean and in pathogenicity of *Rhizoctonia solani* JG Kühn. *Agronomy* 2020, 10, 707; doi:10.3390/agronomy10050707
- Naseri, B. 2014. Bean production and fusarium root rot in diverse soil environment in Iran. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 14:177-188.
- Schwartz, H. F. 2011. Root rot of dry beans. Colorado State University. Fact Sheet No. 2.938. 4p.
- Velásquez-Valle, R., Cid-Ríos, J. A. y Chew-Madinaveitia, I. Y. 2022. Reacción de variedades de frijol pinto a la pudrición de la raíz en dos sistemas de siembra. Memorias. VI Congreso Internacional y XVIII Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas. 504-508.



EFFECTO DE BIOESTIMULANTES BIOLÓGICOS Y QUÍMICOS EN ALGUNOS INDICADORES DE CRECIMIENTO Y FISIOLÓGÍA EN EL CULTIVO DEL TOMATE *Solanum lycopersum* EN CONDICIONES DE DÉFICIT HÍDRICO

Ramon Reyes-Urias¹, Aurelio Pedroza-Sandoval^{1*}, Luis Gerardo Yáñez- Chávez¹, Jorge Sáenz-Mata², Rubén Palacio-Rodríguez², Isaac Gramillo-Ávila¹, José Antonio Miranda-Rojas¹

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km 40 Carretera Gómez Palacio – Chihuahua. Dgo. CP. 35230. ²Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Biológicas. Av. Artículo 123 s/n, fracc, Filadelfia, Gómez Palacio. Dgo. CP. 35019. *Autor de correspondencia: apedroza@chapingo.uruza.edu.mx

Introducción

Ante el problema de la sequía, las plantas han desarrollado diversos mecanismos moleculares, fisiológicos y morfológicos para enfrentar condiciones desfavorables en su entorno, como lo son el estrés hídrico y salino (Márquez, 2023). El estrés hídrico prolongado disminuye el potencial de agua de las hojas, su tamaño y apertura estomática, detiene el crecimiento de las raíces, reduce el número de semillas, su tamaño y viabilidad, demora la floración y la fructificación y limita el crecimiento de la planta y su productividad (Florido & Bao, 2014). En la actualidad el uso de bioestimulantes químicos y biológicos está tomando importancia desde el punto de vista económica y ecológica como una alternativa para tolerar el efecto de los tipos de estrés, hídrico y salino en la planta, debido a que actúan como estimuladores y reguladores de crecimiento (Abello, 2022) El objetivo de este estudio fue evaluar la aplicación de rizobacterias y el producto químico talete, como bioestimulantes y su efecto en algunos indicadores de crecimiento y fisiología en el cultivo del tomate *Solanum lycopersici* cv. Saladette bajo condiciones óptimas y subóptimas de humedad del suelo en el norte de México.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental de Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en Bermejillo Durango, México, el cual se ubica a 25.8° LN y 103.6° LW, con una altitud de 1,130 msnm (García, 1973).

Se utilizó un diseño de bloques al azar en arreglo de parcelas subdivididas con tres repeticiones. Las parcelas grandes fueron los contenidos de humedad en el suelo: óptimo (27%±3) y subóptimo (23%±3); las parcelas medianas fueron la aplicación de las rizobacterias MYC ECOCERT identificadas con el código GEA1141 y sin aplicar MYC y las parcelas chicas fue la aplicación del producto químico bioestimulante Talete a dosis de 10 L ha⁻¹ y sin aplicar. La unidad experimental fue de 4 surcos de 4.5 m de longitud cada uno, a una distancia de 0.75 m entre surcos. Se utilizó la variedad de tomate Saladette.

La siembra se realizó en charolas con sustrato Peat-most en condiciones de malla-sombra y las plántulas de 30 días después de la siembra, fueron trasplantadas a una distancia entre plantas de 30 cm estableciéndose 15 plántulas por surco, lo que significa una densidad de 44,289 planta ha⁻¹; la parcela útil fueron los dos surcos centrales, de los cuales se tomaron 4 plantas al azar para medir las variables de altura de planta (mm), diámetro de tallo (cm) e índice de contenido de clorofila mediante uso de un medidor manual FieldScout CM 1000 Marca Spectrum, Technologies Inc.



Para manejar los contenidos de humedad en las parcelas grandes, se estableció un sistema de riego presurizado con cintilla derivada de una regadera principal mediante conexiones laterales de PVC. A cada parcela grande correspondió a un contenido de humedad; el flujo de agua fue controlado de acuerdo con el programa de riego mediante llave de paso. Las constantes de humedad de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP), correspondieron a 27 y 13%, respectivamente, de acuerdo con determinaciones previas al establecimiento del experimento, mediante el uso de la técnica de la olla de membrana (Richards, 1948). La medición del contenido de humedad del suelo se realizó a 30 cm de profundidad del suelo con un medidor modelo PMS-714 con lectura digital en tiempo real. La base de datos fue analizada mediante el uso del software SAS versión 9.0, para identificar el efecto de tratamiento y también se usó el Programa Excel para identificar la respuesta de las variables a través del tiempo.

Resultados y discusión

La altura de planta fue significativamente mayor ($P \leq 0.05$) cuando se aplicaron las rizobacterias y el talete con un valor de 29.8 cm, mientras que el peor comportamiento de respuesta fue al aplicar las rizobacterias pero sin talete, con un registro de altura de 23.3 cm en el contenido subóptimo de humedad del suelo; el resto de los tratamientos registraron valores intermedios, lo que significa que el Talete es el detonante al interaccionar con las rizobacterias en contenido óptimo de humedad del suelo. En tanto que, el diámetro del tallo y el índice de contenido de clorofila fueron significativamente mayores en el contenido óptimo de humedad del suelo, pero sin aplicar ninguno de los dos productos; mientras que los tratamientos de contenido subóptimo de humedad independientemente de que se apliquen o no las rizobacterias y el talete, fueron los de más baja respuesta. Significa que el contenido de humedad es el factor ambiental más determinante para el comportamiento de estas dos variables (Cuadro 1). Seguramente una tendencia de mismo comportamiento se habrá de observar en las variables de rendimiento y componentes de este, lo cual forma parte de este estudio, que de momento no fue posible incluir en esta exposición.

Cuadro 1. Respuestas morfométricas y de clorofila en tomate (*Solanum lycopersicum*) y su interacción con respecto a distintos tratamientos de humedad del suelo, y productos bioestimulantes biológicos y químicos.

Tratamiento			Altura de planta (cm)	Diam. De tallo (mm)	Índice de clorofila
Cont. de hum. del suelo (%)	Aplicación de rizobacterias* (200 L ha ⁻¹)	Aplicación de talete (10 L ha ⁻¹)			
Óptimo	Se aplicó	Sin aplicar	28.65 ab	8.39 ab	127.58 ab
		Se aplicó	29.82 a	8.33 ab	126.89 ab
	No se aplicó	Sin aplicar	27.91 ab	8.61 a	134.90 a
		Se aplicó	28.08 ab	8.13 abc	124.31 ab
Subóptimo	Se aplicó	Sin aplicar	23.31 b	6.09 d	120.85 b
		Se aplicó	25.95 ab	6.80 cd	117.69 b
	No se aplicó	Se aplicó	26.53 ab	6.68 d	118.32 b
		Sin aplicar	24.40 ab	7.03 bcd	117.87 b

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cifras con la misma letra dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. * Se aplicó *Bacillus paralicheniformes* Contenido óptimo del suelo= 27%±3 y subóptimo 23%±3.



Respecto al comportamiento temporal del crecimiento de la planta, se tiene que las plantas sometidas a un déficit hídrico tuvieron un menor desarrollo respecto a las plantas que se mantuvieron en un contenido de humedad de suelo óptimo (Figura 1), donde se observa que las cuatro líneas de tendencia superiores corresponden a este último contenido de humedad, mientras que en el caso de las plantas sometidas a un déficit hídrico mostraron una tasa de menor crecimiento de la planta.

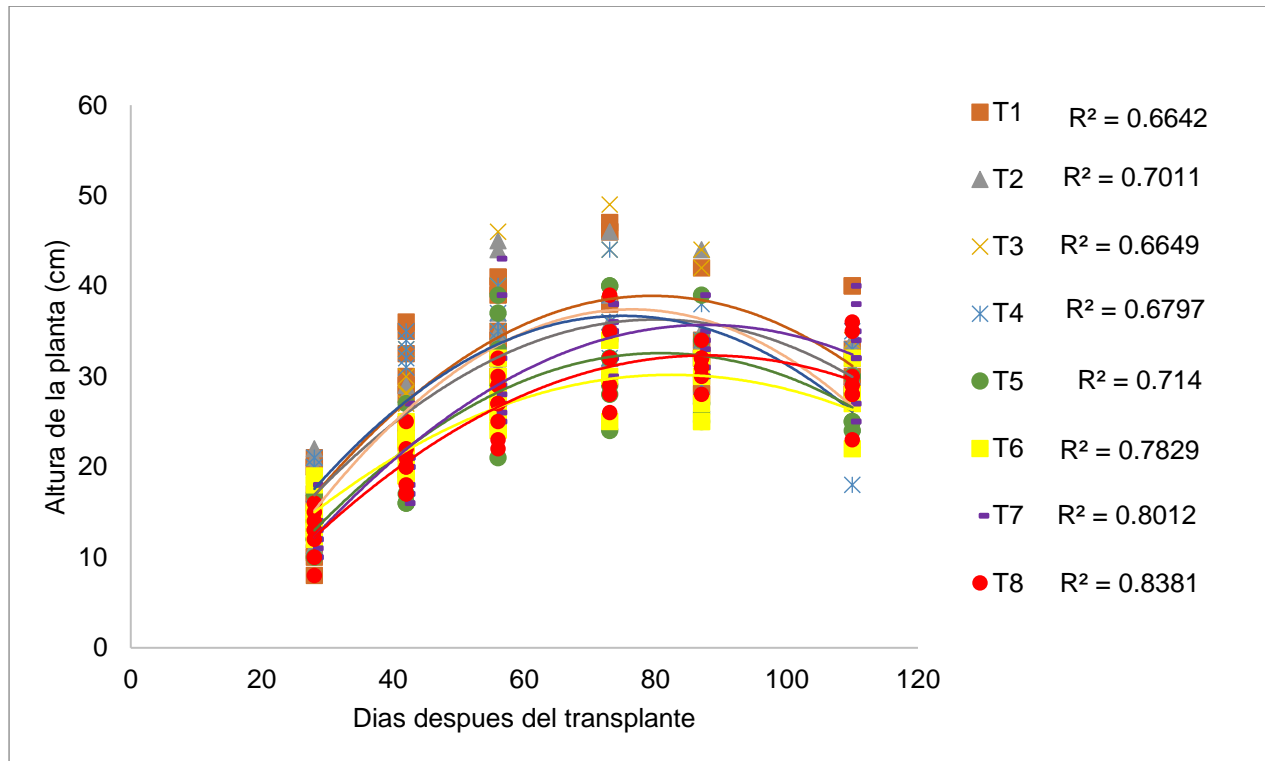


Figura 1. Comportamiento temporal del crecimiento de la planta al aplicar y no aplicar rizobacterias y taleta bajo contenidos óptimo y subóptimo de humedad del suelo.

Conclusiones

El contenido óptimo de humedad del suelo ($27\% \pm 3$) fue el más determinante en el comportamiento del crecimiento de la planta con efecto de interacción al aplicar rizobacterias y taleta. El diámetro del tallo y el índice de contenido de clorofila, no mostraron efecto al aplicar los bioestimulantes, pero si fueron sensibles a verse negativamente afectadas ante condiciones subóptimas de humedad del suelo ($23\% \pm 3$). Resta cotejar estos resultados preliminares del estudio, con los efectos finales de rendimiento en la producción de tomate por planta y por unidad de superficie.



Referencias

- Abello, C. F. (2022). Evaluación de bioestimulantes a base de aminoácidos y quitosano en el Crecimiento y rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero. <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4990/Tesis%20de%20grado%20tomate%20Cristian%20Abello.pdf?sequence=1>
- Florido, B. M. & Bao, F., L. (2014). Tolerancia a estrés por déficit hídrico en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*, 35(3): 70-88. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000300008&lng=es&tling=es.
- García, E. (1973). *Apuntes de Climatología*. D. F., México: Universidad Autónoma de México. 71 pp. <https://vdocuments.mx/apuntes-de-climatologia-enriqueta-garciapdf.html>
- Márquez, L. (2023). Efecto del estrés osmótico inducido in vitro en las variedades CP 72-2086 y MEX 69-290 de caña de azúcar. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/52918/MarquezJuarezLeonardo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Richards, LA. 1948. Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. *Soil Science* 66: 105-10. DOI: <https://doi.org/10.1097/00010694-194808000-00003>



INDICADORES MORFOMÉTRICOS Y PRODUCTIVOS DE DIFERENTES MATERIALES GENÉTICOS DE *Lotus corniculatus* L. BAJO CONDICIONES DE DÉFICIT HÍDRICO EN CAMPO ABIERTO DEL NORTE DE MÉXICO

Alán José Barrera-Córdova¹, Aurelio Pedroza-Sandoval^{1*}, Ricardo Trejo-Calzada¹, Isaac Gramillo-Ávila¹, Sahara Xolocotzi-Acoltzi¹, Luis Gerardo Yáñez-Chávez¹, José Antonio Miranda-Rojas¹

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, UACH, km 40 Carretera Gómez palacio – Ciudad Juárez, Bermejillo, Durango. C. P. 35230. *Autor para correspondencia: apedroza@chapingo.uruz.edu.mx

Introducción

El cambio climático se hace cada vez más evidente a través de eventos extremos con alto impacto ambiental sobre los recursos naturales que vulnera los sistemas socioambientales y amenaza la coexistencia de los seres vivos sobre el planeta (INECC-CGACC, 2018). La agricultura es el mayor consumidor de agua en el mundo con el 70% del consumo mundial, un 10% consumo doméstico y un 20% consumo industrial. El problema de la sobreexplotación del recurso agua y la necesidad de proteger el ambiente del incremento de los niveles de contaminación, ha adquirido relevancia internacional. La disponibilidad efectiva del agua se ha reducido por los desequilibrios que ocasiona el crecimiento de la demanda de los recursos hídricos, uso ineficiente de los mismos y el aumento de los niveles de contaminación de este recurso (Esparza, 2014). La Comarca Lagunera es parte de las zonas áridas de México y ésta se caracteriza por tener poca precipitación y un desabasto de agua, adicionalmente, la región es la principal cuenca lechera del país y se requiere de una alta producción de forraje para el ganado bovino lechero. Con base en lo anterior, es necesario generar alternativas para reemplazar a los forrajes tradicionales que en su mayoría son altamente demandantes de agua. Un cultivo alternativo es el trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) que se puede establecer en forma de pradera o bien, para realizar cortes y obtener materia fresca con menos demanda de agua y tener abasto de forraje para alimentar al ganado lechero. El objetivo de este estudio fue evaluar algunas variables morfométricas y productivas en diferentes materiales genéticos de *L. corniculatus* bajo condiciones de riego óptimo y subóptimo en campo abierto en las zonas áridas del norte de México.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el área experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, geográficamente ubicada a 101° 41' y 104° 61' LO y 24° 22' y 26° 23' LN a una altitud media de 1,100 msnm. Presenta un clima seco desértico, con lluvias en verano e invierno fresco, la precipitación pluvial media anual es 258 mm (García, 1973). El estudio se está llevando a cabo en un diseño experimental de Bloques al azar en un arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. Las parcelas grandes son los contenidos de humedad del suelo: óptimo (27%±3) y subóptimo (23%±3) y las parcelas chicas fueron las accesiones 255301, 255305, 227318, 202700 y 226792 y la variedad Estanzuela Ganador de *Lotus corniculatus* L. La unidad experimental (UE) fue de tres plantas colocadas en una hilera de 0.5 m de ancho por 1 m de largo. Las variables medidas en la planta fueron: cobertura vegetal (cm²), vigor (0-10) área foliar (cm²) y producción de biomas fresca (forraje) (g macollo⁻¹). Para manejar los contenidos de humedad en las parcelas grandes, se estableció un sistema de riego presurizado con cintilla derivada de una regadera principal mediante conexiones laterales de PVC. Cada parcela grande correspondió a un contenido de humedad; el flujo de agua fue controlado de acuerdo con el programa de riego mediante llave de paso.



Las constantes de humedad de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP), correspondieron a 27 y 13%, respectivamente, de acuerdo con determinaciones previas al establecimiento del experimento, mediante el uso de la técnica de la olla de membrana (Richards, 1948). La medición del contenido de humedad del suelo se realizó a 30 cm de profundidad del suelo con un medidor modelo PMS-714 con lectura digital en tiempo real. La base de datos se analizó con el paquete SAS v. 9.0.

Resultados

El contenido de humedad del suelo prácticamente no afectó las diferentes variables de crecimiento, fisiología y productividad de *Lotus corniculatus* L. excepto en el índice de área foliar, el cual fue significativamente más alto ($P \leq 0.05$) cuando el riego fue deficitario, con un valor de 2.86, respecto a cuando se regó de manera óptima, que fue de 2.48 (Cuadro 1). Lo anterior, sugiere que, en promedio general, estos materiales genéticos son ampliamente tolerantes al déficit hídrico, al menos al de 23 % de humedad del suelo, que significa 7% por abajo de CC, el cual fue de 27%.

Cuadro 1. Respuestas morfométricas de trébol forrajero *Lotus corniculatus* L. bajo contenidos óptimo y subóptimo de humedad del suelo.

Contenido de Humedad del suelo (%)	Long. tallo (cm)	Diám. corona (cm)	Vigor (1-10)	ICCL	IAF	PBF (g)
Óptimo (27 % \pm 3)	31.43 a	7.53 a	9.03 a	252.58 a	2.48 b	155.90 a
Subóptimo (23 % \pm 3)	31.34 a	7.18 a	9.32 a	253.11 a	2.86 a	157.02 a

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) letras iguales dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. ICCL, es el índice de contenido de clorofila; IAF, es índice de área foliar y; PBF, es producción de biomasa fresca (forraje).

Respecto al efecto genotípico entre los materiales evaluados, la accesión 255305 fue la de mejor respuesta en longitud de tallos, índice de clorofila, índice de área foliar y rendimiento, con valores de 37.8 cm, 276, 3.34 y 189.7 g macollo⁻¹, aun cuando la variedad Estanzuela Ganador fue la de mejor respuesta en rendimiento con 217.8 g macollo⁻¹, pero de menor efecto en las variables morfométricas y fisiológicas antes citadas. Le siguió en importancia de comportamiento la accesión 255301 y el resto de las accesiones fueron las de más bajo comportamiento de respuesta (Cuadro 2).

Cuadro 2. Respuestas morfométricas de diferentes materiales genéticos de trébol forrajero *Lotus corniculatus* L. bajo contenidos óptimo y subóptimo de humedad del suelo.

Gen.	Long. Tallo (cm)	Diám corona (cm)	Vigor (1-10)	ICCL	IAF	PBF (g macollo ⁻¹)
255301	37.61 a	7.54 a	9.38 a	276.06 a	3.34 a	189.69 ab
Estanzuela ganador	33.88 ab	7.75 a	9.16 a	227.19 b	3.02 ab	217.81 a
255305	32.97 ab	7.12 a	9.33 a	265.56 ab	2.95 ab	141.78 bc
227318	30.14 bc	7.52 a	9.22 a	264.6 ab	2.16 c	156.86 bc
202700	26.88 c	7.21 a	8.33 b	230.94 b	2.15 c	114.64 c
226792	26.62 c	6.97 a	9.67 a	253.09 ab	2.39 bc	115.74 c

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) letras iguales dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. ICCL, es el índice de contenido de clorofila; IAF, es índice de área foliar y; PBF, es producción de biomasa fresca (forraje).



Conclusión

En general, los materiales genéticos de *Lotus corniculatus* L. probados en este estudio, manifestaron tolerancia al déficit hídrico con 7% inferior a la capacidad de campo, que fue de 27%, en tanto que los materiales genéticos independientemente del contenido de humedad manifestaron una mayor variación de respuesta en las diferentes variables de crecimiento, fisiología y productividad, destacando la variedad Estanzuela Ganador y la accesión 255301. Los resultados anteriores son relevantes para la región, que requiere de cultivos forrajeros alternativos, ante la grave escasez del recurso hídrico.

Referencias

- Esparza, M. (2014). *La sequía y la escasez de agua en México: Situación actual y perspectivas futuras*. Secuencia. (89): 193-219.
- INECC-CGACC, 2018. *México ante el cambio climático*. <https://cambioclimatico.gob.mx/impactos-del-cambio-climatico-en-mexico/>
- García, E. Apuntes de Climatología. D. F., México: Universidad Autónoma de México. 71 pp.,1973. <https://vdocuments.mx/apuntes-de-climatologia-enriqueta-garciapdf.html>
- Richards, LA. 1948. Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. *Soil Science* 66: 105-10. DOI: <https://doi.org/10.1097/00010694-194808000-00003>



EFFECTO DEL ZILPALTEROL COMERCIAL EN BOVINOS PRODUCTORES DE CARNE PERIODO (ENGORDA-SACRIFICIO): CASO DE UN RANCHO EN NUEVO LEÓN

Gonzalo Hernández-Ibarra^{1*} y Miguel Ángel Mata-Espinosa¹

¹Profesor investigador de Tiempo Completo de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo; Km 40 de la Carretera Gómez Palacio, Durango-Cd. Jiménez Chihuahua, C.P. 35230. Teléfonos: 872 77 60160 y 60190, Bermejillo, Mapimí, Durango. *Autor para correspondencia: chalonza2011@gmail.com

Introducción

El consumo de alimentos es un tema que hoy en día es frecuentemente abordado por diferentes instituciones públicas y privadas, sin duda el análisis de los diversos estudios enfatiza la oferta que va desde la forma de producir por parte de las unidades de producción agropecuaria y pesquera hasta que se tiene en el mercado según lo menciona el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. (CEDRSSA, 2020). Al año 2022 la producción de carne de bovino en la República Mexicana es del orden de 2,126,182 toneladas, destacando los estados de Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí, Durango y Sinaloa en orden de producción (SIAP, 2022). La Asociación Española de Complementos Alimenticios (2017) menciona que las ventas anuales de complementos alimenticios a nivel internacional alcanzan la cifra de los 121.2 billones de dólares (U.S), con un crecimiento del 5,7% respecto al ejercicio anterior. Con esta cifra se recupera la ligera desaceleración que se había producido en 2014 y 2015. A lo largo de los últimos años se ha desarrollado una enorme cantidad de tecnología para el sector ganadero y en general para todo ámbito, algo importante que debe ser claro es que los productos a utilizar deben ser productos inocuos y de alto valor nutricional al consumidor final y usados de manera responsable. (Zorrilla-Ríos, 2006). Una limitante del uso de zilpaterol de patente (Zilmax) es su alto costo en el mercado. Pero en la actualidad, ya existen productos genéricos que lo contienen y están aprobados por la Secretaría de Salud, para su uso en rumiantes, que son incluso 27% más económicos que el de patente (Rivera-Villegas *et al.*, 2019; citado por Rivera en 2020). Por lo que el objetivo del presente trabajo es evaluar el comportamiento en ganancia de peso y porcentaje en canal de bovinos productores de carne alimentados con dietas agregadas con zilpaterol.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en las instalaciones del Rancho ANVI (Agropecuaria ANVI SA DE CV), en Sabinas Hidalgo, Nuevo León durante los meses de agosto de 2021 a febrero de 2022, Se utilizaron 96 toretes y 88 vaquillas tipo racial dominante a las razas Beefmaster y Brangus rojo con un peso promedio inicial de 343.74 y 345 kg para machos y hembras respectivamente. A la mitad de los machos y hembras 48 y 44 no se les administro (ZILMAX®) los cuales fueron los grupos categorizados como testigo. En los corrales la aplicación del producto se realizó vía administración de la mezcla (ZILMAX), en el alimento. Dicha mezcla se preparó de acuerdo con la dieta recomendada por el nutriólogo procurando los pasos siguientes: 1) En una mezcladora estacionaria se agregan 180 kg de harinolina, para posteriormente agregar 1.6 kg del producto ZILMAX® y dejarlos mezclar por un tiempo aproximado de 15 minutos, 2) Una vez transcurridos los 15 minutos la mezcla resultante se pesa en costales de 15 kg c/u para su posterior uso. Posteriormente en una mezcladora roto-mix se conjuntan los ingredientes en las cantidades indicadas, las cuales son las siguientes: 2650 kg de maíz, 300 kg de DDG (granos secos de destilería), 300 kg de hariolina, 300 kg de soja, 300 kg de galleta (galleta desechada por empresas posiblemente caducada), 300 kg de melaza, 170 kg de sebo, 165 kg de base mineral, 815 kg de paca molida, 75 kg de la mezcla de ZILMAX®. (5 costales de 15 kg/cada uno); se utilizó en proporción de un costal (15 kg) por tonelada de alimento.



Los ingredientes se agregan en el orden siguiente: Maíz, DDG (granos secos de destilería), Soja, Harinolina, Base mineral, ZILMAX®, Sebo y Melaza. Estos ingredientes son agregados en una mezcladora estacionaria en el orden antes mencionado donde posteriormente son transportados mediante una banda al carro repartidor. Una vez ya encontrándose el alimento en el carro repartidor este procede a trasladarse al área donde se encuentra la paca molida para agregar la misma al carro repartidor en las cantidades ya señaladas y dejar mezclar todos los ingredientes por un periodo de 8 a 10 minutos.

Servida del alimento. Una vez mezclados debidamente todos los ingredientes se procedió a la identificación de los corrales marcados en dieta con ZILMAX®, para posteriormente revisar los kg indicados que se deben de servir en el corral correspondiente y proceder con el servido del alimento. La dieta con ZILMAX® se ofreció al animal durante un periodo de 30 días, que es la última etapa de la engorda del animal. Una vez transcurridos los 30 días donde se ofreció dicha dieta se le da un tiempo de retiro de 3 días antes del sacrificio de los animales.

Análisis de datos. Los diferentes datos se fueron capturando en una hoja de análisis del Software Microsoft Excel, se establecieron diversas fórmulas para ir recopilando resultados finales. Una vez que se obtuvieron los números de cada variable se extrajeron valores para la elaboración de las tablas o cuadros para el análisis de los resultados.

Resultados y discusión

En el presente experimento al utilizar productos de patente se esta asegurando la confiabilidad de la calidad del farmaco usado en las empresas particularmente el Zilmax como promotor de crecimiento y que a diferencia de otros productos similares con categoria genéricos pueda resultar en menor eficiencia en los animales tratados durante el periodo de experimento. Hay que recordar que los agonistas β -adrenérgicos forman parte del grupo de elementos conocidos como promotores del crecimiento y que estas sustancias tienen una actividad hormonal con capacidad de mejorar la conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, el crecimiento, así como la calidad de la canal, incrementando la proteína muscular, reduciendo la grasa subcutánea y abdominal (Garza, 1998).

Cuadro 1. Valores generales para los grupos de toretes y vaquillas control y tratados.

Concepto	GCM	GTM	GCH	GTH
No Animales	48	48	44	44
Días de Engorda	138	137	128	131
Días de Zilpaterol	57	59	47	47
Kg Entrada	16538	16464	15180	15180
Promedio Entrada	344.54	343	345	345
Kg Salida	24892	26188	22537	22447.7
Promedio Salida	518.58	545.58	512.20	510.188

Nota: GCM=Grupo control en machos; GTM= Grupo tratado en machos; GCH= Grupo control en hembras; GTH= Grupo tratado en hembras.

En el Cuadro 1 podemos apreciar la uniformidad de la cantidad de animales utilizados en el experimento; así como también los días que fueron expuestos los animales al zilpaterol, lo cual excede a lo manifestado por Lean et al. (2014) quienes realizaron un estudio de metaanálisis considerando 340 estudios referentes al uso de zilpaterol como promotor de crecimiento y evaluación de diferentes variables en alusión a las canales de los animales estudiados.



Donde encontraron que el período de alimentación del ganado fue de 143.8 a 56.1 días y el período promedio que el ganado fue expuesto a ZH fue de 26.6 a 9.0 días. Sin embargo la homogeneidad en días de engorda coincide para los cuatro grupos del experimento con lo encontrado por los autores en mención.

Rendimiento de la canal. Al hablar de rendimiento en canal debemos de considerar las diferentes componentes que corresponden al análisis del tema en particular.

Cuadro 2. Cantidad de animales, pesos promedio entrada, salida, rastro y canal.

Variable	Machos		Hembras	
	GC	GT	GC	GT
Cantidad de animales en experimento	48	48	44	44
Kilogramo promedio entrada	344.54	343	345	345
Kilogramo promedio salida	518.58	545.58	512.20	510.18
Kilogramo promedio en rastro	496.90	523.06	498.45	495.45
Rendimiento de la canal en rastro	64.70 %	63.86 %	62.77%	65.67%

Nota: GC= Grupo control, GT= Grupo tratado

En el Cuadro 2, se denota una ligera ventaja en el rendimiento de la canal en rastro para el grupo de vaquillas tratado sobre el grupo de vaquillas control con valores de 65.67 y 62.86 % respectivamente; no observándose este comportamiento en los grupos de novillos en el experimento donde el grupo control mostro un 0.84 % a favor sobre el grupo tratado.

Wang et al. (2021) encontraron que en un experimento realizado en China sobre calidad de la canal que el ganado cruzado Simmental tuvo un mejor rendimiento de la carne y proporcionó carne baja en grasa con una composición beneficiosa de ácidos grasos, pero con menor calidad de carne; y por su parte el ganado yaks tuvo un mayor color de carne y un mayor contenido de proteínas; mientras que el ganado amarillo de Xuanhan proporcionó carne más tierna y blanda. Brigida et al. (2018) reportaron un estudio realizado en Brasil a ganado Nelore alimentando con beta-agonistas β -AA no afectó el peso de la canal fría; sin embargo, los animales alimentados con zilpaterol (ZH) tuvieron pesos más altos de cuarto trasero (HQ) y cortes menores en HQ en comparación con el grupo adicionado con rectopamina (RH) y control (CO), sin diferencias entre RH y CO para ambos rasgos.

Es difícil de clasificar la diversidad de sistemas utilizados, aunque predominan los sistemas en pastoreo y la engorda en corral. En ambos, los objetivos son incrementar las ganancias, sostener los precios del mercado y lograr la sustentabilidad medioambiental (Vilaboa 2008; citado por Ruiz et al., 2012).

Conclusiones

El rendimiento en canal oscilo entre el 62.77% al 65.67%; siendo entre los dos grupos de hembras el mayor intervalo en valores con respecto a los dos grupos de macho.

Los días en engorda oscilaron entre 128 a 138 para los cuatro grupos del experiemto, considerado como un periodo estándar.



Referencias

- Asociación Española de Complementos Alimenticios (AFEPADI). (2017). Crecimiento y consolidación del sector. Recuperado el 30 de julio de 2023 de: <https://www.afepadi.org/index.php/noticias/item/380-2017-balance-positivo-para-la-industria-de-los-complementos-alimenticios-dieteticos-y-suplemento>
- Brigida DJ, Antonelo DS, Mazon MR, Nubiato KEZ, Gómez JFM, Netto AS, Leme PR, Cónsola NRB, Pesce DMC, Silva SL. Effects of immunocastration and a β -adrenergic agonist on retail cuts of feedlot finished Nellore cattle. *Animal*. 2018 Aug;12(8):1690-1695. doi: 10.1017/S1751731117003317. Epub 2017 Dec 19. PMID: 29254512.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. CEDRSSA. (2020). El consumo de alimentos factor determinante en la producción agropecuaria y pesquera. Cámara de Diputados. Recuperado el 28 de julio de 2023 de: http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/96consumo_de_alimentos.pdf
- Garza F. J. D. (1998). Comportamiento productivo de bovinos productores de carne en finalización suplementados con Zilmax. En: Resúmenes de las Conferencias Presentadas en el Lanzamiento de Zilmax en México. D.F., México. Pp. 55-61.
- Lean IJ, Thompson JM, Dunshea FR. (2014). A meta-analysis of zilpaterol and ractopamine effects on feedlot performance, carcass traits and shear strength of meat in cattle. *PLoS One*. 2014 Dec 30;9(12):e115904. doi: 10.1371/journal.pone.0115904. PMID: 25548908; PMCID: PMC4280124.
- Rivera V. A. (2020). Efecto de la sustitución de clorhidrato de zilpaterol de patente por clorhidrato de zilpaterol genérico en la respuesta productiva, características de la canal y calidad de la carne de ovinos de pelo en finalización. Universidad Autónoma de Sinaloa Colegio de Ciencias Agropecuarias Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Recuperado el 12 de julio de 2023 de: http://cca.uas.edu.mx/images/posgrado/TesisDCA/COHORTE%202015-2019/FMVZ/TESIS%20DCA_RIVERA%20VILLEGAS.pdf
- Ruiz, María; Ruiz, J.; Torres, Verena; Cach, J. (2012). Estudio de sistemas de producción de carne bovina en un municipio del estado de Hidalgo, México *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba. Vol. 46, núm. 3., pp. 261-265.
- SIAP, 2022. Datos preliminares de producción de carne de bovino para el año 2021. Recuperado el 15 de junio de 2023 de: http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp
- Wang Y, Wang Z, Hu R, Peng Q, Xue B, Wang L. Comparison of carcass characteristics and meat quality between Simmental crossbred cattle, cattle-yaks and Xuanhan yellow cattle. *J Sci Food Agric*. 2021 Jul;101(9):3927-3932. doi: 10.1002/jsfa.11032. Epub 2021 Jan 20. PMID: 33345324.
- Zorrilla Ríos J. (2006). Aditivos alimenticios en la producción de alimentos de origen animal: ¿Qué nos hace falta en México para esperar su uso adecuado? Ciudad de México: Engormix. Recuperado el 11 de julio de 2023 de: <https://www.engormix.com/balancea>



EFFECTO DE INOCULANTES EN LA CAPACIDAD DE FORMACIÓN DE NODULOS EN LOS CULTIVO DE SOYA (*Glycine max* L.), CROTALARIA (*Crotalaria juncea* L.) Y LABLAB (*Lablab purpureus* L.)

Yasmin Ileana Chew Madinaveitia^{1*}, Esmeralda Ochoa Martínez¹, Arturo Gaytán Mascorro², David Guadalupe Reta Sánchez³, Juan isidro Sánchez Duarte¹, Jaime Alberto Salas Moreno⁴.

¹INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte. Col. Centro. C.P. 27440, Matamoros, Coah. INIFAP.

²UAA Antonio Narro-Unidad Laguna. Departamento de Fitomejoramiento. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fé. Torreón, Coah. ³INIFAP-Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Delicias, Chih. ⁴Tesista UAA Antonio Narro-Unidad Laguna. Departamento de Fitomejoramiento. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fé. Torreón, Coah. *Autora de correspondencia: chew.yazmin@inifap.gob.mx

Introducción

Las leguminosas, son económicamente importantes por su calidad y aporte de proteína en la dieta de los rumiantes. Otro aspecto sobresaliente, es que mejoran la fertilidad del suelo, mediante la fijación biológica del nitrógeno (FBN). En este proceso intervienen bacterias (rizobios) que convierten el nitrógeno atmosférico elemental (N₂) en amonio (NH₄) aprovechable por las plantas. En las áreas áridas y semiáridas, con suelos pobres en materia orgánica y nutrientes, los fertilizantes orgánicos e inorgánicos se utilizan para incrementar su fertilidad, pero altas dosis, pueden contaminar el suelo, agua y áreas naturales. En esas áreas, se ha considerado a las leguminosas para restaurar y rehabilitar suelos (Bianco, 2020; López-Alcocer et al., 2020). En la interacción leguminosas-bacterias, se forman nódulos en las raíces, donde se realiza la fijación de nitrógeno que puede variar de 24 a 584 kg N ha⁻¹ y en algunos casos, abastecer hasta el 90% de los requerimientos de las plantas (Ángeles-Núñez & Cruz-Acosta, 2015; López-Alcocer et al., 2020). Cuando la población nativa de rizobios en el suelo no es la adecuada, o específica para la leguminosa a sembrar, los inoculantes a base de esas bacterias, conocidos también como biofertilizante, son una opción para el aporte de nutrientes a las plantas, y reducir el uso de fertilizantes nitrogenados. En base a esto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de inoculantes en la formación de nódulos en los cultivos de soya, crotalaria y lablab.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el INIFAP-Campo Experimental La laguna, en Matamoros, Coahuila (25° 32' latitud norte y 103° 14' longitud oeste). Para evaluar el efecto del inoculante en los cultivos de soya (*Glycine max* variedad Nainari), crotalaria (*Crotalaria juncea* cv. Común) y lablab (*Lablab purpureus* L. cv Sustain LS), se realizó un ensayo con semilla inoculada y semilla sin inocular, que fueron establecidas en un lote, donde previamente fue sembrado triticale, para blanquear el terreno. En las parcelas con la semilla sin inocular, se fertilizó con nitrógeno y fósforo (250-80-00) con Novatec y ácido fosfórico, respectivamente. En las parcelas con semilla inoculada, solamente se aplicó ácido fosfórico (00-80-00). La siembra en húmedo, fue el 15 de mayo de 2023. Los riegos de auxilio fueron a los 17, 37, 57 y 73 días después de la siembra (dds).

Inoculación de las semillas. Previo a la siembra, las semillas de soya fueron inoculadas con la bacteria *Bradyrhizobium japonicum*, con la dosis de 141.8 g por cada 22.7 kg de semilla. Para crotalaria y lablab, fue con un inoculante (340 g por cada 22.68 kg de semilla) a base de tres bacterias *Bradyrhizobium* sp. (Vigna), *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* y *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae*.



Muestreo de raíces. Fueron realizados dos muestreos: a los 22 y 36 dds. Para el muestreo, con una pala se hicieron zanjas alrededor de las plantas, teniendo cuidado de extraer la mayor cantidad de raíces; para retirar el exceso de tierra de las raíces, fueron lavadas con agua.

Evaluación de nódulos. Los nódulos de las raíces, se observaron con un microscopio estereoscópico para determinar su forma y la capacidad de fijación de nitrógeno, en base a su coloración interna; los nódulos blancos o verdes, se consideran inactivos y los nódulos de coloración rosa o roja, como activos.

Resultados y discusión

Formación de nódulos. De los tres cultivos evaluados, solamente en soya y crotalaria se observaron nódulos en sus raíces. Lo que indica una simbiosis entre las bacterias de los inoculantes y las plantas, para la formación de los nódulos. En el tratamiento de la semilla sin inocular de las tres leguminosas, pero con la adición de fertilizante al suelo (Nitrógeno), no se formaron nódulos. En lablab, no se detectaron nódulos en el período de los muestreos, debido quizás a que no se presentaron las condiciones para la nodulación, aunque se utilizó el inoculante con la bacteria específica (*Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*) para el cultivo.

Evaluación de nódulos. En soya, los nódulos de forma esféricos u ovalados de color café claro en su exterior, se encontraron principalmente en la raíz principal. Se detectaron nódulos inactivos y activos, con mayor porcentaje de nódulos activos a los 36 dds (98.8%), que a los 22 dds (87.5%). En crotalaria, se observó la misma tendencia, con 62.5 y 84.2% de nódulos activos a los 22 y 36 dds, respectivamente. Sus nódulos de forma lobular y color beige, se detectaron principalmente en la raíz principal. La coloración rosa/roja de los nódulos, es por la proteína leghemoglobina y es un indicativo de que los nódulos están activos. Se menciona que los nódulos se aprecian a las cuatro a seis semanas después de la siembra y tienen su máxima actividad en la floración (Pommeresche & Hansen, 2017). En este ensayo, se muestran los resultados preliminares de dos muestreos (22 y 36 dds), cuando los cultivos de soya y de crotalaria estaban en etapa vegetativa, y con un alto porcentaje de nódulos activos. Esto indica que hubo un reconocimiento o simbiosis entre las bacterias de los inoculantes utilizados y los cultivos, para la formación de nódulos y fijación biológica del nitrógeno.

Conclusiones

Los inoculantes fueron efectivos en la formación de nódulos y fijación biológica de nitrógeno, en los cultivos de soya y crotalaria. Adicionar inoculante en las semillas de éstos cultivos, para el aporte de nitrógeno a las plantas, puede en un momento dado, reducir o prescindir de los fertilizantes nitrogenados.

Referencias

- Ángeles-Núñez, J.C. & T. Cruz-Acosta. (2015). Aislamiento, caracterización molecular y evaluación de cepas fijadoras de nitrógeno en la promoción del crecimiento de frijol. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6:929-942.
- Bianco, L. (2020). Principales aspectos de la nodulación y fijación biológica de nitrógeno en Fabáceas. *IDESIA*. 389(2):21-29.
- López-Alcocer, J.J., R. Lépiz-Idelfonso, D.R. González-Eguiarte, R. Rodríguez-Macías & E. López-Alcocer. (2020). Eficiencia en fijación biológica de nitrógeno de cepas de *Rhizobium* spp. recolectadas en frijol cultivado y silvestre. *Terra Latinoamericana* 38:841-852.
- Pommeresche, R. & S. Hansen. (2017). Examinando la actividad de los nódulos en raíces de leguminosas. *FertilCrop*. Documento técnico. 5 p. <http://www.fertilcrop.net>



GUSANO BARRENADOR DEL FRUTO (*Diaphania hyalinata* L.) EN EL CULTIVO DE MELÓN EN LA REGIÓN LAGUNERA

Yasmin Ileana Chew Madinaveitia^{1*}, Arturo Gaytán Mascorro², Rodolfo Velasquez Valle³, Manuel Ramírez Delgado⁴.

¹INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte. Col. Centro. C.P. 27440, Matamoros, Coah.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Departamento de Fitomejoramiento. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fé. Torreón, Coah. ³INIFAP-Campo Experimental Pabellón. km 32.5 Carretera Aguascalientes – Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Ags. C. P. 20660. ⁴Investigador retirado. INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte. Col. Centro. C.P. 27440, Matamoros, Coah. * Autora de correspondencia: chew.yazmin@inifap.gob.mx

Introducción

El cultivo de melón, es la principal hortaliza en la Región Lagunera. Las fechas de siembra, son de enero a hasta la última semana de julio o primera semana de agosto. Las plagas del melón que se consideran primarias son la mosquita blanca (*Bemisia* sp), pulgón del melón (*Aphis gossypii*), minador de la hoja (*Liriomyza* spp); de las plagas secundarias se mencionan a la diabrotica (*Diabrotica* spp), y del complejo de gusanos, al barrenador del fruto (*Diaphania hyalinata*) (Ramírez et al., 2002), que en la actualidad se puede considerar como plaga primaria, debido al daño que ocasiona al cultivo. El gusano barrenador del fruto, conocido también como gusano del melón, ataca a las cucurbitáceas (melón, pepino, calabaza zucchini, calabaza, sandía). Las larvas, después de eclosionar, se alimentan solo del follaje (primer y segundo instar), y al desarrollarse (tercero al quinto instar), se encuentran en toda la planta (follaje, tallos, guías, frutos). En el sur Florida, se estiman pérdidas del 23% por daño al follaje, y de 9-10% de reducción en la producción por el daño a los frutos (Capinera, 2005; Panthi et al., 2017). En la Región Lagunera, se tiene poca información de la biología del gusano barrenador del fruto, por lo que el objetivo de este trabajo, fue determinar la presencia de los adultos a través del año en las huertas de melón.

Materiales y métodos

En huertas de melón con fechas siembra de marzo a julio en los ejidos Matamoros 3, El Refugio y Congregación Hidalgo del Municipio de Matamoros, Coahuila y en el ejido San Juan de Villanueva del Municipio de Viesca, Coahuila; fueron colocadas trampas de agua con ferhormona marca BioLure para la captura de adultos del gusano barrenador del fruto. Las trampas se revisaron semanalmente, para el registro de las palomillas. El promedio de adultos por trampa se concentró cada dos semanas.

Resultados y discusión

Los primeros adultos del barrenador del fruto, fueron registrados en la segunda quincena de junio. En el muestreo, se detectaron dos picos en el número de adultos, el primero ocurrió en la segunda quincena de junio y el segundo y más importante en octubre, en el cual se registró la mayor cantidad de adultos, con 6.5 y 9, en la primera y segunda quincenas de ese mes (Figura 1). En junio, se puede considerar como la primera generación del gusano barrenador, cuando los adultos migran de la maleza al cultivo, pero no se detectó daño significativo en el follaje y frutos. La mayor densidad de adultos en octubre, puede deberse al traslape de generaciones de la plaga, y donde se observó un daño de consideración en los frutos, lo cual está asociado a pérdidas en rendimiento y calidad del melón.



Los datos de este estudio indican, que las primeras fechas de siembra de melón (enero-marzo), con temperaturas frías a templadas, el gusano es un problema; en cambio, en las siembras de junio-julio, con mayor temperatura ambiental, coincidiría con el incremento de adultos y por ende de las larvas en la etapa del cultivo de desarrollo del fruto o frutos próximos a cosecha (septiembre-octubre). Este resultado, concuerdan con Panthi et al, 2017 y Méndez (2003), quienes reportan una relación positiva entre el incremento de la temperatura y la abundancia del gusano barrenador en los cultivos calabaza amarilla y calabaza, respectivamente.

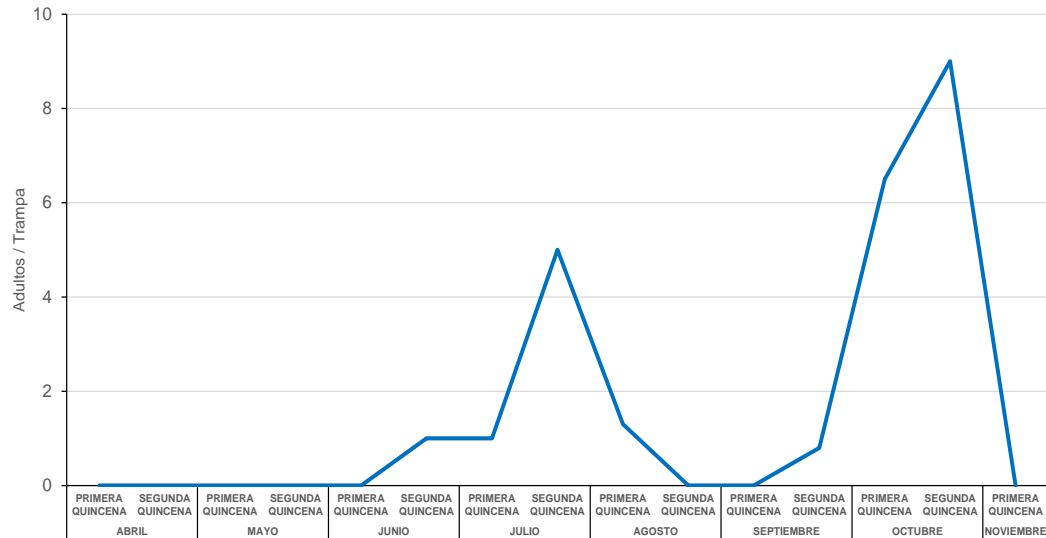


Figura 1. Promedio de adultos del gusano barrenador del fruto *Diaphania hyalinata* en trampas de agua en el cultivo de melón en la Región Lagunera.

Conclusiones

Los primeros adultos del gusano barrenador del fruto, se observaron en la segunda quincena de junio, con una mayor densidad de adultos en octubre. La presencia del insecto, está relacionada con la temperatura, por lo que las fechas de siembra de melón de junio-julio, serían las afectadas por el barrenador del fruto y no así las primeras fechas de siembra de enero-marzo. Con ésta información, se pueden programar medidas de control oportunas para disminuir las pérdidas provocadas por el gusano barrenador del fruto en la Región Lagunera.

Referencias

- Capinera, J.L. (2005). Melonworm, *Diaphania hyalinata* Linneaus (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae). EENY163. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida. 4p.
- Méndez B.A. (2003). Algunas consideraciones sobre la biología y etología de *Diaphania hyalinata* (L.) (Lepidoptera:Pyralidae) en la zona norte de las Tunas. Fitosanidad 7(4):3-6
- Panthi, B.R., D.R. Seal., G.S. Nussly., & J.L. Capinera. (2017). Seasonal abundance and spatial distribution of *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Crambidae) on yellow squash in south Florida. Florida Entomologist 100(3):647-652
- Ramírez, D.M., U. Naca C., & A.A. Fu C. (2002). Manejo integrado de plagas del melón. Pp. 129-159. En: El Melón: Tecnologías de Producción y Comercialización. INFAP-CIRNOC-Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila. México.



COMPORTAMIENTO DE RESPUESTA EN EL CONTENIDO RELATIVO DE AGUA Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA FRESCA EN CULTIVOS DE MAÍZ *Zea mays* L. Y SORGO *Sorghum bicolor* EN CONDICIONES DE AGRICULTURA DE ESCORRENTÍA

José Antonio Miranda-Rojas¹, Aurelio Pedroza-Sandoval^{1*}, Ricardo Trejo-Calzada¹, Ignacio Sanches-Cohen², Isaac Gramillo-Ávila¹, Ramon Reyes-Urias¹.

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio - Chihuahua, Bermejillo, Dgo. CP. 35230. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CENID-RASPA, Km. 6.5 margen derecha. Canal de Sacramento, Gómez Palacio, Dgo. CP. 35079. *Autor de correspondencia: apedroza@chapingo.uruz.edu.mx

Introducción

Las sequías son un riesgo climático, que tiene lugar en casi todas las regiones del mundo (Mavi y Tupper, 2004). México presenta un problema donde el suministro de agua dulce es limitado, debido a una combinación de factores como la sobreexplotación de acuíferos, la contaminación de cuerpos de agua y los efectos del cambio climático (CONAGUA, 2021). Adicionalmente, en la actualidad la agricultura es responsable del 70% de las extracciones de agua dulce y de más del 90% de su uso consuntivo (FAO, 2013). El 42% del territorio nacional, principalmente en el norte del país, la precipitación media anual es menor a 500 mm (Reyes y Quintero, 2009), siendo éste un problema para que las cosechas se pierdan o el desarrollo de los cultivos sea afectado. El objetivo de este estudio, fue hacer una evaluación de comportamiento de respuesta del contenido relativo de agua y la productividad biológica de sorgo y maíz en condiciones de agricultura de escorrentía en el norte de México.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en los ejidos La Purísima que se ubica a 25° 52'12'' LN y 103° 43'56'' LO y Roma-Texas que se ubica a 25° 49'46'' LN y 103° 46'11'' LO ambos del Municipio de Mapimí, Dgo. La región se encuentra a 1,176 msnm y presentan un clima seco desértico, con lluvias en verano e invierno fresco. La precipitación pluvial media anual es de 258 mm y la evaporación potencial media anual de 2,000 mm, temperatura media anual de 21°C con máxima de 33.7 °C y mínima 7.5°C (Medina et al., 2005). Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones.

Los tratamientos fueron los cultivos de maíz y sorgo. La unidad experimental fue de dos plantas por tratamiento. El contenido de humedad del suelo se monitoreó a través del tiempo con uso de equipo Extech modelo MO750, el cual tiene un rango de medición de 0 a 50% de humedad volumétrica en tiempo real. Las variables medidas en la planta fueron contenido relativo de agua (CRA) usando la ecuación propuesta por Beadle, et al., (1993); peso fresco de hoja (g); peso fresco de tallo (g), peso fresco de raíz (g) y peso de biomasa total. El maíz se sembró a una densidad de 62,500 plantas ha⁻¹ y el sorgo a 87,500 plantas ha⁻¹, bajo condiciones de temporal deficiente por escorrentía. Los datos fueron analizados con uso del paquete estadístico SAS V. 9.0 y el Programa Excel.

Resultados y discusión

El contenido de humedad del suelo a través del tiempo, fue similar en ambos cultivos maíz y sorgo forrajero, con una tasa de decremento relativamente mayor en el caso del maíz, respecto del cultivo de sorgo, con valores de -0.46 ($R^2= 0.67$) y -0.66 ($R^2= 0.64$) (Figura 1).

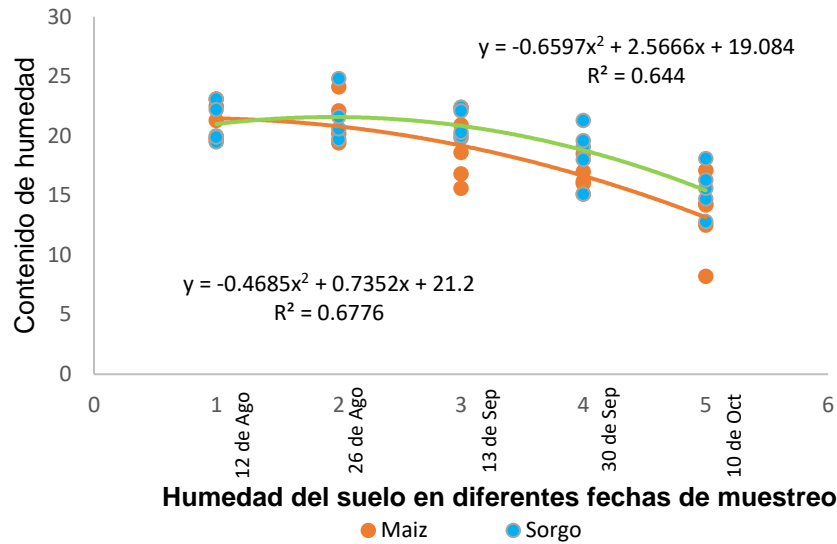


Figura 1. Contenido de humedad durante el ciclo de los cultivos de sorgo y maíz.

El contenido relativo de agua fue significativamente mayor ($P \leq 0.05$) en el cultivo de sorgo manteniendo un valor de 72.35%, mientras que en el cultivo de maíz fue menor con un valor de 51.10%. El resto de las variables referidas a la producción de biomasa total y en las diferentes partes de la planta, no hubo diferencia significativa entre las dos especies de cultivo (Cuadro 1). Sin embargo, al considerar la diferencia en densidad de población por hectárea entre los dos cultivos, se tiene que el rendimiento final para el caso de maíz es de $16.05 \text{ ton ha}^{-1}$, en tanto que para el sorgo corresponde a $20.34 \text{ ton ha}^{-1}$, superior este último con respecto al primero.

Cuadro 1. Respuestas de asimilación y desarrollo en cultivos de maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor* L.).

Especie	CRA (%)	Peso hoja (g)	Peso tallo (g)	Peso raíz (g)	Peso de biomasa total (g)
Maíz	51.10 b	115.07 a	145.78 a	63.75 a	256.88 a
Sorgo	72.35 a	117.13 a	157.76 a	51.38 a	232.54 a

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cifras con la misma letra dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. CRA, es el contenido relativo de agua en unidades porcentuales.

Conclusión

El contenido de humedad del suelo fue relativamente favorable para ambos cultivos, maíz y sorgo, aunque la tasa de abatimiento fue mayor en el caso del maíz, con respecto al sorgo. De igual manera, el cultivo de sorgo fue el de mayor contenido relativo de agua, lo cual es una característica deseable para evadir el déficit hídrico en el suelo, obteniéndose al final un mayor rendimiento por unidad de superficie relacionado a una mayor densidad de plantas por hectárea. El sorgo es el cultivo de mejor respuesta ante condiciones de un temporal de alta incertidumbre climática y menor precipitación pluvial.



Referencias

- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2021). Estadísticas del agua en México 2021. https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2021.pdf
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2013. Afrontar la escasez de agua – Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Informe sobre temas hídricos. <https://www.fao.org/3/i3015s/i3015s.pdf>
- Mavi, S. y Tupper, G. (2004). Agrometeorology: principles and applications of climate studies in agriculture. New York.
- Medina, G., Díaz, P., López, H., Ruíz, C. y Marín, S. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango. (Periodo 1961-2003). Libro Técnico N-1. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC-INIFAP.
- Beadle CL, Ludlow MM, Honeysett L (1993) Water relations. In: Hall DO, Scurlock JMO, Bolhar-Nordenkampf HR, Leegood RC, Long SP (eds), Photosynthesis and Production in a Changing Environment, pp. 113-127. Chapman & Hall, London, Englan
- Reyes, A., y Quintero, M. (2009). Problemática del agua en los distritos de riego por bombeo del estado de Sonora. Revista UNAM 10.



RELACIÓN ENTRE LAS CONDICIONES AMBIENTALES CON LA CONCENTRACIÓN DE CAROTENOIDES Y EN PLANTAS DE *Lotus corniculatus* L.

Luis Ángel González-Espíndola¹, Aurelio Pedroza-Sandoval^{1*}, María del Rosario Jacobo-Salcedo¹

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio – Chihuahua, Bermejillo, Dgo. CP. 35230. *Autor de correspondencia: apedroza@chapingo.uruz.edu.mx

Introducción

Los carotenoides, pigmentos naturales ampliamente distribuidos en el reino vegetal, desempeñan un papel crucial en la respuesta adaptativa de las plantas a las cambiantes condiciones ambientales (Maoka, 2020). Su capacidad para actuar como antioxidantes y fotoprotectores ha sido ampliamente documentada en la literatura científica (Morales et al., 2008). Sin embargo, la dinámica exacta de cómo los niveles de carotenoides en las plantas responden a variaciones específicas en las condiciones ambientales, como la disponibilidad de agua en el suelo y los cambios estacionales, sigue siendo objeto de investigación. En este contexto, el presente estudio se centra en la especie *Lotus corniculatus*, una leguminosa de gran importancia ecológica y agronómica (Blumenthal & McGraw, 1999) y busca explorar la relación entre las condiciones ambientales con la concentración de carotenoides en este cultivo. Este estudio tuvo como objetivo identificar las relaciones e interacciones para entender mejor cómo las plantas de *L. corniculatus* ajustan sus niveles de carotenoides en función de las condiciones ambientales a través del tiempo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el área experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo en Bermejillo Durango, México, de marzo de 2021 a mayo de 2022. El material genético utilizado provino del Colegio de Posgraduados, Montecillos, México. El diseño experimental fue de bloques al azar con parcelas divididas con tres repeticiones. Las parcelas grandes fueron dos niveles de humedad del suelo (COHS: 26 ± 1.5 % y CSHS: 22 ± 1.5 %); las parcelas chicas fueron las accesiones de *Lotus corniculatus* L., identificadas con el ID "255301", "255305", "202700", "226792" y la variedad "Estanzuela ganador". Cada unidad experimental fue una planta por maceta con una mezcla de suelo. Durante el experimento se definieron cuatro intervalos de corte con base en los días después del trasplante (DDT): 160, 240, 330 y 410.

La determinación de los pigmentos se realizó según el método descrito por Sánchez et al. (2018). La absorbancia se midió utilizando un espectrofotómetro UV-VIS Modelo 721, Shanghai Precision & Scientific Instrument Co., Ltd., Shanghai, China. Las concentraciones de clorofila a (Cl_a), Clorofila b (Cl_b) y carotenoides (Car) se expresaron en mg g⁻¹ de peso fresco (p.f.). Los datos se analizaron mediante un ANOVA de una vía con una prueba de rango múltiple de Tukey HSD ($P \leq 0.05$) en PASW Statistics for Windows 18.0.0 Chicago, SPSS Inc.



Resultados y discusión

Las interacciones entre factores a menudo representan la verdadera complejidad de un fenómeno y permiten que los modelos se aproximen más a la realidad. Las interacciones mejoran la utilidad del análisis debido a que permiten comprender y predecir de manera efectiva un comportamiento más real, en lugar de depender exclusivamente de efectos por factores de variación por separado simplificados que pueden pasar por alto relaciones cruciales y sutiles. Por lo tanto, a partir del análisis estadístico realizado para esta investigación se obtuvieron los efectos individuales e interacciones entre factores (Tabla1).

Tabla 1. Medias cuadráticas del contenido de pigmentos en diferentes accesiones y variedad de *Lotus corniculatus* derivado del análisis factorial.

	<i>Cl</i> a	<i>Cl</i> b	<i>Car</i>	<i>Cl total</i>
Modelo	50655.3***	7097.3***	2442.7***	93311.4***
P	5259.8***	356.3*	379.0***	8077.9***
CHS	24061.3***	1960.9***	1162.5***	39760.4***
T	8960.6***	11129.9***	2322.4***	24859.5***
P x CHS	3210.4***	485.9***	247.4***	6138.5***
P x T	1138.5 ^{ns}	126.4 ^{ns}	98.1 ^{ns}	1821.8 ^{ns}
CHS x T	2271.5*	233.2 ^{ns}	197.2**	3487.9 ^{ns}
P x CHS x T	382.5 ^{ns}	121.4 ^{ns}	27.7 ^{ns}	877.7 ^{ns}
EEM	28.589	11.580	8.041	38.249

EEM= Error estándar de la media. Significancia *P < 0.05, **P < 0.01 y ***P < 0.001, ns no significativo. P es planta; CHS, es contenido de humedad en el suelo; T, es tiempo; y sus interacciones.

Los resultados obtenidos en la interacción P x CHS, la mayor concentración de carotenoides se observó en la accesión 255301 (35.55 mg g⁻¹ p.f.) bajo la condición de humedad subóptima del suelo (P ≤ 0.05) (Figura 1). Este aumento en el contenido de carotenoides bajo condiciones de déficit hídrico es una respuesta adaptativa que las plantas desarrollan para protegerse del estrés ambiental y mantener su supervivencia (Maoka, 2020). Caso opuesto en el COHS donde las accesiones 202700 y 226792 mostraron concentraciones inferiores (21.06 y 18.14 mg g⁻¹ p.f.) respectivamente. En condiciones de alta humedad, las plantas pueden experimentar menos estrés hídrico y, por lo tanto, pueden requerir menor concentración de carotenoides para la fotoprotección (Barickman et al., 2019), lo cual sugiere que el contenido de carotenoides se encuentra estrechamente ligado al contenido de humedad en el suelo entre las accesiones de *L. corniculatus*.

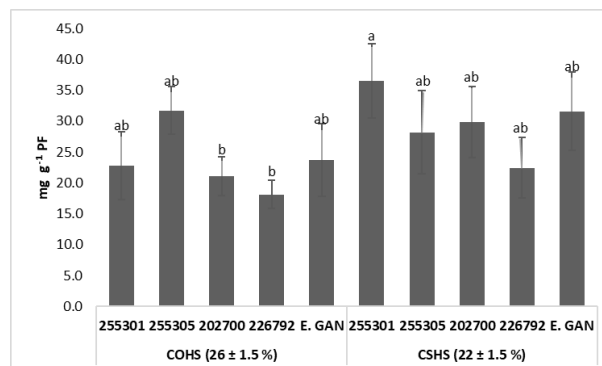


Figura 1. Valores promedio de la concentración de carotenoides en plantas de *L. corniculatus* en interacción con dos contenidos de humedad en el suelo (P x CHS). Barras con letras diferentes son significativas (P ≤ 0.05).



Los resultados obtenidos de la interacción CHS x T mostraron que el mayor contenido promedio de este pigmento se observó en el CSHS en el tercer y cuarto periodo de corte, correspondientes a 330 y 410 DDT, coincidente con el invierno 2021 y primavera 2022, respectivamente (Figura 2). En algunas plantas, incluido *L. corniculatus*, el aumento en los niveles de algunos pigmentos puede estar asociado con la preparación para la estación fría (Sheikh et al., 2017). En particular, los carotenoides pueden actuar como antioxidantes que protegen a las plantas de los daños causados por el frío y el estrés invernal (Banik et al., 2018). Por lo tanto, en este estudio es posible sugerir que, el contenido de carotenoides dependió del contenido de humedad en el suelo a través del tiempo.

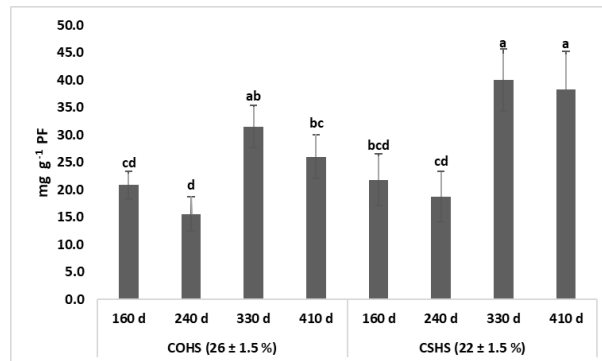


Figura 2. Valores promedio de la concentración de carotenoides de plantas de *L. corniculatus* en dos contenidos de humedad en el suelo durante el periodo experimental (CHS x T). Barras con letras diferentes son significativas ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

Los resultados de este estudio revelan una clara relación entre la concentración de carotenoides en las accesiones de *L. corniculatus* y las condiciones ambientales, en particular la humedad del suelo. Bajo condiciones de humedad subóptima, se observó un aumento significativo en el contenido de carotenoides en la accesión 255301, lo que indica una respuesta adaptativa de las plantas al estrés hídrico. Además, se encontró que el contenido de carotenoides varió a través del tiempo, siendo más alto en los periodos de corte en las estaciones de invierno y primavera. Estos hallazgos indican que el contenido de carotenoides en *L. corniculatus* está influenciado por la disponibilidad de agua en el suelo y puede fluctuar estacionalmente en respuesta a las condiciones climáticas. Esta información es relevante para comprender cómo las plantas se adaptan y se protegen en entornos cambiantes y puede tener implicaciones importantes en la agricultura.



Referencias

- Banik, S., Mukherjee, R., Ghosh, P., Karmakar, S., & Chatterjee, S. (2018). Estimation of plant pigments concentration from tulsi (*Ocimum sanctum* Linn.): a six months study. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 2681-2684.
- Barickman, T. C., Simpson, C. R., & Sams, C. E. (2019). Waterlogging causes early modification in the physiological performance, carotenoids, chlorophylls, proline, and soluble sugars of Cucumber plants. *Plants*, 160, 1–15. <https://doi.org/10.3390/plants8060160>
- Blumenthal, M. J., & McGraw, R. L. (1999). Lotus adaptation, use, and management. In *Trefoil: The Science and Technology of Lotus* (Issue 28).
- Maoka, T. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of Natural Medicines*, 74(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>
- Morales, F., Abadía, A., & Abadía, J. (2008). Photoprotection, photoinhibition, gene regulation, and environment. In B. Demming-Adams, W. Adams III, & A. Mattoo (Eds.), Springer.
- Sánchez, E., Ruiz, J., Romero, L., Preciado-Rangel, P., Flores-Córdova, M., & Márquez-Quiroz, C. (2018). ¿Son los pigmentos fotosintéticos buenos indicadores de la relación del nitrógeno, fósforo y potasio en frijol ejotero? *Ecosist. Recur. Agropec.*, 5(15), 387–398. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1757>
- Sheikh, A. Q., Pandit, A. K., & Ganai, B. A. (2017). Seasonal Variation in Chlorophyll Content of Some Selected Plant Species of Yousmarg Grassland Ecosystem. *Pelagia Research Library Asian Journal of Plant Science and Research*, 7(2), 33–36.



AISLAMIENTO OROGRÁFICO Y SUS EFECTOS SOBRE LA DIVERSIDAD GENÉTICA EN COLECTAS DE MAÍZ CRIOLLO DEL MEZQUITAL, DURANGO.

Donaji Sierra-Zurita^{1*}, Rigoberto Rosales-Serna¹ y Juan Esteban Martínez-Reyes²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. ²Universidad para el Bienestar "Benito Juárez García" - Cuencamé Durango. Carretera Guadalupe Victoria - Ramón Corona km 42. Cuauhtémoc, Dgo., México. C. P. 35850. *Autor para correspondencia: sierra.donaji@inifap.gob.mx

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es el principal producto agrícola en México con base en la superficie sembrada, nivel de consumo y tradición alimenticia y nutricional. El grano de esta especie es apreciado por los pueblos originarios del estado de Durango, donde la selección empírica, ha mantenido de manera eficiente la diversidad genética del maíz presente en el sur de la entidad. Además, se ha logrado que el maíz se adapte en sitios altos (altitud mayor de 1,900 m), con niveles altos de precipitación pluvial (>800 mm anuales), aunque con registros bajos para el promedio anual de temperatura (<17.0 °C) y fertilidad del suelo. En 2022, se sembraron 8,839 ha con maíz para grano en el municipio del Mezquital, Dgo., y se produjeron 7,414 t a razón de 0.84 t/ha (SIAP, 2023). En esa región, casi el 100 por ciento de la superficie cultivada con maíz se establece en condiciones de temporal.

La diversidad genética del maíz ha sido clasificada con base en el concepto de razas y del total reportado para México (64 razas), se considera que 59 son nativas y en Durango es posible diferenciar únicamente ocho (CONABIO, 2023). En trabajos previos realizados por la CONABIO en el estado de Durango, se ha evidenciado la presencia de poblaciones nativas de maíz con coloración de grano y caracteres morfológicos particulares. La selección empírica y el aislamiento orográfico de la zona serrana de Durango, llevaron al predominio de las razas primarias Cónico Norteño, Celaya, Ratón, Tuxpeño Norteño y Bolita y secundarias Pepitilla y Elotes Occidentales. En las áreas con producción intensiva y extensiva de maíz, se observa nivel reducido de diversidad genética debido al uso de híbridos comerciales.

En la actualidad se recomienda recolectar, utilizar y conservar el germoplasma de plantas endémicas en los centros primarios de diversidad genética y domesticación de las especies más importantes en México. En Durango, se han realizado acciones limitadas para la caracterización y uso del maíz cultivado en las áreas con población indígena y se ha dado prioridad a las zonas más importantes, donde predominan los híbridos de importación comercializados por las compañías semilleras internacionales. También, se han priorizado regiones de temporal, donde predominan las variedades mejoradas de adaptabilidad amplia, como es el caso de CAFIME (INIFAP, 2008; Borja et al., 2016). En la zona serrana de esta entidad, se aprecian las variedades criollas de maíz debido principalmente a su rusticidad, adaptabilidad y sabor de las tortillas y otros alimentos elaborados con cada una de ellas.

Los genes presentes en el germoplasma criollo de maíz, pueden ser utilizado para incrementar el rendimiento y tolerancia a factores adversos; así como la calidad comercial y nutricional del grano de maíz proporcionado al consumidor. Debido a la diversidad genética de maíz en el estado y en la región sur de Durango, se llevó a cabo este trabajo como parte del Proyecto Estratégico Desarrollo Territorial en Pueblos Indígenas que Custodian Maíces Nativos en México. El objetivo fue determinar el efecto del aislamiento orográfico en la diversidad genética y variabilidad morfológica registrada en colectas de maíz criollo obtenidas en el municipio del Mezquital, Durango.



Materiales y métodos

Sitio de colecta. Se recolectaron 30 poblaciones de maíces criollos el mes de marzo de 2023, en las localidades de Santa María de Ocotán y Candelaria del Alto, ambas del municipio del Mezquital, Dgo. Sitios donde se tenían antecedentes de la presencia de diversidad para diferentes razas nativas de maíz. El método de muestreo fue aleatorio y del total obtenido en la parcela de cada uno de los productores cooperantes, se tomó una muestra de 15 mazorcas, las cuales se llevaron al Campo Experimental Valle del Guadiana para su caracterización.

Caracterización. Para la caracterización morfológica, se utilizaron diez mazorcas representativas de cada colecta, a las cuáles se les midieron 17 variables cuantitativas y cualitativas, las cuales fueron incluidas en la guía técnica para la descripción varietal (SNICS, 2014). Se incluyeron las variables: longitud de mazorca (LM), desde la base hasta el ápice; diámetro de mazorca (DM), evaluado en la parte media de la mazorca con el vernier digital Mitutoyo®; número de hileras (NH), número de granos por hilera (NGH) y peso de mazorca (PM). En el grano se determinaron las dimensiones y para ello, se eligieron 10 granos consecutivos en la parte media de una hilera de las mazorcas intactas, y se midió la longitud de grano (LG), ancho de grano (AG) y grosor de grano (GG). Con los resultados obtenidos, se estimaron las relaciones diámetro de mazorca/longitud de mazorca (DM/LM), ancho de grano/longitud de grano (AG/LG), grosor de grano/longitud de grano (GG/LG). Así mismo, se determinó el peso (P100G) y volumen (V100G) de 100 semillas. De acuerdo con el descriptor para maíz (IBPGR, 1991), se documentaron las variables cualitativas: disposición de hileras de mazorca (DHM), color de grano (CG), color de olote (CO) y forma de mazorca (FM).

Análisis estadístico. Los datos obtenidos se utilizaron para el estudio de la diversidad genética, mediante el análisis de componentes principales (ACP) y clúster. El análisis de clúster incluyó la obtención de un dendrograma generado mediante el cálculo de distancias Euclideas entre colectas de frijol silvestre y se tomó como base el método UPGMA (Unweighted Pair Grouping with Arithmetic Averages). El gráfico del clúster se generó con el método de agrupación Average y todos los análisis se realizaron con el uso del programa de cómputo R versión. 2.3.

Resultados y discusión

El ACP de los atributos morfológicos de la mazorca y semilla mostró niveles bajos de explicación de la varianza, por lo que se necesitaron 13 componentes, para alcanzar un nivel superior a 91.8% (Cuadro 1). Lo anterior, fue diferente a lo observado en otro estudio con maíz, en los cuales se requirieron únicamente dos componentes principales para explicar 68.2% de la variación total observada, debido principalmente al uso de un número mayor de variables continuas (cuantitativas) de la planta, mazorca y semilla y el nivel mayor de variación, por la amplitud del área geográfica estudiada (Rocandio *et al.*, 2014). El color primario (CG) y color secundario (C_G) de la semilla, longitud de la mazorca (LM) y granos por hilera mostraron el nivel más alto de explicación de la varianza, seguido por el volumen (V100g) y peso de 100 semillas (P100g) (Figura 1). La respuesta fue influenciada por la inclusión de variables discretas y continuas en el mismo análisis; así como, por la falta de consistencia en las categorías y niveles de clasificación incluidos en la descripción varietal y descriptores morfológicos utilizados en el estudio. Con base en lo anterior, se complementará el estudio del germoplasma de maíz mediante la evaluación de las características morfo-agronómicas en campo. El color primario y pigmentación secundaria del grano fueron características importantes en la diferenciación de las colectas de maíz criollo, por lo que estas características pueden ser utilizadas en el establecimiento de la cercanía genética entre poblaciones colectadas en el territorio de la Sierra Sur de Durango.



Cuadro 1. Importancia de los componentes obtenidos en el estudio de caracteres de la mazorca y grano de accesiones de maíz colectadas en el sur de Durango.

Componente	Eigenvalue	Proporción de Varianza (%)	Proporción Acumulada (%)
¹ CP1	5.6	16.9	16.9
CP2	3.6	10.9	27.8
CP3	3.3	10.0	37.8
CP4	2.8	8.4	46.2
CP5	2.4	7.3	53.4
CP6	2.1	6.4	59.9
CP7	2.0	6.2	66.1
CP8	1.9	5.8	71.8
CP9	1.7	5.2	77.0
CP10	1.6	4.8	81.8
CP11	1.4	4.2	86.0
CP12	1.1	3.3	89.3
CP13	0.8	2.6	91.8

¹CP= componente principal

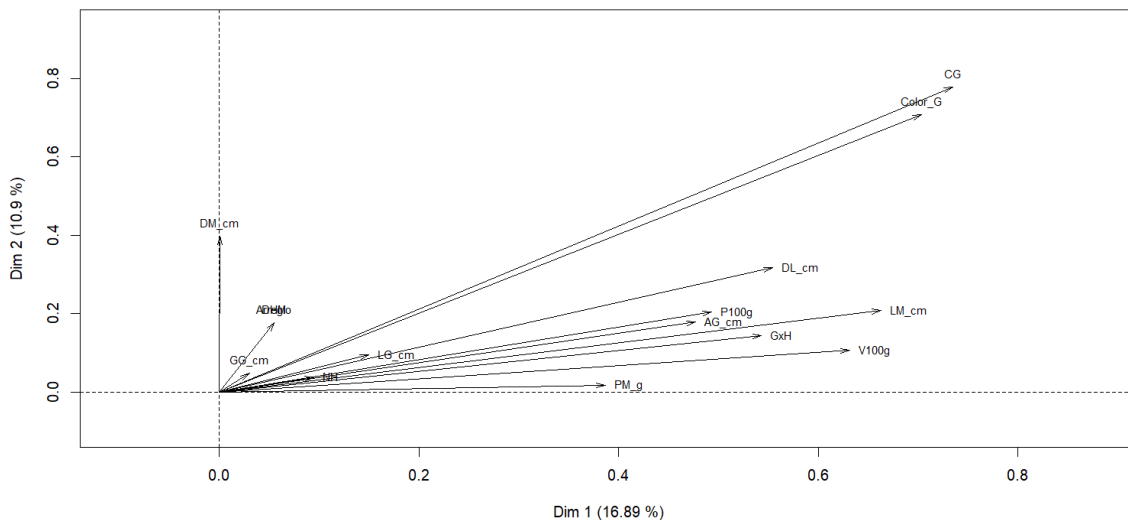


Figura 1. Resultado bidimensional del análisis de componentes principales para 17 variables morfológicas de la semilla en 30 materiales criollos de maíz colectados en Durango, México.

Se observó que uno de los grupos de colectas más alejado genéticamente (Grupo I) fue monofilético y conformado por la población de maíz de la raza genética Cónico Norteño, colectada en Santa María de Ocotán. Luego en la misma localidad se apreció separación clara de otro material, en una colecta que pertenece a otra de las razas más comunes en Durango (Elotes Occidentales). En el Grupo III se incluyeron el resto de los materiales incluidos en el estudio y se conformó un grupo parafilético, con dos subgrupos (III_a y III_b) con grado diferente de separación y el nivel más alto fue para dos colectas de Candelaria el Alto (CEA15 y CEA11). En el siguiente nivel, se separaron pequeños grupos pertenecientes a cada una de las dos localidades de estudio. Se observó diversidad genética en maíz cultivado en la Sierra del Mezquital, en el sur de Durango. Dicha diversidad se ha mantenido en la localidad más alejada de las comunidades más grandes, consideradas en la cadena de distribución de maíz, frijol y otros alimentos básicos para la población local (González et al., 2019).

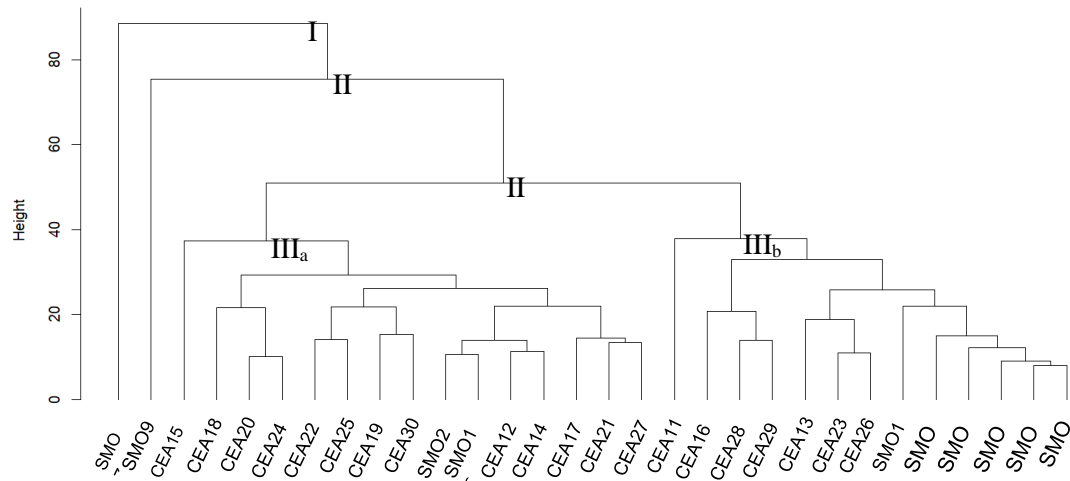


Figura 2. Dendrograma (UPGMA-Average) basado en atributos de la mazorca y semilla evaluados en 30 colectas de maíz criollo del Mezquital, Dgo., México. (SMO = Santa María de Ocotán y CEA= Candelaria el Alto).

Conclusiones

Las poblaciones de maíz colectadas en la Sierra Sur del Mezquital Durango, se ajustaron parcialmente al patrón de razas establecido previamente, con base en variables morfológicas del tipo discreto y continuo. La diversidad genética del maíz criollo fue mayor en Santa María de Ocotán donde se pudieron distinguir cuatro grupos de colectas, que fueron consistentes con el concepto de las razas (Cónico Norteño, Elotes Occidentales y la presencia de razas secundarias de Bolita y Bofo). Se observaron mezclas y poblaciones recombinantes con características intermedias entre razas, lo que en algunos casos hizo difícil identificar la pertenencia a una raza en particular. El uso de las características morfológicas de la mazorca y la semilla permitió la separación parcial de colectas de maíz del sur Durango. La heterogeneidad observada en la mayoría de las colectas de maíz colectadas en Durango, dificultó la caracterización con base en los atributos de las mazorcas y la semilla. El aislamiento, geográfico y orográfico, favoreció la persistencia de la diversidad genética del maíz cultivado en Durango, especialmente en Santa María de Ocotán.



Referencias

- Borja B., M., R. Rosales S., M. A. Sigala R., H. Sarmiento L., y S. Rosales M. (2016). Eficiencia productiva y económica de sistemas agroforestales pino y cultivos anuales en el estado de Durango. Folleto Técnico Núm 72. INIFAP-CIRNOC- Campo Experimental Pabellón. Pabellón de Arteaga, Ags., México. 31 p.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2023). Razas de maíz de México. Consultado el 06/09/2023, en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/ alimentos/maices/ razas-de-maiz>.
- González M., J., V. Vanoye E., J. C. Chacón H., y M. Rocandio R. (2019). Diversidad y caracterización de maíces nativos de la Reserva de la Biósfera “El Cielo”, Tamaulipas, México. *CienciaUAT* 14(1): 6-17.
- IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources). 1991. Descriptores para maíz. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)/International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). Roma, Italia. 88 p.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2008. Maíz CAFIME, variedad de maíz que llegó para quedarse. Disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2223/Maiz%20cafime,%20variedad%20de%20maiz%20que%20llego%20para%20quedarse.pdf?sequence=1>. Consultado en octubre de 2016.
- Rocandio R., M., A. Santacruz V., L. Córdoba T., H. López S., F. Castillo G., R. Lobato O., J. J. García Z., y R. Ortega P. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los valles altos de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 37(4): 351-361.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Anuario estadístico de la producción agrícola. Documento consultado en línea. 21 de julio de 2023. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2014. Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). SAGARPA-SNICS. CDMX. México. 38 p.



HIDRO Y QUIMIO ACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS DE MELÓN (*Cucumis melo* L.) CON QUITOSANO Y SUS EFECTOS EN LA GERMINACIÓN

Karen Abigail García Cárdenas^{1*}, Ricardo Trejo Calzada^{1*} José Ramón Hernández Salgado¹, Luis Gerardo Yáñez Chavez¹, Sandra Patricia Maciel Torres¹

¹ Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Km. 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua, Bermejillo, Durango, México. *Autor de correspondencia: rtrejo@chapingo.urzu.edu.mx

Introducción

Las plantas pasan por diversas etapas durante su ciclo de vida, la germinación es una de las más críticas, ya que, para alcanzar un buen estado debe vencer problemáticas como la germinación desigual y el crecimiento deficiente y temprano de las plántulas, lo que en última instancia resulta en un bajo rendimiento de los cultivos (Tania et al., 2020). El cebado, “priming” o acondicionamiento de semillas permite aumentar las cualidades germinativas (Raj, 2019). El cebado es un tratamiento pregerminativo que se lleva a cabo mediante varios agentes químicos, físicos o biológicos que inducen un estrés medio durante las etapas iniciales de la germinación (Srivastava et al, 2021). Durante este tratamiento se llevan a cabo diversos eventos bioquímicos, tales como la activación de enzimas, la síntesis de hormonas y la reparación de daños celulares (Chatterjee et al., 2018). Asimismo, es posible la generación de una “memoria de estrés” para desarrollar mecanismos de defensa tales como el ajuste osmótico e incremento de la capacidad antioxidante, lo que resulta en una rápida germinación, mejor establecimiento de la plántula, mejor crecimiento y mayor rendimiento, especialmente en condiciones de estrés (Noman et al., 2018; Raj, 2019; Srivastava et al., 2021).

El melón (*Cucumis melo* L.) es la principal hortaliza cultivada en la Comarca Lagunera ya que contribuye con 25% de la producción nacional (SAGARPA LAGUNA, 2017). La oscilación de precios durante la época de cosecha obliga a los productores a buscar fechas de siembra tempranas o tardías con los riesgos asociados a bajas temperaturas (Espinoza-Arellano et al., 2019). En las siembras tempranas, las etapas iniciales del desarrollo, particularmente la germinación y el establecimiento inicial de la plántula. están expuestas a bajas temperaturas. Se han realizado algunas investigaciones sobre los efectos del cebado de semillas en el cultivo de melón de diversas variedades en países como Nigeria (Abu, et, al. 2018) Argentina (Castañares, 2017), Brasil (Da Silva, et. al, 2019). Sin embargo, Poco se ha explorado el efecto del acondicionamiento o cebado de las semillas de melón para mejorar la germinación y el establecimiento de la plántula en condiciones de bajas temperaturas. El objetivo de este trabajo fue identificar el efecto del hidro acondicionamiento y el acondicionamiento con quitosano sobre la germinación de semillas de melón como un primer acercamiento para evaluar los efectos de estos tratamientos en la germinación en condiciones de bajas temperaturas.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en las instalaciones del laboratorio de investigación dentro de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en el kilómetro 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua, Bermejillo, Durango, México. (25° 50' N, 103°51' O, elevación a 1119 msnm). Las semillas utilizadas fueron de la variedad “Top mark”. Previo al establecimiento del experimento se obtuvo la curva de imbibición de las semillas en agua destilada con el propósito definir el tiempo de remojo máximo en los tratamientos de cebado. Los tratamientos fueron: Sin cebado, hidrocebado y cebado con Quitosano en diferentes concentraciones (0.25%, 0.50% y 0.75%).



Las semillas permanecieron en remojo con la solución correspondiente durante por 24, 48, 72 y 96 horas. Posteriormente fueron secadas al aire libre y temperatura ambiente hasta llegar a su peso seco inicial. Las semillas tratadas fueron empleadas para llevar a cabo una prueba de germinación. El experimento de germinación se estableció en un diseño completamente al azar y las unidades experimentales estuvieron integradas por 25 semillas cada una, con cuatro repeticiones respectivamente de acuerdo con la metodología propuesta por García López et al. (2016). Las variables de respuesta fueron: Porcentaje de germinación (PG), índice de velocidad de germinación (IVG), Días promedio (DP) y el índice de Kotowski. (IK). La información obtenida se analizó con un modelo GLM (SAS ver 9.04, SAS on demand for academics)

Resultados y Discusión

Los resultados indican que el hidro acondicionamiento y el acondicionamiento con quitosano provocaron diferencias significativas en porcentaje de germinación, índice de velocidad de germinación, días promedio a germinación e índice de Kotowski. Ambos tratamientos incrementaron la germinación de las semillas de melón. Sin embargo, no se detectaron diferencias entre los tratamientos de agua y quitosano. Tanto el hidro acondicionamiento como el acondicionamiento con quitosano fueron igual de efectivos para incrementar las variables de germinación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de germinación (PG), índice de velocidad de germinación (IVG), días promedio de germinación (DP), índice de Kotowski (IK). En función del contraste de valores entre semillas sin tratamiento (testigo), acondicionadas con agua destilada (T. agua) y acondicionadas con quitosano (T. Quitosano).

Contraste	PG (%)	IVG (semillas día ⁻¹)	DP (días)	IK
T. agua – Testigo	***	***	***	***
Quitosan - T. Agua	NS	NS	NS	NS
T. Quitosan – Testigo	***	***	***	***

*** Diferencias significativas ($p < 0.05$), NS Diferencias no significativas, (LSD, $\alpha = 0.05$)

El acondicionamiento con soluciones de quitosano fue efectivo para incrementar la germinación de semillas de melón al compararlo con las semillas que no recibieron tratamiento alguno. Los mayores porcentajes de germinación se obtuvieron con dos y tres días de remojo, pero solo se distinguieron significativamente de las semillas que permanecieron cuatro días en remojo, las cuales tuvieron el menor porcentaje de germinación. En las variables IVG, DP e IK no se identificaron diferencias significativas por el tiempo de remojo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de germinación (PG), índice de velocidad de germinación (IVG), días promedio de germinación (DP), índice de Kotowski (IK) de semillas de melón sometidas a acondicionamiento mediante remojo en soluciones de quitosano.

Días de remojo	PG (%)	IVG (semillas día ⁻¹)	DP (días)	IK
1	71.25 AB	13.95 A	8.24 A	12.24 A
2	77.25 B	18.04 A	7.36 A	13.95 A
3	74.50 B	16.76 A	7.72 A	13.08 A
4	67.25 A	16.66 A	7.56 A	14.14 A

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (LSD, $\alpha = 0.05$).



Las concentraciones de quitosano provocaron diferencias no significativas en las variables de PG, IVG, DP e IK. Estudios en otras especies han mostrado que el acondicionamiento con quitosano puede no afectar el porcentaje de germinación, pero puede provocar que las plántulas originadas de las semillas tratadas posean una mayor tolerancia a estrés abiótico (Guan et al., 2009). Ello implica llevar a cabo estudios en las plántulas de melón que deriven de semillas acondicionadas.

Conclusiones

El acondicionamiento con agua o quitosano promovió una mayor germinación de semillas de melón. Ambos tratamientos fueron iguales estadísticamente, por lo que el hidro acondicionamiento puede ser más práctico y económico para incrementar la germinación de las semillas de melón.

Referencias

- Abu, T., Ahmadu, M., Idibiye, K. & Ezenwammadu, V. (2018). The effects of seed priming techniques in improving germination and early seedling growth of watermelon – *Citrullus lanatus*. *FUW Trends in Science & Technology Journal*. 3(1): 125-128. <https://www.semanticscholar.org/paper/THE-EFFECTS-OF-SEED-PRIMING-TECHNIQUES-IN-IMPROVING-Abu-Ahmadu/d06c9e0f5ef88b379ee4d7d41bc45848358d0f5b>
- Castañares, J. (2017). El priming de semillas de melón (*Cucumis melo* L.) en condiciones subóptimas de germinación. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ciencias Agrarias; Argentina. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/963>
- Chatterjee, N., Sarkar, D., Sankar, A., Sumita, P.A.L., Singh, H.B., Singh, R.K., Bohra, J.S., Rakshit, A., 2018. On-farm seed priming interventions in agronomic crops. *Acta Agric. Slov.* 111 (3), 715–735
- Da Silva, C., Steiner, F., Zuffo, A., Zoz, T., Zaratin, C. & Cabrera, V. (2019). Seed priming improves the germination and growth rate of melon seedlings under saline stress. *Ciencia Rural*. 49 (7). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180588>
- García-López, J.I., Ruiz-Torres, N.A., Lira-Saldivar, R.H., Vera-Reyes I., y Méndez-Argüello, B. (2016) Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas. En: Lira-Saldivar R.H. y Méndez-Argüello, B. *Agronano Tecnología*. Centro de Investigación en Química Aplicada. CONACYT. Saltillo, Coahuila.
- Guan Y.J., Hu, J., Wang, X.-J., Shao, C.-X. (2009). Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *Journal of Zhejiang University, Sci B.*, 10(6):427-433
- Noman A, Ali Q, Naseem J, Kanwal H, Islam W, Aqeel M, Khalid N, Zafar S, Tayyeb M, Iqbal N, Buriro M, Maqsood J, Shahid S. (2018). Sugar beet extract acts as a natural bio-stimulant for physio-biochemical attributes in water stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Physiol Plant*, 40(6): 110
- Paparella, S., Araújo, S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D. & Balestrazzi, A. (2015). Cebado de semillas: estado del arte y nuevas perspectivas. *Plant Cell Rep.* <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y>
- Raj, A.S. (2019). Seed priming: n approach towards agricultural sustainability. *Journal of Applied and Natural Science*, 11(1): 227-234. DOI: 10.31018/jans.v11i1.2010
- Srivastava A K, Suresh Kumar J, Suprasanna P. (2021). Seed 'primeomics': Plants memorize their germination under stress. *Biol Rev Camb Philos Soc*, 96(5): 1723–1743
- Tania, S., Rauf, F., Rhaman, M & Khatun, M. (2020). Seed Priming Methods: Application in Field Crops and Future Perspectives. 5(2): 8-19. <https://journalajrcs.com/index.php/AJRCS/article/view/94/187>



MÉTODOS COLORIMÉTRICOS PARA EVALUAR LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE AGAVE, MEZQUITE Y PINO

Erickson Basave-Villalobos^{1*}, María Gabriela Ramírez Valadez¹, Litz Arleth Cabral Mendoza², Anahí Mendoza Ávila², José Leonardo García-Rodríguez¹ y Oralia Sánchez Vásquez³

¹Campo Experimental Valle del Guadiana, CIR Norte-Centro, INIFAP; ²Universidad para el Bienestar Benito Juárez sede Cuencamé, Durango; ³Profesionista Independiente. *Autor de correspondencia: basave.erickson@inifap.gob.mx

Introducción

En los proyectos de conservación *in situ* o *ex situ* de germoplasma forestal es importante asegurar que ese material sea de calidad, especialmente en términos fisiológicos. La calidad fisiológica, con referencia en particular a semillas, involucra la viabilidad y la capacidad germinativa, de modo que lo idóneo es disponer de semilla cuya viabilidad sea alta y tenga una capacidad germinativa elevada al momento de su uso (Baskin & Baskin, 2014; Schmidt, 2000), por ejemplo, en la propagación de planta forestal para proyectos de restauración o reforestación (Calixto-Valencia et al., 2022). Actualmente, existen diversos métodos para evaluar la viabilidad y la capacidad germinativa de las semillas. Algunos se basan en pruebas de laboratorio, de campo y en ambas condiciones. Para la viabilidad, las pruebas más comunes son las bioquímicas de tinción o colorimétricas, en las que se emplean reactivos químicos que actúan como indicadores redox, por ejemplo, el tetrazolio (2, 3, 5 - trifenil cloruro de tetrazolio) y el índigo carmín (indigotina). Para la capacidad germinativa, usualmente se recurre a las pruebas de germinación. Estas pueden desarrollarse en condiciones de laboratorio o campo y los resultados no solo permiten conocer la viabilidad de un lote de semillas, sino también el potencial germinativo; en este sentido, la prueba de germinación puede ofrecer información más certera acerca de la calidad fisiológica de las semillas (Ruiz, 2009; Schmidt, 2000). Sin embargo, ocasionalmente hay factores que limitan la posibilidad de realizar una prueba de germinación. Algunos de ellos son la disponibilidad insuficiente de semilla, tiempos largos de germinación, presencia de algún tipo de latencia o dormancia, desconocimiento de requerimientos ambientales para favorecer la germinación o la misma falta de infraestructura para llevar a cabo la prueba (Schmidt, 2000); entonces, cuando algo de lo anterior interfiere, puede recurrirse a las pruebas de tinción, siendo la prueba topográfica de tetrazolio la más empleada y de la cual existen protocolos estandarizados (concentraciones, tiempos de inmersión, patrones de tinción) para diversas especies vegetales, muchas de ellas de interés agronómico (Ruiz, 2009). No es el mismo caso para la prueba con índigo carmín, pues, aunque ha mostrado factibilidad para analizar la viabilidad de las semillas y que diversos autores argumentan ser una opción precisa, económica y de bajo costo, su uso aún no está aceptado por el ISTA (International Seed Testing Association, Asociación Internacional de Análisis de Semillas) (Benito-Matías et al., 2014; Sánchez Vásquez, 2022). La prueba de tetrazolio por sí misma también plantea ciertas desventajas. Una de ellas tiene que ver con el precio y accesibilidad del reactivo, otras son de índole técnica porque falta definir protocolos para un número elevado de especies, especialmente las silvestres; de modo que es necesario, por una parte, buscar alternativas de métodos colorimétricos más económicos y accesibles para evaluar la viabilidad de las semillas, como se propone con el índigo carmín, y, por otra parte, definir protocolos de los métodos o pruebas existentes para un mayor número de especies. Así que el problema que plantea este trabajo de investigación está enfocado a especies de interés forestal cuyas fuentes de semilla son poblaciones naturales que carecen o la información al respecto es limitada. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar la factibilidad de los métodos colorimétricos índigo carmín y tetrazolio para analizar la viabilidad de semillas de agave, mezquite y pino.



Materiales y métodos

Las especies de agave, mezquite y pino analizadas fueron las siguientes: *Agave durangensis*, *Prosopis laevigata*, *Pinus cooperi*, *P. durangensis* y *P. engelmannii*. Se utilizó semilla recolectada de poblaciones naturales. Los métodos colorimétricos examinados fueron el de 1) índigo carmín, utilizando un compuesto grado reactivo y el de 2) tetrazolio empleando el reactivo cloruro 2, 3, 5-trifenil tetrazolio. Para estas pruebas se emplearon embriones enteros que fueron previamente extraídos de sus respectivas semillas procurando evitar dañarlos. El índigo carmín se examinó en concentraciones de 0.1%, 0.15% y 0.2%, y el tetrazolio en 0.1%, 0.5% y 1.0%, tomando como referencia las concentraciones examinadas por Sánchez-Vásquez (2022). Para cada concentración se prepararon soluciones con agua destilada. Los embriones se hidrataron durante 12 h y posteriormente se depositaron en frascos de vidrio color ámbar que contenían las soluciones, en donde permanecieron durante un periodo de 1 h para el caso del índigo carmín y 24 h para el tetrazolio. Para el caso de los embriones de agave y mezquite se emplearon cuatro submuestras de 100 embriones y para los pinos cuatro de 50. Transcurrido el tiempo de inmersión se procedió a verificar el grado de tinción de los embriones y en función de ello se determinó la viabilidad, esto conforme a lo señalado por Benito-Matías et al. (2004) y Schmidt (2000). Con el índigo carmín los embriones teñidos, en este caso de azul, fueron considerados no viables y los no teñidos, viables, mientras que con el tetrazolio el criterio fue inverso; es decir, teñidos rojo brillante, viables, y sin tinción o tinción opaca, no viables. Se consideraron viables a los embriones con una tinción completa o de al menos del 80% de la estructura del embrión. La tinción se verificó con un microscopio digital portátil 1000x. (Figura 1). Finalmente, se determinó el porcentaje de viabilidad con base en la proporción del número de semillas con embriones viables según el patrón de tinción y el número de embriones muestreados.

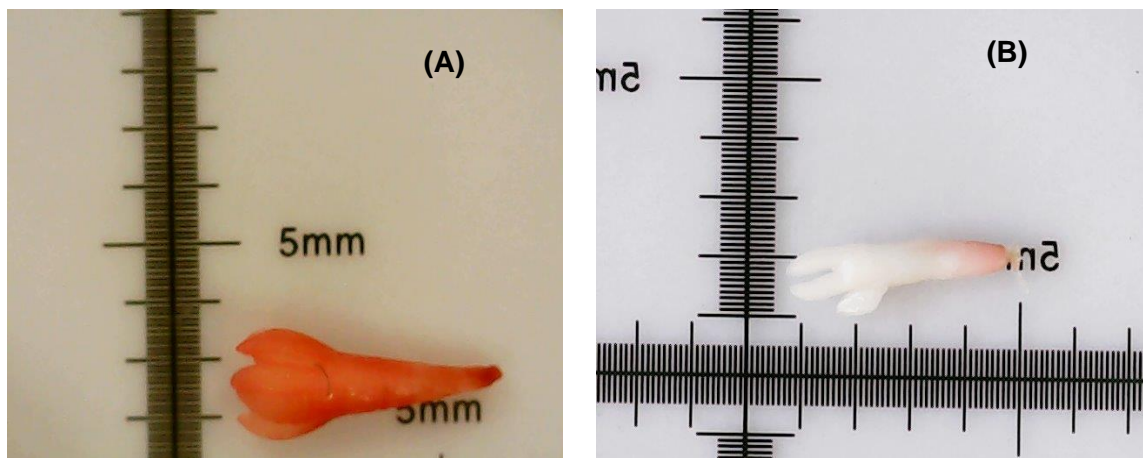


Figura 1. A. Representación de un embrión viable de *Pinus* spp. y B. embrión no viable conforme al grado de tinción con la prueba de tetrazolio.

Complementariamente, se establecieron dos pruebas de germinación. Una de ellas se realizó con embriones *in vitro* dentro de cajas Petri en un medio de cultivo PDA. La otra se hizo en vivero mediante la siembra directa de las semillas en un sustrato compuesto por 50% de turba de musgo “peat moss”, 30% de corteza de pino compostada y 20% de perlita. Para estas pruebas se utilizó la misma cantidad de semillas que en las pruebas colorimétricas. Se calculó el porcentaje de germinación tomando como criterio la emergencia de la radícula con una longitud similar al embrión o semilla. Tanto en las pruebas de viabilidad como las de germinación se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Para cada método colorimétrico examinado se realizó un análisis de varianza no paramétrica entre las concentraciones, con la prueba de Kruskal-Wallis a un nivel de significancia de 0.05.



Así mismo, se hizo un análisis de correlación de Spearman entre las concentraciones y la germinación. El análisis de los datos se complementó con un análisis descriptivo mediante el cálculo de los promedios. Se utilizó el software infoStat.

Resultados y discusión

La viabilidad varió considerablemente entre las concentraciones de los métodos examinados ($p < 0.05$) y en la mayoría de los casos (especies y concentraciones) no se registró correspondencia entre la viabilidad determinada colorimétricamente y la germinación ($p > 0.05$). Particularmente, para el caso del índigo carmín, la viabilidad más elevada se obtuvo en *P. durangensis* y esta registró una relación positiva con la germinación en el sustrato ($r = 0.81$) (Cuadro 1). Con el tetrazolio dos de las cinco especies examinadas (*A. durangensis* y *P. engelmannii*) reportaron valores altos de viabilidad con la concentración de 0.5%, aunque en *A. durangensis* la concentración de 0.01% superó por dos unidades a la de 0.5% pero sin diferencias (Cuadro 1). *P. engelmannii* mostró el mayor grado de relación entre la viabilidad y la germinación ($r = 0.89$). Finalmente, *P. laevigata* sobresalió tanto con los resultados de viabilidad y germinación, siendo la concentración de tetrazolio al 1.0% la que tuvo cifras del 100%, con un alto grado de correlación ($r = 0.98$) con la germinación en PDA (Cuadro 1).

Cuadro 1. Viabilidad y germinación de semillas de *Agave durangensis*, *Prosopis laevigata*, *Pinus cooperi*, *P. durangensis* y *P. engelmannii* determinada mediante los métodos colorimétricos de índigo carmín y tetrazolio en varias concentraciones, y a través pruebas de germinación en diferentes medios.

Especie	Concentración de índigo carmín (%)			Concentración de tetrazolio (%)			Germinación (%)	
	0.1	0.15	0.20	0.1	0.5	1.0	PDA	Sustrato
<i>Agave durangensis</i>	14	42	28	66	64	34	18	86
<i>Prosopis laevigata</i>	13	15	22	12	25	100	98	66
<i>Pinus cooperi</i>	32	36	36	0	35	34	42	43
<i>Pinus durangensis</i>	12	46	56	0	34	24	39	67
<i>Pinus engelmannii</i>	36	26	28	0	79	16	56	86

Cabe mencionar, que se presentaron casos en donde fue difícil diferenciar un embrión viable con uno no viable puesto que la tinción fue tenue o intensa como se ilustra en la figura 2A. Esto a menudo suele presentarse y concuerda con lo señalado por Ruiz (2009), que esta es una desventaja de la prueba, en este caso del tetrazolio, porque puede ser subjetiva y requiere experiencia por el analista, ya que también suele ser difícil para semillas pequeñas (Schmidt, 2000), por lo que lo ideal es disponer de protocolos precisos que permita diferenciar un embrión viable de uno no viable, lo cual es uno de los propósitos que pretende este trabajo en las especies evaluadas y, que dado los resultados, se hace patente la necesidad de desarrollar las metodologías para un mayor número de especies, sobre todo silvestres. Schmidt (2000) señala que un requisito para garantizar un adecuado análisis es que las semillas sean maduras y no estén infectadas por hongos porque la actividad metabólica de este puede afectar los resultados. Por otra parte, las diferencias de viabilidad y germinación registradas puede atribuirse al efecto coyuntural de condicionantes genéticos ambientales o fisiológicos que afectan el éxito reproductivo de cada fuente parental y consecuentemente la formación y tasa de desarrollo de las semillas (Bareke, 2018).

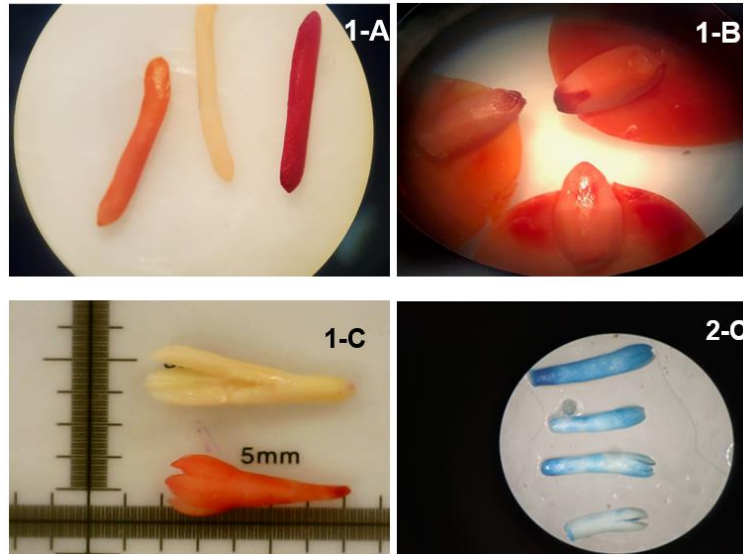


Figura 2. Patrones de tinción con 1. tetrazolio e 2. índigo carmín en embriones de A. agave, B. mezquite y C. pino.

Conclusiones

La prueba con índigo carmín al 0.20% es factible para analizar la viabilidad de embriones de *Pinus durangensis*. Para *Agave durangensis* tanto el tetrazolio al 0.1 y 0.5 % puede emplearse para analizar la viabilidad colorimétricamente. En *Prosopis laevigata*, el tetrazolio al 1.0% es la concentración adecuada para dicho propósito. Finalmente, para *Pinus engelmannii* la concentración de tetrazolio al 0.5% puede utilizarse para determinar la viabilidad. Se recomienda en futuros ensayos examinar otras concentraciones de índigo carmín y tetrazolio en diferentes tiempos de inmersión, así como definir mejores criterios para clasificar la viabilidad de los embriones o semillas según su patrón de tinción.

Referencias

- Bareke, T. 2018. Biology of seed development and germination physiology. *Advance in Plants & Agriculture Research* 8(4): 336-346. DOI: <https://doi.org/10.15406/apar.2018.08.00336>.
- Benito-Matías, L. F., S. N. Herrero, I. Jiménez & R. J. L. Peñuelas (2004). Aplicación de métodos colorimétricos para la determinación de la viabilidad en semillas de *Pinus pinea*: test de tetrazolio e índigo carmín. *Sociedad Española de Ciencias Forestales. Actas de la III Reunión sobre Repoblaciones Forestales. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales.*
- Baskin, C.C. & J.M. Baskin. (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Ed. 2. Elsevier. San Diego, USA. 1586 pp.
- Calixto Valencia, C.G., V.M. Cetina Alcalá, C. Ramírez Herrera, M.Á. López López, G. Ángeles-Pérez, A. Equihua Martínez & E. Basave Villalobos. (2022). Características morfológicas, reproductivas y germinativas del germoplasma de *Swietenia humilis* Zucc. en Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(72), 148-172. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i72.1250>.
- Ruiz, Ma. de los A. (2009). El análisis de tetrazolio en el control de calidad de semillas. Caso de estudio: cebadilla chaqueña. *Publicación Técnica N°77. E.E.A. INTA Anguil*. 17, 23-28.
- Sánchez Vásquez, O. (2022). Concentraciones críticas nutrimentales para *Pinus greggii*. Tesis de Doctorado en Ciencias Forestales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. México.
- Schmidt L. (2000). *Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed*. Humlebaek: Danida Forest Seed Centre.



COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO HÍDRICO Y PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS EN TOMATE *Solanum lycopersicum* L. CV. Saladette EN CONDICIONES DE DÉFICIT HÍDRICO

Fernando Hernandez-Figueroa¹, Aurelio Pedroza-Sandoval^{1*}, Luis Ángel Gonzales-Espindola¹, Isaac Gramillo-Avila¹

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio – Chihuahua. CP. 35230. *Autor de correspondencia: apedroza@chapingo.uruza.edu.mx

Introducción

Uno de los principales desafíos que enfrenta la agricultura, es la escasez de agua, debido a la baja precipitación pluvial y la sobreexplotación del acuífero (Azpilcueta et al., 2018). El tomate *Solanum lycopersicum* L. forma parte de las hortalizas de mayor importancia a nivel mundial, llegando a tener un consumo per cápita de 20.2 kg (Pérez et al., 2020). Para su producción, se requiere suelos con buen drenaje y buena estructura y disponibilidad de humedad edáfica durante todo el ciclo de desarrollo, con un gasto de 2 a 6.6 mil m³ ha⁻¹, aproximadamente (YARA MÉXICO, 2023). En la Comarca Lagunera de los Estados de Coahuila y Durango, hay 1,090 ha de invernaderos dedicados a la producción de tomate, con una producción de 145,769 ton de cosecha, con un rendimiento de 135 t ha⁻¹, generando un valor de MXN 911 369 000.00 (Andrade et al., 2022). También se le cultiva a cielo abierto, con rendimientos más moderados, pero el consumo de agua se incrementa significativamente, lo que hace necesario la búsqueda de alternativas tecnológicas que permitan hacer un uso más eficiente del vital líquido, mediante el uso de coberturas orgánicas o sintéticas en combinación con materiales genéticos con capacidad de activar mecanismos de tolerancia al déficit hídrico, que reduzcan el consumo de agua sin afectar la productividad. Maoka (2020), reportó que algunos pigmentos fotosintéticos como las clorofilas y los carotenoides tienen un rol importante en la respuesta a las condiciones de estrés ambiental. El objetivo de este estudio, fue evaluar el comportamiento del contenido de humedad del suelo en la concentración de los pigmentos fotosintéticos en tomate *Solanum lycopersicum* L., en respuesta al déficit hídrico en zonas áridas del norte de México.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en Bermejillo Durango, México, el cual se ubica a 25.8° LN y 103.6° LW, con una altitud de 1,130 msnm (García, 1973). Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Los tratamientos correspondieron a los contenidos de humedad en el suelo: óptimo (27%±3) y subóptimo (23%±3). La unidad experimental fue de 4 surcos de 16 m de longitud cada uno, a una distancia de 0.75 m entre surcos. Se utilizó la variedad de tomate Saladette.

La siembra se realizó en charolas con sustrato Peat-most en condiciones de malla-sombra y las plántulas de 30 días después de la siembra, fueron trasplantadas a una distancia entre plantas de 30 cm, estableciéndose 15 plántulas por surco, lo que equivale a una densidad de 44,289 planta ha⁻¹. La parcela útil fueron los dos surcos centrales, de los cuales se tomaron 8 plantas al azar por unidad experimental.

Se estableció un sistema de riego presurizado con cintilla derivada de una regadera principal mediante conexiones laterales de PVC. A cada unidad experimental correspondió un contenido de humedad; el flujo de agua fue controlado de acuerdo con el programa de riego mediante llave de paso.



Las constantes de humedad de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP), correspondieron a 27 y 13%, respectivamente, de acuerdo con determinaciones previas al establecimiento del experimento, mediante el uso de la técnica de la olla de membrana (Richards, 1948). La medición del contenido de humedad del suelo se realizó a 30 cm de profundidad del suelo con un medidor modelo PMS-714 con lectura digital en tiempo real.

Las variables medidas fueron: contenido relativo de agua (CRA), concentraciones de clorofila A, clorofila B, clorofila total y carotenoides, las cuatro últimas en mg g^{-1} de peso fresco (p.f.). La determinación de los pigmentos se realizó según el método descrito por Sánchez et al. (2018). La absorbancia se midió utilizando un espectrofotómetro UV-VIS Modelo 721, Shanghai Precision & Scientific Instrument Co., Ltd., Shanghai, China. Los datos se analizaron mediante un ANOVA con uso del Programa estadístico SAS v. 9.0 y el Programa Excel.

Resultados y discusión

El contenido relativo de agua (CRA) es un indicador del estado hídrico de la planta, por lo que, aquellas especies vegetales que logran mantenerlo, serán más tolerantes al déficit hídrico (Bacarrillo et al., 2021). En este caso, el contenido relativo de agua (CRA) disminuyó significativamente ($P \leq 0.05$) al pasar de las condiciones óptimas de humedad del suelo ($27\% \pm 3$) a las subóptimas ($23\% \pm 3$), con valores de 73.5 y 68.4%, respectivamente. Lo anterior sugiere alta sensibilidad del tomate a condiciones de déficit hídrico. Sin embargo, aunque no se identifica un mecanismo significativo de incremento en los pigmentos fotosintéticos en términos de clorofila a, clorofila b y clorofila total, se registra un incremento significativo en la concentración de carotenoides en el contenido subóptimo de humedad del suelo, con un valor de 3.5 mg g^{-1} p.f., respecto a 3.3 mg g^{-1} p.f. registrado en el contenido óptimo de humedad (Cuadro 1), lo cual sugiere una tendencia de respuesta al déficit hídrico ya que, de acuerdo a Maoka (2020) los carotenoides juegan un importante papel en la tolerancia al estrés ambiental, mediante actividad antioxidante.

Cuadro 1. Comportamiento del contenido hídrico y de pigmentos fotosintéticos en tomate *Solanum lycopersci* L. cv. Saladette en condiciones de déficit hídrico.

CHS (%)	CRA (%)	ClorA (mg g^{-1} p.f)	ClorB (mg g^{-1} p.f)	ClorT (mg g^{-1} p.f)	Carotenoides (mg g^{-1} p.f)
Óptimo: 27	73.5a	8.7a	4.5a	13.3a	3.3b
Subóptimo: 23	68.4b	9.4a	4.7a	14.1a	3.6 ^a

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. CHS, es contenido de humedad del suelo; CRA, es contenido relativo de agua; ClorA, es clorofila a; Clorb, es clorofila b; ClorT, es clorofila total.

Respecto al comportamiento temporal de respuesta de los pigmentos, se tiene que la clorofila a, b y total, así como los carotenoides, presentan una mayor concentración en las primeras cuatro semanas de realizado el trasplante del tomate, para posteriormente, registrar un comportamiento de decremento, el cual llega a ser significativamente más bajo después de los 3.5 meses de desarrollo, cuando ya la planta inició la etapa de fructificación y madurez (Figura 1). Lo anterior sugiere que la planta tiene un mayor potencial de tolerancia al estrés ambiental en las primeras etapas de desarrollo del cultivo (fase vegetativa), por la actividad antioxidante que desempeñan los pigmentos, principalmente los carotenoides (Maoka, 2020), capacidad que se va disminuyendo con el paso del tiempo, ya que decrece significativamente hacia la fase de fructificación y, principalmente en la de madurez.

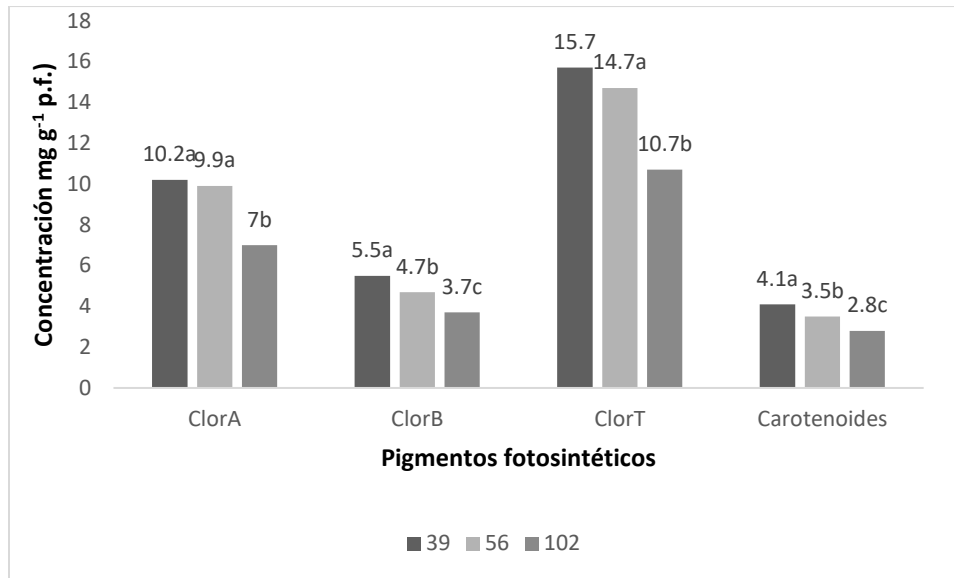


Figura 1. Comportamiento temporal de pigmentos fotosintéticos en el cultivo del tomate *Solanum lycopersicum* L. en la Comarca Lagunera, México.

Conclusiones

El cultivo del tomate *Solanum lycopersici* L. Cv. Saladette, fue sensible al déficit hídrico, pero con potencial para incrementar su tolerancia al estrés ambiental en las primeras etapas de desarrollo, mediante la concentración de la clorofila total, donde destaca la clorofila A; complementado con la concentración de carotenoides, los cuales han mostrado alta capacidad de antioxidante como mecanismo para proveer tolerancia al estrés a las plantas.

Referencias

- Azpilcueta-Pérez, M.E., Pedroza-Sandoval, A., Trejo-Calzada, R., Sánchez-Cohen, I. y Jacobo-Salcedo, Ma. Del R. (2018). Chemical residuality in maize (*Zea mays* L.) fields irrigated with deep well water. *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 5(13): 111-117. <https://doi.org/10.19136/era.a5n13.1311>
- Andrade-Sifuentes, A., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Sáenz-Mata, J., Coria-Arellano, Y., & Guigón López, C. (2022). Promoción del crecimiento de tomate saladette con *Bacillus cereus* y estiércol solarizado en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(7): <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i7.3120>
- Bacarrillo-López, R., Pedroza-Sandoval, A., Inzunza-Ibarra, M. A., Flores-Hernández, A. y Macías-Rodríguez, F. J. (2021). Productividad de forraje de variedades de nopal (*Opuntia* spp.) bajo diferentes regímenes de humedad del suelo. *Ecosist. Recur. Agropec.* 8(3): e2878. <https://doi.org/10.19136/era.a8n3.2878>
- García, E. *Apuntes de Climatología*. D. F., México: Universidad Autónoma de México. 71 pp.,1973. <https://vdocuments.mx/apuntes-de-climatologia-enriqueta-garciapdf.html>
- Maoka, T. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of Natural Medicines*, 74(1): 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>
- Pérez-Díaz, F., Arévalo-Galarza, M. de L., Pérez-Flores, L. J., Lobato-Ortiz, R., & Ramírez-Guzmán, M. E. (2020). Crecimiento y características postcosecha de frutos de genotipos nativos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(1): 89-99. Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v43n1/0187-7380-rfm-43-01-89.pdf>
- Richards, LA. (1948). Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. *Soil Science* 66: 105-10. DOI: <https://doi.org/10.1097/00010694-194808000-00003>
- Sánchez, E., Ruiz, J. M., Romero, L., Preciado-Rangel, P., Flores-Córdova, M. A., & Márquez-Quiroz, C. (2018). ¿Son los pigmentos fotosintéticos buenos indicadores de la relación del nitrógeno, fósforo y potasio en frijol ejotero? *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(15): 387-398. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1757>
- YARA, México. (2023). Principios agrónomicos en tomate. Recuperado de <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/tomate/principios-agronomicos-en-tomate/>



ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA DE TRITICALE Y AVENA FORRAJEROS EN EL RANCHO EL CARMEN

Eduardo Huerta-Luna¹, Miguel Angel Mata-Espinosa^{1*}, Neyri Manuel Alvarado-Ruacho¹, José Ramón Hernández-Salgado¹, Gonzalo Hernández-Ibarra¹

¹Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas; km 40 Carretera Gómez Palacio, Dgo.-Cd. Juárez, Chih.; CP 35230. Bermejillo, Mapimí, Durango, México. *Autor para correspondencia: mata@chapingo.uruz.edu.mx

Introducción

La Comarca Lagunera esta geográficamente localizada al norte de México, se compone de 15 municipios del estado de Durango y Coahuila, esta región es la cuenca lechera más importante del país. Según datos del SIAP (2022) un total de 536,288 cabezas de ganado, es decir el 20% del inventario nacional. Dicho ganado genera en la región una fuerte demanda tanto de forraje como grano para la alimentación. Por lo que cuenta con una superficie sembrada de cultivos forrajeros de 115,055 ha, lo que representó el 59% de la superficie agrícola total, destacando maíz, alfalfa y avena (SAGARPA, 2017). Los principales patrones de forrajes usados para alimentar el ganado están conformados de maíz y/o sorgo en primavera o verano y avena en otoño-invierno (Ochoa *et al.*, 2022). Las regiones áridas y semiáridas de México se caracterizan por tener una disponibilidad de agua limitada, y a esto se suman los cambios climáticos generados en los años recientes, por lo que es necesario establecer cultivos alternativos como triticale, cebada y trigo (Flores *et al.*, 2016). El triticale (*X. triticosecale* Wittmack), es considerada una opción forrajera que se adapta fácilmente a las condiciones adversas; originalmente se desarrolló como un cereal para el consumo humano (Ochoa *et al.*, 2022). El triticale muestra un buen desarrollo aun en temperaturas bajas, es resistente a la sequía y tiene una producción de biomasa y rendimiento de grano altos, en comparación con otros cereales (Perales *et al.*, 2020). La avena (*Avena sativa*) en México es uno de los forrajes más importantes que se establecen en el ciclo otoño-invierno, tan solo en el año 2014 la superficie destinada a la producción de avena forrajera fue de aproximadamente 58,000 ha y una producción de 4 millones de toneladas, seguidos por la siembra de triticale y centeno (Celis *et al.*, 2017). En este sentido, Zamora *et al.* (2002), en su trabajo sobre clasificación de triticale y la evaluación de su calidad nutritiva, concluye que la producción de este forraje en la época invernal es una opción viable y sobre todo en áreas en las que el forraje ballico ha sido desplazado o en regiones en las que por la incidencia alta de heladas la avena no puede ser establecida. El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de forraje (triticale y avena) en épocas de corte diferentes, determinar materia fresca y materia seca y con base en estas variables, recomendar la especie forrajera de comportamiento productivo mejor.

Materiales y métodos

Lugar de estudio. El estudio se realizó en el Rancho "El Carmen", perteneciente a la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo en Bermejillo, Durango, México. La región se ubica entre los 101° 41' y 104° 61' LO y 24° 22' y 26° 23' LN, a una altitud media de 1, 100 m. El área presenta una superficie plana donde se localiza el área agrícola, la cual tiene un clima seco desértico (Medina *et al.*, 2005). El clima es tipo árido caliente desértico, seco, con régimen de lluvias en verano e inviernos fríos, clasificado como BW (h) HW (e), la precipitación pluvial media anual es 258 mm y la evaporación media anual de 2,000 mm, la temperatura media anual de 21 °C con máxima de 33.7 °C y mínima 7.5 °C (García, 1973).



Establecimiento del experimento. El estudio se estableció en el ciclo otoño - invierno 2022 - 2023, la siembra para ambos cultivos (triticale y avena) se realizó en seco el día 26 de noviembre de 2022 a una densidad de 120 kg por hectárea y una fertilización base de 150 kg de fertilizante MAP (12-61-00). Las variedades que se establecieron fue Cuauhtémoc para avena y Eronga para triticale. El riego de aniego se realizó el 27 de noviembre de 2022, con una duración de 3.5 horas por tendida lo que representa una lámina de 25.69 cm. Posteriormente, se realizaron 3 riegos de auxilio; el primer riego se realizó el día 19 de diciembre de 2022, aplicándose una lámina de 18.35 cm, también se aplicaron 50 kg de fertilizante sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ por tendida (1,667 m^2). El segundo riego de auxilio fue de 18.35 cm el día 14 de enero de 2023 y el tercer riego de auxilio de 18.35 cm el 13 de febrero de 2023.

Diseño experimental y de tratamiento. Para el muestreo de rendimiento de materia seca (MS) se dividieron las parcelas en 2 tratamientos, Avena (T1) y Triticale (T2), se realizaron 5 muestreos (repeticiones) en cada cultivo (tendida). Cada muestreo consistió en lanzar al azar el cuadrante metálico cuyas dimensiones eran de 65 cm de diámetro y un área de 0.3318 m^2 , cortar todo el forraje verde dentro del cuadrante a 2 cm del suelo y depositarlo en bolsas de plástico y registrar el peso en fresco o materia verde (MV). Para determinar el contenido de materia seca (MS), se utilizó el método directo por deshidratación en estufa de aire forzado (BINDER®); para lo cual, del material cortado, se tomó una submuestra de aproximadamente 100-150 g de forraje húmedo, el cual fue posteriormente picado con el uso de una guillotina manual a una longitud aproximada de 2 cm. Posteriormente el material pesado y picado fue colocado en bolsas de papel previamente identificadas. Las muestras obtenidas fueron colocadas en la estufa de aire forzado, por 48 horas a 65 °C, hasta obtener el peso constante. Posteriormente, las muestras fueron pesadas en una báscula granataria OHAUS® y por diferencia de peso, se obtuvo la cantidad de MS. Las muestras deshidratadas serán molidas en un molino Thomas Willey® utilizando un tamaño de criba de 2 mm. Luego se colocaron en bolsas de papel para su análisis posterior. El modelo estadístico empleado es un transversal repetido por periodos, se realizó la prueba de Shapiro-Wilks y se determinó que los errores aleatorios se distribuyen de forma normal ($P > 0.54$).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio se muestran en el Cuadro 1, se observa que hubo diferencias significativas al comparar los rendimientos medios de materia seca (MS) para todos los periodos (Cuadro 1), pero se puede observar en el Cuadro 2, que el rendimiento máximo de materia seca producido por la avena es de 7,537.79 kg MS ha^{-1} , en el periodo 8; mientras que en el triticale dicho rendimiento se alcanzó desde el periodo 6, con una producción de 8,942.11 kg MS ha^{-1} . Lo que define la capacidad del triticale para producir en un periodo más corto, mayor materia seca que la avena.

Cuadro 1. Nivel de significancia, R^2 ajustada y Coeficiente de variación por periodo de estudio para cultivos de Avena y Triticale.

Periodo	Nivel de Significancia	R^2 ajustada	Coeficiente de Variación
1	0.0001	0.90	12.66
2	0.0001	0.88	15.00
3	0.0001	0.91	11.35
4	0.0002	0.82	17.87
5	0.0002	0.81	11.63
6	0.0001	0.88	9.00
7	0.0011	0.72	12.87
8	0.0006	0.76	11.99



Respecto a la acumulación de materia seca a través del tiempo se observa una cantidad creciente en esta variable en todos los periodos (Cuadro 2); este comportamiento fue similar para ambos cultivos, lo que implica que en estos periodos se obtuvieron los rendimientos máximos promedios respectivamente y que se podrían tomar en cuenta para decidir el tiempo de cosecha, más sin embargo se puede observar una gran ventaja en la producción de materia seca por parte del triticale, ya que mientras la avena en el periodo 8 alcanza rendimientos de 7,537.79 kg MS ha⁻¹, el triticale genera 1.52% más materia seca que la avena alcanzando rendimientos de 11,486.02 kg MS ha⁻¹.

Cuadro 2. Media de mínimos cuadrados y Error estándar (EE) de rendimiento de cultivos forrajeros por periodo de producción.

Periodo	Cultivos		Error estándar
	Avena	Triticale	
1	1,222.60 ^b	2,617.80 ^a	108.73
2	1,862.71 ^b	4,211.52 ^a	203.67
3	2,368.02 ^b	4,322.72 ^a	183.88
4	2,817.98 ^b	6,039.73 ^a	353.97
5	4,417.34 ^b	7,108.02 ^a	299.80
6	5,539.57 ^b	8,942.11 ^a	291.32
7	7,102.61 ^b	10,669.72 ^a	511.59
8	7,537.79 ^b	11,486.02 ^a	509.94

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes (P>0.05).

Dado que los periodos en donde se obtiene el máximo rendimiento no son similares se puede considerar este comportamiento para decidir cuál cultivo establecer para obtener el rendimiento máximo al menor tiempo posible. Por otro lado, Celis et al. (2017), en su evaluación de producción de materia seca (MS) de avena y triticale, encontró que los rendimientos en kg MS ha⁻¹ para avena común de 5,214 kg MS ha⁻¹ y para triticale eran 5,434 kg MS ha⁻¹, estos datos para la región centro del país, los cuales son mayores a los encontrados en este trabajo, considerando la fecha de cosecha de los forrajes que se realizó a los 72 días post-siembra y que corresponde al segundo periodo de nuestro estudio en donde los rendimientos para avena eran de 1,862.71 kg MS ha⁻¹, mientras que para triticale eran de 4,211.52 kg MS ha⁻¹, dicha diferencia se le atribuye a las bajas precipitaciones del lugar en donde se realizó este estudio. En otro trabajo realizado por Espitia et al. (2012) en el altiplano semiárido reporta producciones de avena y triticale de 2,035 kg MS ha⁻¹ y 2,246 kg MS ha⁻¹, y determina que la mejor etapa fenológica para cortar la avena es en estado lechoso y masoso, para alcanzar producciones de 19 ton MS ha⁻¹, más sin embargo si se desea calidad la mejor etapa es embuche (espigas al 50% y grano lechoso), ya que alcanza el 24% de proteína, dicho rendimiento de avena es muy elevado, ya que en el estudio solo se alcanzó el 2.52% de la producción de MS esperada por Espitia et al. (2012), esto como consecuencia de las variedades de avena utilizadas en los estudios (Saia vs Cuauhtémoc).

Los rendimientos esperados para la avena Cuauhtémoc son de 7.09 ton ha⁻¹ a los 111 días, según datos del INIFAP (2013) por lo que el presente trabajo alcanza los rendimientos esperados de 7,537.79 kg MS ha⁻¹ a los 115 días y tienen una producción optima si se compara con avenas de la misma variedad. López et al. (2022) evaluó la producción de materia seca (MS) de triticale en 3 periodos de invierno y encontró que en el mes de noviembre los rendimientos fueron de 11,887 kg MS ha⁻¹, en diciembre de 9,003 kg MS ha⁻¹ y 10,723 kg MS ha⁻¹, y así mismo para el mes de enero de 8,130 kg MS ha⁻¹ en el ciclo productivo 2018-2019. Lo que demuestra la capacidad del triticale para producir materia seca en un periodo corto, ya que estos rendimientos fueron muy semejantes a los encontrados en el presente trabajo, cuando en el periodo 8 que corresponde al 20 de marzo, el triticale alcanza a producir 11,486.02 kg MS ha⁻¹ a los 115 días post-siembra.



Conclusiones

El uso de forrajes de invierno que resistan los cambios de temperatura y la baja disponibilidad de agua, es una buena estrategia para producir alimento para el ganado en épocas de estiaje, pero con base al estudio, es necesario resaltar que ambos cultivos mostraron un buen desempeño en la producción de materia seca, el T2 (Triticale) mostro precocidad y buen incremento en la biomasa y materia seca producida en todos los periodos y además se observó que tiene capacidad de rebrote, mientras que el T1 (Avena) mostro un crecimiento lento al inicio y del periodo 5 al 7, tuvo un incremento en materia seca exponencial. Por ello es recomendable el establecimiento de triticale, como una alternativa forrajera invernal, precoz para obtener la mayor cantidad de materia seca en el menor tiempo posible.

Referencias

- Celis-Álvarez, M. D., López-González, F., Estrada-Flores, J. G., Domínguez-Vara, I. A., Heredia-Nava, D., Munguía-Contreras, A. y Arriaga-Jordán, C. M. (2017). Evaluación nutricional in vitro de forrajes de cereales de grano pequeño para sistemas de producción de leche en pequeña escala. *Agroecosistemas tropicales y subtropicales*, 20(3), 439-446.
- Espitia-Rangel, E., Villaseñor-Mir, H. E., Tovar-Gómez, R., De la O-Olán, M. y Limón-Ortega, A. (2012). Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(4), 771-783. Recuperado en 04 de septiembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000400012&Ing=es&tlng=es
- Flores-Nájera, M., Sánchez-Gutiérrez, R., Echavarría-Chairez, F., Gutiérrez-Luna, R., Rosales-Nieto, C. A., & Salinas-González, H. (2016). Producción y calidad de forraje en mezclas de veza común con cebada, avena y triticale en cuatro etapas fenológicas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(3), 275-291.
- García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática Köppen. (Para adaptarlo a las condiciones climáticas de la república mexicana). Universidad Autónoma de México. Recuperado de: <https://www.igg.unam.mx/geoigg/biblioteca/archivos/memoria/20190917100949.pdf>
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) (2013). Tecnología para la producción de avena forrajera en el altiplano de Tamaulipas. Recuperado de: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/956.pdf> Consultado: 04 de septiembre 2023.
- López-Jara, A.G., Reta-Sánchez, D.G., Reyes-González, A., Santana, O.I., López-Calderón, M.J., y Sánchez-Duarte, J.I. (2022). Composición nutritiva y productividad de forrajes alternativos de otoño-invierno en diferentes fechas de siembra del norte de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(28), 125-135. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3268>
- Medina-Guillermo, G., Díaz-Padilla, G., López-Hernández, J. A., Ruíz-Corral, J.A y Marín-Silva, M. (2005). Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango. (Periodo 1961 – 2003). Libro Técnico № 1. Campo Experimental Valle del Guadiana. Recuperado de: <https://docplayer.es/53782106-Estadisticas-climatologicas-basicas-del-estado-de-durango-periodo.html> Consultado: 04 de septiembre de 2023.
- Ochoa-Espinoza, X. M., Reta-Sánchez, D. G., Cano-Ríos, P., Sánchez-Duarte, J. I., Ochoa-Martínez, E., García-Martínez, J. E., Reyes-González, A., & Quiroga-Garza, H. M. (2022). Rendimiento y valor nutritivo de cereales y cártamo forrajero en la Comarca Lagunera. *Biotecnia*, 24(2), 142–148. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i2.1620>
- Perales-García, M. V., Alvarado-Martínez, L. F., Hermosillo-Salazar, L. J., Hermosillo-Alba, M. C. y Vega-Sotelo, F. (2020). Impacto de la agricultura de conservación y la aplicación de Zinc en la rentabilidad sostenible de forraje de maíz-triticale en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 47, 607-616.
- SAGARPA (2017). Secretaría de Agricultura y Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Atlas Agroalimentario 2017. Recuperado de: <https://online.pubhtml5.com/clsi/ibhs/#p=7> Consultado el 04 de septiembre de 2023. Consultado: 04 de septiembre 2023.
- SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera) (2022). Anuario estadístico de la población ganadera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad de México. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/poblacion_ganadera/. Consultado: 04 de septiembre 2023.
- Zamora-Villa, V. M., Lozano-Del Río, A. J., López-Benítez, A., Reyes-Valdés, M. H., Díaz-Solís, H., Martínez-Reyna, J. M. y Fuentes-Rodríguez, J. M. (2002). Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. *Técnica Pecuaria en México*, 40(3), 229-242.



CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN FAMILIAR DE BOVINO LECHERO SEMI-ESTABULADO EN SAN MIGUEL EL ALTO JALISCO

Marco Antonio Picazo-Gutiérrez¹, Gonzalo Hernández-Ibarra²

¹Alumno de la Ingeniería en Sistemas Pecuarios de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo; ²Profesor investigador de Tiempo Completo de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo; Km 40 de la Carretera Gómez Palacio, Durango-Cd. Jiménez Chihuahua, C.P. 35230. Teléfonos: 872 77 60160 y 60190, Bermejillo, Mapimí, Durango. Autor para correspondencia: marcopicazo823@gmail.com

Introducción

Actualmente la industria de bovinos especializados en producción de leche a nivel familiar lucha por mantener la redituabilidad, intentando optimizar sus parámetros productivos, reproductivos, así como también acortando y haciendo más eficiente el proceso de recría, acelerando el peso de las becerras en todas las etapas, buscando que éstas alcancen en menor tiempo posible el peso para ser gestadas, parir, empezar a producir leche y nuevas crías (López & Jaimes, 2011). La producción láctea para el país la lidera el estado de Jalisco (2,753,101.235, miles de litros), seguido por Durango, Coahuila y Chihuahua (SIAP, 2022). En el estado de Jalisco la producción láctea se da principalmente en dos estratos de acuerdo con Mariscal-Aguayo *et al.* (2017) los estratos de los sistemas de producción se dividen en dos tipos de productores principales que son: productores empresariales en un 12% y productores en transición con un porcentaje de 88%. En la región de los Altos se concentra la producción láctea del estado siendo los principales productores los municipios, Tepatitlán de Morelos (385,702.406), San Juan de los Lagos (279,876.250), San Miguel el Alto (272,934.844), Lagos de Moreno (250,162.547) y Encarnación de Díaz (129,081.945), los cinco, con mayor producción láctea (SIAP, 2022). En la ganadería lechera, al igual que en otros sectores de la producción primaria y de la economía mexicana, se observa un fenómeno de concentración de la producción hacia productores o grupos de productores integrados verticalmente, que les permite participar del valor agregado generado en el acopio, transformación y comercialización de la leche y sus derivados; lo que plantea un reto para los pequeños productores que conforman los sistemas de producción familiar y doble propósito (ASERCA, 2010). Debido a la importancia de la producción de leche en la región y el municipio se planteó como objetivo caracterizar y hacer una descripción de la unidad de producción bovina semiestabulada “El Robadero chico”.

Materiales y métodos

Localización. El municipio de San Miguel el Alto se localiza en la región Altos Sur del estado de Jalisco. Sus municipios colindantes son San Julián, Jalostotitlán, Valle de Guadalupe, San Ignacio Cerro Gordo, Arandas, San Juan de los Lagos y Tepatitlán de Morelos. (IIEG, 2023). Tiene una extensión territorial de 740.90 kilómetros cuadrados. Su cabecera municipal se localiza en las coordenadas 21°14' 6.92" latitud norte y -102°24'7.92" de longitud oeste, a una altura de 1,842 metros sobre el nivel del mar (msnm). El territorio municipal, tiene alturas entre los 1,790 y 2,280 msnm; y una pendiente predominantemente plana menor a 5 grados (IIEG, 2023). La mayor parte del municipio tiene un clima semicálido semihúmedo. La temperatura media anual es de 17.4°C, y su temperatura mínima y máxima promedio oscila entre los 4.0°C y 30.3°C. La precipitación media anual es de 781 milímetros (mm) mientras que la precipitación promedio acumulada es de 601.15 mm (IIEG, 2023). El uso de suelo y vegetación corresponde a Pastizal:57.32 %, Bosque: 4.52 %, Matorral: 1.67 %, Selva: 11.02 %, uso agrícola: 24.20%, Urbano: 0.82% (INEGI, 2010).



Para la realización de este trabajo se utilizó la herramienta Microsoft Excel y se entrevistó a los dueños de la unidad de producción, con preguntas elaboradas para determinar la productividad del sistema, se evaluó durante cuatro semanas la producción láctea y se determinó la cantidad de forraje que consumían los animales de forma semanal pesando el forraje y el concentrado proporcionado.

Resultados y discusión

La producción por animal en los establos de la región de los Altos es mucho menor a las producciones que se reportan en los establos de regiones como la Comarca Lagunera esto no necesariamente significa que la actividad no sea redituable, si no que, es diferente la productividad, al tenerse una diferente alimentación y el acceso a los forrajes se encuentra muy diferenciado. En la unidad de producción analizada se tienen dos periodos con diferente alimentación marcados, durante la época de estiaje, y, posterior a la cosecha de maíz, se proporciona como forraje ensilado de maíz, al terminar la cantidad producida en la alimentación durante la temporada seca, en la época de lluvia se proporciona algo de heno, rastrojo de maíz molido y pasto de corte denominado grama (*Cynodon nlemfuensis Vanderyst*). Los animales cosechan una buena cantidad de pasto derivado de las precipitaciones a partir del mes de junio, mediante un intento de rotación entre potreros, así mismo, se diversifican las estrategias de alimentación mediante la utilización de varias especies de nopal silvestre que se proporcionan en la época de estiaje chamuscado principalmente.

En la unidad de producción se cuenta con un total de 27 vacas en producción y 4 vaquillas para reemplazo, la alimentación se lleva a cabo durante el periodo de la ordeña de manera dirigida, se alimenta a cada animal de acuerdo con sus necesidades, y con la etapa en la que se encuentra. La ordeña se realiza 2 veces al día, por las mañanas a partir de la 6:15 horas y por la tarde a partir de las 4:45 de la tarde. El periodo de ordeño dura entre 50 y 80 minutos se hace limpieza y desinfección de las ubres y del material de ordeño para poder comercializar la leche.

Cuadro 1. Parámetros productivos reproductivos

Parámetros productivos y reproductivos	Valor
Porcentaje de preñez	70%
Porcentaje de nacimientos	96%
Porcentaje de destete	88%
Litros de leche promedio por vaca por día	11.39
Intervalo entre partos (meses)	15
Crías vendidas por mes	1
Crías vendidas promedio al año	12

Larios et al. (2011) mencionan que, de acuerdo con las condiciones y exigencias de cada unidad de producción, la mayoría de éstas tienen la infraestructura, maquinaria y equipo necesarios para realizar eficientemente las actividades de las diferentes áreas de una empresa lechera, incluyendo las relativas al mejoramiento genético de los hatos. Estos autores mencionan que más de 50% de las unidades de producción tienen: bodega, silos, tractor, picadora de forraje, ordeñadora mecánica, sistema de enfriamiento, oficina, computadora y software, corrales de alojamiento y de manejo, área de crianza, termo criogénico y pozo profundo. La unidad de producción en estudio aún está capitalizándose y mejorando aspectos de manejo para en el corto plazo generar una mayor utilidad y por ende mayor certeza a través del tiempo.

**Cuadro 2.** Datos de costos de la unidad de producción familiar el Robadero Chico por semana entre el mes de julio y agosto 2023 en el municipio de San Miguel el Alto Jalisco.

Salidas o gastos/semana	Total, por semana (\$)
Rastrojo de maíz	4,480.00
Concentrado	6,614.40
Agua	175.00
Luz eléctrica	112.50
Aceite	37.50
Sueldo 1	1,800.00
Sueldo 2	2,000.00
Lactopar	37.50
Medicamentos	100.00
Inseminación	338.00
Gasolina	800.00
% para reposición equipo de ordeño	200.00
Total, gastos	16,694.90

El productor y su esposa tienen once años dedicándose a la producción y venta de leche de vaca, y recientemente se asoció con un productor de queso artesanal quien le paga \$9.9 pesos por litro, el cual se encuentra por encima de los precios pagados a otros productores por queserías convencionales que en ese periodo de acuerdo con, lo mencionado por el productor pagan alrededor de los \$9 pesos el litro.

Tabla 3. Datos de producción promedio en el periodo 18 julio-18 agosto

Concepto	Precio/litro	Cantidad litros	Ingreso promedio del mes analizado
Valor	\$9.90	1,915.95	\$18,967.91

Conclusiones

Para la unidad de producción estudiada y de acuerdo con sus técnicas de manejo se considera un sistema de producción familiar semi-intensivo en transición, con posibilidad de crecimiento. Así mismo también es importante destacar la sustentabilidad y eficiencia del sistema por la poca cantidad de agua requerida en la producción y la casi nula generación de residuos contaminantes. Se debe resaltar que el sistema ha tenido cierta resiliencia a pesar de encontrarse la región, en condiciones excepcionales de sequía, auxiliándose por medio del aprovechamiento de las especies de nopales silvestres durante el estiaje y la producción de ensilado de maíz. Es posible llevar a cabo algunas mejoras, como la selección y mejoramiento genético del hato y la toma de datos y registro productivo de animales. En estudios posteriores se recomienda tomar en cuenta un periodo de tiempo más largo con la finalidad de conocer el comportamiento del sistema a lo largo del año completo.



Referencias

- ASERCA. 2010. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México. *Claridades Agropecuarias*. 2010; 207: 34-43. Consultado el 30 de agosto de 2023 de: <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207-34.pdf>
- Instituto de Información Estadística y Geográfica del Estado de Jalisco (IIEG). (2023). San Miguel el Alto Jalisco. Agosto de 2023. Consultado el 24 de agosto de: <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2023/08/San-Miguel-el-Alto.pdf>.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía. (2010). Datos geográficos del estado de Jalisco. Consultado el 28 de agosto de 2023 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/14/14078.pdf.
- Larios S. N., Ramírez V. R., Domínguez D. R., García M. J.G., Ruíz F. A. (2011). Caracterización técnica, social y económica de las empresas del hato bovino Jersey de registro en México. Consultado el 23 de agosto de 2023 de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722011000200004.
- López, E. V., & Jaimes, J. J. (2011). EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE BECERRAS LACTANTES DE REEMPLAZO HOLSTEIN UTILIZANDO VIRGINIAMICINA Y OMNIGEN-AF®. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 10(1), 79-84.
- Mariscal-Aguayo, V., Pacheco-Cervantes, A., Estrella-Quintero, H., Huerta-Bravo, M., Rangel-Santos, R., & Núñez-Domínguez, R. (2017). Estratificación de productores lecheros en los altos de Jalisco. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(4), 547-563. Recuperado en 12 de septiembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722017000400547&lng=es&tlng=es.
- Picazo C.L. (2023). Datos de producción y manejo de hato. En comunicación personal.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP). (2022). Anuario estadístico de la producción ganadera. Consultado el 17 de agosto de 2023 de: https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/.



LOS RECURSOS FLORÍSTICOS CERCANOS A LOS APIARIOS UBICADOS EN EL ESTADO DE GUANAJUATO, MÉXICO.

Ricardo Rivera Vázquez^{1*}, María Celeste Rivera Hernández², Carlos Martínez Zepeda³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel Allende, Celaya, Guanajuato, México. ²Profesionista independiente. ³Maestro en Gestión Integrada de Cuencas, Universidad Autónoma de Querétaro, consultor independiente. *Autor de correspondencia: rivera.ricardo@inifap.gob.mx

Introducción

La apicultura ofrece beneficios ambientales tales como los servicios ambientales de polinización, incremento de productividad en cultivos y mejoramiento de las condiciones socioeconómicas por la venta de los productos apícolas (miel, cera, polen, jalea real, veneno de abeja) (Becerra y Contreras, 2001; INFOASERCA, 2010). Para mantener el interés en la actividad apícola es necesario mantener la rentabilidad económica, para ello se deben mejorar las condiciones ambientales donde se establecen los apiarios para incrementar la producción de miel (Gobierno del estado de Guanajuato). Estas condiciones ambientales implican el conocer el tipo de vegetación y las especies que lo componen, así como su fenología para considerar si es viable la apicultura fija o la trashumante (migratoria) (May y Rodríguez, 2012).

El conocimiento de la flora de importancia apícola es fundamental para el manejo del apiario ya que constituye el recurso con que cuentan las abejas para alimentarse, reproducirse generar productos de interés (Silvia y Restrepo, 2012). En el estado de Guanajuato se produce una miel de alta calidad, la cual en el mercado nacional e internacional le hace merecedor de un mejor precio de venta; sin embargo, la productividad puede ser aumentada a base de estudios y estrategias con el objeto identificar y mejorar los sitios donde se asientan los apiarios y su zona de pecoreo buscando una mejor producción de miel.

El objetivo de este estudio fue conocer la calidad de sitio de los apiarios donde las abejas pecorean el néctar y polen con el fin de identificar opciones de mejora de dichos sitios, trabajando para ello con apicultores de la Asociación de Apicultores de Celaya (AAC), quienes tienen apiarios en varios municipios del estado.

Materiales y métodos

El proyecto planteó tres acciones fundamentales: contar con un padrón de apicultores, realizar un muestreo de sus apiarios, conocer las condiciones naturales del entorno de los apiarios muestreados, efectuar un análisis palinológico de muestras de miel de los apiarios visitados, y establecer acciones recomendadas para mejorar las condiciones naturales en los apiarios.

1. Padrón de apicultores. Mediante una reunión con la AAC, se solicitó un listado de los apicultores miembros, con el fin de realizar un recuento de sus apiarios y colmenas. Los datos solicitados fueron: años en la apicultura, número de colmenas y apiarios, municipio donde se ubican los apiarios, condición de la ubicación de su apiario (terreno propio, rentado o prestado) y condiciones generales del área.



2. Muestreo de apiarios. Para el cálculo del tamaño de la muestra de los apiarios a visitar se hizo empleando la siguiente ecuación de Muestreo Aleatorio Simple:

$$n = \frac{1}{(d^2 / Z^2 * S^2) + (1/N)}$$

Donde:

d^2 = la precisión deseada, elevada al cuadrado.

Z^2 = el valor de Z para la confiabilidad deseada, elevado al cuadrado.

S^2 = la varianza de la población.

N = el tamaño de la población.

3. Visita a los apiarios. Empleando la muestra representativa se elaboró un programa de visita durante la cual se registró el tipo de vegetación, especies útiles para la apicultura, colecta de muestras botánicas, la cercanía a otros apiarios, cercanía a vías de comunicación y a poblados, estacionalidad, entre otros aspectos (SAGARPA, 2009). Con la información recabada se elaboró una base de datos para su posterior análisis. Para la clasificación taxonómica de la flora apícola, se empleó un método botánico tradicional mediante la utilización de claves dicotómicas y el asesoramiento de especialistas.

4. Análisis palinológico de miel. Se efectuó un análisis palinológico (polen) de muestras de miel colectadas por los apicultores para identificar las familias y especies botánicas de las cuales las abejas obtienen en néctar a lo largo del año. Esto es de suma importancia, ya que las visitas a campo se efectuaron en invierno, no pudiéndose identificar directamente todas las especies de interés apícola presentes en otras estacionalidades.

5. Recomendaciones de mejora del entorno. Mediante un análisis de la información de los apiarios visitados se estableció un listado de acciones para mejorar las condiciones de sitio.

Resultados y discusión

1. Padrón de apicultores. Cuenta con 41 miembros con un promedio de 7 apiarios por apicultor (total de 300 apiarios), y un promedio de 30 colmenas por apicultor, dando un total de 9,236 colmenas, lo que representa un poco más del 20% de las colmenas totales en el estado de Guanajuato. Es decir, es una asociación importante con presencia en 15 municipios (San Felipe, Ocampo, San Diego, Dolores Hidalgo, San Luis de la Paz, San José Iturbide, San Miguel Allende, Comonfort, Tarimoro, Apaseo el Grande, Apaseo el Alto, Celaya, Yuridia, Acámbaro y Coroneo).

2. Muestreo de apiarios. Utilizando un porcentaje de error del 10% ($d= 0.10$) y una confiabilidad del 90% ($Z= 1.645$), una población de 300 apiarios y una varianza de 6. Se tuvo un valor de 39 apiarios por visitar. Durante la visita al apiario, se encuestó al apicultor respecto a las condiciones del sitio. Sin embargo, al final de estudio se visitaron 59 apiarios, superando el número mínimo de visitas. La ubicación de esos apiarios se muestra en la Figura 1.

3. Visita a los apiarios seleccionados. En cada apiario, se aplicó una encuesta, siendo 22 apiarios finales encuestados. En las encuestas revelan que los apicultores consideran un “buen lugar” donde están sus apiarios, básicamente por la vegetación que se tiene cerca (mezquital), al resto de los apiarios no se aplicó pues se visitaron sin el apicultor, sin embargo, si se tomaron datos de la flora existente.



De acuerdo al tipo de vegetación, la mayoría de los apiarios se encontraban cercanas a parcelas agrícolas de temporal, seguidos de parcelas de riego, de matorrales, mezquiales y pastizal inducido (parcelas agrícolas en desuso), en menor proporción cercanos a áreas de matorral subtropical y pastizal natural, y ocasionalmente en matorral subtropical, matorral crasicaule, bosque de pino encino o invernaderos (ver Cuadro 1).

4. Análisis palinológico de la miel. Fueron analizadas 11 muestras, 8 corresponden a la floración de primavera y 3 a la floración de otoño. Todas las muestras mostraron ser miel verdadera, solo una muestra presentó valores altos de HMF (Hidroximetilfurfural) indicando que fue sobrecalentada o se mezcló miel vieja con miel nueva para su venta. La miel se clasificó como “miel de flores”, es decir que se obtiene directamente del néctar de las flores, principalmente de mezquite (*Prosopis leavigata*), solo dos muestras mostraron ser miel de “flores con mielada”, lo cual significa que además del néctar la miel presenta azúcares de otras partes de las plantas.

Cuadro 1. Superficies por tipo de vegetación en apiarios. Datos obtenidos empleando la superficie de uso de suelo y vegetación presente en todos los buffers con 500 metros de radio tomando como centro los apiarios.

Uso de suelo y vegetación	Superficie (ha)	Superficie (%)	Uso/manejo
Agricultura de temporal	1,679.55	37.56	Antrópico (agricultura)
Agricultura de riego	777.39	17.39	Antrópico (agricultura)
Matorral crasicaule perturbado	680.21	15.21	Antrópico (ganadería)
Mezquital	536.24	11.99	Natural
Pastizal inducido	395.95	8.86	Antrópico (ganadería)
Matorral subtropical	170.48	3.81	Natural
Pastizal natural	139.62	3.12	Natural
Vegetación secundaria arbustiva	30.23	0.68	Antrópico (ganadería)
Matorral subtropical perturbado	24.52	0.55	Antrópico (ganadería)
Matorral crasicaule	16.64	0.37	Natural
Bosque pino-encino	11.70	0.26	Natural
Invernaderos	8.72	0.20	Antrópico (agricultura)
Total	4,471.25	100.00	

Respecto al tipo de polen, los pólenes principales se adjudicaron a 10 familias: Anacardiaceae, Asteraceae, Burseraceae, Capparaceae, Loranthaceae, Myrtaceae, Fabaceae, Rosaceae, Salicaceae y Pinaceae; y en menor proporción se integran 41 familias adicionales menormente representadas. Los pólenes destacados son de mezquite (*Prosopis leavigata*) y sauce (*Salix humboldtiana*) como especies predominantes melíferas en primavera. Para la miel de otoño no se identificaron especies dominantes debido al bajo número de muestras colectadas.

5. Recomendaciones de mejora del entorno. Se consideraron las recomendaciones del Manual de Buenas Prácticas Apícolas el cual recomienda ubicar los apiarios cerca de recursos florales y fuentes de agua, y lejano a fuentes de plaguicidas y otras sustancias tóxicas, alejado de desagües de aguas negras e industriales, y de zonas urbanas, escolares e industriales. Asimismo, se tomaron en cuenta las condiciones operativas favorables como presencia de accesos vehiculares y las condiciones de propiedad/seguridad del predio, pues la mayoría de los apicultores mantienen sus apiarios en terrenos prestados (mayor certeza ante el daño/robo en terrenos particulares en comparación con terrenos ejidales o públicos).



Las abejas usan los recursos florales que ofrece su entorno inmediato alrededor de su colmena. En principio, esta área es circular, aunque puede modificarse por la presencia de obstáculos topográficos y alimenticios. El radio de esta área circular, en condiciones comunes, es de aproximadamente dos kilómetros, aunque dicho radio puede ser considerablemente más amplio, aunque considerando que a mayor distancia de los recursos florales las abejas gastan más energía en sus vuelos de pecoreo, lo que incide negativamente en el balance energético y la productividad de miel.

Se considera que los recursos florales más relevantes para la producción de miel y desarrollo efectivo de la colmena se encuentran a una distancia menor a un kilómetro del apiario (Rivera y Mandujano, 2015). En esta superficie de 1 km de radio, se recomienda realizar las siguientes acciones:

- Evitar la deforestación, ya que ésta reduce el potencial apícola de una determinada zona, para lograrlo es necesario no talar ni efectuar un cambio de uso de suelo.
- Optar por aumentar la población de estas especies melíferas y forestales mediante la reforestación, o mediante la disminución de la ganadería extensiva.
- Realizar acciones de restauración ambiental en áreas con problemas de deforestación o degradadas. Se recomienda utilizar especies con alto valor apícola como el mezquite, sauce, palo dulce, entre otras especies nativas.

Cada apicultor conoce la importancia de conservar la vegetación para que las abejas prosperen y produzcan miel, por lo que les concierne la conservación y mejoramiento del medio ambiente de donde subsisten; el reto es que la mayoría de los terrenos que albergan los apiarios no son propios, por lo que están a expensas de los dueños de mejorar las condiciones apícolas.

Por otra parte, se suman los problemas ambientales globales tales como el cambio climático y la desertificación los cuales afectan directamente al desarrollo de todos los seres vivos y en este caso a la apicultura, propiciando una menor producción de néctar y polen, y por ende de miel y derivados de la apicultura. Un problema relevante es la alteración al ciclo normal de lluvias estacionales, ya que prolonga el plazo de tiempo en que los apicultores tengan que alimentar a sus colmenas afectando negativamente la economía y el precio de la miel en el mercado.

Se deben elaborar estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático tales como la migración asistida de especies para realizar cambios florísticos acorde al cambio climático futuro y el interés de los apicultores, así como la búsqueda de nuevos espacios naturales donde practicar la apicultura.

Conclusiones

Se tiene un padrón de apicultores actualizado de la asociación de apicultores de Celaya, donde se indica en número de colmenas que tiene cada uno de ellos.

Se ubicaron geográficamente los apiarios muestreados y se les realizó un “buffer” de 100, 500 y 2,000 metros para cuantificar la flora presente.

Se estableció una serie de acciones para mejorar la calidad de sitio de los apiarios.



Referencias

- Becerra G., F.J. & Contreras E. F. (2001). La importancia de la apicultura en México. En: *Imagen Veterinaria* (2004), 4(1) UNAM, México.
- Gobierno del estado de Guanajuato. (2019). *Ley para Protección a las Abejas y el Desarrollo Apícola para el Estado de Guanajuato*, Gobierno del estado de Guanajuato, México.
- INFOASERCA. (2010). Situación actual y perspectiva de la apicultura en México. *Revista Claridades Agropecuarias*, No. 199.
- May, T. & Rodríguez, S. (2012). Plantas de interés apícola en el paisaje: observaciones de campo y la percepción de apicultores en República Dominicana. *Revista Geográfica de América Central* Número. 48, pp. 133-162.
- Rivera V., R. & Mandujano B., A. (2015). *Flora nectarífera y polinífera del estado de Guanajuato*, INIFAP, SAGARPA, México, 165 pp.
- SAGARPA. (2009). *Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Miel*. 2da. Edición, SENASICA, Coordinación General de Ganadería, SAGARPA, Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana, México, D.F. 67 pp.
- Silva, L.M. & Restrepo, S. (2012). *Flora apícola: determinación de la oferta florar apícola como mecanismo para optimizar producción, diferenciar productos de la colmena y mejorar la competitividad*. Bogotá, Colombia, Instituto Humboldt. 28 pp.



LAS NANOPARTICULAS DE OXIDO ZINC BIOSINTETIZADAS AUMENTAN LOS COMPUESTOS FITOQUIMICOS EN FRUTOS DE CHILE (*Capsicum annuum*)

Daniela Monserrat Sánchez-Pérez¹, Sellenne Yuridia Márquez-Guerrero^{1*},
Erika Flores-Loyola², Jolana E. Marszalek², Jorge Arnaldo Orozco-Vidal¹.

¹Programa Agua-Suelo, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Torreón, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Torreón 27190, México; ²Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón 27276, México. *Autor de correspondencia: sellenne.mg@torreon.tecnm.mx

Introducción

La nanotecnología en la agricultura promete aumentar en gran medida el área de contacto debido a su tamaño reducido (1–100 nm), lo que a su vez podría mejorar la interacción y la absorción de micronutrientes en la fertilización de cultivos (Husen & Iqbal, 2019). En los últimos años la investigación se ha centrado en los métodos de obtención de las nanopartículas siendo la biosíntesis la más elegida debido a sus múltiples beneficios comparadas con las síntesis tradicionales. En las plantas las aplicaciones foliares de nano fertilizantes han demostrado ser efectivas porque suministran nutrientes de manera gradual y controlada en comparación con la fertilización convencional (García-López et al., 2019). Específicamente las nanopartículas de óxido de zinc (ZnONPs) han ganado importancia debido a que el zinc está involucrado en la regulación de las auxinas, el metabolismo de las proteínas y carbohidratos, además de protección de las plantas contra el estrés ambiental, en consecuencia, estos cambios afectan las actividades químicas y biológicas que podrían inducir estrés oxidativo y toxicidad en las plantas y estimular los sistemas de producción de antioxidantes (García-Gómez et al., 2017). Anteriormente nuestro grupo de investigación observó efectos positivos de las ZnONPs en el proceso de germinación de semillas de *Capsicum annuum* en el cual se afectaron positivamente las variables fisiológicas como germinación de semillas, vigor de plántulas, etc. (Sanchez-Perez et al., 2023). Las ZnONPs también están involucradas en el rendimiento de los cultivos (Faizan et al., 2020) y mejoran la calidad nutracéutica de los frutos obtenidos de las plantas tratadas con ZnONPs aumentando sus compuestos fotoquímicos (García-López et al., 2019; Rajput et al., 2021) al generar estrés en la planta y aumentar la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) lo que ocasiona la activación del sistema de defensa enzimático y no enzimático (Pratap et al., 2021), esto ha cobrado importancia en los últimos años debido a que el contenido de compuestos fitoquímicos se considera uno de los parámetros de valor nutracéutico más importantes en frutos de chile (Israel García-López et al., 2018), esto debido a que los antioxidantes naturales son más fácilmente aceptables que los sintéticos, por lo que estos frutos con altas concentraciones de antioxidantes son de mayor importancia comercial (Asghari & Hasanlooe, 2015) por lo anterior el objetivo de este trabajo es evaluar la capacidad de las nanopartículas de óxido de zinc obtenidas por síntesis verde de inducir la síntesis de compuestos fitoquímicos evaluando la concentración de Fenoles y Flavonoides.

Materiales y métodos

Las nanopartículas de óxido de Zinc con tamaño de 20-40 nm fueron obtenidas por síntesis verde en presencia de un extracto etanólico de *Larrea tridentata* como agente reductor de acuerdo a lo reportado (Sánchez - Pérez et al., 2023). Las semillas de chile soledad de la variedad *CHISER-522* fueron donadas por el Centro de Investigación Regional del noreste (INIFAP), campo experimental las Huastecas, estas fueron sembradas en charola de germinación de poliestireno de 200 cavidades con sustrato orgánico peat moss. El trasplante se realizó en macetas de plástico de 20 cm de diámetro con capacidad de 6 kg, 17 días después de la siembra.



Durante el desarrollo del cultivo se aplicó solución nutritiva Steiner (Steiner, 1961) y las macetas se mantuvieron a capacidad de campo, todas ellas fueron colocadas en un invernadero ubicado en el Instituto Tecnológico de Torreón. La aplicación foliar de nanopartículas se realizó cada 15 días a partir de los 20 días después del trasplante. Las suspensiones de nanopartículas se prepararon en agua desionizada homogenizando con un sonicador de sonda durante 30 minutos justo antes de su aplicación. Los tratamientos aplicados fueron 5 más un control, con las concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50 ppm de ZnONPs, el control fue tratado con agua destilada. Iniciada la cosecha, los frutos fueron lavados, pesados y contados para la determinación del rendimiento, para esto se determinó: número de frutos por planta, peso promedio del fruto y peso fresco del total de frutos por planta. El contenido de vitamina C, se determinó por el método de titulación (Padayatt et al., 2001). La acidez titulable fue valorada por el método de titulación propuesto por Official Methods and Analysis Official Analytical Chemists (AOAC, 1990), se determinó la clorofila total por el método de Lichtenthaler (Lichtenthaler, 1987). Para los compuestos fitoquímicos: los compuestos fenólicos totales se cuantificaron por el método de Folin-Ciocalteu (Vernon L. Singleton, Rudolf Orthofer, 1999). Los flavonoides totales se determinaron mediante el ensayo colorimétrico de cloruro de aluminio (Zhishen et al., 1999); la capacidad antioxidante de los extractos se determinó mediante el ensayo DPPH (2,2-difenil-1-picryl-hidrazil-hidrato) de acuerdo con la metodología descrita por Brand-Williams (1995).

Resultados y discusión

Las plantas expuestas a la aplicación foliar de 40 y 50 ppm ZnONPs produjeron el mayor número de frutos, superando en 34 y 31 %, respectivamente, al tratamiento control. El peso promedio máximo del fruto se obtuvo con 30 y 40 ppm de ZnONPs, superando en 28 y 29 % al tratamiento control. La tendencia fue similar para el peso total de frutos: el mayor peso se obtuvo con 40 ppm de ZnONPs (Tabla 1), superando en 61% al control, esto sugiere, que las ZnONPs impactan positivamente al generar una mayor producción de biomasa (Amezcuca & Lara, 2017) y por ende en el mayor número de frutos. Estos resultados se pueden atribuir a que el zinc es considerado como uno de los ocho micronutrientes esenciales para las plantas, necesario en pequeñas cantidades (Nandal & Solanki, 2021) aunque crucial para el buen desarrollo vegetativo (Gonmei et al., 2022), ya que es el precursor en la producción de auxinas Fito-reguladoras del crecimiento, las cuales influyen en la elongación y división celular.

Tabla 1. Efectos de ZnONPs peso fresco de fruto, numero de frutos por planta y peso total del fruto obtenido de cada planta.

Concentración de ZnONP (ppm)	Peso fresco fruto (g)	Numero de frutos por planta	Peso total de los frutos
0	4.12 ± 0.17 c	292.75 ± 5.3 c	1047.65 ± 52 c
10	4.76 ± 0.18 b	295.75 ± 22 b	1456.85 ± 29 b
20	5.06 ± 0.051 a	297.75 ± 2.3 bc	1486.01 ± 10 b
30	5.31 ± 0.33 a	347.5 ± 26 ab	1502.28 ± 48 b
40	5.35 ± 0.23 a	396 ± 5.2 a	2056.41 ± 31 a
50	4.01 ± 0.12 b	383.5 ± 13 a	1680.08 ± 15 ab

*Valores con letras distintas dentro de una misma columna, indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviación estándar.

Los resultados indican que la aplicación foliar de ZnONPs afectó significativamente el contenido de fenoles y flavonoides totales en los frutos. La mayor concentración de fenoles totales (figura A1) se obtuvo con los tratamientos de 30 y 40 ppm, el contenido fue de 202.7 + 3.4 y 232,76 + 3.9 mgGA gPF-1, respectivamente, superando en 121% y 154%.



La mayor concentración de flavonoides totales (Figura B1) se encontró en las plantas tratadas con 40 ppm de ZnONPs, con una concentración de 15.39 ± 0.80 mgCat 100 g PF-1 al tratamiento testigo, el aumento en los compuestos fitoquímicos puede estar relacionado con varios mecanismos de protección que las plantas han desarrollado para limitar el daño oxidativo causado por las ROS a través de la producción de antioxidantes como fenoles, carotenoides y enzimas antioxidantes (Kimura & Kambe, 2016). Los compuestos fenólicos desempeñan un papel destacado en los mecanismos de desintoxicación de ROS (Balážová et al., 2018) como donantes de electrones en estructuras de orgánulos y pueden eliminar directamente las especies moleculares de oxígeno activo, principalmente debido a sus propiedades redox (Mahendra et al., 2008). Este comportamiento explica la mayor acumulación de fenoles y flavonoides en los frutos de plantas expuestas a tratamientos con ZnONPs.

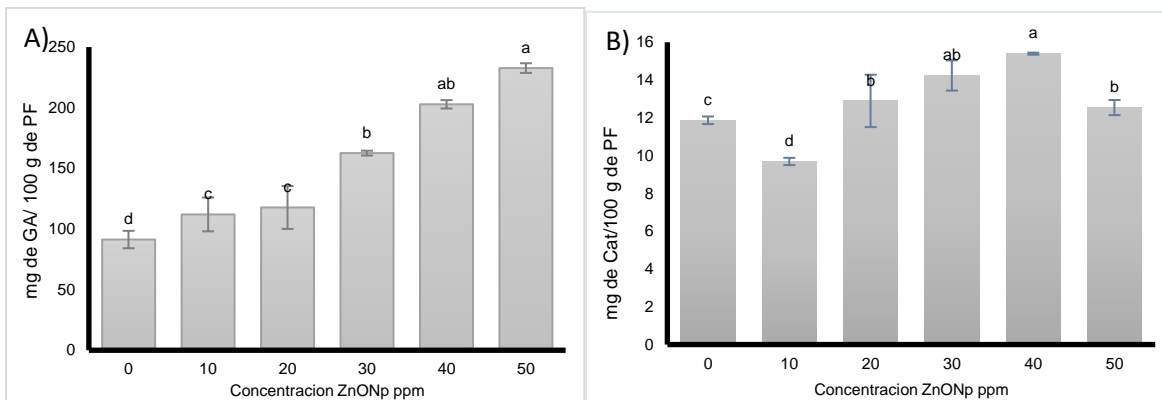


Figura 1. Efecto de tratamientos de ZnONPs a diferentes concentraciones (0 ppm indica el control sin tratamiento), sobre el contenido de A) fenoles totales y B) Flavonoides en frutos de *Capsicum annuum*.

Los resultados para capacidad antioxidante (figura 2) muestran diferencia significativa con mayor capacidad los frutos obtenidos de las plantas tratadas con 30 y 40 ppm, con 100.61 ± 2.9 y 98.7 ± 0.7 Meq Trolox 100 g PF-1. De acuerdo a las concentraciones de Fenoles y Flavonoides en los frutos y los datos obtenidos para capacidad antioxidante encontradas aquí, sugieren que las altas concentraciones de Fenoles se relacionan con una mayor capacidad antioxidante, se ha señalado que las nanopartículas de ZnO aplicadas a las plantas ocasionan un estrés abiótico, incrementando la calidad nutracéutica en los frutos de plantas tratadas con nanopartículas (Tariverdizadeh et al., 2021). Efectos similares han sido reportados anteriormente en chiles jalapeños y serranos (Álvarez- Parrilla et al., 2011; Pinedo-Guerrero et al., 2017).

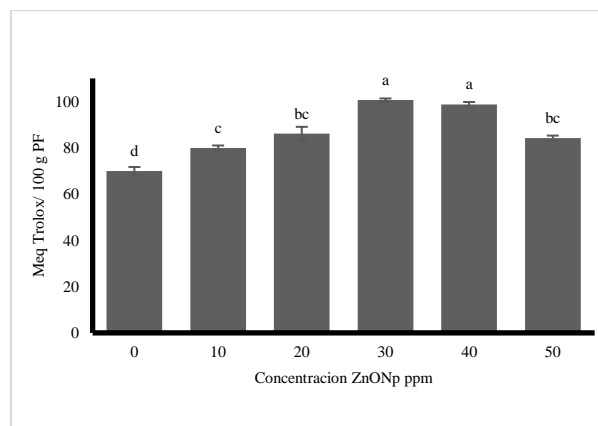


Figura 2. Efecto de tratamientos de ZnONPs a diferentes concentraciones (0 ppm indica el control sin tratamiento), sobre la capacidad antioxidante en frutos de *Capsicum annuum*.



Conclusión:

La aplicación de nanopartículas de óxido de zinc en plantas de Chile aumenta significativamente el contenido de biomasa, esto genera no solo mayor crecimiento de las plantas, sino que aumenta significativamente la cantidad de frutos totales, además los frutos obtenidos son presentan mayor tamaño y mayor peso, también mejora la calidad de los frutos obtenidos de las plantas tratadas, generando mayor concentración de compuestos fotoquímicos como fenoles y flavonoides.

Referencias:

- Amezcuca, J. C., & Lara, M. (2017). El Zinc en las Plantas. *Ciencia*, 68(3), 28–35. <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/zinc-in-plants>
- Asghari, M., & Hasanlooee, A. R. (2015). Interaction effects of salicylic acid and methyl jasmonate on total antioxidant content, catalase and peroxidase enzymes activity in “Sabrosa” strawberry fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, 197, 490–495. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.009>
- Balážová, L., Babula, P., Baláž, M., Bačkorová, M., Bujňáková, Z., Briančin, J., Kurmanbayeva, A., & Sagi, M. (2018). Zinc oxide nanoparticles phytotoxicity on halophyte from genus *Salicornia*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 130, 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.06.013>
- Faizan, M., Hayat, S., & Pichtel, J. (2020). *Effects of Zinc Oxide Nanoparticles on Crop Plants: A Perspective Analysis*. 83–99. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33996-8_4
- García-Gómez, C., Obrador, A., González, D., Babín, M., & Fernández, M. D. (2017). Comparative effect of ZnO NPs, ZnO bulk and ZnSO₄ in the antioxidant defences of two plant species growing in two agricultural soils under greenhouse conditions. *Science of the Total Environment*, 589, 11–24. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.153>
- García-López, J. I., Niño-Medina, G., Olivares-Sáenz, E., Lira-Saldivar, R. H., Barriga-Castro, E. D., Vázquez-Alvarado, R., Rodríguez-Salinas, P. A., & Zavala-García, F. (2019). Foliar application of zinc oxide nanoparticles and zinc sulfate boosts the content of bioactive compounds in habanero peppers. *Plants*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/plants8080254>
- Gonmei, G., Deb, P., Kumar, P., Sinha, D., & Halder, A. (2022). Zinc Nutrition in Banana (cv. Grand Naine) at Early Growth Stage. *International Journal of Plant & Soil Science*, 34(22), 1648–1654. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2022/v34i2231544>
- Husen, A., & Iqbal, M. (2019). Nanomaterials and Plant Potential. *Nanomaterials and Plant Potential*, 1–605. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-05569-1>
- Israel García-López, J., Lira-Saldivar, R. H., Zavala-García, F., Olivares-Sáenz, E., Niño-Medina, G., Angélica Ruiz-Torres, N., Méndez-Argüello, B., & Díaz-Barriga, E. (2018). Effects of zinc oxide nanoparticles on growth and antioxidant enzymes of *Capsicum chinense*. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 100(5–7), 560–572. <https://doi.org/10.1080/02772248.2018.1550781>
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148(C), 350–382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
- Mahendra, S., Zhu, H., Colvin, V. L., & Alvarez, P. J. (2008). Quantum dot weathering results in microbial toxicity. *Environmental Science and Technology*, 42(24), 9424–9430. <https://doi.org/10.1021/es8023385>
- Nandal, V., & Solanki, M. (2021). Zn As a Vital Micronutrient in Plants. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 11(3), 1–9. <https://doi.org/10.15414/JMBFS.4026>
- Padayatt S, Daruwala R, Wang Y, Eck PK, Song J, Koh WS, Levine M (2001). Vitamin C: from molecular actions to optimum intake. In: Cadenzas E, Packer L (Eds). *Handbook of Antioxidants*. CRC press. Washington DC, USA pp 117-145.
- Pratap, V., Durgesh, K., Sheo, M., Devendra, K., & Singh, S. (2021). *Plant Responses to Nanomaterials*. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-36740-4>
- Rajput, V. D., Minkina, T., Fedorenko, A., Chernikova, N., Hassan, T., Mandzhieva, S., Sushkova, S., Lysenko, V., Soldatov, M. A., & Burachevskaya, M. (2021). Effects of zinc oxide nanoparticles on physiological and anatomical indices in spring barley tissues. *Nanomaterials*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/nano11071722>
- Sanchez-Perez, D., Flores-loyola, E., M, S. Y., Galindo-guzman, M., & Marszalek, J. E. (2023). *Green Synthesis and Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles Using Larrea tridentata Extract and Their Impact on the In-Vitro Germination and Seedling Growth of Capsicum annuum*.
- Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*, 15(2), 134–154. <https://doi.org/10.1007/BF01347224>
- Tariverdizadeh, N., Mohebodini, M., Chamani, E., & Ebadi, A. (2021). Iron and zinc oxide nanoparticles: An efficient elicitor to enhance trigonelline alkaloid production in hairy roots of fenugreek. *Industrial Crops and Products*, 162(September 2020), 113240. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113240>
- Vernon L. Singleton, Rudolf Orthofer, and R. M. L.-R. (1999). Analysis of total phenols and Other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Scientia Horticulturae*, 213(1974), 281–286. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.004>
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555–559. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)



PLANTAS MEDICINALES PARA PROBLEMAS MÚSCULO ESQUELÉTICOS EN LA REGIÓN DE ISIDRO FABELA, ESTADO DE MÉXICO.

Eduardo Alberto Lara-Reimers¹, Diana Uresti-Duran^{2*}, José Antonio González Fuentes³ Eladio Heriberto Cornejo-Oviedo¹, Celestino Flores-López¹, José Eduardo García Martínez⁶

¹Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, CP 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Carretera Saltillo-Zacatecas, Km 342+119. ³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Maestría en Ciencias en Horticultura ⁴Departamentode Nutrición Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, CP 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. *Autor de correspondencia: durestid21@gmail.com

Introducción

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) son enfermedades caracterizadas por una condición anormal de huesos, músculos, tendones, nervios, articulaciones o ligamentos que trae como consecuencia una alteración de la función motora o sensitiva (López y Cuevas, 2008) y junto a la obesidad, son dos importantes problemas de salud pública a nivel mundial. (Faure y Lizana, 2022). Mundialmente, estos padecimientos se encuentran dentro del principal problema de lesiones en sitios específicos como: articulaciones, nervios, ligamentos y columna vertebral, por lo que se recomienda una ergonomía adecuada que ayude a evitar cualquier tipo de complicación (Palacios, 2022). Por ello, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2013), considera a los desórdenes musculoesqueléticos como una de las principales causas de ausentismo laboral, siendo uno de los principales factores: la pérdida del tiempo de trabajo, aumento de costos y las lesiones laborales humanas. México es el país con más casos de TME, generalmente su población manifiesta lesiones asociadas al aparato locomotor, las cuales suelen estar localizadas en la espalda y las extremidades superiores e inferiores (Dimate, et al., 2017).

Es importante descartar que el conocimiento etnobotánico estudia la relación del ser humano con las plantas y permite reconocer el conocimiento tradicional de las comunidades (Carreño, 2016) además son de gran importancia socioeconómica para las pequeñas comunidades que las usan con prácticas ancestrales que aportan beneficios nutricionales y activos a la salud del hombre, su sistema y características que las conforman mantienen un equilibrio en la diversidad biológica y en los ecosistemas (INIFAP, 2022). Sin embargo muchas son las especies vegetales que aún no han sido investigadas y sus principios activos podrían ser decisivos en la curación de enfermedades actuales en las comunidades (Rivas, 2018).

El presente estudio se realizó en el municipio de Isidro Fabela, donde hay registros de la presencia de grupos otomíes y náhuatl (Andrade, 1996). Estos grupos indígenas poseen conocimientos etnobotánicos y de ecología tradicional; útiles en la organización social de la comunidad y el uso de servicios ecosistémicos de un determinado lugar (Camou-Guerrero et al., 2016). El objetivo de este trabajo fue identificar y documentar los TME más comunes de la sociedad, además de localizar los efectos de las plantas medicinales como alternativa para tratar malestares y enfermedades en el municipio Isidro Fabela, Estado de México; sin olvidar que los registros de la presente investigación ayudarán a enriquecer y documentar el conocimiento etnobotánico de especies nativas y exóticas en la región.



Materiales y Métodos

El área de estudio se llevó a cabo en el municipio de Isidro Fabela, Estado de México, durante los meses enero a junio de 2021, con la finalidad de registrar el nombre común de las plantas, teniendo en cuenta sus usos para tratamientos de enfermedades, musculoesqueléticos y lesiones de la piel, para obtener datos sociodemográficos sobre la comunidad, a un total de 59 representantes de familia se realizó una entrevista semiestructurada, que se divide en una sección socio-demográfica y otra sección de conocimientos etnomedicinales de las plantas.

Se colectaron algunas plantas durante el estudio, prensaron e identificaron con su nombre común y nombre científico. La identificación taxonómica de las plantas se realizó a partir de la información obtenida de las especies archivadas en la Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana (www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/index.php). Los nombres botánicos de las especies se verificaron a partir de The Plant List (www.theplantlist.org).

Resultados y Discusión

Las plantas medicinales son de gran ayuda para el cuidado de la piel, es un recurso valioso para nuestra salud, también en enfermedades del sistema musculoesquelético, siendo económicamente accesibles las personas no tenían problemas para adquirirlas. Aunado a esto los reportes de las personas fueron que son efectivas para tratar las afecciones.

Se reportaron 15 especies distribuidas en 11 familias botánicas (Cuadro 1). Para enfermedades del sistema musculoesquelético: desinflamante (dos especies), relajante muscular (una especie), dolor muscular (una especie), dolor de huesos (una especie), fijador de dientes (una especie). Aunado a esto se reportaron plantas para tratar enfermedades de la piel como manchas en la cara (una especie), cicatrices (tres especies), salpullido (dos especies), heridas externas (tres especies), cortaduras (una especie), quemaduras (dos especies). La familia más mencionada fue *Asteraceae*, a esto las especies más citadas: *Aloe vera* (L.) Burm.f. (sábila), *Salvia rosmarinus* Schleid. (romero) y *Amaranthus hybridus* L. (quelite viejo), lo cual pertenecen a la familia *Xanthorrhoeaceae*, *Lamiaceae* y *Amaranthaceae*. Estos fueron reportados para tratar manchas en la cara, cicatrices, relajante muscular, cortaduras y quemaduras.

El uso de toda la planta (39%) es lo más común en el tratamiento de las afecciones mencionadas, seguido las hojas (33%), y se reporta en su mayoría el uso es verde (89%) y consumiéndolas como té (39%). La razón principal del porque en su mayoría utilizan toda la planta y las hojas es por la facilidad de recolección y transporte a lo largo del año (Lara-Reimers, *et al.*, 2023). Las plantas se usan en mayor medida en fresco, porque de esta manera se conservan la mayoría de los compuestos bioactivos, y así tienen un mejor efecto curativo (Siew et al., 2014). El uso de las plantas medicinales puede ser mezclas de diferentes especies o solo una especie, junto a esto se pueden usar a la par de los medicamentos, lo cual es un método común para que las personas obtengan mejores resultados, ahorren dinero y se reduzcan los efectos secundarios de los medicamentos (Picking et al., 2011).

**Cuadro 1.** Características principales de las plantas para tratar enfermedades del sistema musculoesquelético.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Parte utilizada de la planta	Verde o seca	Método de utilización	Uso
Asteraceae	<i>Matricaria recutita</i> L.	Manzanilla	Toda la planta	V/S	Té	Desinflamante
Asteraceae	<i>Heterotheca inuloides</i> Cass.	Árnica	Toda la planta	V	Té	Desinflamante
Fagaceae	<i>Quercus laurina</i> Bonpl.	Encino	Hojas	V	Masticado	Fijador de dientes
Lamiaceae	<i>Salvia rosmarinus</i> Schleid.	Romero	Toda la planta	V	Té	Relajante muscular
Solanáceas	<i>Physalis philadelphica</i> Lam.	Tomate	Cáscara	V	Tintura	Dolor de huesos
Zingiberaceae	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe .	Jengibre	Raíz	V/S	Té	Dolor muscular

Conclusiones

Con este estudio se obtuvo un conocimiento más amplio de las especies que los habitantes de la comunidad usan como medicina alternativa, reforzando en este modo estudios anteriores de la zona. Se registraron 15 especies de plantas medicinales para el tratamiento de 11 categorías de enfermedades, con base en la información obtenida de los informantes en el área de estudio, todas las dolencias reportadas fueron categorizadas en categorías de uso. La estructura básica de la información es el informe de uso (*IU*) y esto puede considerarse como un informe individual de un taxón o droga. Las plantas medicinales son un recurso valioso, ya que, dichas afecciones son de las más comunes en todo el mundo por diferentes factores de pobreza, mala calidad del agua y alimentos contaminados. Ante estas condiciones las plantas medicinales no solo ayudaron a controlar este tipo de afecciones, sino que al ser económicamente accesibles las personas no tienen problemas para adquirirlas.

Referencias

- Andrade, S, Alejandro. (1996). Tlazala, grandeza de Monte Alto. Compendio de identidad municipal. Primera Edición. México: H. Ayuntamiento Constitucional de Tlazala de Fabela, 1994-1996.
- Camou-Guerrero, A., A. Casas, A. Moreno Calles, J. Aguilera, D. Garrido-Rojas, S. Rangel-Landa, I. Torres-García, E. Pérez-Negrón, L. Solís-Rojas, J. Vázquez, S. Rodríguez, F. Parra & E. Rivera Lozoya. (2016). Ethnobotany in Mexico: History, Development, and Perspectives. En: Lira, R., Casas, A., Blancas, J. (eds.). Ethnobotany of Mexico. Interactions of People and Plants in Mesoamerica. Springer, New York
- Carreño Hidalgo, P. C. (2016). La etnobotánica y su importancia como herramienta para la articulación entre conocimientos ancestrales y científicos
- Dimate, A.E, Rodríguez D.C, Rocha A.I. (2017) Percepción de desórdenes musculoesqueléticos y aplicación del método RULA en diferentes sectores productivos: una revisión sistemática de la literatura. Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud,49: 57-74.
- Faure, M., & Lizana, P. A. (2022). Asociación entre Trastornos Musculoesqueléticos, Factores de Riesgo y Composición Corporal en Profesores de Colegios, Chile. In *XVII World conference on kinanthropometry* (p. 76).
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (2022). www.gob.mx/inifap/articulos/dialoguemos-sobre-plantas-medicinales-sus-beneficios-conservacion-y-regulacion-para-su-propagacion
- Lara-Reimers, E., Hernández-Robledo, C. O., Preciado-Rangel, P., & Sariñana-Aldaco, O. (2023). Estudio de plantas medicinales utilizadas en San José Iturbide, Guanajuato, México. *POLIBOTÁNICA*, (56). DOI: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.56.14>
- López, J. y Cuevas, C. (2008). Lesiones osteomusculares relacionadas con el trabajo. Concepción, Chile: Universidad de Concepción, Unidad de Ergonomía.
- Palacios Ruiz, M. E. (2022). La Ergonomía como factor de bienestar en la práctica odontológica, revisión de literatura.
- Picking, D., Younger, N., Mitchell, S., & Delgoda, R. (2011). The prevalence of herbal medicine home use and concomitant use with pharmaceutical medicines in Jamaica. *Journal of Ethnopharmacology*, 137(1), 3053311. doi: 10.1016/j.jep.2011.05.025
- Rivas Suazo, N. E. (2018). Composición florística de las plantas medicinales del Centro de Transferencia Agroforestal (CeTAF), Comunidad Indígena de Tiktik Kaanu, en el periodo de julio 2015 a febrero 2016. Bluefields, RACCS (Doctoral dissertation, Bluefields Indian & Caribbean University).



CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE SEMILLAS DE SAMANDOQUE [*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.]

David Castillo Quiroz¹ Francisco Castillo Reyes¹ Adriana Antonio Bautista^{*2} Joel Pájaro López³.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias. Campo Experimental Saltillo, Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515 Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. C.P. 25315. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas. Calzada Antonio Narro No. 1923, Colonia Buenavista Saltillo, C.P. 25315 Coahuila de Zaragoza, México. ³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Botánica. Calzada Antonio Narro No. 1923, Colonia Buenavista Saltillo, C.P. 25315 Coahuila de Zaragoza, México. *Autor de correspondencia: adisanbas@gmail.com

Introducción

Dentro las especies forestales no maderables de zonas semiáridas, el samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.) Asparagaceae (Tropicos, 2023), es una especie nativa distribuida en ecosistemas desérticos del centro y norte de México y en el suroeste de Texas en USA (Hochstätter, 2022; CONABIO, 2019). Investigaciones recientes sobre la caracterización química de esta especie (Sánchez-Serrano, 2010; Guillot y Vander-Meer, 2006) en sus resultados señalan que *H. funifera* podría ser una fuente de materia prima alternativa para la elaboración de papel y cartón. Ante un aprovechamiento futuro de esta especie, sería de gran importancia implementar estrategias para su conservación *ex situ* en un banco de germoplasma forestal prolongando su viabilidad en el almacenamiento (Hong y Ellis, 1995) y de igual forma asegurar su supervivencia en su hábitat natural (Cochrane et al., 2007), además de contar con germoplasma de alta calidad genética para realizar estudios de fitomejoramiento y para la propagación de plantas de calidad genética, para realizar plantaciones y/o reforestaciones. Dentro de las estrategias para la conservación *ex situ* sobre *H. funifera* es un campo poco explorado, por lo tanto, se requieren realizar algunos ensayos con el germoplasma como la Prueba de envejecimiento acelerado y simultáneamente pruebas de germinación, sin embargo, previo a los estudios referidos no existen estudios, sobre la caracterización morfométrica de este especie y que puedan influir en los resultados; por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar la caracterización morfométrica de un lote de semillas de samandoque [*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.].

Materiales y métodos

Material biológico. Se utilizaron lotes semillas de samandoque [*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.], que se colectaron en febrero de 2022 en el Jardín Botánico del Campo Experimental Saltillo del INIFAP (25°20'40" LN y 101°02'01" LW, 1811 msnm). La colecta se realizó en forma masal en 5 individuos. Previo a la colecta, se revisaron las cápsulas en la inflorescencia de cada uno de los ejemplares seleccionados que mostraran dehiscencia, que es un mecanismo en el cual los frutos alcanzan su madurez fisiológica, las cápsulas se abren de manera natural para liberar y diseminar las semillas. Los frutos se cortaron directamente de las inflorescencias. Posteriormente los lotes de semillas se trasladaron al Laboratorio del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Saltillo, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

En el laboratorio, las semillas se extrajeron de los frutos de manera manual y se realizó la limpieza de las mismas, posteriormente se homogenizaron, se tomaron al azar 100 semillas y se realizó la clasificación morfométrica de acuerdo a las siguientes características: largo de semilla (LS), ancho de la semilla (AS), espesor de la semilla (ES), forma tridimensional de la semilla (FTS) y forma o contorno de la semilla (FS).



La medición de cada una de las variables se realizó con un Vernier digital marca Steren® con aproximación en mm, con el propósito evaluar las diferencias entre la longitud de la semilla y así mismo considerar si su condición podría ser afectada por los tratamientos a evaluar. Para el análisis de los datos morfométricos se realizó un ANOVA y una prueba de Kuskal Wallis ($p < 0.05$) con el programa estadístico INFOSTAT.

Resultados y discusión

De acuerdo a los resultados con la prueba de Kuskall Wallis ($p < 0.05$) de las variables morfométricas de las semillas de *H. funifera* no existe diferencias significativas con respecto a la calidad física de la semilla en relación al largo, ancho, espesor y peso (Cuadro 1), ya que indica que no existe diferencia entre la misma población, es decir que corresponden a una misma población. Pozo-Gómez et al. (2019) realizó un estudio sobre la caracterización de semillas de *Croton guatemalensis* Lott, mencionan que de acuerdo con la International Seed Testing Association (ISTA, 2005) de forma aleatoria las semillas de una misma planta serán altamente probables que no presente diferencias morfométricas, en su mayoría serán de una misma población, esto se realizó en la caracterización de semillas de *Croton guatemalensis* Lott.

Cuadro 1. Comparación de medias del ancho, largo, espesor y peso de la semilla de samandoque *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel. Prueba Kuskal Wallis (H).

Rep.	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso de 100s (mg)
1	7.45	a 5.6	a 1.65	a 0.22
2	7.25	a 5.45	a 1.55	a 0.20
3	7.25	a 5.55	a 1.7	a 0.19
4	7.4	a 5.45	a 1.9	a 0.21
5	7.2	a 5.2	a 1.7	a 0.24
6	6.8	a 5.05	a 1.7	a 0.18
7	7.45	a 5.45	a 1.4	a 0.24
8	7.35	a 5.45	a 1.4	a 0.21
9	6.6	a 5.2	a 1.4	a 0.16
H	2.41	2.64	0.59	4.53

Valores medios (H>5 = existen diferencias significativas; H<5 No existen diferencias significativas), diferentes letras indican diferencia significativa entre tamaños promedio de las semillas.

El espesor de la semilla se muestra en el Cuadro 1, donde no se registran diferencias significativas, por lo cual pertenecen a una misma población. De acuerdo con Calixto-Valencia et al. (2022) los resultados obtenidos coinciden con las pruebas mencionadas en este estudio, donde realizan comparaciones morfométrico de semillas y frutos de *Swietenia humilis* Zucc. y mencionan que no existe diferencias entre las poblaciones de la especie, sin embargo, si se presentan diferencias significativas en los sitios evaluados.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de la prueba de caracterización del peso, donde no existen diferencias significativas entre semillas de la población evaluada. De acuerdo con Gómez-Hernández et al. (2022) no existe una diferencia morfométrica significativa en las semillas de una misma planta, este es el caso de semillas de *Calophyllum brasiliense* Cambess realizando pruebas de Kuskal Wallis ($p < 0.05$), sin embargo, las diferencias que se presentan en la población se deben a las condiciones ambientales y al almacenamiento de las semillas por largos periodos. Finalmente, la forma tridimensional de las semillas fue lenticular y el contorno o forma plana fue plano convexo en su mayor parte.



Conclusiones

El análisis morfométrico de las semillas de samandoque [*Hesperaloe funifera* K. Koch) Trel.] no presenta diferencias significativas, por lo cual se concluye que se trata de una misma población donde es mínima la variación de las variables evaluadas.

Referencias

- Calixto-Valencia, C. G., Cetina-Alcalá, V. M., Ramírez-Herrera, C., López-López, M. Á., Ángeles-Pérez, G., Equihua-Martínez, A. y Basave-Villalobos, E. (2022). Características morfométricas, reproductivas y germinativas del germoplasma de *Swietenia humilis* Zucc. en Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 13(72): 148-172.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2019). La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de Caso. <https://slp.gob.mx/segam/Documentos%20compartidos/SIACC/BIODIVERSIDAD/ESTUDIO%20ESTADODE%20LA%20BIODIVERSIDAD%202.pdf>.
- Cochrane A., Crawford A. D., and Monks L. T. (2007). The significance of ex situ seed conservation to reintroduction of threatened plants, *Australian Journal of Botany*, vol. 55, no. 3, pp. 356–361.
- Gómez-Hernández, M. M., Orantes-García, C., Verdugo-Valdez, A. G., Pozo-Gómez, D. M., Moreno-Moreno, R. A., y Sánchez-Cortés, M. S. (2022). Contribución al conocimiento del árbol leche María (*Calophyllum brasiliense* Cambess, Clusiaceae): morfometría, viabilidad y germinación de semillas. *Acta Agrícola y Pecuaria* 8: e0081009 <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081009>.
- Guillot, O. D. y Van der Meer, P. (2006). El género *Hesperaloe* Engelm. cultivado en la Península Ibérica e Islas Baleares. GALE ONFILE Informe Académico. Universidad Complutense de Madrid.
- Hochstätter, F. (2022). The genus *Hesperaloe* (Agavaceae) Postfach 510201, Feldstr. 61, D-68242 Mannheim, Germany. (Fecha de Consulta agosto de 2022). <https://www.agavaceae.com/botanik/pflanzen/scans/gnr210/scan1/21010-1.pdf>
- Hong T.D. and R. H. Ellis R.H. (1995). Interspecific variation in seed storage behaviour within two genera: coffee and citrus, *Seed Science & Technology*, vol. 23, pp. 165–181.
- Pozo-Gómez, D.M.P., Orantes-García, C.O., Rioja-Paradela, T.M.R., Moreno-Moreno, R.A., y Farrera-Sarmiento, Ó. (2019). Diferencias en morfometría y germinación de semillas de *Croton guatemalensis* (Euphorbiaceae), procedentes de poblaciones silvestres de la Selva Zoque, Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana* 126: 26. <https://abm.ojs.inecol.mx/index.php/abm/article/view/1384>
- Sánchez-Serrano, R. (2010). Aprovechamiento integral del *Hesperaloe funifera* mediante fraccionamiento de sus componentes. Universidad de Córdoba, España. <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/3511>
- Tropicos.2023. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. *Hesperaloe funifera*. <https://www.tropicos.org/name/Search?name=Hesperaloe%20funifera>



INFLUENCIA DE EL NIÑO OSCILACIÓN DEL SUR (ENSO) EN LA TEMPERATURA MEDIA PARA LA CUENCA DEL RÍO CONCHOS

Aldo Rafael Martínez-Sifuentes^{1*}, Nuria Aide López-Hernández¹, Ramón Trucíos-Caciano¹, José Antonio Hernández Herrera², Luis Manuel Valenzuela-Núñez³,

¹INIFAP CENID-RASPA. Margen Derecho Canal del Sacramento km. 6.5, Zona Industrial 4ª Etapa, C.P. 35140, Gómez Palacio, Durango, México. ²UAAAN-Unidad Saltillo. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315 Saltillo, Coahuila, México. ³Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Biológicas. Laboratorio de Biología y Ecología Forestal. Av. Universidad S/N. Fracc. Filadelfia. Gómez Palacio, Durango. C. P. 350104. *Autor de correspondencia: im_aldo09@hotmail.com

Introducción

El cambio climático es un tema relevante atribuido a las actividades humanas que han modificado la variabilidad climática natural con importantes repercusiones en los ecosistemas terrestres (Cassman y Wood 2005). El aumento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero y la alteración de la frecuencia e intensidad de fenómenos hidroclimáticos extremos son impactos comunes del cambio climático (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático 2014). Por lo tanto, es esencial disponer de un conjunto robusto de registros climáticos históricos para discriminar los cambios naturales en la variabilidad climática de los atribuidos a un origen antropogénico, especialmente en regiones agrícolas altamente tecnificadas, pero donde la disponibilidad de agua limita la producción de alimentos.

El norte de México es una región propensa a sequías frecuentes, debido a las condiciones áridas dominantes de su orografía, además de estar ubicado en el cinturón subtropical de altas presiones (Ault, 2020). El centro de Chihuahua se caracteriza por una serie de problemas ambientales con impacto internacional, como el cambio de uso de suelo, la sobreextracción de minerales del lecho de los ríos, la contaminación del agua y las frecuentes sequías (Linares, 2004). La región está influida por la teleconexión del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) (Stahle et al., 1998) en particular la fase cálida El Niño, que provoca lluvias invernales y escorrentías superiores a la media (Woodhouse et al., 2012), mientras que la fase fría de La Niña provoca sequías extremas (Stahle et al., 2020). El objetivo del presente estudio fue analizar la influencia del fenómeno océano-atmósfera el Niño Oscilación del Sur en la temperatura media en la cuenca del río Conchos.

Materiales y métodos

El presente estudio se desarrolló en el centro de Chihuahua, México, localizado en las coordenadas extremas 26°05' a 29°55'N, y 104°20' a 107°55'O, con una elevación de 772 a 3,282 msnm, y una superficie de 68,387 km². El clima dominante en la cuenca varía entre muy árido, árido, semiárido y subhúmedo (García, 1998). Se descargaron un total de 27 cronologías de madera temprana, madera tardía y anchura total de anillos de *Pinus cembroides*, *Pinus arizonica*, *Pinus durangensis*, *Pinus lumholtzii* y *Pseudotsuga menziesii* de la base de datos International Tree-Ring Database (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2003). La información de temperatura media, se descargó del modelo North American Land Data Assimilation System v002 (NLDAS-2). Dicha base de datos brinda información de variables incidentes en la superficie terrestre como la humedad y temperatura superficial, flujos de radiación, calor latente y sensible, esto, mediante la integración de datos observados y modelado de la superficie terrestre (Mocko, 2012).



El modelo NLDAS comprende datos horarios y acumulados mensuales desde 1979 hasta 2018; este trabajo fue generado en conjunto de un grupo nutrido de instituciones de renombre Internacional, tales como, el National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), el National Centers for Environmental Prediction (NCEP), el Environmental Modeling Center (EMC), la National Aeronautics and Space Administration's (NASA), el Goddard Space Flight Center (GSFC), el NOAA National Weather Service (NWS), el Office of Hydrologic Development (OHD), el NOAA Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS), el NOAA Climate Prediction Center (CPC) y diversas universidades, tales como la Universidad de Princeton, la Universidad de Washington, la Universidad de Maryland y la Universidad de Rutgers.

La asociación entre la temperatura media y las series regionales, se generaron mediante correlación de Pearson ($p < 0.01$) a escala mensual y estacional. Para dicho análisis, se consideraron siete meses previos al año de crecimiento y los siguientes doce meses del año actual (Thi-Hoan et al., 2013) mediante el software Dendroclim (Biondi y Waikul, 2004). Para la reconstrucción de clima, se desarrolló un modelo de regresión lineal con los periodos con correlación más alta y significativa. El modelo fue validado mediante la subrutina "verify" de la Librería de Programas Dendrocronológicos de la Universidad de Arizona, considerando la mitad de los registros para calibración y el resto para verificación del modelo. Para validar el modelo, se consideraron los parámetros de correlación de Pearson, coeficiente de Durbin-Watson, reducción del error y el coeficiente de eficiencia con el software Minitab ver 17. Para determinar la influencia de la variable reconstruida y la coherencia de fase en relación con el ENSO, se realizó un análisis de coherencia de ondeleta del período común entre la temperatura reconstruido y el índice ENSO (Li et al., 2011) mediante el paquete biwavelet en R versión 3.4.3. (Tarik et al., 2017).

Resultados y discusión

La reconstrucción de temperatura media se extendió desde 1775 hasta 2017 utilizando la cronología de madera temprana, sin embargo, se completó la serie con los datos actuales 2017-2022 del modelo NLDAS-2 (Figura 1). Considerando el percentil 95 los eventos con temperatura media más alta se encontraron en 1775 (25.11°C), 1801 (25.26°C), 1805 (25.08°C), 1860 (24.95°C), 1892-1894 (25.10, 25.44 y 25.18°C), 1951 (24.94°C), 1953-1954 (24.99 y 24.83°C) y 2011-2012 (25.08, 24.98°C). La línea decadal flexible se ajustó para resaltar eventos de baja frecuencia.

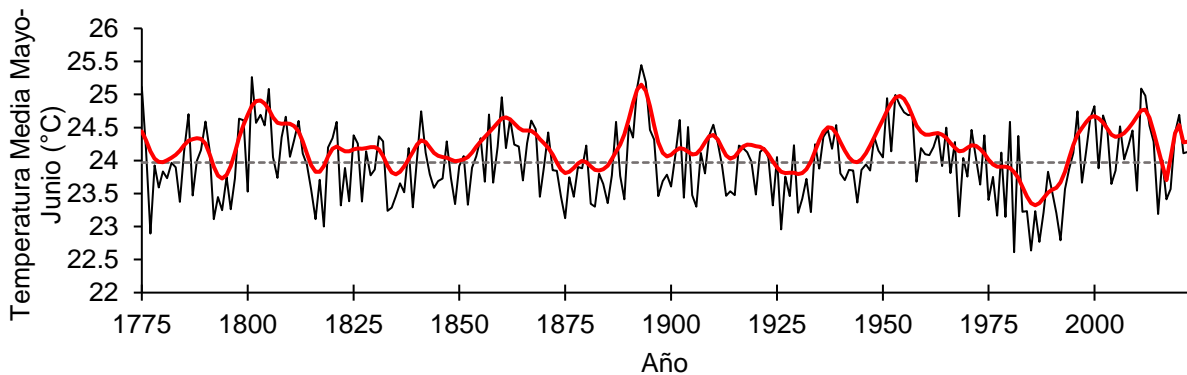


Figura 1. Reconstrucción de temperatura media anual para el periodo de 1775 a 2022 para la Cuenca del Río Conchos. La línea negra sólida es la reconstrucción de temperatura, la línea roja es una línea decadal flexible para denotar eventos de baja frecuencia, la línea gris punteada es la media.



El fenómeno del ENSO 3.0 mostró una asociación significativa en anti-fase ($r = -0.34$, $p < 0.000$, $n = 228$; Figura 2a), lo cual se puede corroborar con la figura 2b, donde se muestran diversos periodos significativos ($p < 0.05$) en anti-fase (flechas a la izquierda); entre ellos se encuentran periodos de 1 a 4 años de 1770 a 1800, 1845 a 1850 y 1860 a 1900, con periodos de 6 a 10 años de 1875 a 1920 y de 6 a 8 años de 1990 a 2000.

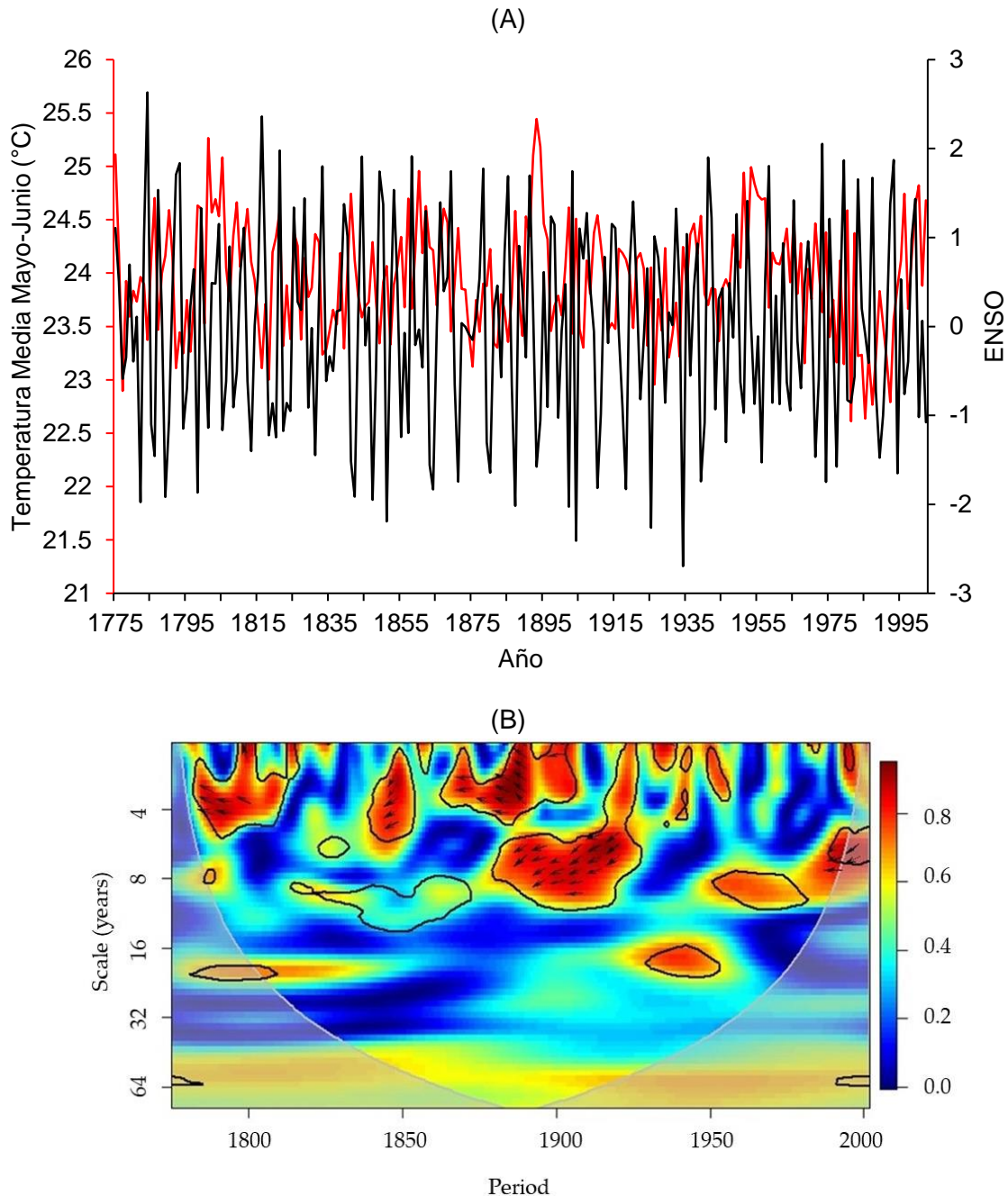


Figura 2. Asociación entre la reconstrucción de temperatura media y el ENSO 3.0. Las líneas y etiquetas color rojo corresponden a la temperatura (A). Análisis de coherencia de ondeleta, las zonas color rojo y con contorno corresponden a periodos significativos, las flechas a la izquierda hacen referencia a una anti-fase.



Conclusiones

A través de la dendrocronología fue posible reconstruir la temperatura media en la cuenca del río Conchos, utilizando información de datos asimilados para tal efecto. Se encontró una relación significativa en anti-fase entre la temperatura media y el fenómeno ENSO en periodos de 1 a 4 años de 1770 a 1800, 1845 a 1850 y 1860 a 1900, con periodos de 6 a 10 años de 1875 a 1920 y de 6 a 8 años de 1990 a 2000.

Referencias

- Ault, T.R. On the essentials of drought in a changing climate. *Science* 2020, 368, 256–260.
- Biondi F., K. Waikul 2004. Dendroclim2002: AC++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computer & Geosciences*. 30: 303–311.
- Li, J., S.-P. Xie, E.R. Cook, G. Huang, R. D'Arrigo, F. Liu, J. Ma, and X.-T. Zheng. 2011. Interdecadal modulation of El Niño amplitude during the past millennium. *Nature Climate Change*, Vol. 1, Issue 2, pp. 114-118, May 2011 doi:10.1038/nclimate1086
- Linares, M. La sequía en la cuenca del río Bravo: Principios de política [Drought in the Rio Grande Basin: Policy principles]. *G.Ecol.* 2004, 70, 57–66.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 2003. Tree ring data from the international tree-ring data bank (ITRDB), NOAA/NCDC paleoclimatology program.
- Mocko, D. 2012. NLDAS Primary Forcing Data L4 Monthly 0.125 x 0.125 degree V002, Greenbelt, Maryland, USA, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC).
- Stahle, D.; D'Arrigo, P.; Krusic, M.; Cleaveland, K.; Cook, E.; Allan, R.; Cole, J.; Dunbar, R.; Therrell, M.; Gay, D.; et al. Experimental dendroclimatic reconstruction of the Southern Oscillation. *Bull. Am. Meteor. Soc.* 1998, 79, 2137–2152.
- Stahle, D.W.; Cook, E.R.; Burnette, D.J.; Torbenson, C.A.; Howard, I.M.; Griffin, D.; Villanueva-Diaz, J.; Cook, B.I.; Willimas, A.P.; Watson, E.; et al. Dynamics, Variability, and Change in Seasonal Precipitation Reconstructions for North America. *J. Clim.* 2020, 33, 3173–3194.
- Tarik CG, Aslak G, Viliam S (2017) R package "biwavelet": conduct univariate and bivariate wavelet analyses (Version 0.20.15). <https://github.com/tgouhier/biwavelet>
- Thi-Hoan, L., J. Kyoung-Soo, L. Hyung-Woo, C. Woo-Jung, L. Kye-Han 2013. Correlation of tree ring growths of four major species with climate changes in South Korea. *Forest Science and Technology* 9(4): 180–186.
- Woodhouse, C.; Stahle, D.; Villanueva, J. Rio Grande and Rio Conchos water supply variability over the past 500 years. *Clim. Res.* 2012, 51, 125–136.



CARBONO ALMACENADO EN UNA PLANTACIÓN FORESTAL COMERCIAL DE CANDELILLA (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) CON DIFERENTES INTENSIDADES DE APROVECHAMIENTO.

Antonio Cano-Pineda^{1*}, Adrián Hernández-Ramos^{1,2}, Jonathan Hernández-Ramos³,
Fátima López-López², Xavier García Cuevas³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515, Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. ²Estudiante de doctorado del Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados. ³INIFAP-Campo Experimental Chetumal. *Autor de correspondencia: cano.antonio@inifap.gob.mx

Introducción

Las plantaciones forestales comerciales en el semidesierto son prácticamente inexistentes pero su mayor implementación permitiría reducir la presión sobre las poblaciones naturales, ayudando a mitigar los efectos provocados por la remoción de los matorrales desérticos y contribuyendo a solucionar las necesidades de la demanda de productos forestales no maderables. Desde el punto de vista ambiental, las Plantaciones Forestales Comerciales de candelilla PFCc tienen la capacidad de absorber el carbono presente en la atmósfera e incorporarlo al ecosistema, almacenando así carbono que de otra manera seguiría libre, convirtiéndose de esta manera en una de las principales alternativas como sumideros de CO₂ atmosférico. El suelo es el principal almacén de carbono en los matorrales y pastizales desérticos, representando desde 45% hasta 90% del carbono del ecosistema (Briones, 2023). El carbono almacenado en la biomasa de los tallos, hojas y raíces de las plantas de los matorrales y pastizales oscila entre 5.7 a 16.3 mega gramos por hectárea (Briones, 2023). La candelilla es probablemente la especie forestal no maderable de mayor importancia comercial y económica en el semidesierto del noreste de México. ya que tiene una gran diversidad de aplicaciones y es actualmente utilizada en más de 20 industrias distintas de todo el mundo, principalmente en los Estados Unidos, la Unión Europea y Japón (Hernández-Ramos et al., 2019). La mayor densidad de candelilla se concentra en el estado de Coahuila y es por lo tanto el principal productor de cera, con cerca del 80 % de la producción nacional (Padilla, 1959). Ante la necesidad de contar con materia prima abundante (cera de candelilla) que sostenga la cadena productiva, el aprovechamiento intensivo ha sido una opción desde hace varias décadas; sin embargo, esta práctica tiene un gran impacto en la conservación de sus poblaciones naturales, ya que su aprovechamiento implica la extracción total de la planta en grandes extensiones de terreno. En este sentido las PFCc se presentan como una nueva opción productiva y de manejo sostenible de la especie, mostrando además un gran potencial de respuesta a condiciones adversas durante su establecimiento y desarrollo (Cano et al. 2019). A pesar de su gran importancia, existen grandes vacíos de información sobre la capacidad para secuestrar carbono por los matorrales y pastizales, por lo que el presente trabajo pretende contribuir al conocimiento sobre la captura de carbono en PFCc bajo manejo.

Materiales y Métodos

Área de estudio. La PFC de *E. antisyphilitica* de 11 años está ubicada en el Ejido El Ojito, municipio de Ramos Arizpe, dentro de la región semiárida al sur del estado de Coahuila. El sitio se encuentra a una altitud de 1049 m, con un clima seco semicálido (BWhw), lluvias escasas todo el año, un porcentaje de precipitación invernal del 18 %, temperatura media anual entre 20° y 22° C y una precipitación media anual que oscila entre 150 y 500 mm (González, 2012).

Diseño experimental. En una PFC de *E. antispyhillitica* (200 ha) se distribuyeron de forma aleatoria 15 parcelas de muestreo de 300 m², las cuales se dividieron en 6 subparcelas de 5 m x 10 m y se les aplicó de manera aleatoria un tratamiento de intensidad de cosecha (% de extracción de candelilla) y un testigo de referencia sin aprovechar (Figura 1; Cuadros 1). Para evitar sesgo e independencia entre observaciones se realizó una aleatorización de los tratamientos dentro de cada subparcela.

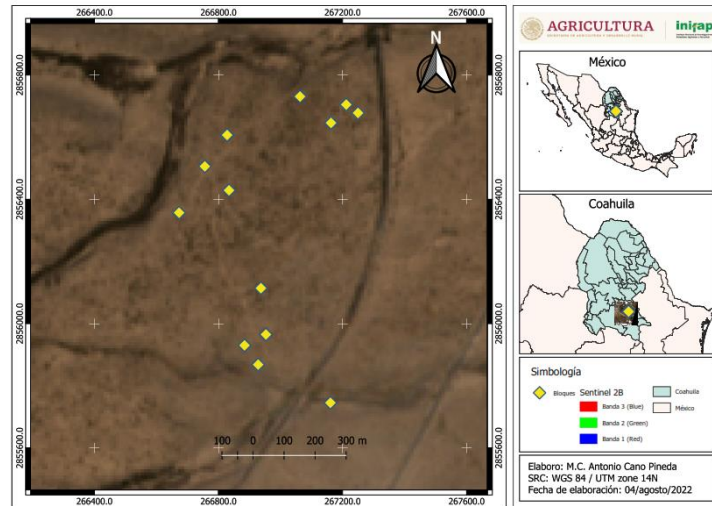


Figura 1. Ubicación geoespacial de las parcelas de muestreo de *Euphorbia antispyhillitica* dentro de la PFC, en el Ejido El Ojito, Ramos Arizpe, Coahuila.

Cuadro 1. Intensidad de aprovechamiento y método de extracción de *Euphorbia antispyhillitica* (descripción de los tratamientos).

CODIGO	ID	DESCRIPCIÓN
T_100	1	Extracción total de la planta con el método tradicional
T_75	2	Extracción del 75 % de la planta con el método tradicional
T_50	3	Extracción del 50 % de la planta con el método tradicional
T_25	4	Extracción del 25 % de la planta con el método tradicional
R_100	5	Extracción total de la planta con rozadera
Testigo	6	Sin extracción

Toma de datos en campo y cálculo de biomasa. Se colectaron datos bajo dos enfoques, el primero para estimar el almacenamiento total de carbono (C, Mg) de la plantación, donde se requirió de la medición inicial (establecimiento del experimento) del diámetro de la cobertura (D_c , cm) y la altura total (A_t , cm) de cada individuo de *E. antispyhillitica* dentro de cada parcela de muestreo establecida. Posterior, se estimó la biomasa individual (B_i , kg) con la ecuación generada por López *et al.* (2021) ($B_i = 0.0001410 * D_c^2 + 0.0029780 * A_t$); la biomasa total (B_t , kg) por parcela se obtuvo a partir de la sumatoria de todas las B_i contenidas; y finalmente los valores se extrapolaron a hectárea para estimar el almacén de C. Y un segundo enfoque para determinar la captura de C después de un año de cosechada la plantación con diferentes intensidades de corte. Para ello, se realizó el conteo de todos los individuos de regeneración incorporados por planta, se midió un diámetro (D_p , cm) y una altura promedio (A_p , cm) de toda la regeneración. La estimación de la B_i (gr) de forma individual se hizo de manera indirecta con la ecuación generada por Cano *et al.* (2020) ($P_v = (0.011184 * D_p^{1.471981} * A_p^{1.091052}) * 0.5$), posteriormente el B_i de la regeneración por planta se obtuvo con la sumatoria de todos los individuos incorporados; de igual manera, los valores se extrapolaron por hectárea.



Estimación del carbono capturado. El carbono se estimó al multiplicar la biomasa total de la parcela y unidad experimental por la fracción de carbono de 0.5 (IPCC, 2003). La tasa anual de fijación se determinó dividiendo el almacenamiento total entre la edad de plantación. Y el CO₂ capturado en la plantación forestal se obtuvo al multiplicar el total del carbono almacenado por el factor estequiométrico de 3.67 (IPCC, 2003).

Análisis estadístico. Se aplicó un ANAVA con un modelo lineal simple para evaluar el efecto de los tratamientos bajo $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6$ vs H_0 : al menos el efecto de un tratamiento es diferente (Fórmula 1). La estadística de prueba para H_0 se construyó con base en las medias de los tratamientos con un $\alpha = 0.05$.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau\beta_{ij} + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

donde $i = 1, \dots, 6$ tratamientos y $j = 1, \dots, 15$ bloques, Y_{ij} : variable respuesta para el efecto de tratamiento i -ésimo y el bloque j -ésimo, μ : es la media general, τ_i : es el efecto del tratamiento i -ésimo, β_j : es el efecto del bloque j -ésimo, $\tau\beta_{ij}$ es la interacción bloque-tratamiento $y \epsilon_{ij} \sim NIID(0, \sigma^2)$ variables aleatorias no observables.

Posterior al ANAVA, se hizo una comparación de medias a partir de la prueba de aditividad de Tukey en 2 pasos, además se realizó un análisis gráfico mediante Box-plot. El análisis se realizó en el paquete estadístico R Studio versión Build 554 (R Core Team, 2022).

Resultados y Discusión

La PFC de *E. antispyhillitica* a 11 años de establecida presentó una biomasa total de 1.614 Mg ha⁻¹, con rangos entre 0.995 y 2.303 Mg ha⁻¹; con un almacén de Carbono total de 0.807 Mg C ha⁻¹, que oscila entre 1.152 y 0.498 Mg C ha⁻¹; una tasa de fijación anual máxima de 0.86 Mg C ha⁻¹ y promedio de CO₂ capturado de 2.962 Mg ha⁻¹ (Cuadro 1). Tomando estos valores y la superficie de plantación de 200 ha se calculó un almacén de carbono de 161.439 Mg y de biomasa de 322.879 Mg.

Cuadro 1. Valores por parcela de biomasa total, carbono y CO₂ capturado en una plantación forestal comercial de *Euphorbia antispyhillitica*.

Parcela	No. Individuos (ha)	Biomasa (Mg ha ⁻¹)	Carbono (Mg C ha ⁻¹)	Carbono anual (Mg C ha ⁻¹)	CO ₂ (Mg ha ⁻¹)
1	4966	1.635	0.817	0.074	3.000
2	4733	1.441	0.720	0.065	2.644
3	4866	1.478	0.739	0.067	2.712
4	4833	1.114	0.557	0.051	2.044
5	5366	1.420	0.710	0.065	2.605
6	5033	1.531	0.765	0.070	2.809
7	5000	1.797	0.899	0.082	3.298
8	4833	1.797	0.898	0.082	3.297
9	5266	2.303	1.152	0.105	4.227
10	4566	1.961	0.981	0.089	3.599
11	4933	1.719	0.860	0.078	3.154
12	5033	1.560	0.780	0.071	2.863
13	4133	1.575	0.787	0.072	2.890
14	4966	1.890	0.945	0.086	3.469
15	2533	0.995	0.498	0.045	1.826



Aunque existen muy escasos datos comparativos Briones (2020), reporta de acuerdo con trabajos realizados en parcelas experimentales, que el carbono total promedio almacenado en la biomasa de los matorrales desérticos es 16.3 megagramos por hectárea ($Mg\ ha^{-1}$; $1\ Mg = 1,000,000\ gramos$) en 34 sitios estudiados, con valores mínimos de $2.5\ Mg\ ha^{-1}$ en un matorral desértico rosetófilo en Chihuahua y máximos de $56.0\ Mg\ ha^{-1}$ en un matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México.

Los resultados del ANAVA indican que el efecto de tratamientos es estadísticamente significativo ($2.2e-16 < \alpha = 0.05$) (Cuadro 2), por lo que se confirma que se rechaza H_0 , esto significa que existen una diferente estimulación en la respuesta de la acumulación de carbono en la plantación de candelilla al primer año de crecimiento, atribuida al método de cosecha empleado para su aprovechamiento.

Cuadro 2. ANAVA con el modelo lineal simple $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$.

Fuente de variación	G.L.	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	5	49.525	9.905	39.9083	$< 2.2e-16^{***}$
Bloque	14	10.377	0.7412	2.9864	0.001268^{**}
Error	70	17.374	0.2482		

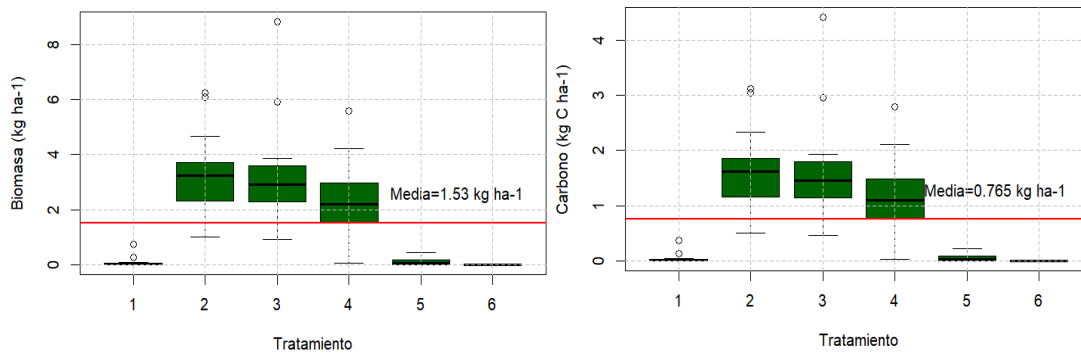
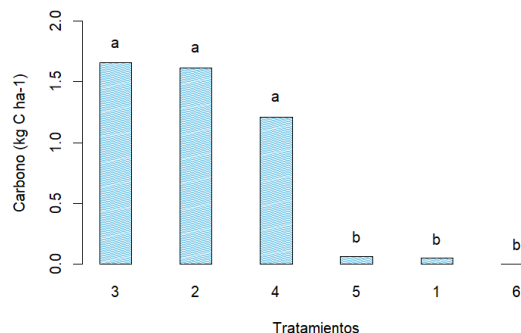


Figura 2. Box-plot de comparación de medias de biomasa y carbono por tratamiento. En tratamientos: 1=T_100, 2=T_75, 3=T_50, 4=T_25, 5=R_100 y 6=Testigo.

La prueba de Tukey indicó una diferencia mínima significativa entre medias de $0.533\ kg\ C\ ha^{-1}$ almacenado; además, los tratamientos 3, 2 y 4 son estadísticamente diferentes a 1, 5 y 6, como se observa en las gráficas box-Plot de comparación de medias (Figura 2; Cuadro 4). Así mismo, los tratamientos con intensidades intermedias, con un porcentaje de biomasa residual para regeneración, presentan mayor captura de carbono y biomasa regenerada en su primer año de crecimiento (Figura 2).

Cuadro 4; Figura 3. Diferencia de medias de los efectos de tratamientos en la captura de carbono en una plantación forestal comercial de *Euphorbia antisiphilitica*.

Tratamiento	Carbono ($Kg\ C\ ha^{-1}$)	Grupo
3	1.656	a
2	1.614	a
4	1.210	a
5	0.065	b
1	0.047	b
6	0.001	b





El tratamiento 3 (Extracción del 50 % de la planta con el método tradicional), 2 (Extracción del 75 % de la planta con el método tradicional) y 4 (Extracción del 25 % de la planta con el método tradicional), son estadísticamente similares en la captura de carbono (Cuadro 4). Esto indica que, a mayores intensidades de corta, se tiene mayor incremento de carbono en plantas de candelilla en plantaciones forestales comerciales. Consideración lo anterior Cano et al. (2022), proponen aprovechamientos con intensidades por planta de 50 a 75% para un manejo sustentable de la plantación. Briones 2020, deduce que el impacto de las zonas áridas en la mitigación del cambio climático radica en su gran extensión, por lo que la ampliación de superficie de plantación con esta especie es una opción para el secuestro de carbono.

Conclusiones

Las buenas prácticas de manejo en PFCc (intensidades de aprovechamiento) promueven una mayor supervivencia, así como mayor crecimiento en altura y diámetro (incremento en biomasa). Bajo las condiciones y aptitud de terreno en que se encuentra la plantación es posible lograr una tasa de fijación anual máxima de $0.86 \text{ Mg C ha}^{-1}$ y promedio de CO_2 capturado de 2.962 Mg ha^{-1} . La producción de biomasa y contenido de carbono en la plantación, fue mayor en tratamientos que implican manejo forestal, sobresaliendo entre estas, las intensidades de aprovechamiento intermedias. Se recomienda aplicar manejo silvícola en plantaciones de candelilla para promover la supervivencia, crecimiento y capacidad de captura de carbono de las mismas.

Referencias

- Briones, O. Secuestro de carbono en los desiertos de México. 2023. INECOL. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1002-secuestro-de-carbono-en-los-desiertos-de-mexico> (consultado en agosto 2023)
- Briones V. Ó., L. 2020. El almacén de carbono en los desiertos de México. CIENCIA UANL / AÑO 23, No.99 enero-febrero 2020.
- Cano P. A, Hernández R. A., Hernández R. J., García C. X., Flores L. C. 2020. Estimación del peso verde de la regeneración natural en plantaciones forestales comerciales de candelilla en Coahuila. Memoria de XXXII Semana Internacional de Agronomía. UJED. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Pp. 1206-1212.
- Cano P. A, Hernández R. A., Villavicencio G. E. E., García C. X. 2019. Definición de la aptitud de terreno para el establecimiento de plantaciones comerciales de candelilla en Coahuila. Memorias, X Reunión Nacional de investigación Forestal. pp 96-98.
- Hernández-R. A., A. Cano-Pineda, C. Flores-López, J. Hernández-Ramos, X García Cuevas, M. Martínez-Salvador, L. Martínez-Ángel. 2019. Modelos para estimar biomasa de *Euphorbia antisiphilitica* Zucc. En seis municipios de Coahuila. Madera y Bosques vol.25, num. 2, e2521806.
- López-Serrano, P.M., Hernández-Ramos, A., Méndez-González, J., Martínez Salvador, M., Aguirre-Calderón, O., Vargas-Larreta, B., Corral-Rivas J.J. 2021. Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y Zacatecas. Proyecto: 2017-4-292674. CONAFOR-CONACYT. México. 74 p. <http://fcfposgrado.ujed.mx/sifoza/inicio/documentos.php>
- Padilla F., G. 1959. Determinación del contenido de cera en plantas de candelilla *Euphorbia* spp en las seis zonas productoras del norte de México. Tesis de licenciatura, ESAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 38p.
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.



EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE MATERIALES CONVENCIONALES DE ALGODÓN PARA LA REGIÓN CENTRO-SUR DE CHIHUAHUA.

Olga Bonilla Barrientos¹, Enrique Hernández Leal^{*1}, Iván Franco Gaytán², Jorge Maltos Buendía²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Delicias, km 2, carretera Delicias-Rosales, Delicias Chihuahua. ²INIFAP-Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila. *Autor para correspondencia: hernandez.enrique@inifap.gob.mx

Introducción

El algodón es un cultivo de gran relevancia social y económica para México y el mundo, esto se debe a factores como la superficie sembrada, las divisas que genera y el sector poblacional dedicado a las prácticas (Delgado et al., 2020). A nivel nacional los principales países productores de algodón es India quien aporta el 37% de la producción mundial seguido de China, Estados Unidos, Brasil, Pakistán que en conjunto representan el 80% de la producción mundial, México está ubicado en el onceavo lugar. La producción de algodón en México se realiza principalmente en los estados de Baja California, Coahuila, Chihuahua, Durango, Sonora y Tamaulipas (SIAP 2022), siendo Chihuahua el estado de mayor superficie sembrada con más de 145 mil hectáreas durante el año 2022. Los principales municipios productores de Chihuahua que destacan por su superficie sembrada son Villa Ahumada, Buenaventura, Janos y Ojinaga. En nuestro país, el 96% de la superficie sembrada es con semilla de importación incrementando los costos de producción, además de que no existen permisos de liberación comercial en México de variedades de algodón genéticamente modificados (GM), ocasionando un desabasto de semillas y por lo tanto se ve reflejado directamente en la superficie cultivada en los últimos años (SIAP 2022). Es por ello, que el objetivo de la presente investigación fue evaluar y seleccionar siete materiales convencionales altamente productivos y con excelente calidad de fibra como alternativas para las variedades transgénicas que se cultivan en los principales estados productores de algodón de México.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en un predio dentro del C.E. Delicias cuya localización geográfica es 28°10'48" N y 105°29'42" O, a 11168 msnm. Donde fueron evaluados fenológicamente cinco materiales convencionales de algodón, tres líneas y dos testigos comerciales (Cuadro 1), antes del establecimiento del experimento se realizó el subsoleo, la rastra cruzada y nivelación de terreno, estas actividades se realizaron con el objetivo de eliminar malezas y rastros del cultivo anterior que pudieran afectar el desarrollo fenológico del cultivo del algodón (Figura 1). La siembra se realizó el 26 de abril a una distancia de 0.76 m entre surcos y nueve plantas por metro lineal, para una población de 115,000 plantas ha⁻¹.

Cuadro 1. Genotipos utilizados para la evaluación del y selección en Delicias, Chihuahua

Variedad	Origen
Cian Precoz	Variedad convencional
Cian-95	Variedad convencional
Juárez-91	Variedad convencional
Laguna-89	Variedad convencional
Nazas-87	Variedad convencional
L1	Línea convencional
L2	Línea convencional
L3	Línea convencional
Deltapine®	TESTIGO
FiberMax-989®	TESTIGO



El 9 de mayo se resembraron algunos materiales donde hubo problemas de germinación. El diseño experimental que se utilizó fue bloques completamente al azar con tres repeticiones, la parcela experimental consiste de seis surcos de 6 m de longitud.

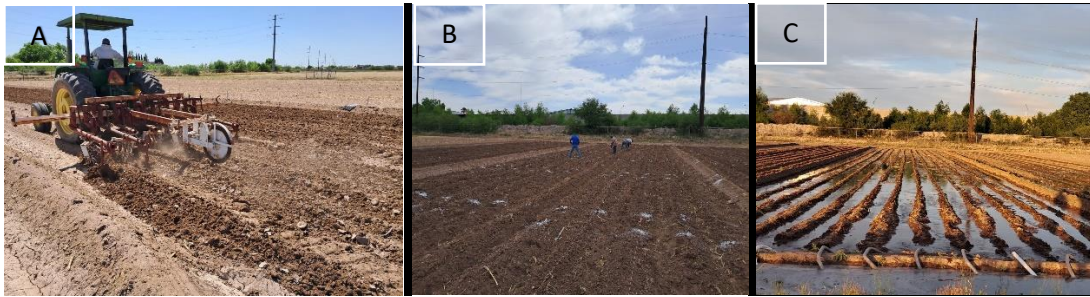


Figura 1. A: Labores de cultivo, B: marcación del terreno y C: Riego de presembrado.

La fertilización se realizó de acuerdo al paquete tecnológico establecido para el estado de Chihuahua y se dividió en dos aplicaciones, la primera fue al momento de la siembra y la segunda aplicación al inicio de la floración; para el registro de datos fenológicos del cultivo se seleccionaron 15 plantas por cada repetición, estas plantas fueron elegidas de los dos surcos centrales, las características que se tomaron en cuenta fueron: plantas sanas, con buen desarrollo, porte fenológico y que tuvieran competencia completa principalmente. La toma de datos se realizó cada tercer día, y se comenzó con la variable de emergencia, formación de cuadros (ICuadros), días a floración (DFlora), floración al 50 % (Flor50), días a formación de bellotas (Capsulas) y formación de bellotas al 50% (Capsu50) según los descriptores de la UPOV (Figura 2).



Figura 2. Registro de datos fenológicos en plantas de algodón; B: Selección de plantas

Durante el desarrollo del cultivo se observaron plagas como: mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), trips (*Thysanoptera*) y araña roja (*Tetranychus urticae*), por lo que se procedió a la aplicación de insecticidas como Confidor®, Sivanto® y Thor® para su control, así como a realizar labores culturales como el retiro de malezas. Con los datos obtenidos en las variables evaluadas, se realizó el análisis de varianza y la prueba de medias (p-tukey) con el programa estadístico InfoStat versión 1.5 (Infostat 2003).



Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se observan los resultados en el análisis de varianza donde la variable de emergencia no mostró significancia ya que todos los genotipos emergieron a los 5 días después de la siembra (DDS), las variables que fueron altamente significativas fue el inicio a la formación de cuadros (Icuadros) y la formación de cuadros al 50% (Cuadros50) entre las variedades, mostrando con ello la amplia variabilidad que existe entre genotipos; así como la variable inicio de floración (IFlora) mostró significancia.

Cuadro 2. Análisis de varianza de materiales convencionales de algodón en Delicias, Chihuahua.

FV	VARIEDAD	ERROR	CV (%)
Emergencia	0.00	0.00	0.00
Icuadros	2.35	**	0.51
Cuadros50	13.11	**	4.20
IFlora	2.61	*	0.94
Flor50	3.56		2.93
Capsulas	1.58		3.96
Capsu50	10.88		2.95
G.L.	9	30	

G.L.: Grados libertad; C. V.: Coeficiente de Variación,

Los resultados de la prueba de medias muestran que el genotipo Juárez-91 fue el más precoz con los valores más bajos para el inicio de formación de cuadros (Icuadros), formación de cuadros al 50% (Cuadros50) y formación de capsulas al 50% con valores de 44.00, 47.50, 59.75 y 82 DDS (Cuadro 3). Mientras que las variables floración al 50% (Flor50) y la formación de capsulas (Icapsulas), no presentaron diferencias significativas. Sin embargo, Wright y Sprengel (2005), mencionan que en condiciones óptimas la planta necesita de 50 a 60 días desde la polinización a la apertura de una bellota, por lo que estos valores son parecidos a los que se observaron en esta investigación. Mientras que el genotipo FiberMax-989® fue el que arrojó los valores más alto en todas las variables. Mientras que el genotipo identificado como Línea 2, tuvo valores altos en las variables Flor50, Icapsulas, Capsu50, con valores de 66.00a, 75.00a y 87.50a respectivamente.

Cuadro 3. Cuadros medios de seis variables fenológicas en variedades convencionales de algodón en Delicias, Chihuahua.

Variedad	Icuadros	Cuadros50	IFlora	Flor50	Icapsulas	Capsu50
FiberMax-989®	46.50 a	52.75 a	62.25 a	67.00 a	76.00 a	86.50 a
Cian Precoz	45.50 ab	49.50 ab	60.75 ab	66.00 a	76.00 a	86.50 a
L3	45.25 ab	51.00 ab	62.00 ab	68.00 a	75.00 a	83.50 ab
L1	45.00 ab	52.25 ab	60.75 ab	66.00 a	77.00 a	86.75 a
Cian-95	45.00 ab	50.75 ab	60.25 ab	66.00 a	75.00 a	85.00 ab
L2	44.75 b	51.00 ab	61.25 ab	66.00 a	75.00 a	87.50 a
Laguna-89	44.50 b	48.00 ab	60.50 ab	65.00 a	76.00 a	85.00 ab
Deltapine®	44.25 b	48.50 ab	60.75 ab	66.00 a	75.75 a	85.50 ab
Nazas-87	44.00 b	48.75 ab	59.75 b	65.00 a	76.00 a	84.75 ab
Juárez-91	44.00 b	47.50 b	60.00 ab	65.00 a	76.00 a	82.00 b
DMS	1.72	4.94	2.34	4.13	4.79	4.41

Medias con letras iguales en las filas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMS: diferencia significativa mínima.



Para la variable de Inicio de floración (IFlora) los valores más altos fueron de 62.25a, mientras que el valor más bajo fue de 59.785 días después de la siembra, Navarro et al., (2010), observaron que la fase vegetativa de una variedad comercial precoz fue de 30 a 33 días en la fase vegetativa, mientras que la floración inicio a los 53 días y la fase de maduración fue a partir de los 100 días, pudiéndose extender hasta los 180. Ritchie et al., (2004), señalan que el periodo de floración dura de seis a ocho semanas, después de la polinización, por lo que los valores observados son similares a los encontrados en esta investigación.

Conclusiones

La variedad de algodón convencional Juárez-91 fue la que mostró los valores más bajos en las condiciones agroclimática de Delicias, Chihuahua, por lo que podría ser establecida de manera comercial con pequeños y medianos productores en parcelas demostrativas para medir su potencial productivo y calidad de fibra.

Referencias

- Delgado, J. C., de la Cruz, S., Clemente, J., & Solano, C. (2020, November). Malezas asociadas al cultivo de algodón en Chihuahua, México. In *Memoria XLI Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza* (pp. 24-26). INFOSTAT. (2003). InfoStat version 1.5. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 232 pág.
- Navarro, R., Gutiérrez, M., Alfonzo, N., & Piñango, L. (2017). Cultivo del algodón. *Vida Rural*, 2(21), 42-43.
- Ritchie, G. L., C. W. Bednarz, P. H. Jost and S. M. Brown. (2004). Cotton growth and development. The University of Georgia. Cooperative Extension. Bulletin 1252. Tifton, GA. USA. 14 p.
- SIAP (2022). Cierre de la producción agrícola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (consulta agosto 2023)
- UPOV (2018). Unión Internacional Para la Protección de las Obtenciones Vegetales Algodón UPOV Code(s): GOSSY *Gossypium* L. www.upov.int.
- USDA. United States Department of Agriculture. 2017. Cotton Production Monthly Report. United States Department of Agriculture. Washington, D. C. <https://www.ams.usda.gov/>
- Wright, D. L. and R. K. Sprenkel. 2005. Cotton growth and development. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. Bulletin SS-AGR-238. Gainesville, FL. USA. 5 p



CALIDAD FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA DE *Agave potatorum* Zucc. (PAPALOMÉ)

E. Edith Villavicencio-Gutiérrez^{1*}, Jorge Méndez González², Ma. Alejandra Torres-Tapia², Antonio Cano Pineda¹, Carolina Curiel-López³.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515, Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. ²Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. ³Departamento Forestal (UAAAN), Saltillo, Coahuila, México. *Autor de correspondencia: villavicencio.edith@inifap.gob.mx

Introducción

Los magueyes, pertenecen a la familia Asparagaceae (The Angiosperm Phylogeny Group, 2009). La distribución del maguey papalomé (*Agave potatorum*), abarca desde el extremo oriental de la cuenca del río Balsas, el Valle de Tehuacán–Cuicatlán, hasta el pie de monte de las sierras Mixtecas y montañas que rodean los Valles Centrales de Oaxaca (García-Mendoza, 2010). En Oaxaca, García-Mendoza (2010) y Sánchez (2005), refieren que esta especie se distribuye en una franja territorial que se extiende del noroeste al sureste de la entidad, en los distritos de Huajuapán, Coixtlahuaca, Cuicatlán, ETLA, Centro, Ixtlán, Miahuatlán, Mixe, Tlacolula, Sola de Vega, Zaachila, Zimatlán, Nochixtlán, Teposcolula y Tlaxiaco. En estas comunidades se aprovecha el acaule o “piña” de la planta para elaborar mezcal “tobalá”, que tiene alto potencial de mercado y distingue por su gran calidad (Barrientos-Rivera et al., 2019). En esta zona, la recolección de agaves silvestres sigue siendo una práctica común entre los destiladores tradicionales de mezcal, lo que induce la deforestación, erosión del suelo y pérdida de biodiversidad. Este tipo de aprovechamiento ha reducido las poblaciones naturales de *A. potatorum* (Martínez-Ramírez et al., 2013), por lo que es necesario generar estrategias para su conservación, propagación y multiplicación. En esta especie la forma de propagación más efectiva es a través de semillas maduras generadas dentro de cápsulas dehiscentes; sin embargo, este método de propagación se ve interrumpido cuando las plantas se cortan para producir mezcal, perdiendo germoplasma, lo que pone en alto riesgo la sustentabilidad del recurso fitogenético; mientras que la reproducción asexual es casi inexistente (Torres et al., 2015). Considerando que la semilla es una unidad reproductiva característica de las plantas vasculares que se utiliza en la propagación y que su calidad está representada por un conjunto de atributos que pueden ser físicos, fisiológicos, genéticos y sanitarios, los cuales permiten su caracterización y definen su aptitud para la siembra, el objetivo del estudio fue evaluar la calidad fisiológica de la semilla para generar estrategias de propagación y multiplicación.

Materiales y métodos

Recolecta de semilla. Se realizó una recolecta masal de semillas de *A. potatorum* en un sitio de una población natural con vegetación de matorral xerófilo asociado con encino (*Quercus* sp.) (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2010) ubicado en el Municipio de San Miguel Piedras, Nochixtlán, Oaxaca, México. El sitio se ubicó a la altitud es 1832 msnm, con un clima semicálido subhúmedo (A)C(w1) (García, 2004), con temperatura media anual de 16.5 °C y precipitación promedio anual de 832.2 mm, en las coordenadas 17° 01' 7.62" N y 97° 13' 19.27" O (Figura 1).

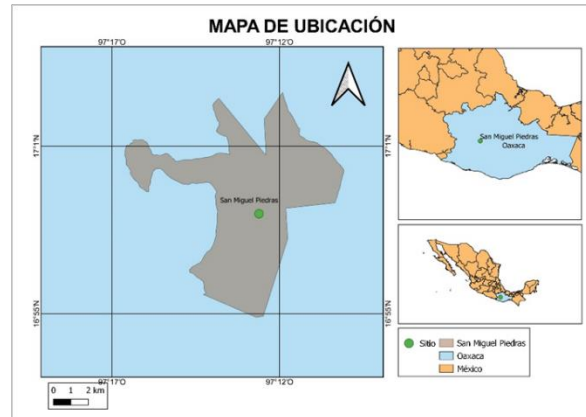


Figura 2. Ubicación del área de estudio en el Ejido Guadalupe Victoria, municipio de San Miguel Piedras, Nochixtlán, Oaxaca.

Diseño experimental. Mediante un arreglo factorial, en un diseño completamente al azar de efectos fijos se evaluó el efecto de dos fechas de conteo de semillas germinadas: a los 10 (F1) y 15 (F2) días después de la siembra (dds), tres tamaños de semilla (Chica, mediana y grande) y cinco tratamientos ácido giberélico (AG₃) a 500 ppm (T1) y a 1000 ppm (T2) e inoculación de micorriza (*Glomus intraradicens*) al 50 % (T3) y al 100 % (T4) (con 46 esporas/gramo), más un testigo con agua destilada (T5), considerando tres repeticiones por tratamiento. Las variables de interés se expresaron en porcentaje; germinación (GE), plántulas normales (PN), anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG), tomando en consideración la descripción de AOSA (1992).

Cuadro 1. Tratamientos pregerminativos en *Agave potatorum*

Código	Id	Descripción
T1	1	500 ppm de ácido giberélico (AG3).
T2	2	1000 ppm de ácido giberélico (AG3).
T3	3	50% inoculación de micorriza (<i>Glomus intraradicens</i>).
T4	4	100% inoculación de micorriza (<i>Glomus intraradicens</i>).
T5	5	Testigo con agua destilada

Análisis estadístico. Consistió en un arreglo 2x3x5 mediante el siguiente modelo bajo la hipótesis $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6$ vs H_0 : efectos del tratamiento entre fechas; efectos del tratamiento entre tamaño de semilla; efectos entre tratamiento en las interacciones fechas y tamaño de la semilla. Se realizó un ANOVA v cuando existieron diferencias estadísticas entre factores, niveles e interacciones, se aplicaron pruebas de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). Todos los análisis se llevaron a cabo con el paquete estadístico R ® versión 3.5.3 (R Core Team, 2020).

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + T_j + \tau_k + (FT)_{ij} + (F\tau)_{jk} + (T\tau)_{ik} + (FT\tau)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}; k = 1, \dots, r \quad (1)$$

Resultados y Discusión

En Anova de las pruebas de germinación registró diferencias significativas en la germinación de *A. potatorum* entre: Fechas ($p= 0.0004$), Tratamientos ($p= 0.0005$); interacciones: Fecha X Tratamientos ($p= 0.0011$) y Tamaño X Tratamientos ($p= 0.0012$). Se obtuvo un coeficiente de variación de 18.12% y el modelo explica más del 63% de la variabilidad de germinación de esta especie.



Efecto de los días de incubación (Fecha). Se presentaron diferencias entre fechas; a los 15 dds se obtuvo la mayor emergencia con una GE de 69 %; resultado superado en otros sitios de colecta de esta región que presentan mayor altitud y precipitación donde se obtuvo una GE de hasta un 85 % con semilla de Zaachila (Valles Centrales de Oaxaca) Ortiz-Hernández *et al.*, (2018), lo que muestra la variabilidad genética que tiene la especie y la influencia del ambiente en el poder germinativo.

Efecto del tamaño. El tamaño de semilla de *A. potatorum* no influyó en el porcentaje de germinación ($p = 0.3335$) a pesar de que se ha registrado una estrecha relación entre el tamaño de la semilla y el porcentaje de germinación (Vázquez-Díaz *et al.*, 2011) debido al contenido de reservas y tamaño del embrión.

Efecto de tratamientos. La mayor germinación de *A. potatorum* (75 %) se obtuvo con la aplicación de ácido giberélico (AG_3) a 500 ppm (T1); superando en 20 % al testigo; Estos resultados muestran que la aplicación de este tratamiento pregerminativo junto con las giberélinas endógenas sintetizadas en el embrión de las semillas de *A. potatorum* activaron el proceso germinativo al romper la latencia de la semilla, promover la imbibición, permitiendo la germinación y crecimiento del embrión como lo refieren Siobhan y McCourt, (2003) influyendo también en el alargamiento del hipocótilo; sin embargo, al duplicar la concentración a 1000 ppm de AG_3 (T2), la prueba de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) indicó diferencias entre tratamientos con una emergencia del 60.56 %. Aunque la aplicación del AG_3 ha sido ampliamente documentada al actuar como un modulador del estímulo ambiental (luz y temperatura) y de la cantidad de giberelinas endógenas sintetizadas en el embrión (Kaya y Kulan, 2020), en *A. potatorum* la aplicación de 1000 ppm de AG_3 generó un efecto inhibitorio como también ha ocurrido en otros cultivares (Vásquez *et al.*, 2019), donde una dosis alta influye negativamente en la división y elongación celular, alterando otras rutas metabólicas, así como la síntesis de α -amilasas y enzimas hidrolíticas (Ho *et al.* 2003) en la capa de aleurona. Al aumentar la dosis de AG_3 (T2) el promedio de germinación (60.56 %) resultó estadísticamente igual a la obtenido con la inoculación de micorriza (*G. intraradicens*) al 50 y 100 % (T3 y T4) donde se obtuvo una GE de 62.22 % y 65.00 % respectivamente

Los tratamientos con micorriza registraron una diferencia del 12 % con respecto al testigo (T5) sin inoculación y aunque no existe información del efecto micorrizico sobre germinación para esta especie, los resultados hacen suponer que la inoculación contribuyó con la reducción de la resistencia mecánica de la testa (Quiñones-Aguilar *et al.* 2016) y con la producción de fitohormonas como giberelinas y ácido indolacético en la semilla (Alcántara-Cortes *et al.* 2019); sin embargo, para evaluar la colonización en el tejido radicular se requiere de un periodo de inoculación mayor como lo refiere Ballina-Gómez *et al.*, (2017) para que las hifas formen extensiones en el sistema radicular y puedan aumentar la asimilación de nutrimentos del suelo, principalmente fósforo, por lo que se tiene que explorar más este aspecto ya que en la colonización micorrizica así como también los niveles de luz que pueden influyen en este proceso (Sánchez-Mendoza *et al.*, 2019).

El testigo registró menor emergencia con un 53.06 % de GE efecto que muestra la necesidad de aplicar un tratamiento pregerminativo para mejorar la germinación y optimizar el lote de semilla. Los resultados muestran que procesos fisiológicos de la germinación y crecimiento del maguey papalomé pueden ser modificados con el uso de promotores de la germinación, mismos que influyen en el proceso germinativo, como también se ha reportado en *A. lechuguilla*, *A. aspérrima*, *A. salmiana* y *A. striata* (Ramírez, 2010).



Plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG) en *Agave potatorum*. A los 10 dds el Anova registraron diferencias altamente significativas al ($P = 0.0006$), donde las semillas chicas registraron mayor porcentaje de PN (26.19 %) y superaron al resto de las semillas evaluadas; debido a que éstas poseen células más pequeñas, con menor contenido de ADN y con la división celular pueden obtener en menor tiempo un aumento en la germinación (Abril-Saltos, 2017). La cantidad de PA varió entre los tipos de semilla evaluados, las grandes registraron el mayor promedio (43.18 %); mientras que la mayor proporción de SSG se registró con las chicas y grandes (Cuadro 2).

Cuadro 2. Proporción de plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG) entre Fecha y Tamaño de semilla de de *Agave potatorum*

Tamaño	Porcentaje (%)					
	10 dds			15 dds		
	PN	PA	SSG	PN	PA	SSG
Chicas	26.19 a	24.10 c	49.71 a	54.29 b	15.24 b	30.47 a
Medianas	19.31 b	38.65 b	42.04 a	65.71 a	18.57 a	15.72 b
Grandes	4.29 c	43.81 a	51.90 a	69.05 a	20.48 a	10.47 b

dds: Días de siembra; PN: Plantas normales; PA; Plantas anormales; SSG: Semillas sin germinar. Medias con la misma literal dentro de columnas no son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

A los 15 dds el ANOVA registró diferencias significativas ($P = 0.0052$) en el tamaño de semillas; las grandes aumentaron la cantidad de PN (69.05 %) junto con las medianas (65.71 %), las cuales fueron iguales estadísticamente tanto en PN como en PA; destacando que las semillas grandes registraron la menor proporción de SSG. Características que coinciden con lo reportado por Huerta y Rodríguez, (2011) e indican la capacidad germinativa de este tamaño de semilla y así como su resistencia a condiciones adversas. En este periodo las semillas chicas registraron la menor proporción de PN (54.29 %) con el mayor contenido de SSG (Cuadro 1).

Los resultados muestran que el lote evaluado tiene la capacidad para germinar en condiciones favorables y producir plántulas normales; es decir, plántulas con estructuras esenciales (raíces y brotes), con suficiente reserva para desarrollarse como plantas reproductivamente maduras.

Conclusiones

Con la tecnología de semillas se puede realizar el análisis fisiológico de la germinación del maguey papalome (*A. potatorum*) para comprender los procesos que promueven la germinación y precisar un tratamiento como estrategia de propagación que permita conservar este recurso fitogenético y promover su uso de manera sustentable. Con la aplicación de 500 ppm de ácido giberélico (AG_3) a los 15 dds se puede incrementar la emergencia de las plántulas principalmente en semillas chicas, lo que puede optimizar el lote de semilla. El aumentar la dosis de fitohormona y micorriza la germinación resulta igual que aplicar agua destilada (testigo).

Referencias

- Abril-Saltos, R. T., Ruiz-Vásquez, J., Alonso-Lazo, G., & Cabrera-Murillo (2017). Germinación, diámetro de semilla y tratamientos pregerminativos en especies con diferentes finalidades. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 703-715. DOI: <https://doi.org/10.15517/ma.v28i3.26205>
- Alcántara-Cortes, J. S., Acero-Godoy, J., Alcántara-Cortés, J. D., & Mora, R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*, 17(32), 109-129. <https://doi.org/10.22490/24629448.3639>
- AOSA, Association Official Seed Analysts. (1992). Seedling evaluation handbook. Association Official Seed Analysts Contribution No. 32 to the handbook of seed testing. *US*, 6(2), 1-100. <https://doi.org/10.1126/science.31.795.477-a>



- Ballina-Gómez, H. S., Ruiz-Sánchez, E., Ambriz-Parra, E., & Alvarado-López, C. J. (2017). Efecto de la luz y micorrizas en la germinación de semillas de árboles de selvas secas. *Madera y Bosques*, 23(3), 29-37. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331531>
- Barrientos-Rivera, G., Esparza-Ibarra, E. L., Segura-Pacheco, H. R., Talavera-Mendoza, Ó., Sampedro-Rosas, M. L., & Hernández-Castro, E. E. (2019). Caracterización morfológica de *Agave angustifolia* y su conservación en Guerrero, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas García-Mendoza, A. J.* (10.29312/remexca.v10i3.1554).
- Calderón de Rzedowski, G., & Rzedowski, J. (2010). Flora fanerógama del Valle de México. *Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Xalapa, Ver., México.* <https://doi.org/10.21829/fb.138.1993.11>
- García-Mendoza, A. J., Ordóñez, M. J., & Briones-Salas, M. (2004). Biodiversidad de Oaxaca. *Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Foundation.* <https://doi.org/10.22201/ib.9786073020305e.2019.c8>
- Ho, T. H. D., Gómez-Cadenas, A., Zentella, R., & Casaretto, J. A. (2003). Crosstalk between gibberellin and abscisic acid in cereal aleurone. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22, 185-194. <https://doi.org/10.1007/s00344-003-0026-7>
- Huerta, R., & Rodríguez, D. (2011). Efecto del tamaño de semilla y la temperatura en la germinación *Quercus rugosa* Née. *Rev. Chapingo*, 17, 179-187. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.053>
- Kaya, M. D., & Kulan, G. E. (2020). Métodos efectivos de cebado de semillas que mejoran la germinación y la emergencia de la remolacha azucarera bajo estrés por baja temperatura. *Sugar Tech*, 22, 1086-1091. <https://doi.org/10.4995/thesis/10251/192892>
- Martínez-Ramírez, S., Trinidad-Santos, A., Bautista-Sánchez, G., & Pedro-Santos, E. C. (2013). Crecimiento de plántulas de dos especies de mezcal en función del tipo de suelo y nivel de fertilización. *Rev. Fitotec. Mex.*, 36(4), 387–393. <https://doi.org/10.35196/rfm.2013.4.387>
- Ortiz-Hernández, Y. D., Gutiérrez-Hernández, G. F., Corzo-Ríos, L. J., García-Ramírez, E., & Martínez-Tomás, A. H. (2018). Varietal and germinative characterization of *Agave potatorum* (Asparagaceae) seeds with different origins. *Ciencias Botánicas*, 96(4), 628-639. <https://doi.org/10.17129/botsci.1914>
- Quiñones-Aguilar, E. E., Montoya-Martínez, A. M., Rincón-Enriquez, G., Lobit, P., & López-Pérez, L. (2016). Effectiveness of native arbuscular mycorrhizal consortia on the growth of *Agave inaequidens*. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 16, 1052-1064. [doi: 10.4067/S0718-95162016005000077][doi: 10.4067/S0718-95162016005000077]
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.* URL <https://www.R-project.org/>.
- Ramírez T. H. M. (2010). Características bioquímico-fisiológicas de la germinación y desarrollo de plantas jóvenes de maguey (*Agave*) y su relación con la especie, temperatura y potencial de agua en el sustrato. *Tesis doctorado. Colegio de Postgraduados.* Montecillo, Texcoco, México. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-01-03>
- Sánchez, L. A. (2005). Oaxaca, tierra de maguey y mezcal. 2a. Edición. *Instituto Tecnológico de Oaxaca.* Oaxaca, México. <https://doi.org/10.7764/ijanr.v48i2.2272>
- Sánchez-Mendoza, S., Vásquez-Altamirano, J. P., Alavéz-Cuevas, O. O., Ruíz-José, M. Á., & Alavés-Jarquín, F. (2019). Efecto de luz led en la germinación de semillas de agaves. *Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca. Ocotlán de Morelos, Oaxaca, México.*, 12-18. <https://doi.org/10.37960/revista.v24i2.31488>
- Siobhan M. B., & McCourt, P. (2003). "Hormone Cross-Talk in Seed Dormancy". *J. Plant Growth Regul.*, 22, 25-31. <https://doi.org/10.1007/s00344-003-0018-7>
- Torres, G. I., Casas, A., Vega, E., Martínez, R. M., & Delgado, L. A. (2015). Population Dynamics and Sustainable Management of Mescal Agaves in Central Mexico: *Agave potatorum* in the Tehuacán Cuicatlán Valley. *Botánica Económica*, 69(1), 26-41. <https://doi.org/10.1007/s12231-014-9295-2>
- Vásquez W., P., Pupiales, P., Viteri, P., Sotomayor, A., Feican, C., Campaña, D., & Viera, W. (2019). Escarificación química y aplicación de ácido giberélico para la germinación de semillas de cultivares de mora (*Rubus glaucus* Benth). *Interciencia.*, 3(44), 161-166. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v11n2.529>
- Vázquez-Díaz, E., García-Nava, J. R., Peña-Valdivia, C. B., Ramírez-Tobías, H. M., & Morales-Ramos, V. (2011). Tamaño de semilla, emergencia y desarrollo de plántulas de maguey (*Agave salmiana* Otto ex *Salm-Dyck*). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(3), 167–173. <https://doi.org/10.35196/rfm.2011.3.167>



PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA COLECTA Y BENEFICIO DE SEMILLA DE MEZQUITE (*Prosopis leavigata*)

Ricardo Rivera Vázquez^{1*}, Dr. Juan Manuel Pichardo González², Dra. Esmeralda Judith Cruz Gutiérrez² y María Celeste Rivera Hernández³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel Allende, Celaya, Guanajuato, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Recursos Genéticos, ³Profesionista independiente. *Autor de correspondencia: rivera.ricardo@inifap.gob.mx

Introducción

A nivel mundial México está catalogado como el cuarto país con mayor diversidad y endemismo (Mittermeier et al., 1998), donde los ambientes semiáridos (matorrales, selvas bajas caducifolias y pastizales) representan alrededor del 27 % de la flora total del país (Gelvez-Gelvez y Pavón, 2013). A pesar de la importancia ambiental de estos ecosistemas, la presión antropogénica ha provocado una degradación y deforestación de los mismos (Góngora, 1996; Buendía et al., 2010). Una de las especies de estos ecosistemas que ha tenido una afectación importante en su superficie ha sido el mezquite (*Prosopis leavigata*). El mezquite es un árbol endémico de México, con amplia distribución, sobre todo en ecosistemas de zonas áridas y semiáridas, y que ha sido utilizado desde épocas ancestrales por las poblaciones rurales (Terrones, et al., 2004; Guzmán, 2009). Del mezquite se obtienen diversos productos, entre los cuales están la harina para fabricar tortillas, galletas y pasteles, como fuente de forraje para el ganado, para la producción apícola por la gran producción de néctar y polen que contienen sus flores, para la extracción de goma para la industria, como planta medicinal, para la obtención de carbón y leña, el uso de la madera para la elaboración de artesanías, muebles, herramientas, postes y vigas, como ornamental en parques y jardines, etc. (González, 2020). Sin embargo, las poblaciones de mezquite se han reducido considerablemente en abundancia y extensión principalmente por la apertura de tierras para actividades agrícolas y la sobreexplotación de leña; además de otros factores en menor proporción, como el uso forrajero, daños por plagas y enfermedades, y plantas parásitas como el muérdago (*Psittacanthus* spp.) y heno motita (*Tillandsia* sp.) (Márquez, 2013). Por lo que planes de reforestación requieren de semilla para obtener planta de calidad.

Materiales y métodos

La tecnología propuesta consiste en el proceso de colecta y beneficio de semilla de mezquite. Son cuatro pasos:

Selección de árboles madre. Éstos deben tener alta producción de vainas, menor proporción de espinas, de porte alto, y baja incidencia de plantas parásitas como muérdago y heno motita.

Recolección de vainas. Hacerlo cuando las vainas se encuentren en maduración, pero sin que se caigan; se debe buscar recolectar las vainas directamente del árbol y no del suelo para evitar problemas de algún daño por hongos; usar guantes de carnaza para evitar el daño de las espinas, considerar el uso de escalera y pinzas con extensiones para cortar las vainas en zonas altas.



Obtención de semilla. Se inicia con el secado a sol extendiendo las vainas de tres días a una semana en un patio de cemento y cubierto para evitar el contacto con la tierra y la intensidad solar, y procurando taparlas o recogerlas cuando allá lluvia; posteriormente se hace una molienda de las vainas de tal modo que las semillas no se dañen, usando para tal fin una máquina desgranadora; después se realiza la eliminación del endocarpio (capa que cubre la semilla) mediante un molino de mano o con pinzas para abrir el endocarpio y sacar la semilla; y finalmente se hace una selección de las semillas para quitar las que tengan daños mecánicos o por gorgojos.

Almacenamiento. Las semillas se almacenan en frascos de plástico transparente y se colocan en un lugar cerrado y seco, a temperatura ambiente; adicionalmente se puede colocar una bolita de naftalina en el frasco para evitar la proliferación de gorgojos. Bajo este proceso las semillas pueden mantener una viabilidad aceptable hasta por cinco años.

Resultados y discusión

Selección de árboles madre. Respecto a la selección de árboles madre, se tomó la parcela que se tiene de dicha especie en el Arboretum Forestal del Campo Experimental Bajío del INIFAP. Cada parcela del arboretum tiene 15 ejemplares, divididos en tres surcos con cinco ejemplares cada uno; tomando como árboles madre los tres árboles centrales de la parcela.

Los árboles madre de mezquite seleccionados cumplen con las condiciones referidas en la sección de metodología (alta producción de vaina, espinas regulares y sin problemas de plantas parasitas) (Ver Figura 1), además de que se tienen ejemplares en competencia completa y sin afectaciones por efecto de borde al seleccionar los ejemplares al centro de la parcela.



1



2

Figura 1. Ejemplares de mezquite seleccionados como árboles madre: 1. Porte del árbol, 2. Alta producción de vainas.

Recolección de vainas. La recolección de vainas se realizó de acuerdo con la fenología de la especie (julio a agosto), logrando colectar 30 kg de vaina fresca.



Obtención de la semilla. Las vainas colectadas se extendieron en un plástico negro en un área soleada del vivero del Instituto, por la tarde se recogían las vainas y se guardaban en costales, al día siguiente se repetía la operación. De los 30 kg de vaina fresca, quedaron 18 kg de vaina seca (6 kg por árbol). Las vainas cuando ya estaban secas, con un porcentaje de humedad entre el 20 y 30%, se molieron en una desgranadora (de granos pequeños como cebada, avena o trigo, incluso para desgranar maíz). En este caso, se usó una máquina diseñada para cebada, lo importante es que se pueda separar la semilla con endocarpio del resto de la vaina. De los 18 kg de vaina seca se obtuvieron 8.8 kg de semilla con endocarpio (2.93 kg por árbol).

La semilla con endocarpio se deja secar nuevamente durante tres días al menos, después se hace una selección de las semillas con endocarpio, eliminando todas aquellas semillas que presenten daños por plagas como los picudos o daños mecánicos por el paso en la máquina. De los 8.8 kg de semilla se obtuvieron 8 kg de semilla con endocarpio limpia (2.66 kg por árbol). La semilla con endocarpio se pasa por un molino manual para quitar el endocarpio, en esta etapa es cuando se pierde un porcentaje importante de semilla por daños mecánicos (hasta el 30%), por lo que se puede optar por cortar la semilla manualmente con el uso de pinzas de corte, pero el proceso se vuelve muy lento. De los 8 kg de semilla con endocarpio se obtuvieron 1.2 kg de semilla limpia. Lo que representa que de cada árbol de mezquite se pueden obtener 400 g de semilla.

Almacenamiento de la semilla. La semilla obtenida (con humedad menor al 14%) se guarda en frascos de pet, de preferencia de 1 L de capacidad lo que representa 900 g de semilla, agregando una bolita de naftalina para evitar la proliferación de gorgojos. Estos frascos se almacenan en un almacén cerrado y fresco, así puede permanecer hasta por cinco años sin perder viabilidad.



A. Secado de vainas.



B. Molienda de vainas.



C. Secado de semilla con endocarpio.



D. Selección de semilla.



E. Eliminación del endocarpio de la semilla.



F. Almacenamiento de la semilla obtenida.

Figura 2. Proceso de beneficio de la semilla de mezquite. A. Secado de vainas, B. Molienda de vainas, C. Secado de semilla con endocarpio, D. Selección de semilla, E. Eliminación del endocarpio de la semilla, y F. Almacenamiento de la semilla obtenida.



Las ventajas de este proceso se muestran a continuación, y en la Figura 2 se muestra el resumen del proceso.

- Disminuyen los daños por hongos fitopatógenos al cortar directamente las vainas de los árboles antes de que caigan.
- Disminuyen los daños por hongos fitopatógenos al colocar un material (en este caso plástico) que evite la relación directa con el suelo, cuando se están secando.
- Las moliendas que se hacen a las vainas incrementan el volumen de semilla con endocarpio, lo cual es útil cuando la producción exige una alta cantidad de semilla.
- Trabajar con un bajo porcentaje de humedad (menos del 30% en vainas) se evita la proliferación de hongos e insectos.
- El almacenamiento de las semillas con bajo porcentaje de humedad (12-14%), permite su almacenamiento sin pérdida de su viabilidad.
- El uso de bolitas de naftalina asegura que la semilla no se “pique” por plagas de almacén (gorgojos), estas bolitas tienen baja toxicidad para su manejo por el personal y son eficientes en el control de plagas.
- Las semillas se pueden usar para los propios planes de producción de planta o para comercializarlas ante viveros gubernamentales o privados para que ellos hagan su propia producción.

Conclusiones

La calidad de la semilla mejora desde la elección de árboles madre con características fenotípicas “*ad hoc*” al interés de cada productor de planta. El beneficio a la semilla con los mejores estándares de manejo asegura que la semilla tenga una calidad homogénea, y con ello se asegura la viabilidad y germinación de la misma. Con este proceso, se podrán desarrollar nuevas unidades de producción de germoplasma que aporten semilla para los diversos organismos encargados de hacer reforestaciones.

Referencias

- Buendía, R., E., E. Flores A., O.S. Magaña T., T. Pineda O., F. Carrillo A., y M. Acosta M. (2010). Uso de sistemas de información geográfica para la determinación de rodales semilleros y su área de influencia para reforestación. Folleto Técnico No. 38. INIFAP. SAGARPA. Texcoco. México. 39 p.
- Gelvez-Gelvez, S.M. y N.P. Pavón H. (2013). Diversidad de especies arbustivas en una zona semiárida del centro de México. México. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, volumen (19), número 3, pp. 323-335. https://doi.org/10.5154/r_rchscfa.2012.08.049
- Góngora, S., E. S., J. Arroyo A., B. Verduzco C., A. Sánchez B. y L. A. Velázquez G. (1996). Reflexiones sobre medio ambiente y desarrollo en latino américa. UJAT, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 12(23) 1996:113-120. <https://doi.org/10.19136/eraa12n23.598>
- González C., Z. H. (2020). Compendio de usos de mezquite con contribuciones del público mexicano. Universidad de Nottingham, GCRF, Reino Unido, China y Malasia. https://www.researchgate.net/publication/344588947_Compendio_de_usos_de_Mezquite_con_contribuciones_del_publico_mexicano_Julio_del_2020
- Guzmán L., M.A. (2009). *Distribución, sistemática y algunos aspectos ecológicos del mezquite (Prosopis spp.) en el estado de Nuevo León, México*. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL, México. <http://eprints.uanl.mx/1963/>
- Márquez C., A. (2013). *Descubrimiento de las determinantes que potencian el desarrollo económico en la región sur de Jalisco a través del cultivo de Mezquite*. Tesis de maestría. Departamento de economía, administración y mercadología, ITESO, Jalisco, México. <https://rei.iteso.mx/handle/11117/3599>
- Mittermeier, R.A., N. Myers, J. B. Thomsen, G.A.B. Fonseca y S. Oliveri. (1998). Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology*, volumen 12, pp 516-520.
- Terrones R., T. del R.L., C. González S. y S.A. Ríos R. (2004). Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato. Libro técnico No. 2, INIFAP, Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto., México. 216p.



SUSTENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ AMARILLO EN EL DISTRITO DE DESARROLLO RURAL 33 CUAUHTÉMOC, CHIHUAHUA.

Mercedes Borja Bravo^{1*}, Sergio Arellano Arciniega¹, Omar Castor Ponce García²,
Jesús Manuel Ochoa-Rivero³

¹INIFAP – Campo Experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. ²INIFAP – Sitio Experimental Sierra de Chihuahua, Chihuahua, México. ³INIFAP- Campo Experimental La Campana, Aldama, Chihuahua, México. *Autor de correspondencia: borja.mercedes@inifap.gob.mx

Introducción

El Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 33 Cuauhtémoc en Chihuahua es una región importante en la producción de grano de maíz amarillo y se conforma por los municipios de Cuauhtémoc, Bachíniva, Cusihuirachi, Guerrero, Namiquipa y Riva Palacio. En 2021 se destinaron en estos municipios 65.3 mil ha para maíz amarillo y se obtuvo una producción de 589.3 mil t (SIAP, 2022), que representaron el 39.3 % de la producción estatal. En el mismo año, los municipios con mayor superficie sembrada de maíz amarillo fueron Cuauhtémoc (46.5 %) y Namiquipa (33.9 %), con rendimientos medios de 11.05 y 10.62 t ha⁻¹, respectivamente (SIAP, 2022). Un sistema productivo es aquel capaz de permanecer en el tiempo, ya que promueve la conservación de los recursos naturales, del capital social y genera un ingreso económico suficiente para la subsistencia del mismo. En la actualidad, el término de sustentabilidad es altamente utilizado, sin embargo, su medición es una labor altamente compleja que debe abordar los tres aspectos del desarrollo sustentable: social, ambiental y económico, de forma integrada (Abraham *et al.*, 2014). Existen diversas metodologías que proponen el uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de un sistema de producción (Fonseca, 2021). Esto se debe a que los indicadores permiten suministrar información sobre la situación actual o evolución de un sistema a los responsables de la toma de decisiones, organizaciones y productores (Abraham *et al.*, 2014). Por lo anterior y como una forma de generar información, el objetivo del estudio fue construir indicadores que reflejen y caractericen las dimensiones de la sustentabilidad (económica, social y ambiental) de los sistemas de maíz amarillo en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 33 Cuauhtémoc en Chihuahua.

Materiales y métodos

El área de estudio comprendió los municipios de Bachíniva, Cuauhtémoc, Cusihuirachi, Guerrero, Namiquipa, y Riva Palacio. El área presenta altitudes superiores a los 2,000 metros sobre el nivel del mar (msnm); la precipitación pluvial promedio histórica anual de 400 a 500 mm (INAFED, 2020). La información se recopiló mediante una encuesta que se aplicó a productores de maíz amarillo. El tamaño de muestra se obtuvo de acuerdo con la fórmula de muestreo aleatorio simple sin reemplazo, y se consideró la varianza máxima (Borja *et al.*, 2018). Matemáticamente, la fórmula fue la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 N p q}{(N - 1) e^2 + Z^2 p q}$$

Donde n fue el tamaño de muestra; N la población (839); Z fue el valor de la distribución normal estándar para un nivel de confianza de 95 %; p el valor de la proporción priori de varianza máxima de una variable de proporción (0.5); y e fue el error máximo permisible de la estimación, en este caso 10 %.



El tamaño de muestra estimado fue de 102 productores. El levantamiento de encuestas se realizó durante el periodo comprendido de mayo a octubre de 2021. Para el análisis de la información, se ordenaron las bases de datos en el programa Excel 2016 y se estimaron los indicadores, mismos que se observan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Variables utilizadas en la cuantificación de las dimensiones de sustentabilidad.

Dimensión	Variable	Indicador
Económica	Autoconsumo	Cantidad de producto para autoconsumo
	Ingreso	Porcentaje de los egresos familiares que se cubren con el ingreso
	Diversificación para la venta	Número de productos para la venta Número de canales para la venta
	Dependencia de subsidios	Número de programas de subsidios en los que participa el productor
Social	Satisfacción de necesidades básicas	Estado de la vivienda Servicios básicos a los que tiene acceso las personas que viven en la finca
	Disposición a permanecer en la actividad	Grado de satisfacción con la actividad
	Integración	Número de organizaciones en las que participa
Ambiental	Manejo del suelo	Manejo del suelo con cobertura vegetal Tipo de labranzas
		Criterios de agregado de nutrientes Uso de fertilizantes nitrogenados kg N/ha/año (de fertilizantes químicos)
	Manejo del agua	Utilización de abonos orgánicos Eficiencia en el sistema de riego
	Manejo del cultivo	Litros por hectárea por año de fitosanitarios Número de prácticas de manejo integrado que conoce y aplica el productor

Para la estimación de los indicadores se aplicó la metodología propuesta por Abraham *et al.* (2014). Para obtener los valores de las 10 variables, a cada indicador se multiplicó por una media ponderada entre el porcentaje de productores sobre el total para cada rango y el porcentaje de sustentabilidad asignado. A su vez para cada variable se hizo un promedio simple con la media ponderada de cada indicador.

Resultados y discusión

Los resultados de la encuesta mostraron que el total de los participantes fueron del género masculino con una edad promedio de 48.5 (± 12.5) años. El 77 % de los productores contaron únicamente con educación primaria, 11 % estudiaron secundaria, 1 % preparatoria y 11 % no tuvieron estudios. En promedio, los productores entrevistados tuvieron 24.7 (± 13.3) años dedicándose a cultivar maíz; no obstante, existen registros de personas con 66 años de experiencia en esta actividad.



El 100 % de los productores se dedicaba a las actividades agrícolas y el 60.4 % mencionó que el total de sus ingresos depende de la agricultura, 35 % combinó las actividades de la ganadería con la agricultura y algunos complementaron sus ingresos con otras fuentes, como negocios y trabajos fijos. Lo anterior, concuerda con lo encontrado por Arias (2009) donde mencionó que la producción agrícola ha dejado de ser suficiente, por lo que los productores se ven en la necesidad de diversificar sus fuentes de ingresos mediante actividades pluriactivas. Aunado, la diversificación de estrategias de supervivencia no agrícolas permite a los productores mejorar la seguridad alimentaria, aumentar la producción agrícola, reducir la restricción de capital y mejorar la gestión de la estacionalidad y los riesgos climáticos (Barret *et al.*, 2001).

Los productores encuestados tuvieron en promedio una superficie cultivable de 131 ± 104 ha, y la superficie osciló entre 5 a 600 ha por productor. El 74 % de las parcelas pertenecen al régimen de pequeña propiedad y el resto fueron ejidales. Lo anterior, contrasta con la tendencia a nivel nacional donde la mayoría los agricultores de maíz cuentan con tierras ejidales (Jaramillo *et al.*, 2018). El 94 % de los productores consideró que la pendiente de su parcela es plana, con suelos arcillosos y francos, una profundidad de 30-60 cm, y una baja cantidad de materia orgánica.

Los productores tienen uno o más sistemas de riego, pero el más utilizado fue por gravedad (71 %), seguido del riego por aspersión (44 %) y fue casi nulo el sistema de riego por microaspersión (5 %) y goteo (2 %). Los productores de maíz abastecen sus parcelas con agua de pozo propio o colectivo; sin embargo, el 7.8 % de los encuestados tuvieron abastecimiento de los dos tipos de posesión de los pozos.

En la Figura 1 se observan los valores de las diez variables que integran la dimensión económica, social y ambiental de los sistemas de producción de maíz amarillo. Las variables de autoconsumo, ingreso, diversificación para la venta y dependencia de subsidios corresponden a la dimensión económica. Los resultados demuestran que el maíz amarillo es destinado para su comercialización, por lo que el indicador de autoconsumo fue bajo y muestra una ausencia de sostenibilidad, mientras que el ingreso que se genera para la subsistencia de las familias campesinas tuvo un indicador de 79.2 % de sustentabilidad y esto fue porque el 60 % de los agricultores cubren sus costos y necesidades familiares con la agricultura. En la diversidad para la venta, los sistemas de producción no fueron sustentables, ya que dependen solo tienen un canal de comercialización y son pocos productos los que comercializan en la unidad de producción. Finalmente, los productores demostraron no tener una alta dependencia en los subsidios otorgados por el gobierno, lo que les hizo tener una sustentabilidad del 95 % en este indicador. Esto último se debe a que en esta zona se ubica una importante población de menonitas, los cuales tienen una baja participación en los programas gubernamentales debido a la idiosincrasia de esta comunidad, al respecto Cruz (2015) señaló que los menonitas no esperan prebendas, créditos o subsidios, pero si el gobierno se los ofrece ellos lo aprovechan para sus procesos de comercialización, bajo el precepto religioso que es por el bien al pueblo. En general, la organización interna de la comunidad menonita puede ser tan autosuficiente que sólo por cuestiones administrativas o comerciales tienen que interactuar con los residentes locales (Bautista y Sánchez, 2018).

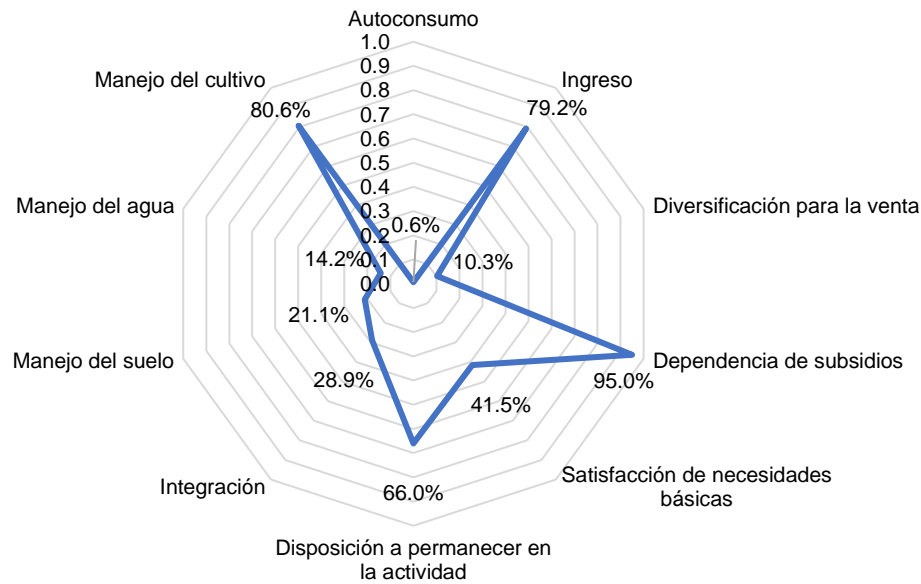


Figura 1. Valores de las variables de las dimensiones de la sustentabilidad de los sistemas de producción de maíz amarillo en Cuauhtémoc, Chihuahua.

Las variables de satisfacción de las necesidades básicas, disposición a permanecer en la actividad e integración, forman parte de la dimensión social de la sustentabilidad. Los valores estimados en la satisfacción de las necesidades básicas indicaron que el estado de la vivienda fue bueno y el 90 % de los productores tenían acceso a electricidad y agua potable, pero no así a salud pública, ya que por lo general asisten a clínicas privadas establecidas en la región, es por ello por lo que el valor de esta variable fue de 41.5 % en una escala de 100 de la sustentabilidad. La disposición a permanecer en la actividad tuvo un valor de 66% de sustentabilidad y eso fue porque la mayoría de los agricultores se sienten satisfechos sembrando maíz amarillo. Finalmente, en esta dimensión se consideró la variable de integración que se conformó el indicador que conformo el número de organizaciones en las que participan los productores, de los productores encuestados es 40.2 % no perteneció a ninguna organización y el 57.8 % si pertenecía, por lo que el valor de la sustentabilidad en esta variable fue de 29 %.

En la dimensión ambiental se evaluaron las variables manejo de suelo, agua y cultivo. Los sistemas de producción de maíz tuvieron una sustentabilidad del 21.1 %, la cual fue baja. Este resultado se explica porque los productores realizan un tipo de labranza convencional y sin dejar cobertura en el suelo, basan sus decisiones de aplicar fertilizantes de acuerdo con su criterio y no como parte de resultados de análisis de suelos o recomendación técnica. Así mismo, solo el 41 % utiliza algún tipo de fertilizante orgánico. En cuanto al manejo del agua, el riego más utilizado fue el de gravedad, lo que implicó que el aprovechamiento del agua sea bajo, el 25 % de los productores tuvo riego por aspersión y este se consideró como una eficiencia media y solo el 2 % de los productores tuvo sistemas de riego por goteo, considerado como eficiencia alta, por lo anterior el manejo del agua tuvo un valor de sustentabilidad del 14.2%. Es decir, en la zona de estudio, el riego rodado es el más utilizado. Se ha reportado que los productores bajo este régimen aplican ocho riegos; cuatro se consideran pesados y cuatro como ligeros. Mientras que en el sistema de riego por aspersión (pivote central) se aplican en promedio 11 riegos; cuatro pesados y siete ligeros.



La aplicación de riegos varía de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo; siendo los más pesados en la pre-siembra y en las etapas de floración y llenado de grano. En consecuencia, es necesario poner énfasis en el manejo y uso eficiente del agua. Finalmente, el manejo del cultivo se integró por dos indicadores, el primero fue por la cantidad de productos fitosanitarios que aplican y el segundo por el número de prácticas integrales que conocen y aplican, el valor de esta variable fue de 80.6 %, lo que indica un valor aceptable de sustentabilidad en esta variable.

Conclusiones

Los indicadores que caracterizan la sustentabilidad de la región productora de maíz amarillo del Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 33 Cuauhtémoc en Chihuahua fueron variantes. En lo económico representan una importante aportación de ingresos para cubrir las necesidades de las familia y derivado de la ideología que prevalece en la población, no son dependientes de subsidios gubernamentales; sin embargo, deben ampliar la cantidad de canales de comercialización. En la dimensión social es importante aumentar la satisfacción de las necesidades básicas, como es el acceso a la salud; así mismo, se debe fomentar la organización entre los productores. Finalmente, en la dimensión ambiental, existe una baja sustentabilidad en el manejo del agua y del suelo derivado a la baja eficiencia de los sistemas de riego que se utiliza en la agricultura y en las pocas prácticas que se realizan para conservar el suelo. Por lo que se recomienda, migrar a esquemas más sostenibles para incrementa la adopción de buenas prácticas en el manejo del recurso agua y suelo.

Referencias

- Abraham, L., Alturria, L., Fonzar, A., Ceresa, A. & Arnés, E. (2014). Propuesta de indicadores de sustentabilidad para la producción de vid en Mendoza Argentina. *Rev. FCA Uncuyo*, 46(1), 161-180.
- Arias, P. (2009). La pluriactividad rural a debate. En: Carton, G. H. y Martínez, V. L. (*Comps.*). La pluriactividad en el campo latinoamericano (171-206). FLACSO.
- Barrett, C. B.; Bezuneh, M. & Aboud, A. (2001). Income diversification, poverty traps and policy shocks in Côte d'Ivoire and Kenya. *Food Policy*, 26(4), 367-384.
- Bautista, E., y Sánchez, Ó. A. (2018). Diáspora transnacional de comunidades entre menonitas de México y Brasil. *Revista mexicana de sociología*, 80(4), 739-765.
- Borja, B.M., Vélez, I. A. y Ramos, G. J. L. (2018). Tipología y diferenciación de productores de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Calvillo, Aguascalientes, México. *Región y sociedad*, 30(71), 1-22.
- Cruz, C. M. (2015). Las acciones del gobierno para los menonitas de una colonia en México. *Siwo*, 9(1), 223-238. <http://dx.doi.org/10.15359/siwo.9-1.10>
- Fonseca, C. N. E. (2021). Metodología para medir la sustentabilidad en agroecosistemas familiares campesinos. Editorial de la Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá. 122 p.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). (2020). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México.
- Jaramillo, J. G., Peña, B. V., Hernández, J. H., Díaz, R., & Espinosa, A. (2018). Caracterización de productores de maíz de temporal en Tierra Blanca, Veracruz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(5), 911-923.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Producción agrícola: cierre de la producción agrícola (1980-2021). <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>



ESTIMACION DE LA COBERTURA DEL SUELO EN UNA IMAGEN CLASIFICADA, MEDIANTE UN CUADRANTE VIRTUAL EN UN AGOSTADERO EN PANUCO, ZACATECAS.

José Israel Casas Flores¹, Alfonso Serna Pérez¹, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹.

¹INIFAP-Campo Experimental Zacatecas, Calera Zac. México. 98500. *Autor para correspondencia: casas.israel@inifap.gob.mx

Introducción

El uso de imágenes multiespectrales para el análisis de los recursos del pastizal es útil para la planificación del manejo ganadero y su diagnóstico ambiental (Álvarez-Lopezello et al., 2016). Los métodos de clasificación supervisados, son procedimientos empleados para la identificación de áreas espectralmente similares dentro de una imagen obtenida (Willington et al., 2013). Por lo que el usuario previamente selecciona las regiones de interés en el área de estudio y el algoritmo de clasificación elegido extrapola estas características espectrales en otras regiones de la imagen, realizando así la clasificación (Castillejo-González et al., 2009). Utilizando esta imagen es posible estimar la cobertura de los diferentes componentes de interés dentro del sitio de estudio. Los métodos para estimar la cobertura del suelo generalmente se realizan de manera directa en el sitio de interés y son muy variados (Elzinga et al., 2001). Frecuentemente el tamaño del cuadrante o área muestreada tiene un efecto importante en los valores de la cobertura estimados, lo que hace necesario elegir el tamaño más adecuado para reducir errores (Bonham, 2013). El objetivo de este trabajo es determinar el tamaño más adecuado de cuadrante virtual que nos permita obtener la cobertura del suelo con mayor precisión, usando una imagen obtenida mediante clasificación supervisada, en un área de agostadero en Panuco, Zacatecas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en una cuenca de 50 ha en el municipio de Panuco, Zacatecas (Latitud 22°54'45.80", Longitud 102°32'41.56"), la cual se utilizó anteriormente como un área de exclusión, que después fue abierta al pastoreo y puesto una presa cerca del área, por lo que se buscó determinar sus capacidades productivas, además de sus variables edafo-ecológicas y geomorfológicas en 36 sitios de muestreo. Mediante 8 vuelos con el Dron Phantom 4 Multiespectral, se obtuvo un ortomosaico del área total de estudio, aunque para el presente trabajo se seleccionó un área representativa de 15 ha. La cobertura del suelo se clasificó como arbustivas, cactáceas, suelo desnudo, grava y roca, pastos y herbáceas, además de una clase que se denominó como arbusto dormante, esto para hacer referencia a arbustos que se encuentran en reposo de crecimiento, por la estacionalidad, pero que más adelante pueden ser productivos ellos mismos o como ayuda para otro tipo de vegetación; dicha superficie se muestra en la Figura 1.

Para identificar las clases de la cobertura del suelo se procedió a crear un mapa de vectores (shape) con polígonos de entrenamiento en QGIS para cada uno de los componentes. Se realizaron 450 puntos de entrenamiento, pastos y herbáceas fue la clase que más puntos de entrenamiento tuvo y grava y roca el que menos puntos tuvo, con 90 y 60 respectivamente. El análisis de la imagen se realizó con el Software ORFEO ToolBox (CNES, 2006). Con la herramienta TrainImagesClassifier, a partir de la imagen del área y el mapa de vectores usando el modelo de clasificación "KN" o método de los vecinos más cercanos se estimó la densidad de los predictores por clase y su atributo por pixel.



El modelo seleccionado se validó previamente mediante el índice de precisión kappa. Una vez generado el modelo, se usó la herramienta ImageClassifier para clasificar la imagen del área seleccionada. A partir del procesamiento digital de la imagen estudiada se obtuvo el mapa de la cobertura del suelo para el modelo de clasificación.



Figura 1. Imagen multiespectral del área seleccionada en la cuenca experimental para la identificación de clases de vegetación, suelo desnudo, rocas y grava. Panuco, Zacatecas.

Para la estimación de la cobertura del suelo se probaron tres dimensiones de cuadrante virtual, a saber, 10x10 m², 20x20 m² y 30x30 m². Los que se ubicaron en 10 de los 36 sitios seleccionados en el área de estudio, usando la herramienta de *Buffer* en QGIS. A partir de las áreas obtenidas dentro de las imágenes, se obtuvieron el número de píxeles por cada clase de cobertura (arbórea, arbustiva, zacate rosado, pasto, cuerpos de agua y suelo desnudo) utilizando la herramienta de *Estadísticas de Zona* de QGIS. Para estimar la superficie y posteriormente el porcentaje de cobertura se multiplicó el número de píxeles de cada clase por 16 cm² que es el área de un píxel dentro del ortomosaico. El tamaño del píxel depende de la altura de vuelo aéreo no tripulado que en este caso fue de 100 metros de altura, aproximadamente.

Una vez estimadas las coberturas de cada clase por cuadrante virtual se usaron los siguientes estadísticos para elegir la dimensión más adecuada (Kent y Coker, 2001). Los estadísticos fueron el Coeficiente de Czekanowski (S_c) que mide la similitud entre dos cuadrantes, el cual varía desde 0 (completamente disimilar) hasta 1 (totalmente similar).

$$S_c = \frac{2 \sum_{i=1}^m \min(X_i, Y_i)}{\sum_{i=1}^m X_i + \sum_{j=1}^m Y_j}$$



En donde X_i y Y_i son los valores de cobertura de cada clase para el par de cuadrantes en comparación, $\min(X_i, Y_i)$ es la cobertura más pequeña para cada clase en ambos cuadrantes, y m es el número de clases de cobertura en nuestro caso 6.

El segundo estadístico fue el coeficiente del cuadrado de la distancia euclidiana (D_{ij}). En este caso los dos cuadrantes en comparación con el coeficiente de menor valor serán los más similares.

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (X_i - X_j)^2}$$

En donde m es el número de clases de cobertura (6 en este caso), X_i es la cobertura de cada clase en el cuadrante i , y K_j es la cobertura de cada clase en el cuadrante j . El cuadrante seleccionado será el que a través de los sitios y entre los pares de comparación muestre más frecuentemente el mayor coeficiente Sc y el menor coeficiente D_{ij} .

Resultados y discusión

A partir del procesamiento digital de la imagen espectral (Figura 1) se obtuvo el mapa de coberturas por clase que se muestra en la Figura 2. Asimismo, se muestran los sitios de muestreo y uno de los cuadrantes virtuales evaluados.

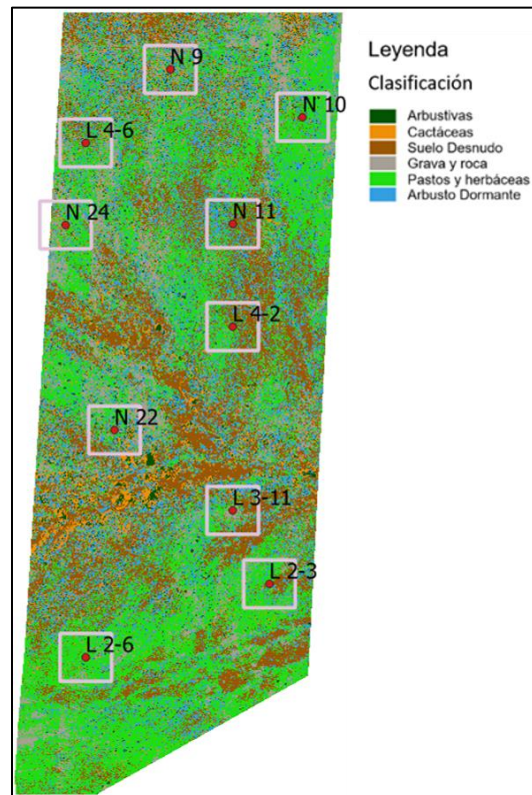


Figura 2. Mapa de coberturas por clase, sitios de muestreo y cuadrante virtual, Panuco, Zac.



Con la información de la Figura 2 se obtuvieron las coberturas de cada clase para cada uno de los cuadrantes virtuales evaluados. Para Panuco, hay una variación, los Coeficiente de Czekanowski más cercanos a 1, que corresponde con la calificación de totalmente similar, fueron para la comparación del par de cuadrantes virtuales de 20x20 m y 30x30 m (20 vs 30, columna 4, Cuadro 1), Pero para el sitio N24 el valor máximo del coeficiente de Czekanowski fue para la comparación de los cuadrantes virtuales 10x10 m y 30x30 m (10 vs 30, columna 3, Cuadro 1). Es de notar, que, de igual manera, los valores del coeficiente mencionado en esta comparación (columna 2, Cuadro 1) ocuparon casi siempre el segundo lugar en cuanto a similaridad, excepto en el Punto L 2-3, donde corresponde a la comparación de 10x10 m y 30x30 m (10 vs 30, columna 3, Cuadro 4).

Es importante recordar que en el caso del coeficiente de Cuadrado de Distancia Euclidiana una menor distancia es la que tendrá una mayor similaridad en la comparación entre cuadrantes. Al igual que en el caso anterior, el coeficiente de Cuadrado de Distancia Euclidiana fue menor en la mayoría de los sitios para la comparación del par de cuadrantes virtuales de 20x20 m y 30x30 m (20 vs 30, columna 7, Cuadro 1) con excepción del sitio N24 (Cuadro 1). Nuevamente para este sitio la mayor similaridad fue para la comparación de los cuadrantes virtuales 10x10 m y 30x30 m (10 vs 30, columna 6, Cuadro 1). Es de notar, que nuevamente las menores distancias euclidianas sucedieron generalmente en la comparación de los cuadrantes virtuales 20x20m y 30x30 m (20 vs 30, columna 7, Cuadro 1). Es evidente que el cuadrante virtual que mostro mayor similaridad fue el de 20x 20m. Por lo que dicho cuadrante estimará la cobertura del suelo de una manera más precisa.

Cuadro 1. Estadísticos para medir la similaridad a partir de la comparación de pares de los cuadrantes virtuales evaluados. Valparaíso, Zacatecas.

Sitio	Coeficiente de Czekanowski			Coeficiente de Cuadrado de Distancia Euclidiana		
	10* vs 20	10 vs 30	20 vs 30	10 vs 20	10 vs 30	20 vs 30
L 2-3	0.872	0.879	0.980	14.84	13.77	2.01
L 2-6	0.964	0.887	0.915	4.26	12.94	10.23
L 3-11	0.779	0.734	0.956	23.26	28.08	5.19
L 4-2	0.9367	0.9365	0.991	7.91	7.56	1.09
L 4-6	0.916	0.884	0.963	9.96	13.25	3.90
N 9	0.943	0.932	0.944	5.34	7.67	5.91
N 10	0.937	0.825	0.887	6.03	17.62	12.62
N 11	0.941	0.935	0.952	5.33	6.56	4.63
N 22	0.878	0.828	0.943	11.65	17.04	5.83
N 24	0.945	0.952	0.951	4.88	4.11	6.06

*10 es cuadrante 10x10; 20 es cuadrante 20x20; 30 es cuadrante 30x30.

Conclusiones

A partir del procesamiento digital de la imagen espectral se obtuvo el mapa de coberturas por clase. Además, del análisis de la información obtenida se concluye que el cuadrante virtual que mostro mayor similaridad fue el de 20x 20 m. Por lo que éste cuadrante estimará la cobertura del suelo de una manera más precisa en el área de estudio. También es importante recalcar que el procedimiento usado en este estudio para la selección del mejor cuadrante virtual puede ser utilizado en otros estudios similares.



Referencias

- Bonham, C.D. 2013. Measurements for terrestrial vegetation. Second Edition. Wiley-Blackwell. New York. 260p.
- Castillejo-González, I. L., López-Granados, F., García-Ferrer, A., Peña-Barragán, J. M., Jurado-Expósito, M., de la Orden, M. S., González-Audicana, M. (2009). Object- and pixel-based analysis for mapping crops and their agro-environmental associated measures using QuickBird imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, 68(2), 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.06.004>
- Elzinga, C.L., Salzer, D.W., Willoughby, J.W., Gibbs, J.P. 2001. Monitoring plant and animal populations. Blackwell publishing. 368p.
- Kent, M., Coker, P. Vegetation description and analysis. A practical Approach. John Wiley and Sons. New York. p 91-95.
- Palacio-Prieto, J. L., Luna-González, L. (1994). Clasificación espectral automática vs. clasificación visual: Un ejemplo al sur de la ciudad de México. *Investigaciones Geográficas*, 1(29). <https://doi.org/10.14350/rig.59028>
- Willington, E., Nolasco, M., Bocco, M. (2013). Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la zona central de Córdoba (Argentina): comparación de distintos algoritmos sobre imágenes Landsat. Congreso Argentino de AgrolInformatica, CAI 2013, 207–216.



EFECTO DEL USO DE BIOFERTILIZANTES EN LA CALIDAD Y CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS DE HUERTAS DE NARANJO

Erika Nava-Reyna^{1*}, Yahaira Delgado-Esqueda², Vicenta Constante-García¹,
José Luis González Barrios¹, Alejandra Rodríguez-Cabrera³

¹INIFAP CENID-RASPA, Gómez Palacio, Dgo., México; ²Instituto Tecnológico de Torreón, Torreón, Coahuila, México; ³UAAAN-UL, Dpto. Agroecología, Torreón, Coahuila, México. *Autor de correspondencia: nava.erika@inifap.gob.mx

Introducción

Las prácticas de agricultura intensiva y el desarrollo industrial y urbano han causado la reducción en la calidad del suelo a nivel mundial. Por lo anterior, resulta particularmente importante el estudio de los mecanismos involucrados en el secuestro del carbono en suelos agrícolas bajo diferentes prácticas de manejo, ya que se ha demostrado la eficacia de algunas de ellas para generar formas estables de carbono en el suelo. Estos mecanismos dependen de factores como el cultivo del que se trate, los métodos de labranza, el tipo de fertilización, el clima, entre otros; sin embargo, las comunidades microbianas del suelo representan el actor más importante, ya que a partir de su metabolismo se generan enzimas y biomoléculas directamente relacionadas con la degradación y estabilización de las moléculas de carbono en el suelo. Por lo tanto, la aplicación de biofertilizantes es una de las principales prácticas de manejo que pueden contribuir a mediano y largo plazo a mantener o incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo (Dębska et al., 2016), forma activa biológicamente importante del carbono en el suelo (Bhattacharyya et al., 2013), la cual es un indicador esencial de la calidad y fertilidad del suelo (Haynes, 2005). Así, los biofertilizantes pueden contribuir en la captación de C en el suelo mediante dos principales vías: la promoción del crecimiento de las plantas o su efecto en la humificación de la materia orgánica.

Hasta el momento, la relación de la influencia de la aplicación de biofertilizantes en el contenido de materia orgánica no está clara (Jakubus et al., 2013; Dębska et al., 2016), aunque se sabe que las fracciones de SOC con diferente estabilidad y tasa de retorno son variables importantes para detectar la influencia del manejo agronómico en la calidad del suelo (Chivhane y Bhattacharyya, 2010;), las cuales pueden ser lábiles (reservas activamente cíclicas) o estables (reservas resistentes o recalcitrantes) que varían en su tiempo de residencia en el suelo (Chan et al., 2001). Por otro lado, algunos investigadores han encontrado una influencia de los biofertilizantes en la aceleración de la humificación de materia orgánica fresca que se introduce al suelo (Piotrowska et al., 2012), lo que los vuelve más relevantes sobre todo cuando se aplican grandes cantidades de materia orgánica (como fertilizantes orgánicos) para la aceleración de la transformación de la biomasa y la captación de carbono en el suelo.

Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo analizar el efecto de la aplicación de biofertilizantes a base de diferentes microorganismos (*Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradice*) en la calidad y el secuestro de carbono en suelos de huertas de naranjo.



Materiales y métodos

Descripción del sitio de estudio y toma de muestra. El estudio se llevó a cabo en la Finca Lombardía, en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, México (20°04'00" N 97°03'00" O). El tratamiento con Biofertilizantes (Bio) corresponde a plantaciones de cultivo de naranja cuyo suelo fue tratado con aplicación de *A. brasilense* y *G. intraradice* en una concentración de 5×10^{11} UFC/g.

El grupo de control corresponde al manejo agronómico convencional (Conv) sin adición de biofertilizantes. En ambas zonas de estudio, se aplicó fertilización química NPK tradicional. Se realizó un muestreo al azar de 16 muestras de suelo a 50 cm del tronco y de 0-20 cm de profundidad para hacer una muestra compuesta por tratamiento. Las muestras fueron secadas al aire y posteriormente tamizadas por 2.0 y 0.5 mm para su análisis.

Análisis de variables químicas y biológicas del suelo. Se determinaron el pH, CE, materia orgánica del suelo (MOS), contenido de P y K, conteos en placa de hongos (HON), bacterias (BAC) y actinomicetos (ACT), el contenido de proteínas del suelo relacionadas con glomalina (PSRG) total, fácilmente extraíble y difícilmente extraíble (T-PSRG, FE-PSRG y DE-PSRG, respectivamente), la cuantificación de ácidos húmicos, fúlvicos y huminas, las fracciones de carbono con diferente labilidad y la determinación de actividades enzimáticas del suelo peroxidasa (POX), polifenol oxidasa (PPO), lacasa (LAC), β -glucosidasa (β -glu) y β -galactosidasa (β -gal), siguiendo las metodologías descritas por Cabrera-Rodríguez *et al.* (2020). N total (NT) y C total (CT), fueron cuantificados con un analizador elemental LECO.

Análisis estadístico. Se empleó el software IBM SPSS Statistics y MedCalc para el análisis de los datos. Primero se verificó la normalidad y homogeneidad de la varianza y, posteriormente, se aplicaron pruebas de t-student y Mann-Whitney ($p < 0.05$), según correspondió. Además, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para observar asociaciones entre los tratamientos y las variables químicas y biológicas de suelo en ambos tratamientos, utilizando RStudio.

Resultados y discusión

Algunas variables del suelo mostraron diferencias significativas entre ambos tratamientos (Tabla 1). De acuerdo con el PCA, existió diferencia entre ambos tratamientos (Figura 1). Además, el PCA explica el 68.3% de la varianza de los datos con 2 componentes. De esta manera, se lograron elegir como principales variables ambientales explicativas de dicha varianza en los tratamientos a P, T-PSRG, FE-PSRG, HON y β -glu.

**Tabla 1.** Características fisicoquímicas y biológicas del suelo en huertas de naranjo sin y con aplicación de biofertilizantes (Conv – convencional sin biofertilizantes; Bio – aplicación de *M. intraradices* y *A. brasiliensis*) en Veracruz, México.

Variable	Bio	Conv	t/U	p
pH	5.85±0.53	5.33±0.82	1.08	0.322
Nitrógeno %	0.27±0.03	0.26±0.02	0.149	0.886
Fósforo mg Kg ⁻¹	39.80±11.23	176.28±8.23	0.00	0.021
Potasio, mg/l	0.14±0.05	0.14±0.02	0.137	0.896
Conductividad eléctrica, ms/cm ³	68.48±16.78	62.90±30.66	0.319	0.761
Materia orgánica %	2.83±0.46	2.97±0.46	-0.416	0.692
Carbono orgánico %	1.81±0.20	1.99±0.22	-0.89	0.423
Relacion C/N %	6.89±0.99	7.59±0.66	-1.174	0.285
Fracción muy lábil de C g/ kg ¹	11.41±1.54	9.16±1.34	1.908	0.129
Fracción lábil C g/ kg ¹	12.34±2.20	10.41±0.70	1.447	0.221
Fracción menos lábil C g/ kg ¹	10.81±1.75	17.35±2.33	-3.897	0.018
Fracción recalcitrante C g/ kg ¹	3.15±1.43	6.46±0.24	-3.953	0.017
Glomalina total mg/ml	4.15±0.06	3.44±0.10	0.000	0.021
Glomalina fácilmente extraíble mg/g	0.63±0.03	0.84±0.03	0.000	0.020
C de biomasa microbiana ug/g	400.00±0.00	150.00±57.74	0.00	0.034
Hongos, UFC/g	19750.00±2061.55	14750.00±500.00	4.714	0.003
Bacterias, UFC/g	847500.00±35000.0	372500.00±6652	0	0.017
	0	0.67		
Ácidos húmicos mgC/ kg ¹	2376.05±98.32	1680.65±103.98	6.892	0.002
Ácidos fúlvicos mgC/ kg ¹	2277.73±247.43	2081.09±247.43	0.802	0.047
Húminas mgC/ kg ¹	10775.00±50.00	11775.00±419.32	0	0.046
Relación de CAHs/CAFs mgC/ kg ¹	1.06±0.15	0.82±0.14	2.215	0.069
Peroxidasa μmol g ⁻¹ h ⁻¹	2.03±0.10	2.09±0.07	-0.978	0.366
Polifenol oxidasa μmol g ⁻¹ h ⁻¹	0.53±0.10	0.47±0.07	0.886	0.410
Lacasa μmol μmol g ⁻¹ h ⁻¹	0.06±0.00	0.04±0.01	2.663	0.037
B-glucosidasa mg pNP g ⁻¹	172.61±12.79	130.33±3.40	6.3910478	0.001
B-galactosidasa mg pNP g ⁻¹	26.83±5.79	45.28±1.50	2.8717776	0.028

5

* Se muestran los valores medios y la desviación estándar (±). La t = es el resultado de t-studen para muestras normales (paramétrica); u = resultado de Mann-Whitney para muestras no normales (prueba no paramétrica) y p = probabilidad; los números en negrita indican diferencias significativas entre manejos (p < 0.05).

Los resultados de este estudio sugieren que el uso de biofertilizantes contribuyó significativamente al aumento de la concentración de T-PSRG. La glomalina es una sustancia proteica del suelo producida por las hifas y las esporas de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA). Esta proteína mejora la agregación del suelo y ayuda en el secuestro de carbono, lo que revela el alto valor potencial de los biofertilizantes. Anli et al. (2022), encontraron un incremento en el rendimiento de lechuga y la calidad del suelo cuando utilizaron *Rhizoglossus irregulare* como biofertilizante, donde el incremento del contenido de PSRG incrementó luego de 2 meses del experimento en campo, con y sin adición de composta al suelo. La glomalina reduce significativamente la degradación de la MOS al preservar compuestos inestables en los agregados del suelo; además, contiene entre un 30% y un 40% de carbono (C), el cual es estable y persistente en el suelo. Por otro lado, los hongos también fueron más abundantes con el uso de biofertilizantes. Dentro los hongos filamentosos, los HMA son microorganismos que forman asociaciones simbióticas con la mayoría de las plantas y aumentan la absorción de nutrientes.

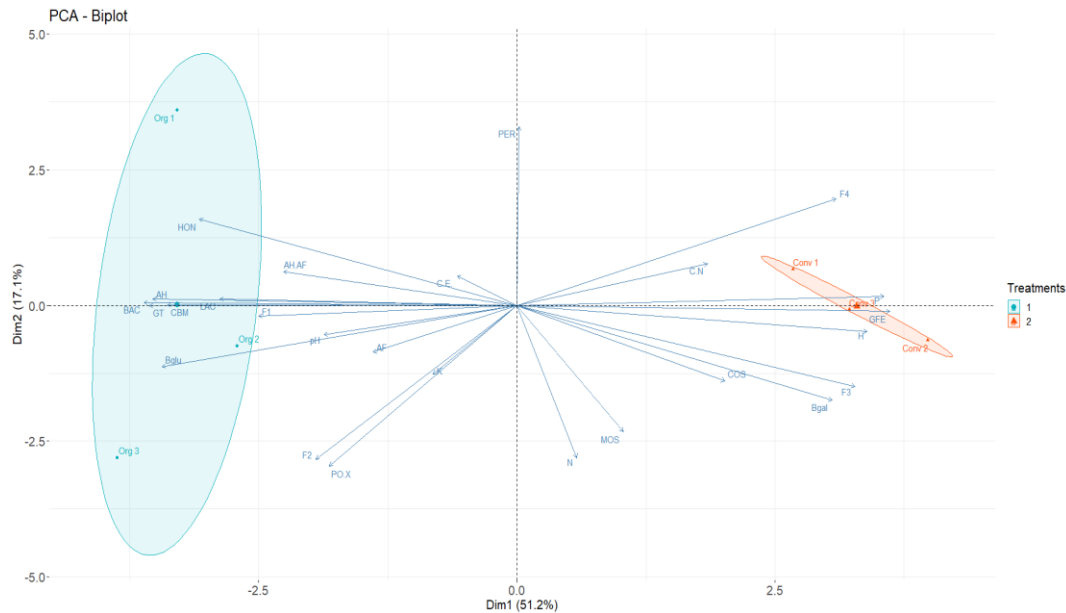


Figura 1. Análisis de componentes principales de las variables ambientales de suelos tratados con biofertilizantes (1) y fertilizantes químicos (2).

En cuanto a la actividad β -glu, es una enzima implicada en la degradación de celulosa en los suelos; además, está relacionada con el ciclo del carbono y, por lo tanto, es considerada como un indicador de la calidad del suelo y tiene una estrecha relación con la cantidad y calidad de la MOS (de Almeida et al., 2015). Este tipo de actividad enzimática también fue favorecido en los suelos con aplicación de *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense*. Por su parte, la concentración de P y FE-PSRG fue mayor en suelos con fertilización convencional. El fósforo es un elemento importante como nutriente mineral para las plantas, jugando un rol importante en la fisiología y bioquímica de plantas y microorganismos como las bacterias fijadoras de nitrógeno. Si bien es basto en los suelos de manera orgánica e inorgánica, presenta una baja reserva debido a su escasa movilidad, dado que el P tiene gran reactividad con muchos constituyentes del suelo.

Se ha demostrado que algunas bacterias fijadoras de nitrógeno pueden presentar también la capacidad de solubilizar fosfatos u otros mecanismos para favorecer su absorción en las plantas. De acuerdo con Sun et al. (2022), la inoculación de *Arabidopsis* con *Azospirillum basilense* permitió a la planta resistir la inhibición del crecimiento por deficiencia de Pi y la acumulación de antocianina, aumentando el contenido de P total en la planta por incremento de la densidad y longitud de su raíz, mejorando además la actividad fosfatasa ácida y varios genes transportadores de Pi. La mejor eficiencia en la absorción de P, pudiera estar relacionada con la menor concentración de P en el suelo por el uso de biofertilizantes.

Otros estudios sugieren que el uso combinado de HMA y bacterias fijadoras de nitrógeno generan un efecto sinérgico que permite la promoción del crecimiento de las plantas, una mayor toma de nutrientes con acumulación de P y K en las semillas y el incremento del rendimiento de los cultivos. Así, bajo estas condiciones la micorriza extiende el sistema de raíces y, consecuentemente, mejora la nutrición y toma de P y la absorción de agua; la bacteria fijadora de N, por su parte, enriquece la toma de N y mejora el crecimiento vegetativo (Amirnia et al., 2019).



Conclusiones

La aplicación de *A. brasilense* *A. brasilense* y *G. intraradices* como biofertilizante en suelos de huertas de naranjo favoreció el secuestro de carbono y la calidad del suelo.

Referencias

- Amirnia, R., Ghiyasi, M., Siavash Moghaddam, S., Rahimi, A., Damalas, C. A., & Heydarzadeh, S. (2019). Nitrogen-fixing soil bacteria plus mycorrhizal fungi improve seed yield and quality traits of lentil (*Lens culinaris* Medik). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *19*, 592-602.
- Anli, M., Boutasknit, A., Ait-El-Mokhtar, M., Ben-Laouane, R., Ait-Rahou, Y., Fakhech, A., & Meddich, A. (2022). Improving lettuce yield and quality of an agricultural soil using a combination of arbuscular mycorrhizal fungus and phosphate-green wastes compost. *Gesunde Pflanzen*, *74*(1), 205-217.
- Atakan, A., & Özkaya, H. Ö. (2021). Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Glomalin. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* *9*(12): 2371-2375.
- Bhattacharyya, R., Pandey, S.C., Bisht, J.K., Bhatt, J.C., Gupta, H.S., Tuti, M.D., Mahanta, D., Mina, B.L., Singh, R.D., Chandra, S., Srivastva, A.K., & Kundu, S. (2013). Tillage and irrigation effects on soil aggregation and carbon pools in the indian sub-himalayas. *Agronomy Journal*, *105*(1), 101-112.
- Cabrera-Rodríguez, A., Nava-Reyna, E., Trejo-Calzada, R., García-De la Peña, C., Arreola-Ávila, J. G., Collavino, M. M., Vaca-Paniagua, F., Díaz-Velásquez, C., Constante-García, V. (2020). Effect of organic and conventional systems used to grow pecan trees on diversity of soil microbiota. *Diversity*, *12*(11), 436.
- Chan, K. Y., Bowman, A., & Oates, A. (2001). Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys. *Soil science*, *166*(1), 61-67.
- Chivhane, S. P., & Bhattacharyya, T. (2010). Effect of land use and bio-climatic system on organic carbon pool of shrink-swell soils in Vidarbha region, Maharashtra. *Agropedology*, *20*(2), 145-156.
- De Almeida, R. F., Naves, E. R., & da Mota, R. P. (2015). Soil quality: Enzymatic activity of soil β -glucosidase. *Global Journal of Agricultural Research and Reviews* *3*(2): 146-150.
- Dębska, B., Długosz, J., Piotrowska-Długosz, A., & Banach-Szott, M. (2016). The impact of a bio-fertilizer on the soil organic matter status and carbon sequestration—results from a field-scale study. *Journal of Soils and Sediments*, *16*, 2335-2343.
- Haynes, R. J. (2005). Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. *Adv Agron*, *5*, 221-268.
- Jakubus, M., Gajewski, P., Kaczmarek, Z., Mocek, A., & Wła, I. I. (2013). Impact of addition of organic additives and EM-a preparation on physical, chemical and structural state of the arable-humus soil horizon. Part II. Chemical properties. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, *58*(3), 220.
- Piotrowska, A., Długosz, J., Zamorski, R., & Bogdanowicz, P. (2012). Changes in some biological and chemical properties of an arable soil treated with the microbial biofertilizer UGmax. *Pol. J. Environ. Stud*, *21*(2), 455-463.
- Sun, N., Huang, L., Zhao, H., Zhang, N., Lin, X., & Sun, C. (2022). Beneficial bacterium *Azospirillum brasilense* induces morphological, physiological and molecular adaptation to phosphorus deficiency in *Arabidopsis*. *Plant and Cell Physiology*, *63*(9), 1273-1284.



CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE *Agave* spp, UTILIZANDO LA REGIÓN ITS2.

Miguel Ángel Pérez Rodríguez¹, Flor Cristina Pacheco Reyes^{1*}, Ramos Marín Luz Graciela¹, Rosalinda Mendoza Villareal¹, Lihua Wei².

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, CP. 25315, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

²Laboratorio de Biomedicina Molecular, Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional. Blvd. del Maestro s/n Esq. Elías Piña. Col. Narciso Mendoza. CP. 88710. Reynosa, Tamaulipas, México. *Autor de correspondencia: flor.pachecoreyes@gmail.com

Introducción

El género *Agave* alberga especies originarias mayormente de zonas desérticas de México y el suroeste de Estados Unidos. Existen alrededor de 200 especies de *Agave*, y varias de ellas han sido cultivadas durante siglos para la producción de alcoholes, fibra y biocombustibles (García-Moya et al., 2011, Davis et al., 2014). Sin embargo, estados fenológicos tempranos de estas plantas dificulta la identificación de especies. Actualmente es posible la generación de información molecular que permite abordar la clasificación taxonómica basada en genes o segmentos de genes. El término código de barras de DNA para la identificación de especies, propuesto por Hebert et al., (2003) consiste en un sistema de identificación microgenómico, que permite la discriminación de especies a través del análisis de un segmento pequeño de DNA.

En 2009, el Consortium for the Barcode of Life (CBOL) recomendó, en plantas, el uso de los genes cloroplásticos *matK*, que codifica para una enzima llamada madurasa y *rbcL*, que codifica para la subunidad grande de la enzima RuBisCo (Ribulosa-1,5-Bisfosfato Carboxilasa/oxigenasa), ambas regiones han sido ampliamente utilizadas en estudios de filogenia por lo cual tienen una importante representación en las bases de referencia. Sin embargo, en especies cercanas con poca variación en estos genes, se ha propuesto el uso de otros marcadores como la región transgénica *psbA-trnH*, el intron *trnL* y la región nuclear ITS (1 y 2) (Hollingsworth et al., 2009).

Las regiones ITS se han convertido en un locus nuclear importante para la investigación sistemática molecular de las angiospermas en los planos intergénicos e interespecíficos. Se han generado iniciadores universales a partir de regiones conservadas de los genes ribosomales conservados que permiten amplificar la totalidad de su región espaciadora. El uso de dichas regiones ha proporcionado información útil para realizar una clasificación de las subfamilias, identificación de nuevas especies dentro de la familia Asparagaceae (Kim et al., 2010 y Graham et al., 2006). El objetivo de esta investigación fue caracterizar molecularmente especies del género *Agave* para una identificación rápida y precisa de las especies analizadas.

Materiales y Métodos

Colecta de muestras en campo. El material biológico fue identificado y colectado en localidades de la región sureste del estado de Coahuila, México y en el Jardín Botánico “Gustavo Aguirre Benavides” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se colectaron 3 g de tejido de hojas aparentemente sanas y fueron preservados en alcohol de 96°.



Extracción, amplificación y secuenciación de ADN. La extracción de ADN genómico se realizó mediante el método modificado de CTAB (Sharma et al. 2003). La concentración y calidad de la extracción de ADN se comprobó mediante electroforesis en gel de agarosa al 0.8%. El ADN se conservó a -20 °C para su análisis posterior. La amplificación por PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) se realizó utilizando cebadores ITS2 (ITS-2F: 5'-ATGCGATACTTGGTGTGAAT-3' e ITS-3R: 5'-GACGCTTCTCCAGACTACAAT-3'). Se utilizó la mezcla comercial GoTaq Green Master Mix, 2XTM (Promega, USA), siguiendo las especificaciones del fabricante. Programa de PCR: 95°C, 4 min; 35× (94°C, 45 s; 56°C, 1 min; 72°C, 1 min); 72°C, 10 min; ∞4°C. Los productos de PCR amplificados se verificaron por medio de electroforesis en gel de agarosa (0.8%). Se enviaron 300 ng de producto de PCR de cada muestra al servicio de secuenciación Langebio, CINVESTAV (Irapuato, México).

Análisis bioinformático. En primer lugar, se revisaron los electroferogramas de cada muestra para obtener el porcentaje de recuperabilidad de secuencias. Se procedió a realizar el alineamiento de múltiples secuencias con el fin de observar probables sitios polimórficos. Se evaluó la calidad de las secuencias generadas realizando en conteo de Sitios Variables (SV), Sitios Conservados (SC) y Sitios Informativos (SI). Para determinar la efectividad del poder discriminatorio de la región de ADN analizada, se aplicaron los métodos de BLAST y la construcción de árboles de unión de vecinos cercanos, se determinó la frecuencia con la que cada método devolvió una identidad correcta. La identificación aplicando el algoritmo BLAST se realizó utilizando la herramienta Blastn del NCBI. El dendrograma se basó en la metodología de la unión del vecino más cercano (Saitou y Nei, 1987) se siguiendo el método de 2 parámetros de Kimura (K2P) para la matriz de distancias (Kimura, 1980). El árbol se construyó en MEGA X (Kumar et al. 2018 y Stecher et al. 2020). Aquí se evaluó el desempeño discriminatorio mediante el cálculo de la proporción de especies. Eliminando las posiciones ambiguas para cada secuencia (opción de eliminación parcial). Las especies con múltiples individuos que formaron un clado monofilético en el árbol se consideraron identificadas con éxito. Finalmente se enviaron secuencias a la base de datos de BOLDSYSTEMS siguiendo el manual de procedimientos de envío de secuencias.

Resultados y discusión

Colecta de muestras en campo. En las localidades de San Antonio de las Alazanas, Carneros, El Saucillo y Mesa de las Tablas se colectaron las especies de *A. asperrima*, *A. gentryi*, *A. nickelsii* y *A. montana* (respectivamente), mientras que en el Jardín Botánico "Gustavo Aguirre Benavides" ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se colectaron un total de 16 especies *A. angustifolia*, *A. tequilana*, *A. marginata*, *A. atrovirens*, *A. gentryi*, *A. ovatifolia*, *A. parrasana*, *A. salmiana*, *A. garciae-mendozae*, *A. mittis*, *A. americana*, *A. parviflora*, *A. lechuguilla*, *A. oscura*, *A. bracteosa* y *A. striata*.

Extracción, amplificación y secuenciación de ADN. La extracción de ADN se logró en el 100% de las muestras colectadas, obteniendo ADN con calidad suficiente para continuar con el proceso de amplificación por PCR (Figura 1.). Así mismo, se obtuvieron productos de PCR en el 100% de las muestras procesadas, los cuales presentaron el tamaño aproximado esperado para los cebadores ITS2 (300 a 400 pb aproximadamente). Estos resultados coinciden con estudios realizados en diferentes grupos de plantas mono y dicotiledóneas, helechos cuyos porcentajes de amplificación varían desde un 94% a 100%.

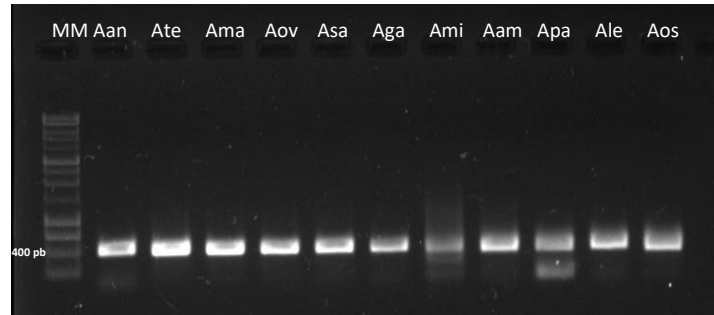


Figura 1. Productos de PCR obtenidos con el marcador ITS2 en muestras de Agave.

Análisis bioinformático. La recuperabilidad de secuencias, es decir, la obtención de secuencias de buena calidad fue alta se obtuvo un porcentaje de 94.7% únicamente la muestra de *A. nickelsii* no generó una secuencia de calidad por lo que no fue incluida en análisis posteriores. Una vez realizado el corte de extremos y la edición de secuencias, se realizó el alineamiento múltiple con las 19 secuencias obtenidas. La figura 2 muestra una sección del alineamiento en donde se observan algunas diferencias nucleotídicas entre secuencias. El análisis de calidad de secuencias arrojó un total de 27 Sitios Conservados, 24 Sitios Variables y 10 Sitios Informativos.

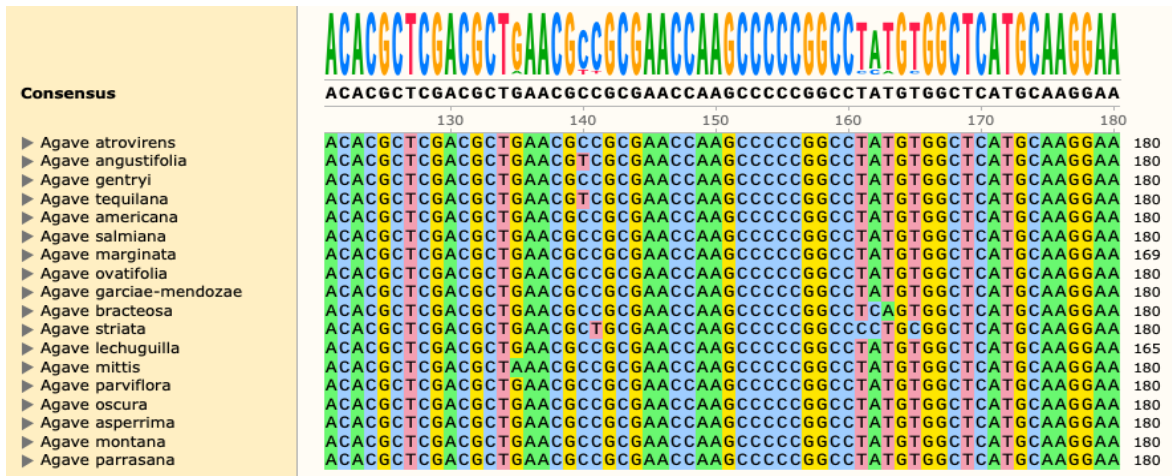


Figura 2. Alineamiento múltiple de secuencias de especies de Agave generadas con el marcador ITS2.

El análisis BLAST permitió comparar las secuencias consulta con secuencias de referencia, a nivel de género se obtuvo un promedio de identificación del 99.5%, es decir, todas las secuencias consulta fueron reconocidas como plantas del género Agave mientras que a nivel de especie se logró la identificación de *A. bracteosa* (100%), *A. striata* (98.16%) y *A. lechuguilla* (99.65%).

La matriz de distancias genéticas utilizada para la generación del dendrograma contó con diferencias suficientes para agrupar a las especies en diferentes grupos monofiléticos (Figura 3) lo cual demuestra la capacidad del marcador ITS2 para clasificar muestras a nivel de especie. Dentro del dendrograma no se observó una clasificación clara acorde a los dos subgéneros aquí representados, tampoco se observa una separación obvia de las secciones de la subfamilia Agavoideae con las especies analizadas.

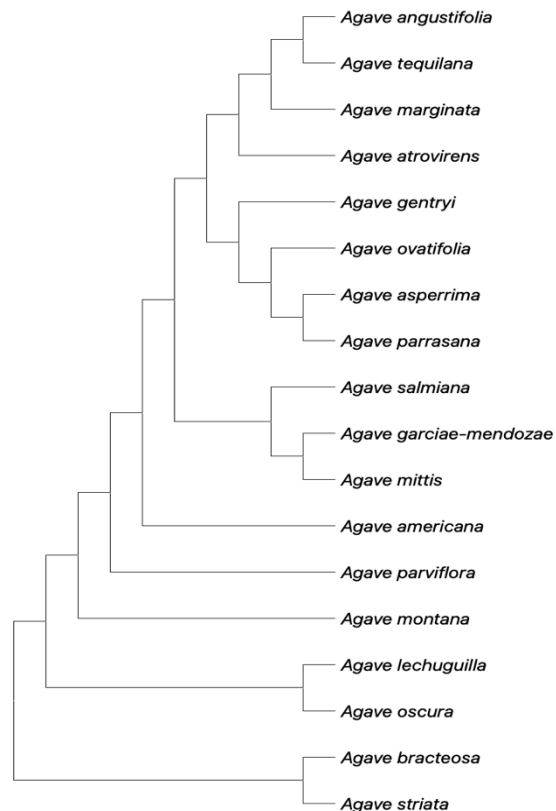


Figura 3. Dendrograma generado con secuencias de *Agave* con el marcador ITS2.

Se enviaron las secuencias de las especies *A. montana* (AGVIT004-22), *A. parrasana* (AGVIT007-22) y *A. asperrima* (AGVIT001-22) a la base de datos de BOLDSYSTEM (el resto de secuencias generadas se encuentran en proceso para ser enviadas al mismo repositorio).

Conclusión

Se logró la caracterización molecular de 18 especies del género *Agave* a través de la tecnología de código de barras de ADN utilizando la región ITS2 como marcador. Las secuencias contaron la calidad necesaria para determinar la identificación a nivel de género o especie. De acuerdo con los diferentes parámetros de calidad, es concluyente que el marcador ITS2 tiene capacidad suficiente para caracterizar molecularmente especies de agaves.



Referencias

- CBOL Plant Working Group 1, et al. (2009). A DNA barcode for land plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(31), 12794-12797.
- Coleman-Derr, D., Desgarenes, D., Fonseca-Garcia, C., Gross, S., Clingenpeel, S., Woyke, T., North, G. B., Visel, A., Partida-Martínez, L. P., & Tringe, S. G. (2015). Plant compartment and biogeography affect microbiome composition in cultivated and native Agave species. *New Phytologist*, 209(2), 798-811.
- Davis, S., LeBauer, D., & Long, S. P. (2014). Light to Liquid Fuel: Theoretical and realized energy conversion efficiency of plants using crassulacean acid metabolism (CAM) in arid conditions. *Journal of Experimental Botany*, 65(13), 3471-3478.
- García-Moya, E., A. Romero-Manzanares, and P. S. Nobel. "Highlights for Agave productivity." *Gcb Bioenergy* 3.1 (2011): 4-14.
- Graham, S. W., Zgurski, J. M., McPherson, M. A., Cherniawsky, D. M., Saarela, J. M., Horne, E. F. C., Smith, S. Y., Young, W. A., O'Brien, H., Brown, V. L., Pires, J. C., Olmstead, R. G., Chase, M. W., & Hardeep, S. (2006). Robust inference of monocot deep phylogeny using an expanded multigene plastid data set. *Aliso*, 22(1), 3-21.
- Hebert, P. D. N., Ratnasingham, S., & deWaard, J. R. (2003). Barcoding Animal life: Cytochrome C Oxidase Subunit 1 Divergences among closely related species. *Proceedings of The Royal Society B. Biological Sciences*, 270(suppl_1), s96-s99.
- Hollingsworth, M. L., Clark, A. A., Forrest, L. L., Richardson, J. E., Pennington, R. T., Long, D. G., Cowan, R. S., Chase, M. W., Gaudeul, M., & Hollingsworth, P. (2009). Selecting Barcoding LOCI for plants: Evaluation of seven candidate LOCI with species-level sampling in three divergent groups of land plants. *Molecular Ecology Resources*, 9(2), 439-457.
- Kim, J., Kim, D., Forest, F., Fay, M. F., & Chase, M. W. (2010). Molecular phylogenetics of Rusceae sensu lato and related families (Asparagales) based on plastid and nuclear DNA sequences. *Annals of Botany*, 106(5), 775-790.
- Kimura, M. (1980). A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution*, 16(2), 111-120.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Niyaz, C., & Tamura, K. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing Platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35(6), 1547-1549.
- Saitou, N., & Nei, M. (1987). The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*.
- Sharma, R., Mahla, H. R., Mohapatra, T., Bhargava, S. C., & Sharma, M. (2003). Isolating plant genomic DNA without liquid nitrogen. *Plant Molecular Biology Reporter*, 21(1), 43-50.
- Stecher, G., Tamura, K., & Kumar, S. (2020). Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) for MacOS. *Molecular Biology and Evolution*, 37(4), 1237-1239.



DISTRIBUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SITIOS DE ANIDACIÓN DE *Athene cunicularia* AL SURESTE DE MAPIMÍ, DURANGO.

Luis Gerardo Yáñez-Chávez^{1*}, Mayela Rodríguez-González², Gonzalo Hernández-Ibarra¹

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40. Carretera Gómez Palacio-Chihuahua. C.P. 35230. Bermejillo, Durango, México. ²Egresada del Programa de Doctorado en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas-Universidad Autónoma Chapingo. *Autor para correspondencia: yachgl@chapingo.uruz.edu.mx

Introducción

El tecolote llanero (*Athene cunicularia*) es un ave rapaz nocturna distribuida principalmente en pastizales naturales de América del Norte (Valencia-Maldonado et al., 2016), considerada en la categoría de preocupación menor según la NOM-059-2010 (DOF, 2010). Sin embargo, esta especie forma parte de las aves de pastizal que se encuentran amenazadas por la pérdida y fragmentación de su hábitat (Ruiz-Ayma, 2019). Para vivir, el tecolote llanero selecciona áreas abiertas, con pendientes suaves y vegetación dispersa, con visibilidad para detectar depredadores y presas. Tolerancia cierto nivel de perturbación humana, ubicando sus nidos en madrigueras abandonadas, cavidades naturales o estructuras artificiales, por lo que su hábitat natural se encuentra asociado a la presencia de mamíferos cavadores (Velasco-Bautista et al., 2022; Labrada, 2017). El hábitat tiene una gran influencia en la presencia y distribución de las especies, por lo que es importante conocer a detalle sus características para poder tomar decisiones relacionadas con el uso del suelo, manipulación del hábitat y conservación de las especies. Por lo tanto, con el fin de ampliar la información sobre el hábitat y distribución del tecolote llanero, el objetivo del presente estudio fue registrar sitios de anidamiento y caracterizar la vegetación de las madrigueras de esta especie en la región sureste del Municipio de Mapimí, Durango.

Materiales y métodos

El área de estudio forma parte del Municipio de Mapimí en el estado de Durango, bajo las coordenadas geográficas 25° 53' latitud Norte y 106° 36' de longitud Oeste, con una altitud de 1119 metros, la cual comprende una superficie aproximada de 774, 460 ha. El área se encuentra delimitada particularmente por matorral desértico micrófilo y suelo franco-arcilloso. El clima es seco desértico, con régimen de lluvias en verano e invierno fresco. Con temperatura media anual de 19 a 21 °C y precipitaciones escasas y mal distribuidas, con un promedio anual de 215.5 mm (SMN, 2010). Durante el periodo 2018-2022 se implementaron muestreos a través de la observación directa por el método de transecto lineal (Posadas-Leal et al., 2011), se establecieron 20 transectos de 3 km de longitud, frecuentados en un horario de 7:00-11:00 y 17:00-20:00 horas tiempo durante el cual los tecolotes pasan más tiempo en la entrada de sus nidos (Conway et al., 2006). Se localizaron las madrigueras y se registraron sus coordenadas geográficas con un GPS Garmin Etrex Legend, así mismo se corroboró que estas estuvieran activas mediante la presencia de individuos, presencia de egagrópilas, plumas o excremento fresco. Al mismo tiempo, se registró la vegetación asociada a los sitios y se clasificaron de acuerdo con el uso de suelo y vegetación serie VII (INEGI, 2021) en que fueron localizados: matorral desértico micrófilo, áreas agrícolas, vegetación halófila y asentamientos humanos. Conjuntamente se catalogó el tipo de madriguera considerando si se trataba de una cavidad natural o una estructura artificial. El análisis comparativo de datos se llevó a cabo en el software Excel (Versión 2308) y para el geoprocésamiento con el Arc Map 10.3 (ESRI, 2010).

Resultados y Discusión

Durante el periodo de muestreo se registraron un total de 25 sitios de anidación (Figura 1), de los cuales el 32% se encontró en áreas agrícolas, en las que destacan los pastos y herbáceas cubriendo alrededor de la madriguera, ya que la mayoría de estas zonas se encuentran abandonadas debido a la falta de disponibilidad de agua de riego proveniente de canales conductores; el 28% en asentamientos humanos, el 24% en vegetación halófila y el 16% en el matorral desértico micrófilo (Figura 2).

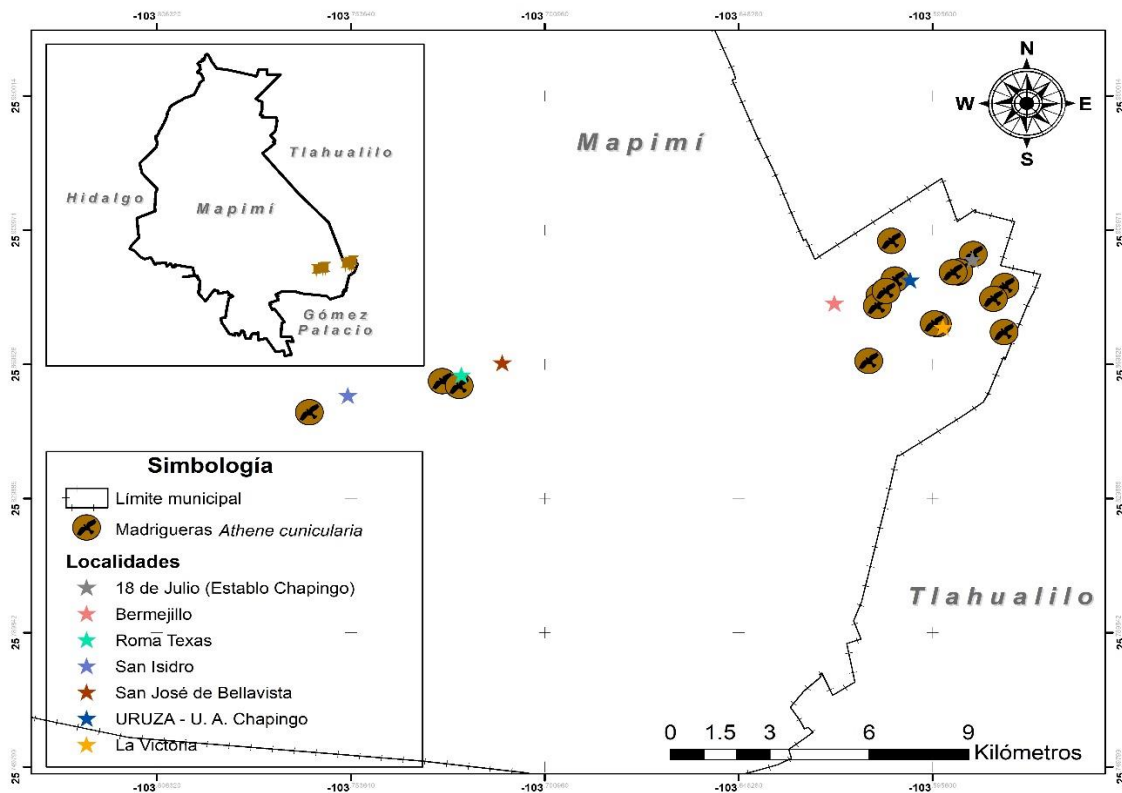


Figura 1. Distribución de nidos de *Athene cunicularia* y tipos de vegetación registrados al sureste de Mapimí, Durango.

Lo anterior, permite determinar que el tecolote llanero depende de las áreas abiertas, con vegetación dispersa y baja, con ausencia de árboles y presencia de madrigueras de mamíferos cavadores o cavidades naturales que le sirven de nidos (Gervais et al., 2008). Estas áreas le permiten proveerse de suficientes presas durante la época de reproducción y estar alertas ante cualquier amenaza. En cuanto al tipo de hábitat urbano utilizado por *A. cunicularia*, se hace evidente que esta especie es altamente adaptable a las condiciones de infraestructura y perturbación humana propias de la urbanización como son construcciones, puentes, alcantarillas, bardas, cercos y montículos de escombros, siempre y cuando se encuentren parches de vegetación, pendientes bajas, lugares poco arbolados, con agua y cuevas cavadas por otros animales (Valencia-Maldonado et al., 2016). Respecto a la vegetación halófila, al tener especies de porte bajo y generalmente aisladas, brindan espacio de protección por la buena visibilidad. En el matorral desértico micrófilo, aun cuando puede contener sitios que pueden ser usados como madrigueras y zonas de alimentación, no son preferidas por esta especie; lo anterior puede deberse a que en estas zonas existe abundancia de vegetación, lo que se ve reflejado en un aumento de depredadores terrestres.

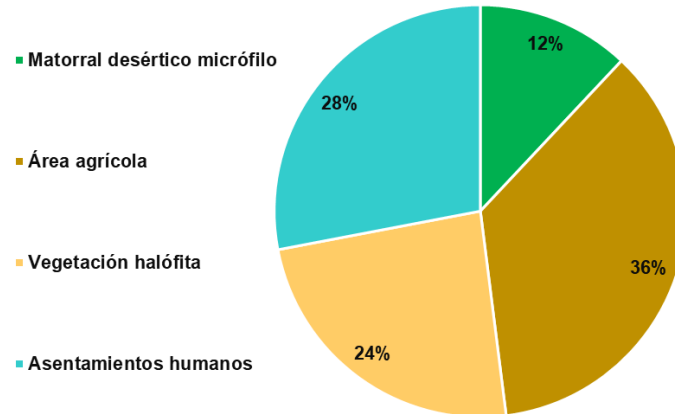


Figura 2. Tipos de vegetación en los que se distribuye *Athene cunicularia* en Mapimí, Durango.

Respecto al tipo de nido, según Thiele (2013) los tecolotes llaneros, durante la selección de sus madrigueras, evitan lugares con presencia de vegetación densa, cerrada y especies arbustivas altas, debido a que estos constituyen sitios de percha para las rapaces que las depredan. En este sentido prefieren áreas abiertas que les permitan cazar y evadir a sus depredadores (Velasco-Bautista et al., 2022). En este estudio el 76% de las madrigueras corresponde a cavidades naturales y el 24% restante a cavidades artificiales como construcciones abandonadas, escombros y orificios de cercados (Figura 3).

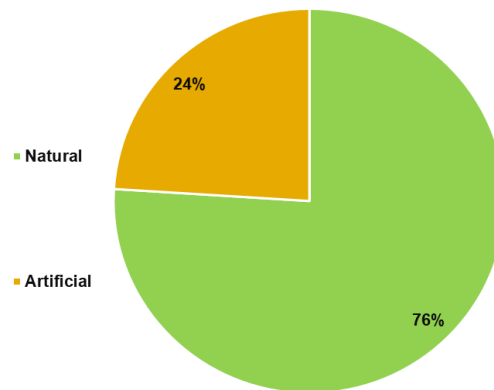


Figura 3. Tipos de nidos ocupados y preferidos por *Athene cunicularia*.

Conclusiones

Los resultados del presente trabajo demuestran la preferencia selectiva de *Athene cunicularia* para las áreas abiertas como hábitat para su alimentación, resguardo y reproducción, ya que la mayoría de las madrigueras encontradas se asociaron a las áreas agrícolas; igualmente se destaca su adaptabilidad a la presencia urbana por el alto porcentaje de nidos encontrados en los asentamientos urbanos. Así mismo, el tipo de madrigueras ocupados y preferidas por el tecolote llanero correspondió a cavidades naturales, madrigueras cavadas o abandonadas por mamíferos.



Referencias

- Conway, C. J., García, V., Smith, M. D., Ellis, L. A., Whitney, J. L. (2006). Comparative demography of Burrowing Owls in agricultural and urban landscapes in southeastern Washington. *Journal of Field Ornithology*, 77(3), 280-290.
- Diario Oficial de la Federación. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF.
- Gervais, J. A., Rosenberg, D. K., Comrack, L. A. (2008). Burrowing owl (*Athene cunicularia*). Pages 218–226. In: California bird species of special concern: a ranked assessment of species, subspecies, and distinct populations of birds of immediate conservation concern in California (W. D. Shuford and T. Gardali, editors). Western Field Ornithologists and California Department of Fish and Game, Studies of Western Birds 1:1-450.
- INEGI. 2021. Cartografía digital de la República Mexicana, recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
- Labrada Z., J. L. (2017). Distribución potencial, abundancia y caracterización de la cobertura vegetal de los sitios de anidación del tecolote llanero occidental (*Athene cunicularia hypugaea*) en el nororiente del Valle de México. Master's thesis. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Posadas-Leal, C., Chapa-Vargas, L., Arredondo-Moreno, J. T., & Huber-Sannwald, E. (2011). Riqueza y densidad de especies de aves de pastizal evaluadas por dos métodos. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 2(3), 101-111.
- Ruiz-Ayma, G. R., Kerstupp, A.O., Velasco, A. G., Rojas J., I. G. (2019). Diet and prey delivery of burrowing owls (*Athene cunicularia hypugaea*) during the breeding season in the Chihuahuan Desert, Mexico. *Journal of Raptor Research*, 53(1), 75–83.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2010). *Normales climatológicas por Estado*. Comisión Nacional del Agua. México D. F.
- Thiele, J. P., Bakker, K. K., Dieter, C. D. (2013). Multiscale nest site selection by Burrowing Owls in western South Dakota. *The Wilson Journal of Ornithology*, 125(4), 763–774.
- Valencia-Maldonado, C., Arroyo-Ortega, J., Macías-Duarte, A., & Gastelum-Mendoza, F. I. (2016). Densidad poblacional del tecolote llanero occidental (*Athene cunicularia hypugaea*) en Hermosillo, Sonora, México. *AGRO*.
- Velasco-Bautista, L., Tarango-Arámbula, L., Olmos-Oropeza, G., Ugalde-Lezama, S., Martínez-Guerrero, J., & Martínez-Montoya, J. (2022). Caracterización del hábitat de *Athene cunicularia hypugaea* (Bonaparte, 1825) en el Centro-Norte de México. *Abanico Veterinario*, 12, e2021-36.



EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE TRITICALE (*X. triticosecale* Witt.) CON DIFERENTES REGÍMENES DE AGUA Y FERTILIZACIÓN

Miguel Ángel Mata-Espinosa^{1*}, Noel García-Pompa¹, David Hernández-Sánchez², José Ramón Hernández-Salgado¹, Mauricio Velázquez-Martínez³, Neiry Manuel Alvarado-Ruacho¹.

¹Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas; km 40 Carretera Gómez Palacio, Dgo.-Cd. Juárez, Chih.; CP 35230. Bermejillo, Mapimí, Durango, México. ²Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México- Texcoco. Montecillo, Edo. México. CP 56230. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Luis, km 14.5 Carretera San Luis Potosí-Matehuala. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. CP 78430. *Autor de correspondencia: mata@chapingo.uruza.edu.mx

Introducción

La producción de cultivos forrajeros es fundamental para la alimentación de rumiantes, tanto en sistemas de producción pecuarios intensivos como extensivos; especialmente, para satisfacer la demanda de forraje de los hatos o rebaños de rumiantes en las temporadas de invierno y primavera (diciembre a mayo), cuando es difícil satisfacer la necesidad de materia seca o nutrimentos de éstos. En esta temporada se recurre al uso de esquilmos agrícolas, los cuales contienen menos del 7% de proteína total y con materia seca digestible menor al 55%, debido al mayor contenido de lignina (Hancock, 2009). Es importante considerar que el triticale no resuelve todos los problemas de la producción de forraje en el norte de México, pero es una alternativa viable dada su buena producción de forraje bajo ciertas condiciones limitantes de temperatura, suelo y restricción de agua (Béjar *et al.*, 2007). En cuanto al uso de agua en su producción, el triticale fue más eficiente comparado sobre todo con avena y rygrass; también tuvo mejor comportamiento en suelos salino-sódicos con pH de hasta 8.7. Con bovinos en pastoreo, se obtuvieron rendimientos de hasta un 20% superiores a los obtenidos con otros forrajes en verde. Estudios realizados por Mallado *et al.* (2008), reafirman un rendimiento de materia seca superior a los cultivos tradicionales. En cuanto al grano de triticale, es comparable en calidad nutritiva y costo al de maíz y cebada. Durante el periodo invernal, en la Región de la Comarca Lagunera existe un gran déficit de forrajes, entre ellos la alfalfa, debido a la presencia de temperaturas bajas y a las características genéticas de cada variedad. Cultivos como la avena y zacate ballico resultan de contenido bajo de proteína. Con base a lo anterior, ha surgido un cultivo que se otorga al ganado como ensilado en la misma cantidad que la alfalfa y su desarrollo es en época invernal: el triticale (Espinoza-Arellano, 2018), por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de materia seca de triticale bajo diferentes regímenes de riego y fertilización.

Materiales y métodos

Ubicación geográfica. El experimento se realizó en el ciclo agrícola de invierno (otoño-invierno 2022-2023), en el Rancho El Carmen, propiedad de la Universidad Autónoma Chapingo ubicado en Bermejillo, Durango que se localiza en las coordenadas geográficas 103°36' 11" de longitud Oeste y entre los 25° 53' 32" de latitud Norte con 1,117 metros de altitud. La clasificación del suelo corresponde a un yermosol gypico de textura media, presenta un clima tipo árido y desértico de clasificación BWhw con lluvias en verano, una temperatura media anual de 21 °C con precipitación de 300 mm (García, 1998).

Preparación del área experimental. El área experimental consistió en una parcela útil de 1500 m². Para la preparación del área de siembra, se llevó a cabo un rastreo doble, nivelación y rebordeo; con lo cual se reincorporó toda la materia residual del cultivo anterior. El área que correspondió a la unidad experimental tuvo una superficie de 25 m².



Semilla. La semilla que se utilizó fue traída de la región del Jerez Zacatecas; esta semilla fue producida en el ciclo agrícola otoño-invierno de 2021. La semilla no fue tratada previamente contra plagas y enfermedades.

Siembra. La siembra se llevó a cabo el día 20 de diciembre de 2022, de forma manual a chorrillo considerando una distancia entre hileras de 20 cm. La densidad de siembra fue de 130 kg/ha.

Riegos. El sistema de riego utilizado fue por gravedad (riego rodado). Los riegos iniciarán inmediato a la siembra, aplicado un riego de aniego (lámina 20cm). El primer riego de auxilio se realizó 25 días después de la siembra. Posteriormente se aplicaron 3 riegos de auxilio con una lámina de 15 cm.

Fertilización. Se aplicaron diferentes fuentes de fertilización química y orgánica a fin de evaluar la respuesta de cada tratamiento. Las fuentes de fertilizante usadas fueron Sulfato de amonio, MAP (fosfato monoamónico) y micorrizas (Biofertilizante INIFAP). La fertilización química se realizó al momento de la siembra, con 150 kg de fosfato monoamónico (MAP; 11-52-00) por hectárea y durante todo el ciclo se aplicó 250 kg por hectárea de sulfato de amonio (21-00-00-24S) fraccionado en los 3 riegos de auxilio. Se aplicó toda la cantidad de fósforo al momento de la siembra y la mitad del nitrógeno.

Control de malezas. El control de malezas se realizó a finales de enero para controlar especies de hoja ancha; se utilizará el herbicida comercial (A Grester-400 CE®) con una dosis de 1.5 L ha⁻¹.

Diseño experimental y tratamientos. Se establecerá un diseño de parcelas divididas donde la parcela grande establece la cantidad de agua y la parcela chica establecerá los tratamientos combinados que son dosis y tipos de fertilización, con tres repeticiones y dos submuestreos en cada parcela grande. La comparación de la media entre los tratamientos será realizada utilizando el procedimiento de Tukey con un alfa de 0.05 (Steel y Torrie, 1990). La información obtenida se analizará utilizando el Procedimiento MIXED del Paquete Estadístico SAS versión 9.3 (SAS, 2014). Los tratamientos a evaluar serán los siguientes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

Tratamientos	Parcela grande [*]	Parcela chica ⁺
1	100% de lámina de riego	100 % Fertilización química
2	100% de lámina de riego	50% Fertilización química + Micorrizas
3	100% de lámina de riego	Micorrizas
4	80% de lámina de riego	100 % Fertilización química
5	80% de lámina de riego	50% Fertilización química + Micorrizas
6	80% de lámina de riego	Micorrizas
7	60% de lámina de riego	100 % Fertilización química
8	60% de lámina de riego	50% Fertilización química + Micorrizas
9	60% de lámina de riego	Micorrizas ^{&}

^{*}Parcela grande: Cantidad de agua suministrada; 100, 80 y 60% de la cantidad de agua consultiva requerida para este cultivo. ⁺La parcela chica consistió en la fuente de fertilizante utilizada; fertilización química y orgánica (Micorrizas). [&]Micorrizas: Biofertilizante INIFAP, inoculante en polvo con un análisis garantizado del hongo micorrízico de 46 esporas g⁻¹.



VARIABLES DE RESPUESTA

Materia seca. Los muestreos se realizaron a los 110 DDS. La toma de muestras de forraje se realizó con ayuda de un cuadrante metálico cuyas dimensiones fueron 75 cm x 133.34 cm = 1m²; ubicado al centro de cada unidad experimental. Una vez colocado el cuadrante en el área de muestreo, se cortó el forraje con el uso de una rozadera a una altura de 1 cm del suelo; la biomasa obtenida se colocó en bolsas de papel. Luego se determinó de materia seca en utilizando una estufa de aire forzado (BINDER®). Por diferencia de peso se obtuvo el contenido de materia seca.

Resultados y discusión

Los resultados muestran diferencias estadísticas significativas (Cuadro 2); el rendimiento de materia seca mayor se obtuvo al aplicar la lámina de riego requerida para este cultivo (100%; 600 mm); dentro de esta categoría de análisis, el tratamiento con el rendimiento mayor (12,578.19 kg MS ha⁻¹) fue cuando se fertilizó con el 100% del fertilizante químico recomendado para este cultivo. Al reducir a un 80% la cantidad de agua aplicada, también trae consigo la disminución en el rendimiento de materia seca; sin embargo, los resultados son estadísticamente similares a los obtenidos aplicando la lámina total de agua requerida (100%). En esta comparación se observa que nuevamente el aplicar el total del fertilizante químico requerido, se obtienen los mejores resultados que al usar solo la mitad de éstos o comparándolo cuando se hace uso de Micorrizas como biofertilizante. Por otro lado, con la cantidad mínima de agua requerida (60%), sólo el rendimiento más alto que se observó (9,612.76 kg MS ha⁻¹) fue al utilizar toda la fertilización química recomendada, es similar a los obtenidos cuando se usó solo el 80% de las recomendaciones de lámina de riego y al tratamiento con fertilización química (50%) y Micorrizas (11,611.02 kg MS ha⁻¹) cuando se aplicó el 100% de la lámina recomendada. Al bajar la aplicación de la lámina de riego recomendada al 60% del total, el rendimiento de materia seca disminuyó a su mínima expresión el cual fue de 6,968.93 kg MS ha⁻¹ (uso de Micorrizas); aun cuando este fue el valor mínimo, es similar al que se obtuvo usando Micorrizas y la mitad del fertilizante químico recomendado (7,641.71 kg MS ha⁻¹; Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento total de materia seca de triticale con diferente lámina de riego y fertilización.

Lámina de riego, %	Tratamiento	Materia seca, kg ha ⁻¹	Error estándar
100	1	12,587.19 ^d	729.70
100	2	11,611.02 ^{cd}	729.70
100	3	12,098.03 ^d	729.70
80	1	11,348.43 ^{cd}	729.70
80	2	9,765.79 ^{bc}	729.70
80	3	10,966.19 ^{cd}	729.70
60	1	9,612.76 ^{bc}	729.70
60	2	7,641.71 ^{ab}	729.70
60	3	6,968.93 ^a	729.70

^{a,b,c,d}Medias con literal común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Lámina de riego: 100, uso consultivo recomendado (600 mm); 80; 80% del uso consultivo recomendado; 60, 60% del uso consultivo recomendado.

Tratamientos: T1, 100% de fertilizante químico recomendado; T2, 50% de fertilizante químico recomendado + Micorrizas; T3, solo Micorrizas.



Cuando se usó el 60% de la lámina de riego requerida se observó una disminución descendente en el rendimiento de MS ($T1 > T2 > T3$); sin embargo, en 100 y 80% T3 (solo Micorrizas) fue similar a T1 (100 fertilizante químico) y T2 (50% fertilizante químico + Micorrizas). Solo usando Micorrizas y con un 60% de la lámina de riego, se obtiene el rendimiento más bajo (6,968.93 kg MS ha⁻¹).

En general, una disminución en el aporte de agua a lo que se recomienda, trae como consecuencia también un efecto negativo en el rendimiento de materia seca; en este sentido, los resultados indican que con un 60% del requerimiento total de agua, el rendimiento es menor ($p \leq 0.05$) respecto a 80 y 100% de aporte de agua (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca total de triticale utilizando diferente lámina de riego.

Lámina de riego, %	Materia seca, kg ha ⁻¹	Error estándar. EE
100	12,098.75 ^b	436.20
80	10,692.80 ^b	436.20
60	8,073.80 ^a	436.20

^{a,b}Medias con literal común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Lámina de riego: 100, uso consultivo recomendado; 80; 80% del uso consultivo recomendado; 60, 60% del uso consultivo recomendado.

Analizando los resultados con referencia a la fuente y cantidad de fertilizantes empleados, no hubo diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre los 3 tratamientos evaluados (Cuadro 4). Numéricamente, cuando solo se usó Micorrizas, el rendimiento fue mejor (T3), que cuando se aplicó Micorrizas + 50% del total del fertilizante químico (T2).

Cuadro 4. Rendimiento de materia seca total de triticale utilizando diferentes fuentes de fertilización.

Fuente de fertilización	Materia seca, kg ha ⁻¹	Error estándar. EE
T1	11,182.13 ^a	416.21
T2	9,672.84 ^a	416.21
T3	10,010.38 ^a	416.21

^{a,b,c,d}Medias con literal común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). Tratamientos: T1, 100% de fertilizante químico recomendado; T2, 50% de fertilizante químico recomendado + Micorrizas; T3, solo Micorrizas.

Comparando estos hallazgos con otros estudios, resulta que son mayor a los que informa Gómez et al. (2014) al evaluar un triticale comercial (AN31B) con producción de MS en un intervalo de 5.86 a 8.82 ton MS ha⁻¹ y Castro et al. (2018) con el mismo híbrido, informan de un intervalo de rendimiento de 4.92 a 6.23 ton MS ha⁻¹. Empleando la misma semilla que se probó en el presente estudio, Mata-Espinosa et al. (2022) reporta un intervalo de producción de MS ha⁻¹ de 9.5 a 11.9 ton MS ha⁻¹, lo que implica que fueron comparables con este estudio (6.9 a 12.5 ton MS ha⁻¹).

Conclusiones

Bajo las condiciones en que se desarrolló la presente investigación se puede concluir que, para obtener rendimientos aceptables de materia seca para el triticale evaluado, se puede aplicar una disminución del 20% de la lámina de riego recomendada (650 mm) para este cultivo, sin afectar significativamente la cantidad de materia seca al momento de la cosecha (110 DDS). Respecto a la fuente de fertilizante, se pueden recomendar las fuentes propuestas; no obstante, es necesario verificar el efecto de las micorrizas ya que fue en este tratamiento donde se obtuvo en rendimiento más bajo. Es imperante complementar este estudio evaluando el contenido bromatológico y la digestibilidad de la materia seca.



Referencias

- Béjar, H. M., Ammar, K. (2007). Triticale una alternativa para el norte de México. CIMMYT-CiReNa. Consultado el 14 de enero de 2020 de: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/triticale-alternativa-norte-mexico-t27023.htm>
- Castro-De La Cruz, R. (2018). Variables productivas en el cultivo de triticale (*X. triticosecale* Witt.) a diferentes fechas de corte. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Mapimí, Durango, México.
- Espinoza-Arellano, J. J.; Carrillo, A.; Molina, V.; Torres, D. y Fabela, A. (2018). Características técnicas y socioeconómicas de establos del sistema de producción intensivo de leche de vaca de la Comarca Lagunera. *Revista Agrofaz*. 18(1):101-109.
- García, E. (1998). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). "Climas" (Clasificación de Koopen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.
- Gómez-Valdez, M. G. (2014). Rendimiento y valor nutritivo del cultivo de triticale (*X. triticosecale* Witt.) a diferentes fechas de corte en el Rancho El Carmen. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Mapimí, Durango, México.
- Hancock, D. W. (2009). What is the nutritional value of corn fodder/stover? What is it worth? *Collage of Agricultural and Environmental Science and Family and Consumer Science*, 2.
- Mallado, M. Matus, I. y Madariaga, R. (2008). Antecedentes sobre el triticale en Chile y otros países. Boletín INIA N° 183.
- Mata-Espinosa, M. A., Hernández-Sánchez, D., Velázquez-Martínez, M., Hernández-Salgado, J. R., Alvarado-Ruacho, N. M. (2022). Rendimiento de Materia y Grano en Triticale (*X. Triticosecale* Witt.). Memorias de VI Congreso Internacional y XVIII Congreso Nacional Sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas. Unidad Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Mapimí, Durango, México. Pp. 331-338.
- SAS Institute Inc. (2014). SAS/STAT, Ver 9.3 User Guide. Cary, NC.
- Steel, R., and Torrie, J. (1980). Principles and procedures of statistics a biometrical approach. Michigan, E.U.A.: McGraw-Hill.



DIVERSIDAD DE AVES ACUÁTICAS EN UN HUMEDAL PERMANENTE AL SUR DEL MUNICIPIO DE CUENCAMÉ, DURANGO.

Mayela Rodríguez-González¹, Luis Gerardo Yáñez-Chávez^{2*} y Gonzalo Hernández-Ibarra²

¹Egresada del Programa de Doctorado en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas-Universidad Autónoma Chapingo. ²Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40. Carretera Gómez Palacio-Chihuahua. C.P. 35230. Bermejillo, Durango, México. *Autor para correspondencia: yachgl@chapingo.uruza.edu.mx

Introducción

Los humedales se cuentan entre los ecosistemas más importantes y productivos del planeta por la gran diversidad biológica que albergan, los recursos y servicios ecosistémicos que proporcionan, así como ser la regulación de los regímenes hidrológicos y la provisión de recursos de los cuales dependen las comunidades locales vecinas a estos ambientes (Hernández-Colina, 2018; Blanco, 1999). Estos constituyen el hábitat de numerosas especies de flora y fauna, muchas de las cuales se encuentran amenazadas por la destrucción de sus hábitats principalmente (Gatto et al., 2005). Las aves acuáticas son uno de los componentes más representativos de la biodiversidad de los humedales, ya que estos ofrecen refugio y alimento, especialmente en regiones donde las comunidades ligadas a la presencia de agua son más vulnerables, muchas de estas aves hacen uso de estos hábitats durante solo una parte del año para cubrir una determinada etapa de su ciclo anual como la nidificación, reproducción o la muda de plumaje (Sebastián-González et al., 2013; Green & Figuerola, 2003), por lo que resulta importante estudiar su presencia y diversidad para establecer estrategias de conservación. En este estudio se enlista la diversidad de aves acuáticas presentes en un humedal permanente al sur del municipio de Cuencamé, Durango.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el humedal permanente denominado San Antonio, el cual se encuentra en la comunidad Cinco de Mayo (San Ángel) localizada en la parte sur del municipio de Cuencamé, del estado de Durango, México, a una altura promedio de 2100 msnm (Figura 1). Posee una extensión aproximada de 4.0 ha., y es alimentado de una corriente subsuperficial denominada Saladillo (Rodríguez-González et al., 2019).

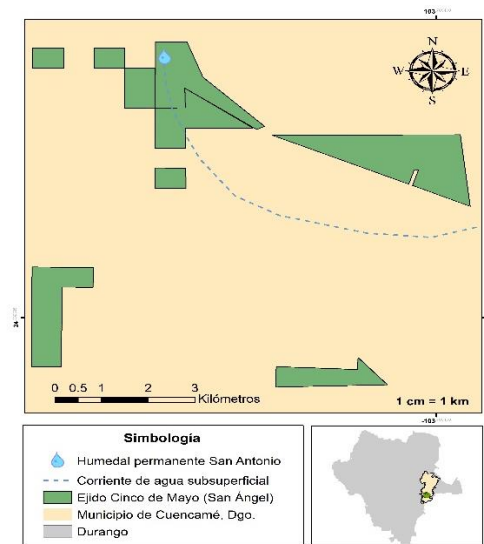


Figura 1. Ubicación del humedal temporal San Antonio. Elaboración propia con base a cartografía digital de INEGI (2018).

El clima del área es semiárido, con régimen de lluvias en verano (INEGI, 2018). La precipitación promedio anual es de 503 mm y la temperatura media anual es de 16°C (SMN, 2010). Durante el periodo 2018-2022 se registraron las aves acuáticas que utilizaron el humedal San Antonio. Para ello se establecieron cuatro puntos de observación sobre los bordes del humedal de acuerdo con los puntos cardinales y así tener acceso visual a toda el área. Se realizaron 20 visitas las cuales fueron distribuidas en las diferentes estaciones del año, frecuentadas en un horario de 7:00-8:00 y 18:00-19:00 horas. Todos los individuos fueron fotografiados mediante cámaras digitales (Nikon COOLPIX B500 y P1000), identificados con el apoyo de guías para la identificación de aves y clasificados de acuerdo con su categoría de residencia y riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010).

Resultados y Discusión

Se registraron 32 especies que pertenecen a diez familias y siete órdenes de aves acuáticas. Dentro de las familias reportadas se encuentra el grupo Anatidae con el 34% de prevalencia, seguido de la familia Scolopacidae con el 25% (Figura 2). Así mismo, destacan los órdenes Anseriformes y Charadriiformes con 34% cada uno; seguidos de Pelecaniformes con 16% (Figura 3). En cuanto a la permanencia estacional de las especies (Berlanga et al., 2015), 15 son migratorias de invierno representando el 59% del inventario total, el 34% son residentes y el 6% son aves transitorias, siendo el humedal un sitio de descanso cuando las aves se mueven a ambientes acuáticos durante sus rutas hacia humedales localizados al sur del continente para invernar (Hernández-Vázquez, 2000).

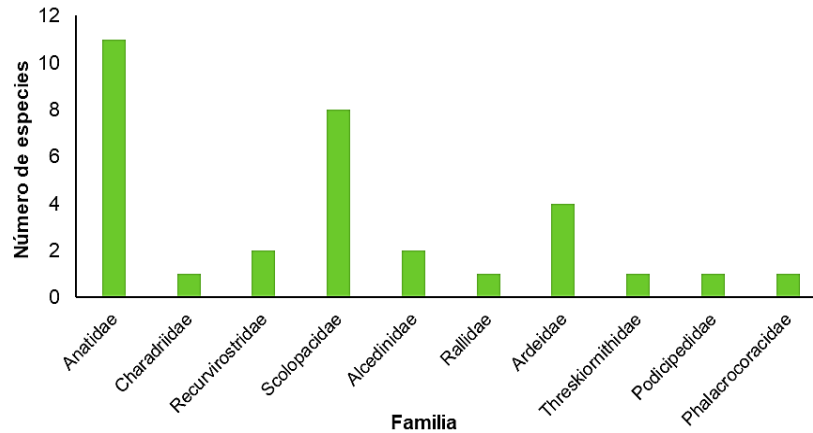


Figura 2. Registros de aves acuáticas clasificados por familias.

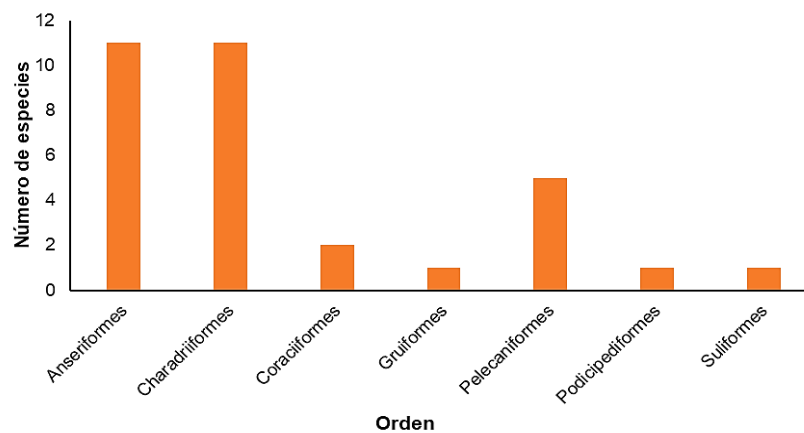


Figura 3. Registros de aves acuáticas clasificados por orden.

Con respecto al estatus de conservación de acuerdo con su clasificación por categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010) se encontró una especie en categoría de Amenazada: *Anas diazi* (pato mexicano), la cual fue registrada durante todo el año siendo considerada como residente. Este anátido, puede cambiar de un lugar a otro en busca de embalses para cubrir sus requerimientos de alimentación, reproducción y refugio. Estos desplazamientos, dependen de la disponibilidad de agua, alimento y presencia de una buena cobertura para anidar (Medina-Torres et al., 2007). Este registro permite considerar la conservación y manejo del humedal como un hábitat importante ya que brinda alimento y refugio a esta especie.

La riqueza de especies registradas en este humedal está asociada a la gran disponibilidad de recursos alimenticios y sitios de descanso, por lo que es importante el estudio de este hábitat, así como de la densidad y ecología de las aves acuáticas que permita el manejo adecuado de los recursos naturales y la avifauna asociada.

Conclusiones

El gran número de especies registrados en este estudio indican la importancia del humedal San Antonio para la avifauna ya que las aves acuáticas lo utilizan como sitio de descanso, alimentación y anidación durante todo el año. Por lo anterior, su preservación debe ser una prioridad local y regional.



Referencias

- Blanco, D. E. (1999). Los humedales como hábitat de aves acuáticas. *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*, 2, 219-228.
- Diario Oficial de la Federación. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF.
- Gatto, A., Quintana, F., Yorio, P., & Lisnizer, N. (2005). Abundancia y diversidad de aves acuáticas en un humedal marino del Golfo San Jorge, Argentina. *El hornero*, 20(2), 141-152.
- Green, A. J. & Figuerola, J. (2003). Aves acuáticas como bioindicadores en los humedales. In *Ecología, manejo y conservación de los humedales* (pp. 47-60). Instituto de Estudios Almerienses.
- Hernández-Colina, A., Yadeun, M., & García-Espinosa, G. (2018). Comunidad de aves acuáticas de un humedal protegido en el Estado de México, México. *Huitzil Revista Mexicana de Ornitología*, 19(1).
- Hernández-Vázquez, S. (2000). Aves acuáticas del estero la Manzanilla, Jalisco, México. *Acta zoológica mexicana*, (80), 143-153.
- INEGI. (2018). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Descarga de mapas digitales de la república mexicana. Consultado el 10 de octubre 2022, de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recanat/default.aspx>.
- Medina-Torres, S. M., Márquez Olivas, M., & García Moya, E. (2007). Uso y selección de embalses por el pato mexicano (*Anas diazi*) en la región del Llano, Aguascalientes-Jalisco, México. *Acta zoológica mexicana*, 23(2), 163-181.
- Rodríguez-González, M., Yáñez-Chávez, L. G., & Hernández-Ibarra, G. (2019). Registros notables de avifauna en la comunidad Cinco de Mayo de Cuencamé, Durango. En IV Congreso Internacional y XV Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas (p. 29).
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2010). *Normales climatológicas por Estado*. Comisión Nacional del Agua. México D. F.



DAÑO DE FRUTOS EN SELECCIONES DE DURAZNERO EN AGUASCALIENTES

Manuel Antonio Galindo-Reyes¹, Valentín Melero Méraz²; Mayra Denisse Herrera², Orlando Ramírez Valle³, José Carlos Monárrez-González⁴

¹INIFAP-Campo Experimental Pabellón. ²INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. ³INIFAP-Sitio Experimental Cuauhtémoc. ⁴INIFAP-Campo Experimental Valle de Guadiana. Email: galindo.manuel@inifap.gob.mx.

Introducción

En la república mexicana, durante el año 2022 se cultivaron más de 34 mil hectáreas de duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch.] para diferentes usos y destinos de la producción. Los estados que se destacan en superficie cultivada son Zacatecas, Puebla, Michoacán, entre otros (SIAP, 2023). En duraznero, muchas variedades como portainjertos proceden de programas de mejoramiento de EEUU, Italia, Francia, entre otros; lo que provoca alta dependencia tecnológica en la producción. Una segunda desventaja de utilizar variedades y portainjertos importados es que rara vez se adaptan bien a nuestras condiciones propias de suelo, de clima y de mercado, por lo que es indispensable contar con variedades generadas en nuestro país (Cantín et al., 2009). Los frutales pueden experimentar daños por aves, principalmente en la etapa maduración a cosecha de los frutos. En el caso del cultivo de duraznero y de manzano, se ha observado un daño poco significativo; es decir, cuantitativamente menor del 5% (Scotta et al., 2018). Sin embargo, en experiencias personales, en el cultivo de duraznero, este daño puede ser superior al 5%, aunque depende de la variedad. En el Campo Experimental Pabellón (CEPAB), hasta antes del año 2007 existió un programa de mejoramiento en duraznero, donde se generaron diversas selecciones y variedades. Ante esta situación surge la necesidad de conservar y evaluar las variedades y selecciones generadas en el CEPAB y otros genotipos traídos de otras regiones con el fin de disponer de variedades o para iniciar un programa de mejoramiento. Por esta razón esta investigación tiene como objetivo evaluar el daño de frutos tanto en número como en peso de 14 selecciones de duraznero durante tres años continuos.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se desarrolló en un huerto pequeño de duraznero que se encuentra en el Campo Experimental Pabellón, en Aguascalientes; cuya localización es de 22° 09' Latitud Norte y 102° 16' Longitud Oeste y 1,920 m de altitud. El suelo de dicho huerto es de tipo Calcisol, de textura franco-arenosa, con pH alcalino (7.9), con menos de 1% de materia orgánica (Osuna et al., 2013). El clima que predomina en la región es semidesértico con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 16.2 °C, la media anual máxima es de 20 °C y la mínima es de 7.1 °C (Medina et al., 2006).

En este huerto de duraznero se evaluaron 14 genotipos durante cinco años continuos (2017, 2018 y 2020). Los 14 genotipos o accesiones en estudio se consideraron como tratamientos. Dichos tratamientos se distribuyeron en condiciones de un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y como unidad experimental se consideró un árbol de duraznero.

El huerto se estableció con 14 genotipos de duraznero con árboles que provenían de plantas propagadas mediante estaca de madera dura, sin injertar, durante el año 2010. La plantación se realizó a una distancia de 5 x 4 metros para líneas y plantas, respectivamente; y las hileras se orientaron de Este-Oeste. Todos los árboles se condujeron en vaso o copa, dejando entre cuatro o cinco ramas principales para favorecer la entrada de luz y soportar la carga de los frutos y las hojas.



Con relación al manejo agronómico, este huerto se ha fertilizado año con año con la dosis de 150-100-50-30-50-50 unidades de N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO y S, respectivamente, con aplicaciones fraccionadas de por lo menos cuatro ocasiones al año, de acuerdo con la etapa fenológica. El riego se proporcionó por gravedad, en primavera se dio un riego cada 10 días, en verano antes del periodo fuerte de lluvia se aplicó un riego cada siete días y durante el otoño se suministró un riego cada 10 días. Finalmente, los árboles recibieron prácticas agronómicas de acuerdo con el manejo comercial de la región como fue el control de maleza, de plagas y de enfermedades.

Como variables de respuesta se tomaron número de frutos totales por árbol, número de frutos dañados por árbol, producción total por árbol, producción dañada por árbol; con las variables anteriores se calculó el porcentaje daño de frutos y de producción por árbol. La cosecha se hizo conforme ocurrió la madurez comercial en cada selección, desde el mes de junio hasta el mes de septiembre. La información se analizó y se presenta calculando el promedio de todas las selecciones en cada variable.

Resultados y discusión

Daño de frutos por árbol. Las selecciones produjeron en promedio durante tres años cerca de 400 y 75 frutos totales y frutos dañados por árbol (Cuadro 1). La selección 2 produjo el mayor número de frutos por árbol y la Selección 8 produjo el menor número de frutos por árbol. En cambio, la Selección 4 presentó el mayor número de frutos dañados por árbol, mientras que la Selección (mostró el menor número de frutos dañados por árbol (Cuadro 1). Con relación al daño relativo de frutos por árbol de selecciones de duraznero en promedio durante los tres años de evaluación se obtuvo un valor de cercano a 20%. Este daño resultó muy superior al reportado por Scotta *et al.* (2018) en duraznero y manzano. Por otro lado, la Selección 3 presentó el mayor porcentaje de frutos dañados por árbol y la Selección 8 fue quien mostró el menor porcentaje de frutos dañados (Cuadro 1). Este comportamiento se explica probablemente porque la Selección 3 es muy temprana y presenta un alto contenido de sólidos solubles en comparación con la Selección 8 (datos no mostrados)

Cuadro 1. Número de frutos totales y dañados por árbol.

Selección	Frutos totales por árbol	Frutos dañados por árbol	Porcentaje de daño de frutos
1	310.33	49.67	16.01
2	973.67	120.33	12.36
3	257.67	136.33	52.91
4	699.00	194.33	27.80
5	458.33	175.67	38.33
6	533.33	62.00	11.63
7	910.00	56.00	6.15
8	45.33	2.67	5.89
9	224.33	107.33	47.84
10	482.33	57.00	11.82
11	194.93	11.93	6.12
12	69.33	35.00	50.48
13	199.33	35.67	17.89
14	196.33	22.67	11.55
Promedio	396.73	76.19	19.20



Daño de producción por árbol. La producción de fruto por árbol varió ampliamente entre años y selecciones, así se detectó un promedio de 30.0 kilogramos (Cuadro 2). La máxima producción de fruto por árbol se observó en la Selección 2 y la mínima producción por árbol correspondió la selección 8, comportamiento que coincide con el número de frutos por árbol con estas selecciones (Cuadro 2), por lo que el rendimiento por árbol lo determina el número de frutos. En el caso del daño de la producción por árbol varió ampliamente, desde un kilogramo para la Selección 14 hasta 13 kilogramos dañados por árbol para la Selección 5 (Cuadro 2). El promedio de esta variable fue cerca de 5.0 kilogramos por árbol. El daño relativo de la producción por árbol en promedio se registró en casi 15 kilogramos. El máximo daño relativo de la producción correspondió a la Selección 12 y el mínimo daño de la producción ocurrió en la Selección 7 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción total y dañada por árbol.

Selección	Producción total por árbol	Producción dañada por árbol	Porcentaje de producción dañada por árbol
1	21.91	2.41	11.00
2	70.22	5.44	7.75
3	21.13	9.25	43.78
4	45.32	9.47	20.90
5	41.94	13.35	31.83
6	36.92	2.43	6.58
7	69.98	2.48	3.54
8	2.11	0.13	6.16
9	25.24	9.33	36.97
10	51.27	3.88	7.57
11	17.09	1.31	7.67
12	3.50	1.75	50.00
13	12.39	2.02	16.30
14	11.62	0.89	7.66
Promedio	30.76	4.58	14.89

Es importante mencionar que la Selección 7 presentó cerca de 70 kilogramos por árbol en promedio de tres años; también esta selección mostró el menor porcentaje de daño de la producción árbol, esto significa que predominan frutos de buena calidad y libres de daños.

Conclusiones

Las Selecciones 2 y 7 presentaron más número de frutos y más producción por árbol.

La Selección 2 mostró el menor porcentaje de producción dañada por árbol.

La Selección 12 presentó la mayor proporción de producción dañada por árbol.



Referencias

- Cantín, C. M., Gogorcena, Y. and Moreno, M. Á. (2009). Analysis of phenotypic variation of sugar profile in different peach and nectarine [*Prunus Persica* (L.) Batsch] breeding progenies. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89:1909-1917.
- Medina, G. G.; Maciel, P. L. H.; Ruiz, C. J. A.; Serrano, A. V. y Silva, S. M. M. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Aguascalientes (periodo 1961-2003). INIFAP. Campo Experimental Pabellón, Fundación Produce, Aguascalientes. Libro técnico núm. 2. SAGARPA.
- Osuna-Ceja, E. S., Reyes-Muro, L., Padilla-Ramírez, J. S., Rosales-Serna, R., Martínez-Gamiño, M. A., Acosta-Gallegos, J. A. y Figueroa-Sandoval, B. 2013. Rendimiento de genotipos de frijol con diferentes métodos de siembra y riego-sequía en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4:1209-1221.
- Scotta R. R., Canavelli S. B. y A. L. Lutz. 2018. Percepción del daño causado por aves en frutales y alternativas de manejo en el centro norte santafesino. *Revista FAVE-Ciencias Agrarias* 17:45-55.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Cierre de la producción agrícola por estado: uva. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). In: www.siap.gob.mx. Consultado en línea el 20 de agosto de 2023.



INCREMENTO DE LA TEMPERATURA MEDIA EN LA ESTACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS DURANTE EL PERIODO DE 1973 AL 2022

Nadiezhdha Ramírez-Cabral^{1*}, Guillermo Medina-García¹ y Ricardo Alonso Sánchez-Gutiérrez¹

¹Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Carretera Zacatecas-Fresnillo km 24.5, C. P. 98500, Calera de V. R., Zacatecas, México.

*Autor de correspondencia: ramirez.nadiezhdha@inifap.gob.mx

Introducción

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) menciona que la emisión de gases de efecto invernadero, causadas, principalmente, por las actividades humanas han causado un incremento de las temperaturas de la superficie, con un aumento del 1.09° C más alto en el periodo del 2011-2020, comparado con el período de 1850-1900. La temperatura ha incrementado más rápido desde 1970 (IPCC, 2023). Estos rápidos cambios en el clima han afectado varias regiones en el mundo, así como actividades humanas, aproximadamente, 3.6 millones de personas son muy vulnerables al cambio de clima. La agricultura ha sido muy afectada, exponiendo a millones de personas a una inseguridad alimentaria debido a los efectos devastadores que han tenido estos cambios de clima. Por otro lado, no hay que olvidar que la agricultura contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero en gran medida, por ejemplo, las emisiones de CH₄ y N₂O incrementaron en un 17% durante el periodo de 1900-2005 (Smith et al., 2007).

Los incrementos en la temperatura, en la agricultura, variarán de región a región. Algunos países se verán favorecidos por los aumentos, los países más fríos tendrán mejores temperaturas y podrán cultivar diferentes especies debido a las mejores condiciones climáticas. Sin embargo, los países de climas más templados se verán menos favorecidos, se pronostica que la producción de cultivos disminuirá en estas regiones debido a diferentes estreses bióticos y abióticos, como estrés calórico e incrementos en plagas y enfermedades debido a la rápida acumulación de unidades calor, pudiendo haber más generaciones de determinada plaga en un ciclo agrícola o incluso presentarse nuevas plagas que anteriormente se veían limitadas por las condiciones climáticas (Skendžić et al., 2021). El objetivo de esta investigación fue analizar los datos de temperatura media de la estación convencional en el Campo Experimental Zacatecas, del INIFAP (donde se siembran diferentes experimentos agrícolas año con año) para conocer el incremento de esta variable durante el periodo de 1973 al año 2022.

Materiales y métodos

El Campo Experimental Zacatecas, perteneciente a INIFAP fue establecido en el año 1971, el cual se encuentra ubicado en 102° 39' 34.0" longitud oeste, 22° 54' 31.3" latitud norte y 2197 msnm. Al siguiente año se instaló una red de monitoreo agroclimático convencional que registraba los datos de temperatura máxima (TMax) y mínima (TMin), precipitación (Pre) y evapotranspiración (Eva). Y desde inicios del año 1973, y hasta la fecha, se han estado registrando estas variables de manera continua. Se recopiló una base de datos del periodo de 1973 al 2022 (49 años) con las variables de TMax, TMin, Pre y Eva. La temperatura media diaria se calculó en el programa Excel con la siguiente fórmula:

$$T_{Med} = (T_{Max} + T_{Min}) / 2$$



Posteriormente, mediante una tabla dinámica se generaron los promedios anuales de temperatura media. Con esta serie de datos se obtuvo un modelo regresión lineal y con los estimados anuales a partir del modelo se calculó el incremento de temperatura por año y por década.

Resultados y discusión

Los datos de la temperatura media anual obtenidos de la base de datos nos muestran una tendencia al incremento de la temperatura media promedio anual del año 1973 al año 2022 (Figura 1). El incremento por año es de 0.0645 °C, por década 0.65 °C y el incremento durante el periodo de estudio (49 años) fue de 3.2 °C. Los reportes del IPCC (2023) predicen un incremento de 2C hacia 2100, debemos recordar que estas proyecciones son a nivel global y que entre regiones existen variaciones, ya que el cambio de clima ha afectado, ni afectará a todas las regiones en la misma magnitud. Otro punto a tomar en cuenta es que esta medición es puntual, es decir, nos marca los cambios de temperatura en un solo sitio con una estación climática convencional.

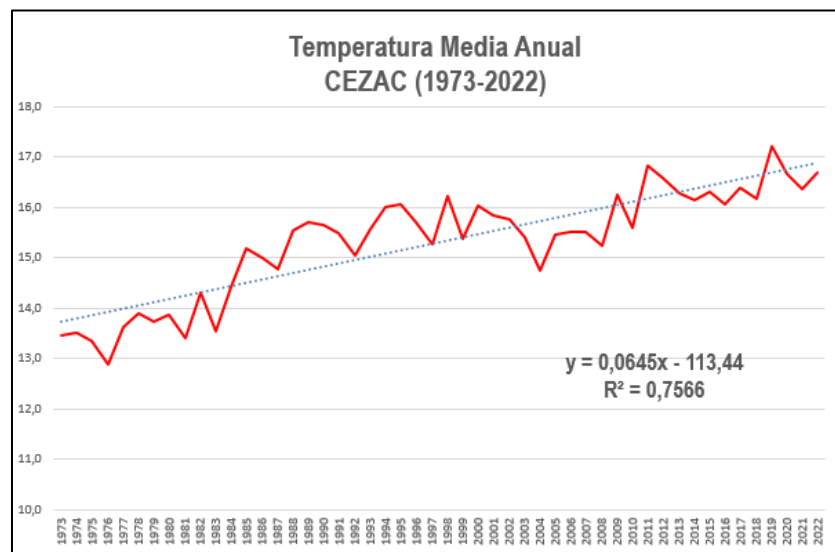


Figura 1. Incremento de la temperatura media anual promedio en la estación convencional del Campo Experimental Zacatecas del periodo de 1973 al 2022.

El valor máximo promedio anual es en el año 2019 de 17.2 °C, el mínimo en el año 1976 con 12.9 °C. Los meses con mayores incrementos fueron agosto y diciembre con 4.2°C, sin embargo, el modelo de regresión lineal de diciembre obtuvo una R² muy baja (R²=0.3182). Marzo fue el mes con menor incremento de la temperatura media promedio. Todos los meses mostraron incrementos en la temperatura media en mayor o menor medida (Cuadro 1).

Santillán-Espinoza et al., (2011) realizaron una investigación donde obtuvieron las tendencias de temperaturas extremas en 24 estaciones del estado de Zacatecas, y el promedio de todas las tendencias fue de 0.068 °C por decenio para la temperatura máxima. En nuestro trabajo el incremento decenal es de 0.65 °C, pero solo corresponde a una estación climatológica, en el trabajo de Santillán-Espinoza y colaboradores (2011) se obtuvieron datos de estaciones climáticas de diferentes climas, y aunque Zacatecas está considerado como de clima templado, cuenta con regiones como Los Cañones donde se tienen temperaturas mayores a 30°C en las épocas cálidas. Estos investigadores concluyeron que en general, en gran parte del estado de Zacatecas, la temperatura máxima se incrementaba y la temperatura mínima disminuía.

**Cuadro 1.** Incremento de la temperatura media promedio por meses en la estación convencional del Campo Experimental Zacatecas del periodo de 1973 al 2022.

Mes	Incremento	Modelo	R ²
Enero	4,0	$y = 0,0585x + 8,9173$	0,4275
Febrero	2,0	$y = 0,0792x + 9,916$	0,5328
Marzo	1,8	$y = 0,0641x + 12,552$	0,4399
Abril	4,1	$y = 0,0671x + 14,974$	0,4699
Mayo	3,3	$y = 0,0699x + 17,193$	0,4648
Junio	3,3	$y = 0,0626x + 17,86$	0,496
Julio	3,7	$y = 0,0625x + 16,467$	0,4888
Agosto	4,2	$y = 0,0695x + 16,12$	0,6317
Septiembre	2,5	$y = 0,0623x + 15,36$	0,6054
Octubre	2,4	$y = 0,066x + 13,476$	0,5716
Noviembre	3,3	$y = 0,0614x + 11,298$	0,3714
Diciembre	4,2	$y = 0,0487x + 9,9374$	0,3182
Anual	3,2	$y = 0,0645x + 13,67$	0,7566

Medina y Ruiz (2004) obtuvieron las estadísticas climatológicas normales de la estación Campo Experimental Zacatecas durante el periodo de 1973-2003, y calcularon una temperatura promedio anual de 14.8 °C. Nuestros cálculos muestran un incremento de esta temperatura media promedio anual, con un valor de 16.7 °C en el año 2022. Esto coincide con las condiciones climáticas que han dado por resultado una sequía extrema en Zacatecas, con pérdidas en los cultivos, principalmente, en el cultivo de frijol, donde se han perdido siembras completas, principalmente, por falta de lluvia, pero también por la elevada evapotranspiración diaria.

Conclusiones

El incremento de la temperatura media promedio anual es inequívoco. Es necesario analizar el comportamiento de las variables meteorológicas restantes para tener claro el panorama completo de la variación climática que se ha tenido en este sitio. Además de hacer un análisis de todas las estaciones climáticas con las que cuenta el estado de Zacatecas, con la finalidad de poder extrapolar los datos con apoyo de los sistemas de información geográfico y no sólo obtener información de un sitio, para poder tener una idea más clara de los cambios de clima en el estado.

Referencias

- IPCC (2023): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- Medina, G. G., & Ruiz, C. J. A. (2004). Estadísticas climatológicas básicas del Estado de Zacatecas período 1961-2003. INIFAP, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental.
- Santillán-Espinoza, Lina Elisa, Blanco-Macias, Fidel, Magallanes-Quintanar, Rafael, García-Hernández, José Luis, Cerano-Paredes, Julián, Delgadillo-Ruiz, Olivia, & Valdez-Cepeda, Ricardo David. (2011). Tendencias de temperaturas extremas en Zacatecas, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(spe2), 207-219.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko, 2007: Agriculture. In *Climate Change (2007). Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*, 12(5), 440.



REGISTROS DE DISTRIBUCION GEOGRÁFICA DE ESPECIES SILVESTRES DE *Phaseolus* L., EN EL ESTADO DE DURANGO, MÉX.

David Ramírez Noya^{1*}, Macario García Ramírez²

¹Herbario CIIDIR, Instituto Politécnico Nacional.² Colaborador externo del CIIDIR-IPN-UNIDAD DURANGO. *Autor de correspondencia: dramirezni@ipn.mx

Introducción

El mayor número de las especies silvestres del género *Phaseolus* se distribuye en el occidente de México, siendo Durango, Jalisco y Oaxaca los estados con mayor diversidad de especies. (Delgado, 2015). Con el fin de contribuir al conocimiento sobre diversidad y distribución del mencionado género taxonómico en Durango, se integraron los resultados en cuadros descriptivos, con la pretensión a futuro constituir los “mapas de distribución geográfica de las de especies”, en razón de que estos mapas, son de gran utilidad para entender los patrones y los procesos que explican la biodiversidad y son materia prima para planear su conservación (CONABIO; Biodiversidad mexicana, sf.). Al parecer las primeras recolecciones de *Phaseolus* para esta parte del territorio mexicano, corresponden a los realizados por Edward Palmer del año de 1896, en las proximidades a la Cd capital de Durango y obtiene ejemplares de tres especies; *Phaseolus leptostachyus*, *P. acutifolius* y *P. vulgaris* (Trópicos, sf.) con números de recolección 483, 645 y 866. Mas recientemente, los primeros esfuerzos por conocer la diversidad y distribución geográfica de las especies silvestres del género *Phaseolus* de Durango, están referidos el año de 1978, emprendidos por los señores Muruaga y Debouck (Acosta-Gallegos et al, 1983; Freytag & Debouck, 2002).

Materiales y Métodos

Con el desarrollo de algunos proyectos de investigación del Instituto Politécnico Nacional (IPN), en los cuales se realizan recorridos de exploración botánica con el fin de ampliar el conocimiento sobre la biodiversidad del estado de Durango. Esto ha permitido registrar y en ocasiones recolectar ejemplares silvestres del género *Phaseolus* (entre muchos otros), complementadas con anotaciones respecto a datos geográficos (latitud y longitud), tipo de vegetación y demás. Las muestras biológicas obtenidas son procesadas en el Herbario CIIDIR con el fin de conseguir su determinación taxonómica y posteriormente ser integradas tanto al banco de datos, como a la colección científica del CIIDIR-IPN-U-DGO.

En este banco de información antes mencionado, se tiene una de las mejores referencias respecto a recolectas de ejemplares botánicos registrados para el estado de Durango tanto propias (de la institución) como de otros Herbarios muy importantes, tanto nacionales como extranjeros y esto permitió visualizar la diversidad y distribución geográfica de las especies silvestres del género *Phaseolus* correspondiente a cada región fisiográfica de dicha entidad federativa de México.

Resultados y discusión

Se consideró los 288 números de registro (anotados hasta el inicio del año, 2023) del banco de información del Herbario CIIDIR, que incluye la mayoría de los ejemplares existentes en gran parte de los herbarios más importantes de México y de Estados Unidos de Norteamérica.



Aunado a lo anterior se conjunto con los resultados de los recorridos de exploración botánica por los autores del presente, entre los años de 2018 al 2022 por 27 de los 39 municipios de la entidad. Reuniendo 219 números de registro de recolección de ejemplares biológicos.

Cuadro 1. Los ayuntamientos de Durango, sin registro (a la fecha) de presencia de *Phaseolus silvestre*.

Municipio	Estimaciones de los autores para estos municipios
Gómez Palacio	por el deterioro al ambiente, muy probable ya no existe de forma silvestre.
Guanaceví	muy probable existen en área municipal al menos 10 especies de <i>Phaseolus</i> .
Lerdo	muy probable existen en el área municipal al menos dos especies.
Otáez	muy probable existen en el área municipal al menos cinco especies.
San Bernardo	muy probable existe en el área municipal al menos tres especies.
San Luis del Cordero	es probable que exista en el área municipal al menos una especie.
San Pedro del Gallo	es probable que exista en el área municipal al menos una especie.
Villa Hidalgo	es probable que exista en el área municipal al menos una especie.

Cuadro 2. Especies de *Phaseolus L. silvestre* en municipios de Durango. (✓= si registrada la recolección. X=sin registro).

Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Canatlán	✓	x	x	✓	✓	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
Canelas	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x
Coneto de Comonfort	✓	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cuencamé	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Durango	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	x	x	✓	✓	x	✓	✓
El Oro	✓	x	x	x	x	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
Gómez Palacio	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Guadalupe V.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x
Guanaceví	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Indé	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lerdo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mapimí	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mezquital	✓	x	x	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nazas	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nombre de Dios	✓	x	x	✓	✓	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
Nuevo Ideal	x	x	x	✓	x	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
Ocampo	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pánuco de Coronado	✓	x	x	x	x	x	✓	x	x	✓	✓	x	x	x
Peñón Blanco	✓	x	x	x	x	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
Poanas	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
Pueblo Nuevo	✓	✓	x	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	✓	x	x
Rodeo	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
San Bernardo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Dimas	x	x	x	✓	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	✓
San Juan de Guadalupe	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Juan del R.	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
San Luis del C.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Pedro del Gallo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Santa Clara	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Santiago Papasquiaro	x	x	✓	x	x	✓	x	x	x	x	x	✓	x	x
Simón Bolívar	x	x	x	x	✓	✓	x	x	x	x	x	x	x	x
Súchil	x	x	x	✓	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tamazula	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tepehuanes	x	x	x	✓	✓	✓	x	x	x	x	x	x	x	x
Tlahualilo	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x
Topia	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	✓	x	x
Vicente Guerrero	✓	x	x	✓	✓	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
Villa Hidalgo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

1.-*Phaseolus acutifolius*; 2.-*Phaseolus amblyosepalus*; 3.-*Phaseolus anisophyllus*; 4.-*Phaseolus anisotrichos* (=P. leptostachyus); 5.-*Phaseolus coccineus*; 6.-*Phaseolus grayanus*; 7.-*Phaseolus hintonii*; 8.-*Phaseolus jaliscanus*; 9.-*Phaseolus lunatus*; 10.-*Phaseolus maculatus*; 11.-*Phaseolus magnilobatus*; 12.-*Phaseolus micranthus*; 13.-*Phaseolus microcarpus*, 14.- *Phaseolus parvifolius*.



Cuadro 3. Especies de *Phaseolus* L., en municipios de Durango (continuación de numeración de Cuadro 2)

Nombre	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Canatlán	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
Canelas	✓	x	x	x	x	x	✓	x	✓	x	✓	✓	x
Coneto de Comonfort	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
Cuencamé	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
Durango	✓	✓	x	x	x	x	✓	✓	x	x	x	✓	x
El Oro	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
Gómez Palacio	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Guadalupe V.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Guanaceví	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Indé	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lerdo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mapimí	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓
Mezquital	✓	x	x	x	x	x	✓	✓	x	x	x	✓	x
Nazas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nombre de Dios	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
Nuevo Ideal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	✓	x
Ocampo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pánuco de C.	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	✓	x
Peñón Blanco	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x
Poanas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
Pueblo Nuevo	✓	✓	x	✓	✓	x	x	✓	✓	✓	x	✓	x
Rodeo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Bernardo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Dimas	✓	✓	x	x	x	x	✓	✓	✓	✓	x	✓	x
San Juan de Guadalupe	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Juan del R.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
San Luis del C.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Pedro del Gallo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Santa Clara	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Santiago Papasquiaro	✓	x	✓	x	x	x	✓	✓	x	x	x	✓	x
Simón Bolívar	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Súchil	✓	✓	x	x	✓	x	x	✓	x	✓	x	✓	x
Tamazula	x	✓	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	✓	x
Teprehuanes	✓	✓	✓	x	x	x	✓	✓	x	x	x	x	x
Tlahualilo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓
Topia	✓	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vicente Guerrero	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
Villa Hidalgo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

15.- *Phaseolus parvulus*; 16.- *Phaseolus pauciflorus*; 17.- *Phaseolus pedicellatus*; 18.- *Phaseolus perplexus*; 19.- *Phaseolus pluriflorus*; 20.- *Phaseolus polymorphus*; 21.- *Phaseolus reticulatus*; 22.- *Phaseolus ritensis*; 23.- *Phaseolus salicifolius*; 24.- *Phaseolus scabrellus*; 25.- *Phaseolus venosus*; 26.- *Phaseolus vulgaris*; 27 *Phaseolus filiformis*



Conclusiones

Finalmente permite en parte confirmar la diversidad para el estado de Durango (Delgado op cit.) y para cada región de la entidad, previamente presagiada (Dohle, 2019). En el estado de Durango existen áreas en las cuales la colonización de estas especies de frijoles silvestres no depende tanto del tipo de vegetación existente sino básicamente del grado de afectación del ambiente natural causado por factores antropogénicos, en consecuencia, a ello la distribución geográfica y la abundancia de estas especies silvestres, será de abundante o llegando a ser su presencia escasa y hasta nula.

La zona fisiográfica del estado de Durango es la que corresponde a la Sierra Madre Occidental, para lo cual el área más diversa se han registrado a la fecha 17 especies: (Cuadro 2 y Cuadro 3). Las cuales son: *Phaseolus acutifolius*; *P. amblyosepalus*; *P. anisophyllus*; *P. anisotrichos*; *P. coccineus*; *P. grayanus*; *P. jaliscanus*; *P. micranthus*; *P. parvulus*; *P. pauciflorus*; *P. pedicellatus*; *P. pluriflorus*; *P. reticulatus*; *P. ritensis*; *P. salicifolius*; *P. scabrellus* y *P. vulgaris*.

Referencias

- Acosta Gallegos, J.; J. Muruaga Martínez y F. Cárdenas R. 1983. Distribución de especies del género *Phaseolus* L. en el estado de Durango. INIFAP. Centro de Investigaciones Norte-Centro, Durango, México. 9:1, 13-22p.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO); Biodiversidad mexicana, sf. <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/distribesp.html>
- Delgado, A. y S. Gama L. 2015. Diversidad y distribución de los frijoles silvestres en México. | Vol. 16 | Núm. 2 | ISSN 1607 – 6079. Revista digital on line: <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art10/>
- Dohle, S., Berny Mier, Y., Teran, J. C., Egan, A., Kisha, T., and Khoury, C. K. (2019). "Wild Beans (*Phaseolus* L.) of North America," in North American Crop Wild Relatives, eds S. Greene, K. Williams, C. Khoury, M. Kantar, and L. Marek (Cham: Springer), 99–127. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97121-6_4.
- Freytag, G. F. & D. G. Debouck. 2002. Taxonomy, distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* L. (Leguminosae-Papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. Sida Bot. Misc. 23: 300 pp. Botanical Research Institute. Fort Worth, Tx. USA.
- Tropicos, sf. Tropicos, connecting the world to botanical data since 1982. <https://tropicos.org/home>, <http://legacy.tropicos.org/Specimen/2171552>, <http://legacy.tropicos.org/Specimen/2175275>, <http://legacy.tropicos.org/Specimen/2174561>



CRECIMIENTO EN VIVERO Y CALIDAD DE PLANTA DE *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* EN DIFERENTES MEZCLAS DE SUSTRATO

José Luis García Pérez^{1*}, Gabriel Sosa Pérez¹, José Ángel Sigala Rodríguez²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental La Campana. Km 33.3 Ctra. Chihuahua-Ojinaga, Aldama, Chihuahua, México. ²INIFAP, Campo Experimental Valle del Guadiana. Km 4.5.Ctra. Durango-Mezquital, Durango México. *Autor de correspondencia: garciap.luis@inifap.gob.mx

Introducción

En el proceso de producción de planta en vivero se involucran diversas prácticas culturales que determinan los atributos morfológicos y fisiológicos de calidad de planta. Estas características le confieren a la planta la capacidad para sobrevivir y establecerse adecuadamente en campo (Duryea, 1985). Uno de los principales factores que intervienen en el desarrollo aéreo y radical de las plantas en vivero es la composición del sustrato. Dependiendo de sus características, el sustrato puede tener diferencias en sus propiedades físicas, lo que condiciona la capacidad retención de humedad y la aireación necesaria para el desarrollo óptimo del sistema radical (Ansorena, 1994). En la actualidad, existen en el mercado una gran diversidad de sustratos orgánicos e inorgánicos con diferentes propiedades físicas y químicas que favorecen el desarrollo de las plantas. Sin embargo, la mayoría de estos productos son importados y muy costosos, por lo que es necesario utilizar sustratos alternativos, que sean disponibles localmente y de bajo costo (Prieto *et al.*, 2012). En años recientes se ha generalizado el uso de corteza de pino compostada mezclada con los sustratos comerciales, lo que ha reducido los costos de producción de especies forestales. A pesar de estos esfuerzos, aún es necesario definir la proporción necesaria que reduzca el uso de sustratos comerciales sin afectar su desarrollo en vivero y en consecuencia la calidad de la planta producida.

Dada la importancia ecológica, económica y social del mezquite (*Prosopis glandulosa*) y huizache (*Acacia farnesiana*) en la región norte centro de México, se han realizado reforestaciones masivas para impulsar la recuperación de estas zonas degradadas (CONAFOR, 2016). Sin embargo, pese a estos esfuerzos la supervivencia de las plantaciones aún es menor al 60 % debido a factores como herbivoría, sequía, incendios y a la calidad de planta producida en los viveros, lo que hace preciso introducir prácticas culturales que incrementen su calidad (Prieto *et al.*, 2012). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes mezclas de sustrato a base de corteza de pino y mezcla base elaborada con sustratos comerciales durante la producción en vivero y en la calidad de planta de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana*.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el vivero forestal del Campo Experimental La Campana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Aldama, Chihuahua, entre las coordenadas 28° 51' 4.29" N y 105° 52' 0.38" O, a una altitud de 1252 m. El clima predominante en la región es el semidesértico con régimen de lluvias en verano [BS1kw (w) (e)], la temperatura media anual varía entre 18 y 22 °C. La precipitación pluvial acumulada anual oscila entre 250 y 300 mm, precipitación invernal menor a 5%

La planta se produjo en una estructura con malla sombra al 60 %. Los contenedores fueron de poliestireno tipo Cooper Block[®] de 77 cavidades y 170 cm³ de capacidad. La semilla de ambas especies se recolectó en rodales naturales del Municipio de Aldama, Chihuahua. La preparación consistió en remojo en agua a 96 °C durante 60 segundos. La siembra se realizó en el mes de abril de 2017.



Los tratamientos consistieron en seis mezclas de sustrato a base de corteza de pino composteada (CP) y mezcla base (MB) compuesta por peat moss o turba (55 %), agrolita (24%) y vermiculita (21 %). Las mezclas de sustrato evaluadas fueron: 1) 100% MB, 2) 80% MB + 20% CP, 3) 60% MB + 40% CP, 4) 40 % MB + 60% CP, 5) 20% MB + 80% CP y 6) 100% CP. A cada mezcla se añadieron 7 g L de fertilizante de lenta liberación (Multicote®). Las condiciones microambientales de temperatura humedad relativa e intensidad de luz se registraron con un dispositivo datalogger HOBOU12 (Onset, Co.) en intervalos de cinco minutos (Cuadro 1). A cada muestra de sustrato se determinó la porosidad total (%), porosidad de aireación (%) y la capacidad de retención de humedad (%).

Durante el desarrollo de la planta se realizaron mediciones en altura (cm) y diámetro (mm) del cuello en cinco plantas por bandeja desde las primeras dos semanas posteriores al establecimiento y con una frecuencia de cada dos semanas. Al final del ciclo de producción se realizó un muestreo destructivo de cinco plantas por repetición (bandeja), es decir, 15 por tratamiento y se midió altura del tallo (cm), diámetro del cuello (mm). Posteriormente, las muestras se secaron a 72 °C durante 48 horas para determinar la biomasa aérea, radical y total (g) y con ello calcular el Índice de Robustez (IR), Índice de Calidad de Dickson (ICD) y relación parte aérea/radical (RPAR).

El diseño experimental fue completamente al azar y el procesamiento estadístico se desarrolló separadamente para cada especie y consistió en análisis de varianza unifactorial donde se evaluaron las respuestas morfológicas en función de la mezcla de sustrato ($p < 0.05$). Cuando hubo significación estadística se aplicaron pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). Previo a ello se comprobaron los supuestos básicos de normalidad y homogeneidad de varianza. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico R versión 4.2.1 (R Core Team, 2023).

Resultados y discusión

Las condiciones microambientales durante el periodo de estudio presentaron valores medios elevados máximos, mínimos y medios elevados, pese a desarrollarse en condiciones ambientales semicontroladas. Estas condiciones pueden provocar una acelerada desecación del sustrato, especialmente en aquellas mezclas con alta porosidad y baja capacidad de retención de humedad (Cuadro 1.).

Cuadro 1. Valores medios de temperatura y humedad relativa registrados durante el proceso de producción de planta.

Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)		
Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media
38.36	18.94	28.05	75.11	23.91	47.05

En general, como se esperaba, las mezclas de sustratos difirieron en la porosidad total, de aireación y en la capacidad de retención de humedad (Cuadro 2). Las mezclas con al menos 60 % de MB, generaron la mayor porosidad total, mientras que las mezclas a partir de 60 % de CP tuvieron menores valores de porosidad total. En cambio, la porosidad de aeración fue mayor en las mezclas con mayor contenido de CP. Finalmente, las mezclas con la mayor proporción de MB tuvieron la mayor capacidad de retención de humedad y esta fue decreciendo conforme aumentó la proporción de CP. Estos resultados pueden estar asociados a las diferencias a la granulometría y a la fracción de poros y macroporos en los diferentes componentes de las mezclas (Ansorena, 1994).



Cuadro 2. Valores medios de porosidad total, porosidad de aireación y capacidad de retención de humedad en seis mezclas de sustrato a base de corteza de pino compostada y mezcla base.

Mezcla	Porosidad de total (%)	Porosidad de aireación (%)	Capacidad de retención de humedad (%)
100 MB (testigo)	60.04 b	16.85 bc	43.20 a
80 % MB + 20 %CP	62.65 a	15.80 bc	46.85 a
60 % MB + 40 % CP	60.96 ab	18.54 a	42.42 b
80 % MB + 60 % CP	54.70 c	14.16 c	40.55 b
20 % MB + 80% CP	47.81 d	17.53 ab	30.27 c
100 % CP	45.16 e	19.50 a	25.66 d

MB: Mezcla base, CP: Corteza de pino compostada. Letras diferentes para la misma columna, indican diferencias significativas.

Durante el cultivo en vivero, el crecimiento en altura de ambas especies se diferenció desde las primeras seis semanas después de establecida la planta, mostrando una tendencia en favor de las mezclas con al menos 20% de MB para el caso de *Prosopis glandulosa*. En cambio, *Acacia farnesiana* las mezclas con al menos 20 % de CP o MB, favorecieron el crecimiento en altura en comparación con las MB y CP sin mezclar. El crecimiento en diámetro para ambas especies tuvo el mismo patrón de respuesta donde fue favorecido por la presencia de CP en la mezcla a partir de la sexta semana, a diferencia de las plantas cultivadas en 100% MB y 100% CP. Esta respuesta se debió a las diferencias en la proporción de poros y macroporos mejor balanceados en las mezclas que contenían ambos componentes, lo cual favorece el intercambio de aire en la raíz (Sánchez-Córdoba et al., 2008).

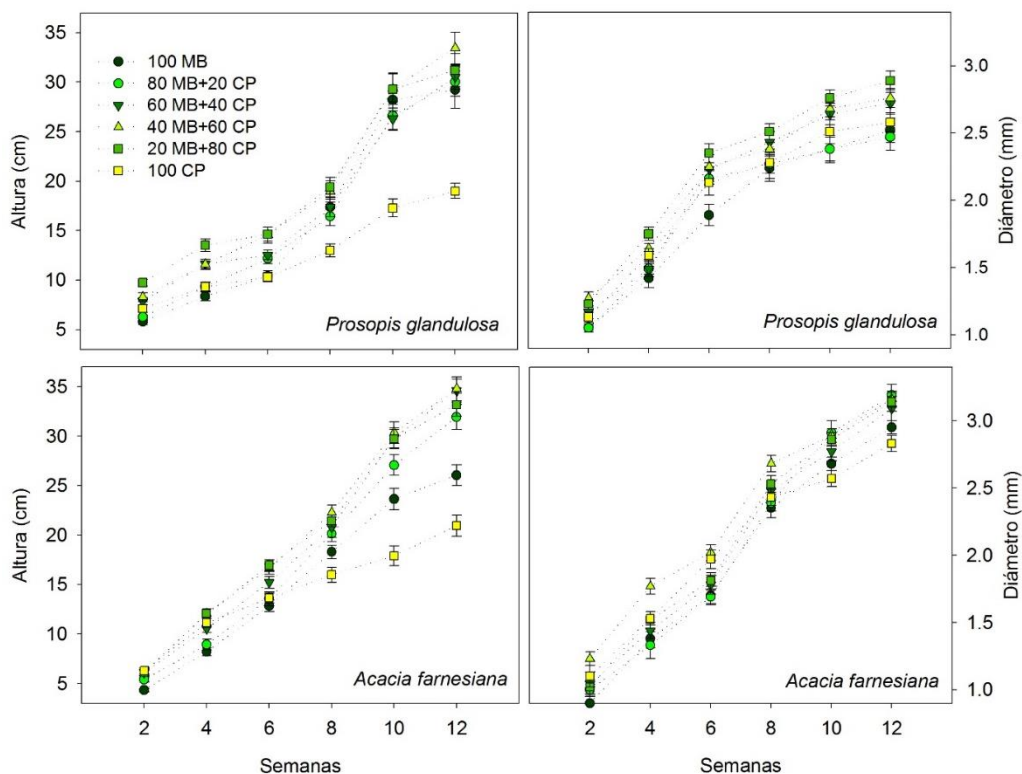


Figura 1. Crecimiento en altura y diámetro de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* durante el proceso de producción de planta en diferentes sustratos.



En cuanto a la calidad de planta, hubo diferencias significativas para todas las variables en respuesta a la mezcla de sustrato en ambas especies (Cuadro 3). *Prosopis glandulosa* se desarrolló mejor en altura en las mezclas que contenían mezcla base MB, mientras que *Acacia farnesiana*, creció mejor en altura en cualquiera de las combinaciones de MB y CP. EL crecimiento en diámetro de *Prosopis glandulosa* se incrementó con la adición de CP a partir del 20% incrementó, observándose la misma tendencia para *Acacia farnesiana*. La producción de biomasa aérea fue mayor en las mezclas con MB en *P. glandulosa*, mientras que *A. farnesiana* mejoró con la adición de 60% de CP. No obstante, el resultado de los índices de calidad de planta, los cuales integran varios atributos morfológicos en su valor, indica de manera consistente que la adición de al menos 60% de corteza de pino compostada en el sustrato favoreció la calidad de la planta producida. Esta respuesta puede asociarse a que esta mezcla presentó valores intermedios de porosidad, con una distribución adecuada de poros y macroporos que benefician la aireación del sistema radical al mismo tiempo que retienen humedad en el sustrato evitando la desecación.

En general, el uso de este sustrato a base de corteza es para producir planta de mezquite y huizache, debido a que se obtiene planta con propiedades fisicoquímicas semejantes a las de la mezcla tradicional, además, se reducen significativamente los costos de producción (Sánchez-Córdova *et al.*, 2008). Por otro lado, cuando se usa bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad se promueve la actividad microbiana, lo que libera iones de nitrógeno, lo que en la práctica representa un beneficio pues con ello se reduce el uso de fertilizantes químicos (López y Estañol, 2005).

Cuadro 3. Respuestas morfológicas de plantas de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* producida en diferentes tipos de contenedor en vivero.

Especie	Mezcla	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Biomasa (g)			IR	ICD	RPAR
				Aérea	Radical	Total			
<i>Prosopis glandulosa</i>	100 MB	29.21 a	2.52 b	0.56 a	0.31 a	0.86 a	11.79 a	0.070 a	1.81 b
	80 MB+20 CP	30.05 a	2.47 b	0.52 a	0.21 ab	0.73 a	12.19 a	0.05 ab	2.52 ab
	60MB+40 CP	30.51 a	2.72 ab	0.55 a	0.25 a	0.81 a	11.34 a	0.061 ab	2.511 ab
	40 MB+60 CP	33.42 a	2.76 ab	0.55 a	0.30 a	0.85 a	12.24 a	0.062 a	2.281 ab
	20 MB+80 CP	31.21 a	2.89 a	0.73 a	0.28 a	1.02 a	10.85 a	0.078 a	4.52 a
	100 CP	18.99 b	2.58 ab	0.17 b	0.11 b	0.27 b	7.39 b	0.028 b	3.28 ab
	<i>p value</i>	≤0.001	0.004	≤0.001	0.005	≤0.001	≤0.001	≤0.008	≤0.010
<i>Acacia farnesiana</i>	100 MB	26.10 b	2.95 ab	0.74 cd	0.55 ab	1.38 bc	8.90 bc	0.128 ab	1.38 bc
	80 MB+20 CP	31.94 a	3.19 a	0.91 bc	0.58 ab	1.55 abc	10.04 ab	0.129 ab	1.55 abc
	60 MB+40 CP	34.58 a	3.09 ab	1.00 b	0.66 a	1.64 ab	11.25 a	0.130 ab	1.63 ab
	40 MB+60 CP	34.77 a	3.16 a	1.24 a	0.74 a	1.72 a	11.02 a	0.157 a	1.72 a
	20 MB+80 CP	33.16 a	3.14 a	1.10 ab	0.72 a	1.54 abc	10.57 a	0.150 ab	1.54 abc
	100 CP	20.95 c	2.83 b	0.54 d	0.43 b	1.27 c	7.39 c	0.115 b	1.27 c
	<i>p value</i>	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001



Dentro de columnas, promedios seguidos de la misma letra, no difieren estadísticamente con base en la prueba de la prueba de Tukey con $p \leq 0.05$. IR: índice de robustez, ICD: Índice de calidad de Dickson, RPAR: relación parte aérea raíz.

Conclusiones

El uso de corteza de pino composteada niveles intermedios en la mezcla de sustrato benefició el crecimiento de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* durante su cultivo en vivero. Estos beneficios se reflejaron al final del cultivo con los mejores indicadores morfológicos de calidad de planta. Sin embargo, en *Acacia farnesiana* esta respuesta fue más patente en comparación con *Prosopis glandulosa*. Aunque se obtuvieron beneficios en la calidad de planta con el uso de niveles intermedios de corteza de pino en el sustrato, es importante tener ciertas consideraciones técnicas con implicaciones en el manejo de la planta en vivero, ya que, si bien es posible reducir costos de producción con el uso de corteza, algunas prácticas culturales pueden modificarse como la frecuencia de fertilización y riego.

Referencias

- Ansorena, J. (1994). Sustratos: Propiedades y Caracterización. Editorial Mundi Prensa. Madrid. España. 172 p.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2016). Monitoreo de Restauración y Reconversión Productiva 2014. Zapopan, Jalisco, México. 276 p.
- Duryea, M. L. (1985). Evaluating seedling quality: Importance to reforestation. In: Duryea, M. L. (ed.) Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major test. Oregon State University, Corvallis. pp:1-4.
- López L. M. A. y E. Estañol B. (2007) Detección de deficiencias de hierro en *Pinus leiophylla* a partir de los efectos de dilución y concentración nutrimental. *Terra Latinoamericana* 25:9-15.
- Prieto R. J. A., J. L. García R., J. C. Monárrez G., y Madrid A., R.E. (2012). Producción de Planta del género *Pinus*. Folleto técnico Núm. 50. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP-CIRNOC. 44 p.
- R Core Team. (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Sánchez-Córdova, T., A. Aldrete, V. M. Cetina-Alcalá, y J. López-Upton. (2008). Caracterización de medio de crecimiento compuesto por corteza de pino y aserrín. *Madera y Bosques* 14(2): 41-49.



EVALUACIÓN DE UN RETENEDOR DE HUMEDAD APLICADO AL SUSTRATO DURANTE LA PRODUCCIÓN DE PLANTA EN VIVERO

José Luis García Pérez^{1*}, Gabriel Sosa Pérez¹, Jimena Carrillo Cruz³, Erickson Basave Villalobos²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental La Campana. Km 33.3 Ctra. Chihuahua-Ojinaga, Aldama, Chihuahua, México. ²INIFAP, Campo Experimental Valle del Guadiana. Km 4.5.Ctra. Durango-Mezquital, Durango México. ³Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. UACH, Av. Pascual Orozco s/n, Campus 1, Santo Niño, Chihuahua, Chih. México. *Autor de correspondencia: garciap.luis@inifap.gob.mx

Introducción

En el ámbito agronómico es frecuente el uso de polímeros retenedores de humedad o hidrogeles capaces de absorber y mantener grandes volúmenes de agua disponible para los cultivos en zonas con baja precipitación y sequías recurrentes. Entre los beneficios de los hidrogeles se encuentran la reducción de pérdida de agua por evaporación, percolación e infiltración, lo que reduce la frecuencia de riegos para los cultivos (Duarte-Gómez, 2019). Sin embargo, en el sector forestal y específicamente en la producción de planta en vivero, es necesario evaluar estas alternativas para eficientizar el uso de agua, especialmente en zonas áridas y semiáridas. En la producción de planta de calidad, la elección del sustrato es de especial interés, debido a que su composición física y química está directamente relacionada con el crecimiento, vigor y producción de materia seca, así como supervivencia de las especies (Ansorena, 1998). En los últimos años, se ha generalizado el uso de mezclas de sustratos con textura ligera que facilite el drenaje y la aireación, y que presenten un medio apropiado donde la planta desarrolle un sistema radical adecuado para prosperar en el terreno definitivo (García et al., 2001). Como auxiliar en el sistema de producción, se han usado polímeros sintéticos, cuya principal característica es su alta capacidad de retención de agua (Johnson y Leah, 1990; Nissen, 1995), lo que disminuye la frecuencia de irrigación y las pérdidas de productos químicos por lixiviación y lavado (Save et al., 1995). Debido a la importancia de la capacidad de retención de humedad del sustrato, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de un hidrogel en el contenido volumétrico de agua del sustrato para la producción de *Prosopis glandulosa*.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el vivero forestal del Campo Experimental La Campana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado entre las coordenadas 28° 51' 4.29" N y 105° 52' 0.38" O, a una altitud de 1252 m. El clima predominante en la región es el semidesértico con régimen de lluvias en verano [BS1kw (w) (e)], la temperatura media anual varía entre 18 y 22 °C. La precipitación pluvial acumulada anual oscila entre 250 y 300 mm, precipitación invernal menor a 5% del registro anual y un verano cálido.

El cultivo de planta se hizo en una estructura con malla sombra al 60 %. Los contenedores fueron de poliestireno tipo Cooper Block[®] de 77 cavidades y 170 cm³ de capacidad. La siembra se realizó en el mes de mayo de 2023. Las condiciones microambientales de temperatura (°C) humedad relativa del aire (%) se registraron con un dispositivo datalogger HOBOU12 (Onset, Co.) en intervalos de 10 minutos (Cuadro 1). Los tratamientos consistieron en tres porcentajes de hidrogel (Lluvia solida[®]) previamente hidratado, añadido a una mezcla base (MB) compuesta de turba (%) y corteza de pino composteada (%). Los tratamientos fueron: 1) 100% MB (Testigo); 2) 70% MB + 30 % Hidrogel; y 3) 85% MB + 15 Hidrogel. A cada mezcla de sustrato se añadieron 7 g L de fertilizante de lenta liberación Basacote[®] Plus 9M 16-8-12.



La cantidad retenedor utilizado en cada tratamiento, se calculó de tal manera que en conjunto con la fracción de mezcla base no excediera el volumen total del contenedor. Para ello se hidrató previamente en agua corriente, alcanzando un volumen de 80.2 cm³ por cada gramo de hidrogel. Cada mezcla fue caracterizada con la densidad aparente (g cm³) y porosidad total (%). Una vez emergida la planta, después de dos semanas, se regó con una frecuencia de dos días, y después de 15 días se disminuyó la frecuencia a tres días. El riego se realizó a saturación y en cada ocasión se registró el peso antes y después de saturar la bandeja. En cada medición se obtuvo el contenido volumétrico de agua (%).

El diseño experimental fue completamente al azar y el procesamiento estadístico consistió en análisis de varianza unifactorial donde se evaluó el contenido volumétrico de agua en cada fecha en respuesta a la adición de hidrogel en el sustrato ($p < 0.05$). Cuando hubo significación estadística se aplicaron pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico R versión 4.2.1

Resultados y discusión

En general se registraron temperaturas elevadas, lo que en consecuencia generó bajos niveles de humedad relativa del aire. Esto a su vez propició una la acelerada deshidratación de los tratamientos de hidrogel por evaporación durante el periodo de estudio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores medios de temperatura y humedad relativa durante el periodo de evaluación

Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)		
Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media
40.10	21.74	30.11	46.05	16.46	29.70

Las mezclas de sustrato presentaron una densidad aparente de 0.23, 0.20 y 0.21 (g cm³) para el tratamiento testigo, 30% de hidrogel y 15% de hidrogel, respectivamente. Asimismo, la porosidad fue de 91.30, 92.61 y 91.92 (%) para los mismos tratamientos.

Durante las primeras dos semanas de cultivo hubo diferencias significativas entre los dos tratamientos y el testigo ($p \leq 0.001$). El contenido volumétrico de agua fue estadísticamente superior al añadir 30% de hidrogel, seguido por el 15%, y finalmente el testigo. Esta tendencia se mantuvo hasta dos semanas después cuando se disminuyó la frecuencia de riegos con una disminución drástica del contenido volumétrico del sustrato. Sin embargo, aunque con ligeras diferencias, en este periodo de evaluación la adición de hidrogel al sustrato mantuvo los niveles de contenido volumétrico de agua, estadísticamente superior al tratamiento sin hidrogel (Figura 1).

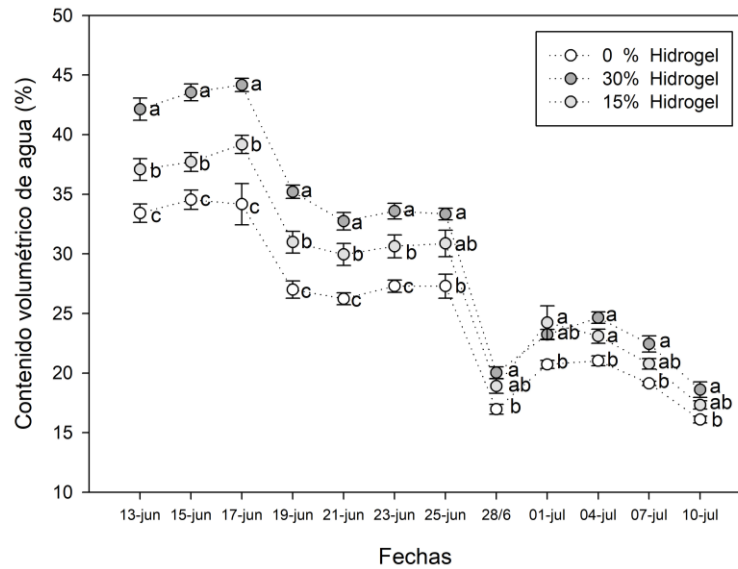


Figura 1. Contenido volumétrico de agua en el sustrato con la adición de hidrogel durante el cultivo inicial de planta de mezquite en vivero.

Estas respuestas podrían ser explicadas por las diferencias en porosidad de las diferentes mezclas, debido a la cual se asocia directamente con la deshidratación debido a las altas temperaturas y a la baja capacidad de retención de humedad en el sustrato (Ansorena, 1994). Debido al alto contenido de humedad en las mezclas con hidrogel, los contenidos de humedad se mantienen a pesar de las altas temperaturas en episodios cortos de sequía. Sin embargo, al final del periodo de evaluación no se encontró diferencia significativa entre los dos tratamientos con hidrogel, indicando una mayor deshidratación en los niveles más altos. Con base en estos resultados, se sugiere utilizar una dosis baja de hidrogel, pues dosis más altas podrían incrementar los niveles de porosidad y por lo tanto el riesgo a una desecación acelerada del sustrato. Otro factor importante para evaluar en un futuro estudio es el impacto de la cantidad de sustrato con hidrogel en la fisiología de la planta, pues se esperaría una reducción de desarrollo radicular o una exposición más alta de las raíces finas a la aireación, lo que podría modificar la morfología y arquitectura radical (Maldonado-Benítez et al., 2011).

Conclusiones

Hay un beneficio marginal del hidrogel en el contenido volumétrico de agua, lo que se puede traducir en la disminución de la frecuencia de riegos. Este beneficio no fue significativo con una dosis más alta al disminuir más la frecuencia de riegos, por lo que se recomienda utilizar una dosis menor al 15% debido a que aún se desconoce el impacto del exceso de hidrogel en el sistema radicular y fisiológico de la planta.

Aunque se encontraron diferencias significativas en favor de la adición de hidrogel en el sustrato, es necesario realizar evaluaciones del estado fisiológico y morfológico de las plantas, específicamente el estado hídrico, para determinar si la humedad residual en el sustrato puede ser aprovechable por las plantas.



Referencias

- Ansorena, J. 1994. *Sustratos: Propiedades y Caracterización*. Editorial Mundi Prensa. Madrid. España. 172 p.
- Duarte, R.M., Contreras, R.L.G., Contreras, F.R., Carvajal, A.L., Ramírez, F.N., 2019. Irrigation deficit and hydrogel application in olive productivity in desert regions. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas* 10(2):393-404.
- García C. O., G. Alcántar G., R. I. Cabrera, F. Gavi R., y V. Volke H. 2001. Evaluación de sustratos para la producción of the dose utilized in the substrate and to carry out sufficient irrigation in order to avoid water stress in the seedlings. End of the English version— pppvPPP de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra* 19(3): 249-258.
- Johnson, M. S., and R. T. Leah. 1990. Effect of superabsorbent polyacrylamide on efficacy of water use by crop seedlings. *J. Sci. Food Agric.* 52(3): 431-434.
- Maldonado-Benitez, K. Reyna, Aldrete, Arnulfo, López-Upton, Javier, Vaquera-Huerta, Humberto, & Cetina-Alcalá, V. Manuel. (2011). Producción de *Pinus greggii* Engelm. En mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero. *Agrociencia*, 45(3), 389-398.
- Nissen, J. 1995. Hidrogeles, análisis comparativo y costo de aplicación de una alternativa no tradicional de abastecimiento de agua a cultivos y frutales del sur de Chile. *Agroanálisis* 11(131):19-20.
- Save R., M. Pery, O. Marfa, and L. Serrano. 1995. The effect of a hydrophilic polymer on plant water status and survival of transplanted pine seedlings. *HortTechnology* 5: 141–143.



DESARROLLO VEGETATIVO EN PLÁNTULAS DE ORÉGANO (*Lippia graveolens* Kunth) CON INFLUENCIA DE FITOHORMONA Y MICORRIZA

¹E. Edith Villavicencio-Gutiérrez, ²Jesús A. Gutiérrez-Argüello, ¹Antonio Cano-Pineda

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515, Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. ²Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

*Autor de correspondencia: villavicencio.edith@inifap.gob.mx

Introducción

La familia Verbenaceae comprende alrededor de 35 géneros y un aproximado de 1000 especies que se distribuyen en regiones áridas y semiáridas del mundo, mayoritariamente del continente americano (Rivera et al., 2010; Herrera-Rodríguez et al., 2019). En México, se conocen 26 géneros y alrededor de 286 especies (López-Villafranco et al., 2017). Una de las plantas mexicanas pertenecientes a esta familia es *Lippia graveolens* Kunth (Orégano mexicano). Esta especie es un recurso forestal no maderable (RFNM) de importancia comercial, considerado como planta aromática, especia, hierba culinaria y condimento, al ser un potenciador del sabor y conservador natural (González-Trujano et al., 2017). Su aceite tiene uso como conservador (antioxidante) en alimentos procesados, saborizante en refrescos y licores; en la industria farmacéutica es usado como antimicrobiano (Machado et al., 2010), en la cosmética como fijador y esencia (Pascual, et al., 2001) y por sus propiedades antifúngicas se ha probado en la agricultura para el control de fitopatógenos (Quiroz-Velásquez et al., 2022).

Este arbusto se aprovecha en las zonas semiáridas de México, donde registra una producción anual de hoja seca de 6500 t año⁻¹ (SEMARNAT, 2017). La mayor producción de hoja seca de orégano se obtiene de poblaciones naturales, la principal área de aprovechamiento se ubica en la región norte del país; en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Tamaulipas, las cuales suman más de 50 % de las autorizaciones para su aprovechamiento, seguidos por Jalisco, Zacatecas, Querétaro, Hidalgo y Baja California Sur (SEMARNAT, 2017).

A pesar de que existe una regulación a través de guías de autorización para el aprovechamiento de este recurso (Granados-Sánchez, et al., 2013), las poblaciones naturales de *L. graveolens*, se han reducido, debido al efecto del cambio climático y a que el follaje se corta antes de la floración, interrumpiendo el proceso de reproducción sexual, lo que limita la producción de semillas, su propagación y regeneración *in situ*, por lo que se requiere implementar programas de reforestación y plantaciones comerciales que garanticen tanto la permanencia del orégano en su hábitat natural, como el volumen de materia prima requerido a nivel nacional e internacional, aspectos que juegan un papel preponderante en la solución de los problemas de deforestación y de baja producción forestal que actualmente enfrenta el país.

Dada la importancia social, ecológica y comercial, de este recurso fitogenético se requiere generar estrategias de conservación que promuevan su sustentabilidad como un cultivo alternativo en las regiones con baja disponibilidad de agua.

Aunque el orégano puede propagarse por semilla (González-Nieves et al., 2010), estacas (Méndez-Mayboca, 2021) o por clonación *in vitro* (Rojas-García et al., 2021), cada método tiene sus propias limitaciones. La semilla es la fuente de propagación en las plantas vasculares y ha sido la forma de propagación más efectiva en vivero para obtener plantas con calidad para trasplante (Martínez-Hernández et al., 2016).



Considerando que en orégano se requiere establecer un esquema de producción de planta en contenedor que permita promover los atributos morfológicos en etapas tempranas para favorecer el crecimiento del área foliar y un sistema radicular activo, aspectos que al final permiten soportar los factores de estrés y las prácticas de cultivo, se planteó como objetivo del presente estudio evaluar en la etapa 1 de crecimiento vegetativo el efecto de la dosis de fitohormona y micorrizas en el crecimiento de las plántulas como una estrategia para su propagación.

Materiales y métodos

Material vegetativo. Se utilizaron semillas de *L. graveolens* de una recolecta masal en 2022 de una población natural con vegetación de matorral rosetófilo (INEGI, 2018), del municipio de Mapimí, Durango, México. El beneficio de semillas se hizo con un agitador mecánico marca SEA STAR HSA00315 a 250 rpm y tamices marca FIIC no. 24 para separar las semillas del material inerte (polvo y restos de su cubierta). El sitio de colecta presenta un clima muy árido y semicálido (BWhw(e) (García, 2004), temperatura máxima de 41° C, una mínima de 9° C (Vélez, 2021), precipitación anual de 500 mm, a una altitud de 1304 msnm, ubicado en las coordenadas son 25° 50' 1" N, 103° 50' 56" O (INEGI, 2008) (Figura 1).

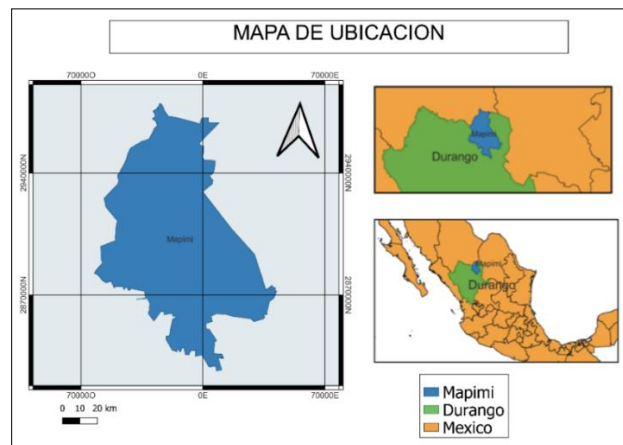


Figura 3. Ubicación del área de estudio en el Ejido Mapimí, municipio de Mapimí, Durango.

Sitio de evaluación. Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP.

Diseño experimental. En la producción de planta se utilizó un diseño completamente al azar, donde se evaluaron dos tipos de promotores de crecimiento vegetal; el ácido giberélico (AG₃) en dos concentraciones 250 ppm y 500 ppm de AG₃ y la inoculación de micorriza en dos concentraciones al 50 % y 100 % de *Glomus intraradices* (con 46 esporas/gramo) más un testigo (agua destilada) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en plántulas de *Lippia graveolens*.

CÓDIGO	ID	DESCRIPCION
T1	1	250 ppm de ácido giberélico (AG ₃)
T2	2	500 ppm de ácido giberélico (AG ₃)
T3	3	50% inoculación de micorriza
T4	4	100% inoculación de micorriza
T5	5	Agua destilada



La producción de planta se inició con el establecimiento de 150 semillas con tres repeticiones por tratamiento, las cuales se hicieron germinar en contenedores de polipropileno de 250 mL, con una mezcla de sustrato 3:2:1 (peat moss: agrolita: vermiculita), estéril en autoclave marca Summi SM-360-A a 120°C y 1.5 Psi. Previo al establecimiento las semillas se remojaron por 12 h con el tratamiento y cada siete días se aplicó un riego con 30 mL de cada tratamiento. A los 42 dde (días de establecimiento) y previo al repique en contenedor se realizó la medición de variables morfométricas de las plántulas; altura del tallo (At) tomado desde la base del tallo hasta la yema apical y longitud radicular (Lr) en milímetros (mm), tomado desde el cuello de la base del tallo hasta la punta de la raíz; ambos con un Vernier digital (Carbon Fiber Composites); número de entrenudos (Ne) y número total de hojas por planta (Nh).

Análisis estadístico. Consistió en un completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento, mediante el siguiente modelo, bajo la hipótesis $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6$ vs H_1 : efectos del tipo y dosis influyen en la variable de respuesta.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}, \quad i=1,2,\dots,t; \quad j=1,2,\dots,r$$

μ = Media

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

El análisis de varianza definido se realizó para probar la hipótesis nula:

H_0 : = no hay efectos de la concentración de fitohormona y micorriza entre variables morfométricas.

En este estudio se evaluaron todos los supuestos de un análisis de varianza ($\alpha = 0.05$): homogeneidad de varianza (Barlett y Levene para las interacciones), normalidad (Shapiro-Wilk), independencia (prueba de rachas) y no aditividad del modelo (Tukey). Cuando existieron diferencias estadísticas, se aplicaron pruebas de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$). Todos los análisis se llevaron a cabo con el software estadístico R® versión 3.5.3 (R Core Team, 2020).

Resultados y Discusión

Cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza. En las variables evaluadas (Lr , At , Ne y Nh) se tiene una probabilidad del 95 % que los datos se distribuyen de manera normal y son independientes. Los supuestos de la prueba de homogeneidad de Barlett se cumplieron para las variables Lr ($p = 0.3347$), At ($p = 0.0731$) y Ne ($p = 0.3243$) y muestran que existe homogeneidad de varianzas entre los cinco tratamientos evaluados, se acepta la independencia de los errores y la aleatoriedad de la muestra. La prueba de Levene para las interacciones (tratamiento X repetición) no rechazan la hipótesis H_0 ($p = 0.9938$) e indican que las varianzas no son significativamente diferentes. El análisis de los residuales mostró que se distribuyen de manera normal Lr ($p = 0.7017$), At ($p = 0.0771$) y Ne ($p = 0.7289$) y son independientes. Acorde a la prueba de no aditividad de Tukey, el modelo es aditivo; Lr (Tukey $p = 0.6934$), At (Tukey $p = 0.0599$) y Ne (Tukey $p = 0.7880$). Los valores reportados en el coeficiente de variación (CV) y determinación (R^2) indican un buen ajuste del modelo. De esta información se concluye que existen diferencias entre los cinco tratamientos evaluados (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Supuestos del análisis de varianza para las variables morfométricas en plántulas de orégano (*L. graveolens*).

Variable	Prueba de Normalidad		Homogeneidad de varianzas	Independencia de errores	Interacción	Residuales	Prueba no aditividad	CV	R ²
	W			Valor-p					
Lr	0.929	0.267	0.3347	0.8016	0.540	0.7017	0.6934	7.5	0.8
At	0.909	0.134	0.0731	0.774	0.415	0.0771	0.065	6.7	0.8
Ne	0.908	0.129	0.3243	0.409	0.631	0.7289	0.788	5.7	0.7
Nh	0.845	0.014	2.2e-16	0.8016	0.682	0.6131	0.48	6.7	0.9

Efecto de tratamientos. Se presentaron diferencias altamente significativas en *Lr*, ($p = 0.0007$) y *Nh* ($p = 1.591e^{-05}$) y diferencias significativas en *At* ($p = 0.0012$) y *Ne* ($p = 0.0026$); resultados que indican que uno o varios tratamientos influyen en los atributos morfológicos de las plántulas de orégano (*L. graveolens*) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Anova para variables morfométricas en plántulas de orégano (*L. graveolens*) en crecimiento vegetativo.

	F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Residuales	Valor de F	Valor de p
Tratamiento		4					
Residuales		10					
Variable							
<i>Lr</i>			124.62	31.15	2.59	12.01	0.0007***
<i>At</i>			285.61	71.74	6.72	10.61	0.0012 **
<i>Ne</i>			5.63	1.4	0.16	8.7	0.0026**
<i>Nh</i>			21.44	5.36	0.18	29.66	1.591e-05***

F.V.= Factor de Variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio

En *Lr* la prueba de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$), indica que la aplicación de micorriza influye en el crecimiento radicular con el T4 (100% *Glomus intraradices*), superando al resto de los tratamientos evaluados, con una diferencia respecto al testigo del 17.4% (Figura 2a). La aplicación de una dosis alta de ácido giberélico T1 (250 ppm de AG₃) también influye en el crecimiento de la raíz de la plántula; sin embargo, su efecto no supera a la aplicación de micorriza del T4 (Figura 2a). La influencia de las micorrizas en el crecimiento y cambios fisiológicos también se ha evaluado en otras plantas aromáticas como Albaca (Zulueta-Rodríguez *et al.*, 2016) y estragón (*Artemisia dracunculoides*) (Peláez-Carmona, 2017).

Al disminuir la dosis de micorriza T3 (50% *Glomus intraradices*) el tamaño de sistema radicular es menor y estadísticamente igual al tratamiento con la dosis baja de ácido giberélico T1 (250 ppm de AG₃) con un *Lr* de 21.80 mm y 20.5 mm respectivamente (Figura 2a).

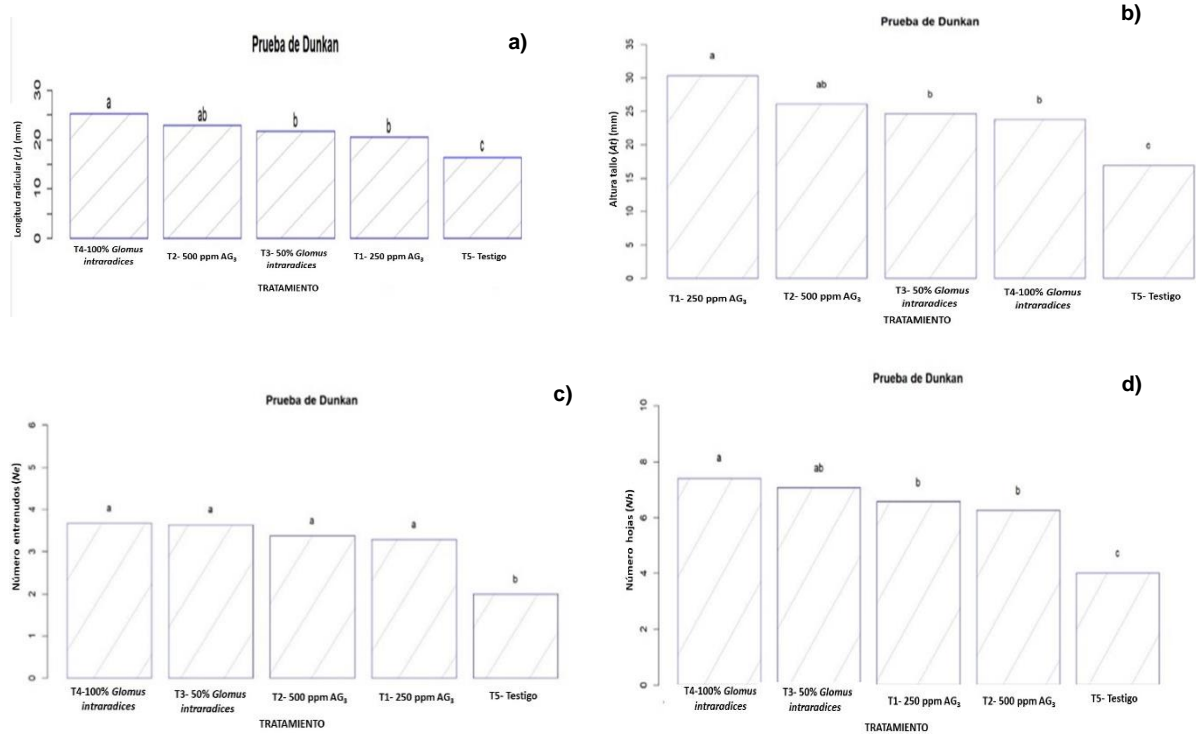


Figura 4. Características morfométricas en la etapa 1 de crecimiento vegetativo de plántulas de orégano (*L. graveolens*). Letras diferentes entre Tratamientos indican diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) según la prueba de Duncan (95%).

Un efecto diferente se presentó con la variable *At*, donde la prueba de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$), mostró que los dos tratamientos con ácido giberélico fueron estadísticamente iguales; sin embargo, el tratamiento T1 (250 ppm de AG₃) registró una *At* de 30.28 mm superando al resto de los tratamientos evaluados, destacando que la *At* del T5-Testigo presentó un 55.5 % menor (Figura 2b). El empleo de AG₃ se ha usado como potencial osmótico para acortar el tiempo de emergencia de semillas con bajas tasas de germinación, para lograr una producción de plántulas más vigorosas y mejor desarrolladas en las primeras fases del cultivo (Pinillo-Ortiz, 2016), la dosis utilizada en este tratamiento influyó en la división y elongación celular del tejido vegetal del tallo como también lo refieren Ho et al., (2003).

La aplicación de micorriza tiene mayor influencia en *Ne* a pesar de que estadísticamente la prueba de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$) registró que los tratamientos con micorriza y ácido giberélico fueron estadísticamente iguales. Con el T4 (100% *Glomus intraradices*) se obtuvo un *Ne* de 3.6; mientras que el testigo solo presentó un *Ne* de 2.0 por plántula (Figura 2c).

Se presentó una variabilidad en *Nh* dependiendo del tratamiento, los adicionados con micorriza fueron estadísticamente iguales; sin embargo, la aplicación con el T4 (100% *Glomus intraradices*) registró mayor efecto con un *Nh* de 7.4 hojas por plántula; mientras que el testigo presentó el menor *Nh* con 4.0 hojas por plántula. Los tratamientos con ácido giberélico fueron estadísticamente iguales con una *Nh* no mayor a 6.5 hojas por plántula (Figura 2 d).



En un sistema de producción de planta, el cómo se realice la propagación es la base de la que depende el crecimiento de las variables morfométricas; desde los estadios iniciales de crecimiento hasta el momento del trasplante y establecimiento al sitio definitivo, donde completará su ciclo productivo. Del cuidado que se tenga en la etapa 1 del crecimiento vegetal de la plántula dependerá la calidad y uniformidad del material producido. Las micorrizas han demostrado que son una alternativa emergente a los productos químicos que se han usado para incrementar la fertilidad y producción de cultivos en los agroecosistemas sustentables (Varga, 2015). En orégano, la inoculación con micorriza *Glomus intraradices* influyó positivamente en el crecimiento en la *Lr*, *Ne* y *Nh*; su aplicación tuvo efecto en el desarrollo y eficacia biológica de las plántulas, principalmente en el sistema radicular, lo que puede favorecer la introducción de nutrimentos como; nitrógeno, potasio, calcio, azufre, zinc y el fósforo cuando las plántulas sean fertilizadas. En un sistema de producción de planta de orégano, la inoculación de micorriza es una alternativa en nutrición para las plántulas, su asociación simbiótica sirve de modulador para atenuar de las alteraciones provocadas por la falta de agua y pueden mejorar la capacidad de resistencia al estrés hídrico y abiótico, que les permitirá enfrentar las condiciones semiáridas cuando éstas se establezcan en campo, lo que puede asegurar el establecimiento de la plantación.

El uso del ácido giberélico en un sistema de producción de planta se ha utilizado para disminuir las pérdidas causadas por emergencias asincrónicas e incrementar el vigor de las plántulas (Alcantara-Cortes et al., 2019), en orégano su efecto solo se presentó en el incremento y desarrollo del tejido vegetal de la *At*, de ahí la importancia de entender los efectos o mecanismos que tienen los osmocondicionadores y microorganismos en asociación con las plantas (Ruiz-Ramírez et al., 2021).

Conclusiones

El esquema de producción de plántulas de orégano en etapa 1 de crecimiento vegetativo es factible con el uso de micorrizas; la inoculación con 100% de *Glomus intraradices* incrementa las variables morfométricas de *Lr*, *Ne* y *Nh* de las plántulas a los 42 dde. La aplicación de 250 ppm de AG₃ influye en *At* y en menor proporción *Lr*, *Ne* y *Nh*.

Referencias

- González-Nieves, C., Arreola-Ávila, J. G., García-Herrera, G., Rodríguez-López, J. S., Carrillo-Flores, R., Esquivel-Arriaga, O., & Villa Castorena, M. (2010). Efectos de tratamientos pregerminativos en la emergencia y crecimiento de plántulas de orégano (*Lippia graveolens* HBK). Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, IX(2), 129-134.
- Granados-Sánchez, D., Martínez-Salvador, M., López-Ríos, G. F., La Rosa, A. B., & Rodríguez-Yam, G. A. (2013). Ecología, aprovechamiento y comercialización del orégano (*Lippia graveolens* H. B. k.) en Mapimí, Durango. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente, XIX(2), 305-321. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.05.035>
- González-Nieves, C., Arreola-Ávila, J. G., García-Herrera, G., Rodríguez-López, J. S., Carrillo-Flores, R., Esquivel-Arriaga, O., & Villa Castorena, M. (2010). Efectos de tratamientos pregerminativos en la emergencia y crecimiento de plántulas de orégano (*Lippia graveolens* HBK). Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, IX(2), 129-134. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.10.088>
- Herrera-Rodríguez, S., López-Rivera, R., García-Márquez, E., Estarrón-Espinoza, M., & Espinosa-Andrews, H. (2019). Mexican Oregano (*Lippia graveolens*) Essential oil-in-water Emulsions: Impact of Emulsifier type on the Antifungal Activity of *Candida albicans*. Food Science and Biotechnology, 28, 441-448.
- Ho, T. H. D., Gómez-Cadenas, A., Zentella, R., & Casaretto, J. A. (2003). Crosstalk between gibberellin and abscisic acid in cereal aleurone. Journal of Plant Growth Regulation, 22, 185-194. <https://doi.org/10.1007/s00344-003-0026-7>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2008). Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Unidades climáticas. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267568> (consultado agosto de 2023).



- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2018). Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463842781> (consultado agosto de 2023).
- López-Villafranco, M., Aguilar-Contreras, A., Aguilar-Rodríguez, S., & Xolalpa-Molina, S. (2017). Las Verbenaceae Empleadas como Recurso Herbolario en México: Una Revisión Etnobotánica-Médica. *Polibotánica*, 44, 195-216. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140527682017000200195&script=sci_arttext
- Machado, M., Dinis, A. M., Salguero, L., Cavaleiro, C., Custódio, J. B. A., & Sousa, M. D. C. (2010). Anti-Giardia activity of phenolic-rich essential oils: Effects of *Thymbra capitata*, *Origanum virens*, *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*, and *Lippia graveolens* on trophozoites growth, viability, adherence, and ultrastructure. *Parasitology Resources*, 106, 1205-1215. doi: 10.1007/s00436-010-1800-7
- Martínez-Hernández, R., Villa-Castorena, M., Catalán-Valencia, E. A., & Inzunza-Ibarra, M. A. (2016). Producción de plántula de orégano (*Lippia graveolens* Kunth) por semilla en vivero para trasplante. *Rev. Chapingo ser. cienc. for. ambient*, 23(1), 61-73. doi: 10.5154/r.rchscfa.2015.11.051
- Méndez-Mayboca, F. R. (2021). Evaluación de semillas y biomasa de estacas de orégano (*Lippia palmeri* W.) mediante la inoculación de halobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Tesis doctoral. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Depto. de Investigación y Posgrado en Alimentos UNISON. <http://repositorioinstitucional.uson.mx/bitstream/20.500.12984/7096/1/mendezmaybocafatimarociod.pdf>
- Pascual, M. E., Slowing, K., Carretero, E., Sánchez-Mata, D., & Villar, A. (2001). Lippia: Traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. *Journal of Ethnopharmacology*, 76, 201-214. doi: 10.1016/S0378-8741(01)00234-3
- Peláez-Carmona, L. (2017). Comparación de dos modelos productivos de estragón (*Artemisia dracunculoides*) bajo criterio de indicadores agroambientales en el Oriente Antioqueño. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Bogota Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/60271>
- Pinillo-Ortiz H. (2016). Evaluación del efecto de algunos osmoacondicionadores en la germinación, emergencia y primeras etapas fenológicas del Perejil (*Petroselinum crispum*). Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente Programa de Tecnología en Producción Agrícola. Palmira.
- Quiroz-Velásquez, J. Di C., Rodríguez-Castillejos, G. C., García-León, I., Lizarazo-Ortega, C., García-Olivares, J. G., & Hernández-Mendoza, J. L. (2022). Efecto del aceite esencial de *Lippia graveolens* en el control biológico de *Fusarium chlamydosporum*. *Revista de la Universidad del Zulia*. 3ª época, 13(37), 18-33. <https://doi.org/10.46925/rdluz.37.02>
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rivera G., Bocanegra-García, V., & Monge, A. (2010). Traditional Plants as Source of Fundamental Foods: A Review. *CyTA-Journal of Food*, 8, 159-167. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476330903322978>
- Rojas-García, R., Ramírez-Godina, F., Companioni-González, B., Vera-Reyes, I., Robledo-Torres, V., & García-Osuna, H. T. (2021). Desarrollo de un método eficiente para la micropropagación de orégano. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, (26), 145-157. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i26.2944>
- Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2017). Anuario estadístico producción forestal. CDMX, México. 284p. <https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2020/2017.pdf>
- Varga, S. (2015). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and maternal plant sex on seed germination and early plant establishment. *American journal of botany*, 102(3), 358-366. doi:10.3732/ajb.1400361
- Vélez, R. (2021, 1 diciembre). Información de Mapimi: historia, turismo, tradiciones y más. Descubre México. <https://descubreenmexico.com/informacion-de-mapimi-historia-turismo-tradiciones-y-mas/>
- Zulueta-Rodríguez, R., Valerio-Landa, S. D., Murillo-Amador, B., Lara-Capistrán, L., Reyes-Pérez, J. J., & Hernández-Montiel, L. G. (2016). Influencia de micorrizas arbusculares en el crecimiento y cambios fisiológicos de la albahaca dulce bajo invernadero. *Rev. Mex. de Cien. Agríc.*, (17), 3557-3568. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.834>



MOMENTO ÓPTIMO DE CONTROL CON BASE A LA DENSIDAD DE MOSCA BLANCA Y DEPREDADORES EN ALGODÓN CONVENCIONAL

Iván Franco-Gaytán^{1*}, Olga Bonilla-Barrientos², Enrique Hernández-Leal², Jorge Maltos-Buendía¹, Beatriz Martínez-Yáñez³

¹INIFAP-Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. ²INIFAP-Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. *Correo electrónico: franco.ivan@inifap.gob.mx

Introducción

En la Comarca Lagunera el algodón es uno de los principales cultivos agrícolas debido a su importancia económica. Dentro del complejo de plagas se han identificado 35 especies dentro de la entomofauna del algodonerero siendo la más abundante la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), (Ávila-Rodríguez et al., 2019; Nava-Camberos et al., 2021). En los últimos años las moscas blancas han pasado de ser plagas secundarias a ser las plagas de mayor importancia en un gran número de cultivos, debido a que la población del insecto utiliza una amplia gama de huéspedes a lo largo del año, manteniéndose baja en los meses de invierno y alcanzando niveles epidémicos durante el verano (López-Ávila, 2004; Naranjo et al., 2015). El algodón es el huésped más abundante y el preferido de la mosca blanca durante los meses de julio, agosto y septiembre. Un mal control puede provocar bajos rendimientos debido a la presencia de altas densidades y reducir la calidad de la fibra de algodón cuando deposita excreciones de melaza en las cápsulas abierta, lo que promueve la pegajosidad y el complejo de fumagina asociado con otros azúcares aún con densidades bajas (Ellsworth et al., 2001, Oliveira et al., 2001, Frisvold et al., 2007). En el manejo integral de plagas del algodonerero se ha utilizado una estrategia para reducir el uso general de insecticidas y realizar muestreos periódicos de las poblaciones de las plagas e insectos benéficos con el fin de utilizar umbrales de depredación que permitan tomar decisiones que puedan retrasar o potencialmente eliminar una determinada aplicación de insecticidas contra mosca blanca y utilizar insecticidas selectivos que ayuden a conservar los depredadores naturales (Ellsworth et al., 2001; Naranjo et al., 2009). Los enemigos naturales, principalmente artrópodos depredadores, juegan un rol crítico en la regulación de las poblaciones de *B. tabaci* en el algodonerero (Asiimwe et al., 2016, Vandervoet et al., 2018). El objetivo de esta investigación fue determinar la fecha óptima de aplicación de insecticida biorracionales para el control de mosca blanca en algodón convencional.

Materiales y Métodos

El estudio se estableció en el INIFAP-Campo Experimental la Laguna en Matamoros, Coahuila, México, cuya localización geográfica es 25° 31'48.53" N y 103° 14'33.30" O y se encuentra a 1150 msnm. Se evaluó la fluctuación poblacional de mosca blanca e insectos benéficos en la variedad convencional de algodón Cian Precoz. La parcela experimental fue de 2334m² (12 surcos de 64 m, separados a 0.76 m). La siembra se realizó el 4 de abril, la dosis de fertilización fue 120N-40P-00K, se realizaron cuatro riegos uno de presiembra y tres de auxilio a los 58, 87 y 113 días después de la siembra. Los muestreos fueron semanalmente, iniciando cuando se presentó el 50% de la floración en las plantas (14 junio) y hasta el inicio de la apertura del último tercio de las bellotas de las plantas (10 agosto), se cuantificaron el porcentaje de infestación de mosca blanca, se inspeccionaron visualmente 40 hojas del 5° nudo (contando a partir de la terminal de la planta), cuando las hojas presentaban 3 adultos o más se marcaba como hoja infestada y el número de insectos benéficos efectuando 100 golpes de red por fecha de muestreo.



Los datos de porcentaje de infestación de adultos de mosca blanca y número de insectos benéficos por cada 100 golpes de red se analizaron en un diseño en completamente al azar, usando las fechas de muestreos como repeticiones. Los datos se analizaron mediante pruebas de distribución normal por el método de Shapiro-Wilks, pruebas de homogeneidad de varianza por el test de Bartlett, análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia del 95% utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2020.

Resultados y Discusión

Durante el periodo de evaluación en el cultivo de algodón convencional, se observó un aumento en la densidad de adultos de mosca blanca (*Bermisia tabaci*), iniciando con niveles altos de infestación desde un 70% de hojas para el 14 de junio y alcanzando un pico máximo de 82.5% de hojas para el 28 de junio, sobrepasando el umbral económico de 3 adultos por hoja y 40% de hojas infestadas (Ellsworth et al., 2006, 2019), por lo que se realizó la primera aplicación de insecticida selectivo (pyriproxifen) el 1 de julio, observando un aumento en el número de catarinas (37/100 redeos), adultos de chrisopa (19/100 redeos) y huevos de chrisopa (35/100 redeos) tres semanas posteriores a la aplicación, sin embargo el umbral económico de mosca blanca solo disminuyó a un 47.5% de hojas infestadas, por lo que el 13 de julio se realizó una segunda aplicación de insecticida selectivo, logrando una disminución progresiva de la densidad de mosca blanca y mantenimiento de la densidad de población de los depredadores encontrados (Figura 1).

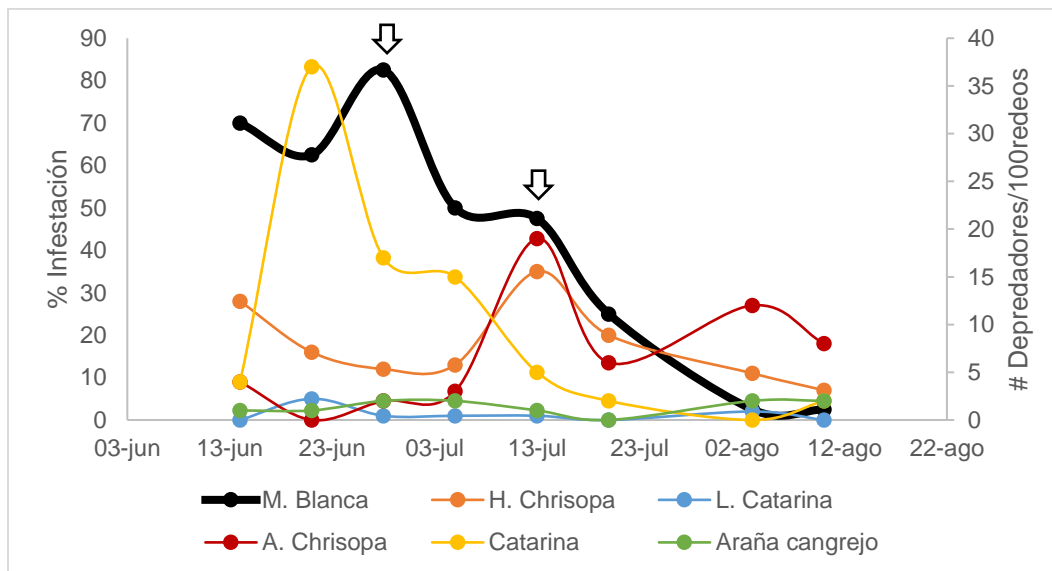


Figura 1. Fluctuación poblacional de mosca blanca (*Bermisia tabaci*) y depredadores A: Adultos de Chrisopa; H: huevos de Chrisopa; L: Larva de Catarina. ↓ Fechas de aplicación de insecticida selectivo: 1 julio y 13 julio.

La dinámica poblacional de mosca blanca se mantiene baja durante los meses de invierno utilizando cultivos hospederos como algunas maleza y plantas ornamentales, durante la primavera comienza una migración hacia el cultivo de melón debido que les aporta una buena cantidad de nutrientes, durante el verano (junio, julio y agosto), la mosca blanca migra hacia el cultivo de algodón siendo este su huésped más abundante (Naranjo et al., 2015) y es el punto donde alcanza los máximos niveles de infestación como se observa en los resultados obtenidos.



De acuerdo con Nava-Camberos et al., 2021 comprobaron que existe una relación de acuerdo a las distancias de predios de melón con respecto a los predios de algodón en donde a menor distancia (300-1400m) mayor aumento de adultos de mosca blanca (11.4-40.6/hoja) y a mayor distancia (13600m-23200m) menor número de adultos de mosca blanca (1.1-5.47/hoja).

Dentro de los principales depredadores que se encontraron fueron las catarinas (*Hippodamia convergens*), chrisopas (*Chrysopa sp*) en su fase adulta y huevo y araña cangrejo (*Misumenops sp*) las más relevantes dentro del complejo de insectos benéficos, El promedio más alto se observó el 21 de junio y 13 de julio para las catarinas (9.25/100 redeos) y chrisopas (8.75 huevos/hoja y 4.75/100 redeos) respectivamente, mientras que las larvas de Catarina y araña cangrejo no presentaron efecto estadístico (Cuadro 1). Es importante señalar que la aplicación del insecticida selectivo ayudó a mantener las poblaciones constantes durante el periodo de evaluación. Actualmente, la conservación de los enemigos naturales se promueve mediante el uso y la sincronización de insecticidas selectivos que son más seguros para la comunidad de enemigos naturales. Sin embargo, la toma de decisiones sigue centrada en las plagas y se basa únicamente en la medición de las densidades de plagas (Ellsworth *et al.*, 2006; Naranjo *et al.*, 2009)

Cuadro 1. Promedio de insectos depredadores en 100 golpes de red en algodón convencional con dos aplicaciones de insecticida selectivo

Fecha	H. Chrisopa		A. Chrisopa		Catarina		L. Catarina		Araña cangrejo	
14-jun	5.60	b	0.80	b	0.80	c	0.00	a	0.20	a
21-jun	4.00	b	0.00	b	9.25	a	1.25	a	0.25	a
28-jun	3.00	c	0.50	b	4.25	b	0.25	a	0.50	a
05-jul	3.25	c	0.75	b	3.75	b	0.25	a	0.50	a
13-jul	8.75	a	4.75	a	1.25	c	0.25	a	0.25	a
20-jul	5.00	b	1.50	ab	0.50	c	0.00	a	0.00	a
03-ago	2.75	c	3.00	ab	0.00	c	0.50	a	0.50	a
10-ago	1.75	c	2.00	ab	0.50	c	0.00	a	0.50	a
DMS	2.06		3.5		2.22		1.45		1.15	

Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), DMS: Diferencia Mínima Significativa. Depredadores A: Adultos de Chrisopa; H: huevos de Chrisopa; L: Larva de Catarina

Conclusión

Se encontraron dos fechas para el momento óptimo de control de mosca blanca el 1 y 13 de julio durante la época de mayor infestación basados en muestreos múltiples durante la fluctuación poblacional de *B. tabaci*, si bien este enfoque no es estático se debe tomar en cuenta el control proporcionado por los depredadores el cual mejora el control biológico, por lo que se recomienda el uso de insecticidas selectivos.



Referencias

- Asiimwe, P, Ellsworth C. P, Naranjo S. E. 2016. Natural enemy impacts on *Bemisia tabaci* (MEAM1) dominate plant quality effects in the cotton system. *Ecol. Entomol.* 41: 642-652.
- Ávila-Rodríguez V., Nava-Camero U, García-Hernández J. L, Martínez- Carrillo J. L, Blanco C. A. 2019. Insect diversity in conventional and Bt cottons in the Comarca Lagunera, Mexico. *Southwest. Entomol.* 44: 383-392.
- Ellsworth, P. C, Martinez-Carrillo J. 2001. IPM for *Bemisia tabaci*: a case study from North America. *Crop Prot.* 20: 853–869.
- Ellsworth, P. C, Palumbo J. C, Naranjo S. E, Dennehy T. J, Nichols R. L. 2006. Whitefly management in Arizona cotton. Cooperative Extension, IPM Series No. 18, The University of Arizona, Tucson, AZ.
- Ellsworth, P. C, Pier N, Fournier A. J, Naranjo S. E, Vandervoet T. 2019. Predator “Thresholds”. The University of Arizona Cooperative Extension, IPM Short.
- Frisvold, G. B., Tronstad R. E. Nichols R. L. Watson M. D. Hequet E. F. 2007. Scope and economic effect of sticky cotton, pp. 5–31. *In* E. Hequet, T. J. Henneberry, and R. L. Nichols (eds.), *Sticky cotton: causes, effects, and prevention*. Agricultural Research Service Technical Bulletin 1915.
- López-Ávila, A. 2004. Manejo integrado de las moscas blancas. Folleto Técnico. 61 p.
- Naranjo S. E, Ellsworth P. C. 2009. Fifty years of the integrated control concept: moving the model and implementation forward in Arizona. *Pest Manage. Sci.* 65: 1267–1286.
- Naranjo S.E, Ellsworth, P.C, Frisvold G.B. 2015. Economic value of biological control in integrated pest management of managed plant systems. *Annu. Rev Entomol.* 60: 621–645.
- Nava-Camero U, Maltos-Buendía J. Ávila-Rodríguez V, Hernández-Leal E, Franco-Gaytán I, Rivera-Zamarripa A.D, Valenzuela-García A.A, Estrada-Rodríguez J.L, Sánchez-Galvan H. 2021. Densidades de Mosca Blanca, *Bemisia tabaci*, e insectos depredadores asociados en algodonoero. *Southwestern Entomologist.* 46:463-477.
- Oliveira, M. R. V., Henneberry T. J. Anderson P. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot.* 20: 709–723.
- Vandervoet, T. F., Ellsworth P. C, Carrière Y, Naranjo S. E. 2018. Quantifying conservation biological control for management of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in cotton. *J. Econ. Entomol.* 20: 1-13.



EFECTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL EN EL POTENCIAL GENÉTICO Y PRODUCTIVO DE MAÍZ FORRAJERO

Iván Franco-Gaytán^{1*}, Nuria Aidé López-Hernández², Ramón Trucios-Caciano²,
Cristo Omar Puente-Valenzuela², Marco Antonio Inzunza Ibarra²

¹INIFAP-Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. ²NIFAP CENID-RASPA, Km. 6.5 Margen derecha canal de Sacramento S/N, Ejido Las Huertas, Gómez Palacio, Durango *Correo electrónico: franco.ivan@inifap.gob.mx

Introducción

En la Comarca Lagunera los cultivos predominantes para forrajes son maíz, alfalfa, sorgo y avena. El maíz forrajero en los últimos cuatro años ha sido el principal cultivo sembrado en la región (Zavala-Borrego et al., 2022). El maíz es una gramínea de tipo fotosintético C4 con elevados potenciales de producción de biomasa y rendimiento, es altamente sensible a las deficiencias ambientales debido a que posee altas exigencias en el ambiente de producción y en la tecnología aplicada (Giménez, 2012). La evaluación de los índices de crecimiento son una buena medida para comparar el efecto de factores ambientales y nutricionales en el crecimiento del cultivo, así como la relación entre la fotosíntesis y la producción de biomasa (Balardín et al., 2001). En el cultivo del maíz la fotosíntesis disminuye significativamente a temperaturas foliares superiores a 30°C, debido a la inactivación de la enzima rubisco, hasta su casi completa inactivación a 45°C. Por lo tanto, la variación interespecífica en la termotolerancia de los sistemas de fotosíntesis es determinante en los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas bajo condiciones de alta temperatura (Crafts-Brandner et al., 2002). La distribución del área foliar y la radiación dentro del dosel de la planta son algunos de los factores que afectan los procesos fotosintéticos de la planta, que inciden directamente en el rendimiento del cultivo del maíz forrajero (Zavala-Borrego et al., 2022). El IAF y la producción de biomasa están estrechamente ligado, si aumenta el IAF, la producción de biomasa aumentará (Acosta et al., 1991). El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la temperatura ambiental en las características genéticas de la planta y comportamiento productivo de dos híbridos de maíz forrajero.

Materiales y métodos

El estudio se estableció en dos parcelas experimentales en el Porvenir, Francisco I. Madero, Coahuila, México, cuya localización geográfica es 25° 47' 01" N y 103° 18' 56" O, se utilizaron los híbridos comerciales de maíz forrajero N83N5 y Antílope, los cuales se establecieron en un suelo franco-arcilloso, con una capacidad de campo (CC) de 36%, un punto de marchitamiento permanente (PMP) de 22% y una densidad aparente de 1.35 g cm⁻³, en un diseño de siembra de 8 plantas por metro lineal y 75 cm de distancia entre surcos. El sistema de riego fue por goteo subterráneo mediante cintilla TORO, calibre 8000, diámetro interno de 16 mm (7/8"), gasto de 0.5 L h⁻¹ a 15 PSI, con goteros cada 10 cm, enterrada a 30 cm de profundidad. La fertilización base fue 100 kg de sulfato de amonio granular, 10 kg de urea, 100 kg de MAP y 50 kg de ácidos húmicos granulares. La siembra se realizó en seco la primera semana de abril y la germinación inició a los 5 días, a partir de la fase fenológica V4 se iniciaron los muestreos semanales hasta la cosecha, de cada híbrido se seleccionaron 48 plantas a los cuales se les registró la altura de planta (cm) desde la base hasta el inicio de la panoja, diámetro de tallo (mm) en la base de la planta, largo y ancho de la 8va hoja (cm), área foliar (cm²), Días a Floración Masculina (DFM), Días a Floración Femenina (DFF) se determinó cuando el 50% de las espigas mostraron dehiscencia y los jilotes se encontraron expuestos, Peso fresco (g) y Peso seco o Biomasa total (g).



Se utilizó un diseño experimental en completamente al azar con 48 repeticiones. Los datos se analizaron mediante pruebas de distribución normal por el método de Shapiro-Wilks, pruebas de homogeneidad de varianza por el test de Bartlett, análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia del 95% utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2020.

Resultados y discusión

La temperatura promedio durante el ciclo de crecimiento de los híbridos de maíz forrajero N83N5, Antílope fue 27.7 °C, con una máxima y mínima promedio de 34.9 y 19.7°C, respectivamente. A lo largo del ciclo agrícola, las temperaturas mayores a 35 °C se presentaron por un periodo de dos meses, entre el 3 junio y 31 de julio (entre los 44 y 102 DDS), correspondientes a las fases floración masculina, femenina y llenado de grano. Las temperaturas máximas durante el ciclo del crecimiento de los híbridos sobrepasaron los rangos de temperatura óptimos para el crecimiento de maíz forrajero 5-35 °C (Nield et al., 1987) Figura 1.

De los dos componentes de rendimiento, el número de granos es el más sensible a las variaciones ambientales y a la disponibilidad de componentes como la radiación, temperatura, agua y nutrimentos en el suelo; mientras que el peso de grano es más estable y depende principalmente de la relación fuente/demanda durante el periodo de llenado de grano (Andrade et al., 1999; Borrás y Otegui, 2001; Lee y Tollenaar 2007; Sala et al., 2007).

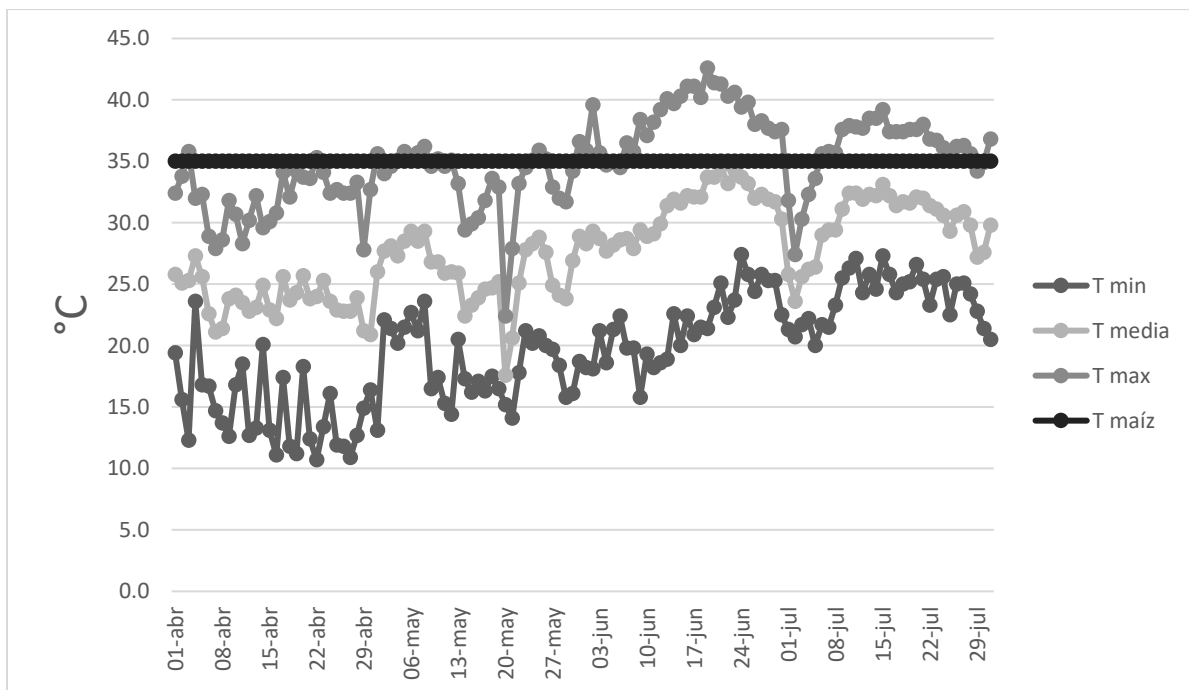


Figura 1. Temperaturas ambientales diarias durante el desarrollo de los híbridos de maíz forrajero N83N5 y Antílope en el ciclo primavera 2023.

El híbrido de maíz forrajero Antílope fue el que expresó el mejor potencial genético, alcanzando una altura de planta de 177.5 cm, área folia de 478.75 cm² y peso fresco de (1313.33 g), al igual que el potencial productivo con una biomasa total (359.42 g) más alta con respecto al híbrido N83N5, el cual mostró ser más precoz al presentar el 50% de floración masculina y femenina 15 días antes que Antílope y mantuvo una temperatura de hoja mayor por 2°C (Cuadro 1).



De acuerdo con Sala et al., (2007) el área foliar representa el aparato fotosintético laminar del material vegetal, el cual transforma la energía física (radiación) por medio de la fotosíntesis y la respiración en la energía química (carbohidratos) que necesita la planta, por lo que a mayor índice de área foliar mayor intercepción de luz por la planta lo que generará mayor acumulación de peso seco en la planta. El peso seco es un indicador de la cantidad de material vegetal existente. La biomasa total producida por la planta está altamente correlacionada con el tamaño final de la mazorca pues ocupa cerca de 40% la biomasa seca total (Torres et al., 2004). La temperatura de la hoja está en función de la radiación solar que esta intercepta, entre más radiación capte la hoja mayor será su temperatura, altas temperaturas al interior de la planta afectan la fotosíntesis neta (aumentando la fotorrespiración), respiración, relaciones hídricas, estabilidad de las membranas, regulación hormonal, el metabolismo secundario y reduciendo el crecimiento de las plantas (Pande et al., 2003; Chaves et al., 2017).

Cuadro 1. Variables de potencial genético y producción en los híbridos de maíz forrajero N83N5 y Antílope evaluados durante el ciclo de primavera

Variables	N83N5		Antílope		DMS	C.V
Altura Planta (cm)	170.2	b	177.5	a	5.69	5.64
Diámetro Tallo (mm)	29.85	a	28.62	a	1.9	11.24
Largo Hoja (cm)	68.92	a	69.75	a	2.99	7.44
Ancho Hoja (cm)	7.63	b	9.15	a	0.25	5.24
Área Foliar (cm ²)	394.33	b	478.75	a	26.27	10.36
Temperatura Hoja (°C)	31.45	a	29.57	b	0.72	4.06
Peso Fresco (g)	1144.17	b	1313.33	a	119.9	16.8
Biomasa Total (g)	295.42	b	359.42	a	36.03	18.94
Días a Floración Masculina (DFM)	60.5	b	75.5	a	0.29	0.75
Días a Floración Femenina (DFF)	62.5	b	77.5	a	0.28	0.73

Medias dentro de la misma hilera con diferente letra son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).
DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación

Conclusión

El híbrido Antílope mostró un mejor potencial genético y productivo en altura de planta, área foliar y biomasa total mostrando una mejor adaptación ante las altas temperaturas ambientales presentadas durante las fases de diferenciación floral y llenado de grano.



Referencias

- Andrade, F.; Cirilo, A. Uhart, D. y Otegui, M. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. La Barrosa, Balcarce, Buenos Aires, Argentina. 47 p.
- Acosta, J. A, Adams M.W. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under drought stress. J. Agric. Sci. 2:213-219. <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859600065308>
- Balardin, R. S, Giordani R. F y Boligon E. 2001. Tolerancia de cultivares às doenças foliares na cultura da soja. *Fitopatología brasileira*. 26:419-420.
- Borras, L y Otegui M. 2001. Maize kernel weight response to post flowering: source-sink ratio. Crop Sci. 49:1816-1822. <https://doi.org/10.2135/cropsci2001.1816>
- Chaves, B. N. F. y Gutiérrez, S. M. V. 2017. Respuesta al estrés por calor en los cultivos. I. Aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. Agron. Mesoam. 28:237-253. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.21903>
- Crafts-Brandner SJ, Salvucci ME. 2002. Sensitivity of photosynthesis in a C4 plant, maize, to heat stress. Plant Physiol 129:1773-1779. DOI: 10.1104/pp.002170
- Giménez L. 2012. Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. Agrociencia Uruguay. 16:92-102.
- Lee, E y Tollenaar M. 2007. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. Crop Sci. 47: S202-S215. DOI: 10.2135/cropsci2007.04.0010IPBS
- Neild R. E y Newman J. E. 1987. Growing season characteristics and requirements in the corn belt. In: National Corn Handbook. Project leader R. Nielsen. Purdue University. West Lafayette, In-diana. USA. 16 p.
- Panda R, Behera S y Kashyap, P. S. 2003. Effective management of irrigation water for wheat under stressed conditions. Agric. Water Manag. 1:37-56. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(03\)00099-4](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(03)00099-4)
- Sala, R. G, Andrade F y Westgate M. 2007. Maize kernel moisture at physiological maturity as affected by source-sink relationship during grain filling. Crop Sci. 47:709-714. DOI: 10.2135/cropsci2006.06.0381
- Torres F. J. L. Lewis, B. D. Carballo, C. A y Estrada, G. J. A. 2004. Técnicas para sincronizar floración en la producción de semilla híbrida de maíz. Agric. Téc. Méx. 30:89-100.
- Zavala-Borrogo F, A. Reyes-González, V Álvarez-Reyna, P Cano-Ríos, V.M Rodríguez-Moreno. 2022. Efecto de la tasa de evapotranspiración en área foliar, potencial hídrico y rendimiento de maíz forrajero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 13:407-4020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2294>



CARPITA NEGRA, *Codoma ornata*, Girard 1856 (Cypriniformes: Leuciscidae) ESPECIE SENSIBLE Y ENDÉMICA PARA EL NORTE DE MÉXICO, ASPECTOS PARA SU CONSERVACIÓN.

Josddeth B. Balderas-Burciaga^{1*}, Gabriel F. Cardoza-Martínez¹, Edith Ávila-Treviño¹,
Fernando Alonzo-Rojo¹, Josué R. Estrada-Arellano¹

¹Facultad de Ciencias Biológicas ¹. Núcleo Universitario. Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Universidad s/n Fracc. Filadelfia C.P. 35010, Gómez Palacio, Durango, México. *Autor de correspondencia: biol.josbalderas@gmail.com

Introducción

Los ecosistemas de agua dulce proveen de servicios vitales para la supervivencia de la humanidad y son el hábitat de una tercera parte de los vertebrados conocidos del planeta de los cuales el 51% son peces. A pesar de esto, se encuentran amenazados por diversos factores, los principales son las alteraciones del caudal natural y su conectividad, conversión del uso del suelo, degradación de los hábitats, sobreexplotación de especies, contaminación por nutrientes y otros contaminantes e invasión de especies exóticas (Habit et al, 2019). Los peces son considerados como bioindicadores ideales ya que cubren muchos eslabones de la cadena alimenticia, son capaces de acumular sustancias tóxicas y reaccionan fácilmente a bajas concentraciones de agentes mutagénicos (Torres-Bugarín et al., 2006; Sarukhán, 2009). Los humedales que se encuentran en zonas áridas por su naturaleza aislada, albergan especies endémicas, raras, o de distribución restringida consideradas sensibles a los cambios en su hábitat. El río Nazas es un humedal de importancia internacional (Sitio Ramsar) por ser la fuente principal de recurso agua para la Comarca Lagunera, sin embargo, diversas actividades antropogénicas han tenido impacto en la presencia y distribución de la ictiofauna. Entre las especies de peces registrados para el río Nazas esta la carpita negra *C. ornata*, perteneciente a la familia Leuciscidae, esta familia de peces representa el mayor volumen de captura y de especies nativas para la cuenca. La carpita negra habita típicamente en remansos y rápidos de arroyos de agua clara y fresca (7 a 18°C), de corriente rápida a moderada (puede ser lenta o ausente al final de la época de secas), sobre fondos de arena, roca y grava, a profundidades de 1 m aproximadamente o menos, por lo general. Esta especie está enlistada en la NOM 059 SEMARNAT (2010) en la categoría de amenazada (Miller, 2009). El objetivo del presente trabajo fue determinar la distribución de la carpita negra *C. ornata*, así como los principales factores que representan una potencial amenaza para la especie.

Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda de literatura acerca del estatus actual de la carpita negra *Codoma ornata* en México, en términos de su distribución actual y factores que están documentados como potenciales impactos negativos para la especie. Fueron revisados artículos científicos (Contreras-Balderas et al, 2005; Ballesteros, 2019; y tesis de licenciatura y posgrado (Palacios, 2008; Pérez-Ponce de León et al., 2010; López, 2012; Martínez- Balderas, 2017; Alonzo, 2018; Cardoza-Martínez, 2018; Hernández, 2020; Balderas-Burciaga, 2021). Para determinar el área de distribución de la carpita negra *C. ornata* para México se realizó una búsqueda en la base de datos de GBIF (Global Biodiversity Information Facility). Fueron descargados los datos de incidencia y se procesaron en Excel, luego los datos fueron visualizados Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.0. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2010 para realizar un mapa de la distribución de la especie para el norte de México.



Los datos procedentes de GBIF se pueden procesar para diversos propósitos, entre ellos está la elaboración de mapas de distribución de especies y para la evaluación de su estado de conservación. Finalmente se identificaron los principales factores antropogénicos y ambientales de riesgo para la especie que son reportados en diferentes trabajos científicos.

Resultados y discusión

Por medio de la búsqueda de los registros actuales de la carpita negra *C. ornata*, se identificó su distribución para el noroeste y centro norte de México, específicamente en los estados de Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango y Zacatecas y Jalisco. La carpita negra se distribuye en parte en el río Nazas, Durango, dentro de la provincia ictiofaunística Mesa del Norte que es la de mayor extensión geográfica y está formada en gran parte por cuencas endorreicas áridas donde se ubica el río Nazas (Miller, 2009).

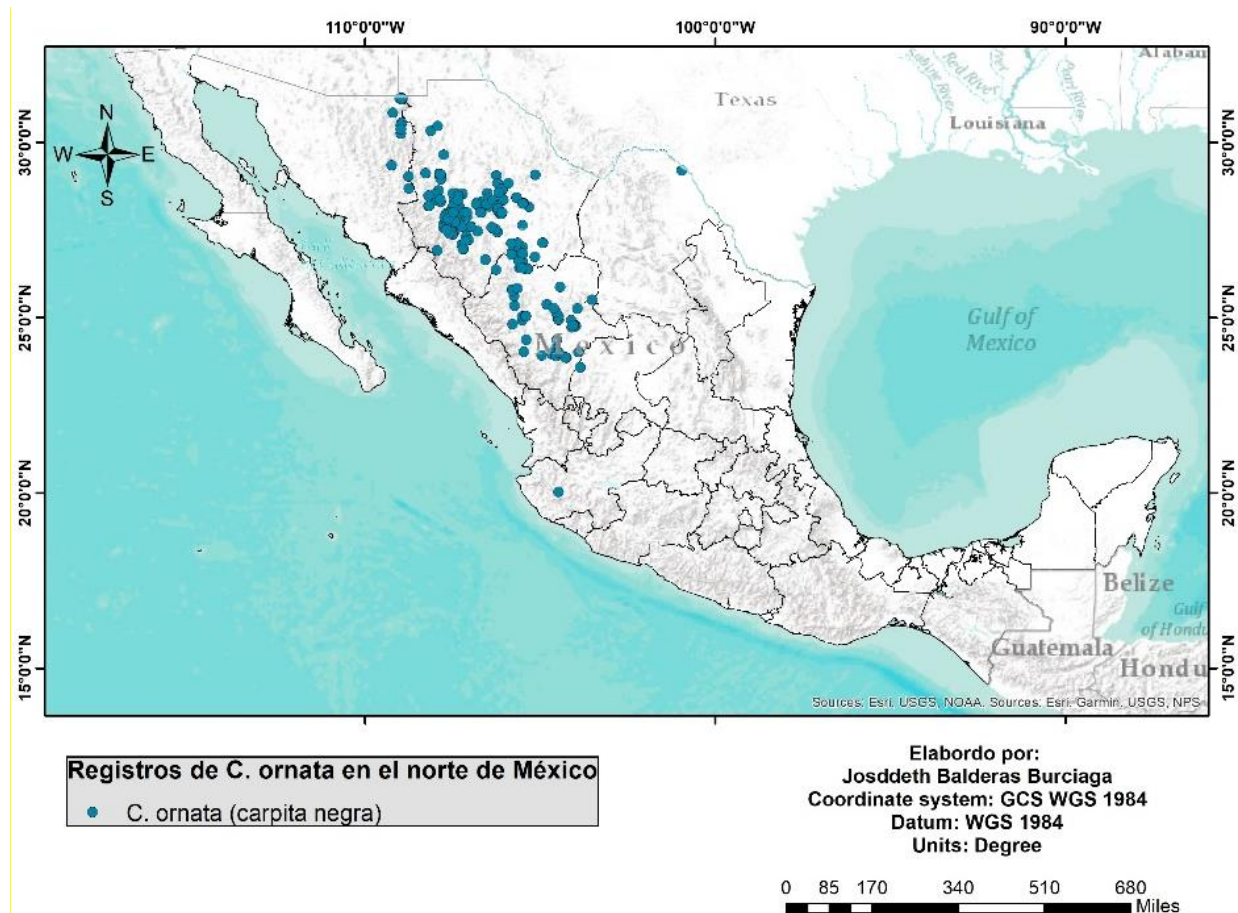


Figura 1. Mapa de distribución actual de la carpita negra *C. ornata*.

Se documentaron ciertos factores con potenciales impactos negativos para la especie como lo son la presencia de especies exóticas para el río como el cangrejo rojo de río *Procambarus clarkii* (Hernández, 2020; Balderas, 2021) y peces que han sido introducidos para acuicultura y pesca deportiva o peces de acuario como *Oreochromis aureus*, *Lepomis macrochirus*, *Micropterus salmoides*, *Poeciliopsis gracilis* y *Pomoxis annularis* (López, 2012; Contreras-Balderas et al, 2005; Cardoza-Martínez, 2018; Balderas-Burciaga, 2021) se observaron diversas actividades de alto impacto negativo para la integridad del ecosistema y para la ictiofauna, entre ellas el pastoreo de ganado dentro del río y la extracción de agua y vertimiento de contaminantes.



La extracción de agua subterránea y el desvío de agua superficial asociado con las actividades agrícolas son los principales factores de estrés sobre los peces de agua dulce (Lyons et al, 2020). El riesgo de extinción de los peces de agua dulce es mayor que el de los organismos terrestres, ya que son más sensibles a los cambios en el hábitat. Las presas y represas provocan la fragmentación del hábitat y llevan a regímenes hidrológicos y de calidad del agua alterados que comprometen la estructura y función en los ecosistemas de agua dulce (Bunn *et al.*, 2002; Olden *et al.*, 2009;). Las especies exóticas afectan a las especies nativas mediante la competencia, depredación, transmisión de enfermedades, modificación del hábitat, cambios en el funcionamiento de los ecosistemas y disminución de la biodiversidad (Contreras-MacBeath, 2010).



Figura 2. Carpita negra *Codoma ornata* (izquierda). **Figura 3.** (Derecha) Principales factores de impacto negativo para la ictiofauna en general y la carpita negra en particular en el río Nazas, Durango, México. **a.** Ganado dentro del río. Especies exóticas **b.** Cangrejo rojo de río *Procambarus clarki* **c.** Lobina negra *Micropterus salmoides* **d.** *Lepomis macrochirus* **e.** *Pomoxis annularis* **f.** Tilapia *Oreochromis aureus*. (Fotografías tomadas por Gabriel C. Marínez y Fernando A. Rojo en el río Nazas, 2020).

Conclusión

La distribución actual de la carpita negra documentada en el GBIF abarcó seis estados: Chihuahua, Durango, Coahuila, Sonora, Zacatecas y Jalisco. Las diversas actividades antropogénicas a lo largo del río Nazas como pastoreo de ganado, vertimiento de sustancias tóxicas, sobreexplotación del agua, la fragmentación del cauce por presas y la introducción de especies exóticas son los principales factores registrados con potencial riesgo para la viabilidad de la especie en diferentes localidades del norte de México.



Referencias

- Alonso, R. F. 2018. Evaluación e Índice de Integridad Biótica de la Subcuenca Río Peñón Blanco, Durango (Tesis de Maestría). Universidad Juárez del estado de Durango. Pp. 3,7,10.
- Bunn, S.E.; Arthington, A.H. Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity. *Environ. Manag.* 2002, 30, 492–507.
- Contreras-MacBeath, T., M.T. Gaspar-Dillanes, L. Huidobro-Campos y H. Mejía-Mojica. 2014. Peces invasores en el centro de México, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 413-424.
- The Global Biodiversity Information Facility GBIF.org. 2023. Descarga de Registros de GBIF. <https://doi.org/10.15468/dl.8t5xspa>. 23 de Agosto.
- Habit, E., K. Górski, D. Alò, E. Ascencio, A. Astorga, N. Colin, T. Contador, P. de los Ríos, V. Delgado, C. Dorador, P. Fierro, K. García, O. Parra, C. Quezada- Romegialli, B. Ried, P. Rivera, C. Soto-Azat, C. Valdovinos, I. Vera-Escalona, S. Woelfl (2019). Biodiversidad de Ecosistemas de Agua Dulce. Mesa Biodiversidad-Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. 12p.
- Hernández- Martínez, F., J. 2020. *Distribución y abundancia de Procambarus clarkii (Girard, 1852) en la Cuenca Baja del Río Nazas, Durango, México*. Tesis Profesional de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, México. 53 p.
- López, I. 2012. Distribución y abundancia de la ictiofauna en la parte media y baja del río Nazas, Durango. Tesis Profesional de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, México. 53 p.
- Lyons, T.J., Máz-Tomé, L., Tognelli, M., Daniels, A., Meredith, C., Bullock, R. and Harrison, I. (eds.), Contreras-MacBeath, T., Hendrickson, D.A., Arroyave, J., Mercado Silva, N., Köck, M., Domínguez Domínguez, O., Valdés González, A., Espinosa Pérez, H., 2020). The status and distribution of freshwater fishes in Mexico. Cambridge, UK and Albuquerque, New Mexico, USA: IUCN and ABQ BioPark.
- Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2009. Peces dulceacuícolas de México. 1ª.
- Olden, J.D.; Naiman, R.J. Incorporating thermal regimes into environmental flows assessments: Modifying dam operations to restore freshwater ecosystem integrity. *Freshw. Biol.* 2010, 55, 86–107.
- Palacios, O.A. 2008. Diversidad de la ictiofauna en el Río Nazas, Dgo., México. Tesis Profesional de Licenciatura. Escuela Superior de Biología, Universidad Juárez del Estado de Durango, México. 73 p.
- Pérez-Ponce de León, G., R. Rosas-Valdez, R. Aguilar-Aguilar, B. Mendoza-Garfias, C. Mendoza-Palmero, L. García-Prieto, A. Rojas Sánchez, R. Briosio-Aguilar, R. Pérez-Rodríguez and O. Domínguez-Domínguez. 2010. Helminth parasites of freshwater fishes, Nazas River basin, northern Mexico. *CheckList*, 6(1): 26-35.
- Sarukhán, J., et al. Capital Natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Conabio. México. 2009.
- Semarnat. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 2010.
- Torres-Bugarín, O., J. L. Zavala-Aguirre, P. Gómez-Rubio, H. R. Buelna-Osbe, G. Zúñiga-González y M. García-Ulloa Gómez. 2007. Especies de peces con potencial como bioindicadoras de genotoxicidad en el lago "La Alberca", Michoacán, México. *Hidrobiológica* 17 (1): 75-81.



PANORAMA ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

Aurora Martínez-Romero ^{1*}, José Luis Ortega-Sanchez², Maribel Cervantes-Flores ³,
José de Jesús Alba-Romero ¹

¹Facultad de Ciencias Químicas Unidad Gómez Palacio. Universidad Juárez del Estado de Durango. ²Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Durango, México. ³Facultad de Ciencias Químicas Unidad Durango. Universidad Juárez del Estado de Durango. *Autor de correspondencia: aurora.martinez@ujed.mx

Introducción

Los biocombustibles son una fuente de energía alternativa, producida con el objetivo de reducir el consumo de combustibles fósiles. En este contexto, el biodiesel apareció como un combustible de ignición prometedor de motores de compresión. El biodiesel se define como un éster mezcla hecha de reacciones de transesterificación entre aceites vegetales y/o grasas animales y alcoholes de cadena corta (Martins et al., 2020). Como fuentes de energía renovable están: energía solar, energía eólica, energía de las olas y energía geotérmica, los biocombustibles como uno de los recursos energéticos renovables, los biocombustibles pueden utilizarse solos o en combinación con combustibles fósiles (Tarangan et al., 2023). Desde el comienzo mismo de la humanidad, las diferencias por el poder energético han sido crecientes en cada una de las etapas que han marcado el desarrollo de los diferentes sectores de la economía mundial, sectores ávidos de fuentes energéticas que requieren garantizar la producción industrial y así satisfacer la demanda de bienes y servicios (Morelos-Gómez 2016). En un mundo con exigencias cada vez mayores desde el punto de vista energético y ambientalista, buscar soluciones para el problema de la energía, es un gran reto a emprender. La producción y consumo de biocombustibles, etanol y biodiesel, se han incrementado en el mundo debido, principalmente, al uso que se les da en el sector industrial. Se les atribuye el beneficio de poder reducir la emisión de gas de efecto invernadero, aunque también se identifican riesgos, tales como las áreas de cultivo para obtener insumos: maíz y caña de azúcar, entre otros, necesarios para la producción; además de la contaminación por el uso intensivo de agroquímicos y el aprovechamiento no sustentable del agua. La investigación y desarrollo de biodiesel en México se encuentra en las primeras etapas. El desarrollo económico futuro de nuestra economía podría estar en riesgo, debido a la posible escasez de petróleo a corto plazo y las crecientes preocupaciones sobre el medio ambiente. Así que ahora se ha vuelto urgente buscar combustibles amigables con el medio ambiente para comenzar a sustituir las decrecientes reservas de petróleo en México. Sin embargo, la disponibilidad del petróleo varía con el tiempo, ya que esta industria continúa explorando nuevos campos; además, algunas reservas se encuentran en zonas de aguas profundas, dificultando su extracción y elevando los costos asociados, debido a la necesidad de tecnologías más sofisticadas. Este escenario indica que es de suma importancia buscar materias primas alternativas al petróleo para la producción de combustibles. El objetivo de la presente revisión fue documentar el panorama actual de la producción de biodiesel.

Materiales y métodos

La presente revisión sistemática de literatura se realizó en el periodo de enero a junio del 2023. Se utilizó el administrador de información EndNote, EBSCO host y Google scholar, empleando los siguientes términos de búsqueda: Biodiesel, bioetanol y diésel; para ello se recuperaron artículos solo cuando se tenía acceso gratuito. La búsqueda se complementó mediante búsqueda específica de journals y revistas científicas como: Scientific Reports, Heliyon, etc.



Resultados y Discusión

Biodiesel. El biodiesel es un combustible producido a partir de materias primas renovables, (aceites vegetales y/o grasas animales) que puede ser usado puro (B100), o mezclado con diésel de petróleo en diferentes proporciones, el más común el B20, tiene 20% de biodiesel y 80% de diésel. La ASTM (*American Society for Testing and Material Standard*) lo define como ésteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceite vegetal o grasa animal, empleados en motores de ignición de compresión (Baena & Calderón 2020). Los biocombustibles se ramifican en tres tipos principales biodiesel, bioetanol y biogás. EUA, por su parte, implementó un mandato en el 2003 para utilizar 5,75% en el sector del transporte en el 2010. Colombia aprueba, en el 2001, la Ley 693 “Usos de Alcoholes Carburantes” y desde el 2005 presenta mandatos obligatorios del 10% en las mezclas, tanto para el bioetanol como el biodiesel (Díaz-Barrios & Pérez-Acosta 2021). Biodiesel, fuente de energía alternativa potencial que cumple con criterios de sostenibilidad, ya que es renovable y producido a partir de recursos nacionales con menor impacto ambiental, además de ser biodegradable y no tóxico.

Producción de biodiesel. El biodiesel se puede producir a partir de materias primas renovables y sostenibles, es biodegradable y no tóxico para el ecosistema. El proceso para la producción de biodiesel es a través de catalizadores químicos tradicionales (transesterificación ácida o alcalina) o transesterificación mediada por enzimas. En la actualidad, el 95% de la producción de biodiesel proviene de aceites comestibles en todo el mundo, mientras que los aceites reciclados y las grasas animales aportan el 10% y el 6%, respectivamente (Mathew et al., 2021). En el caso específico del biodiesel según la norma American Society for Testing and Material Standard (ASTM) especifica que son ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos naturales. La mayor parte de la producción de biodiesel se obtiene a partir de los aceites vegetales y grasas animales, los que se consideran también fuentes proteicas (Díaz-Barrios & Pérez-Acosta 2021).

Materias primas para la producción de biodiesel. Existe gran diversidad de recursos que pueden ser usados como materias primas para la obtención de biodiesel, entre ellos aceite vegetal de palma, soya, coco, girasol, canola, jatropha, *Moringa oleífera*, semilla de algodón, albaricoque, neem, entre otros. También la grasa animal, aves, cerdos y aceite de pescado ha sido empleada para obtener biodiesel, pero con la limitante de ser más viscosas y su estado sólido a temperatura ambiente. Otra fuente de biomasa para la obtención de biodiesel es aceite obtenido a partir de bacterias, algas y hongos. El aceite residual de cocina es materia prima adecuada para la producción de biodiesel, debido a su abundancia en el mundo y se da solución al problema de la contaminación (Llanes et al., 2017). En el caso de Cuba las reservas de combustible fósil apenas cubren la mitad de las necesidades anuales. El proyecto “Desarrollo de una tecnología para la producción de biodiesel de residuos agroindustriales lignocelulósicos” es una alternativa futura para la matriz energética de la isla. La estrategia a aplicarse en Cuba debe basarse en el aprovechamiento de la biomasa generada en los procesos agroindustriales existentes (Díaz-Barrios & Pérez-Acosta 2021). Según la materia prima utilizada para la producción y tecnología de producción, el biodiesel se clasifica en cuatro generaciones (Tabla 1). El uso de materias primas comestibles como: colza, aceite de palma, maíz, etc. proporciona biodiesel de 1^a. generación, mientras que las materias primas no comestibles como semillas de caucho, neem, jatrofa, etc. y aceite de desecho pueden utilizarse para la producción de biodiesel de 2^a. generación. Las materias primas que no compiten con los cultivos por la tierra incluyen las microalgas que se utilizan para el biodiesel de 3^a. generación y 4^a. generación consiste en algas modificadas genéticamente, electrocombustibles y combustibles solares fotobiológicos (Syafiuddin et al., 2020; Mathew et al., 2021). Diésel renovable hidrogenado, biogasolina, combustible de aviación ecológico, aceite vegetal y biodiesel (Awogbemi et al., 2021).



Métodos de producción de biodiesel. El proceso de producción del biodiesel incluye operaciones de reacción y de separación; inclusive, podría involucrar operaciones de pretratamiento dependiendo del tipo de insumo empleado. La transesterificación es la reacción mediante la cual el aceite vegetal o grasa animal reacciona con un alcohol (metanol) en presencia de un catalizador líquido para producir una mezcla de ésteres metílicos (biodiesel), y glicerol como subproducto. Existen tres tipos: catálisis homogénea, heterogénea y reacción no catalítica (Rodríguez et al., 2022).

Tabla 1. Clasificación de materias primas empleadas en la producción de biodiesel según su categoría (Ramos et al., 2019).

1ª. generación	2ª. generación	no	Grasas animales	3ª. generación
Aceites comestibles	Aceites comestibles			Aceites de microalgas
Soja (<i>Glycine max</i>)	Jatrofa (<i>Jatropha curcas</i> L.)		Manteca de cerdo	Bacterias
Colza (<i>Brassica napus</i> L.)	Granos de café		Sebo de vaca	Microalga (<i>Chlorella prothecoides</i>)
Cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)	Camelina (<i>Camelina sativa</i>)		Grasa de ave	Microalga (<i>Chlorella vulgaris</i>)
Aceite de salvado de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	Semilla de algodón (<i>Gossypium hirsutum</i>)		Aceite de pescado	Microalga (<i>Botryococcus braunii</i>)
Cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	Frestuca alta (<i>Frestuca arundinacea</i>)		Grasa de pollo	Microalga (<i>Chlorella sorokiana</i>)
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	Neem (<i>Azadirachta indica</i>)			
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	Jojoba (<i>Simmondsia chinensis</i>)			
Maiz (<i>Zea mays</i>)	Moringa (<i>Moringa oleifera</i>)			
Coco (<i>Cocos nucifera</i>)	Semilla de tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>)			
Canola (<i>Brassica napus</i>)	Semilla de árbol de caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>)			
Mani (<i>Arachis hypogaea</i>)	Nag champa (<i>Plumería</i>)			
Palma (<i>Arecaceae</i>)				
Girasol (<i>Helianthus annuus</i>)				
Almendra de palma (<i>Elaeis guineensis</i>)				

Síntesis FischerTropsch. El proceso implica gasificación previa de carbón por oxidación parcial utilizando O₂ como oxidante y vapor de agua como moderador a alta temperatura, obteniendo una mezcla de H₂ y CO, gas de síntesis, de fácil separación de partículas sólidas y gas ácido (Figura 1). La relación molar del gas de síntesis está determinada por las proporciones de oxidantes y moderador utilizadas. La posibilidad de utilizar mezclas de carbón permite desarrollar procesos de carácter cada vez más neutro con respecto al CO₂ atm. Mediante hidrocraqueo o reformado catalítico de los productos de síntesis Fischer-Tropsch pueden obtenerse combustibles, diésel o kerosenos (Araujo-Ferrer 2013).

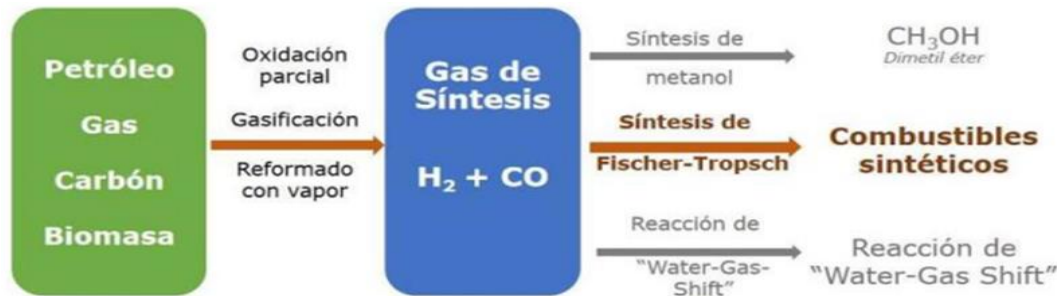


Figura 1. Síntesis Fischer-Tropsch (Araujo-Ferrer 2013).

Nanopartículas (NP) de dióxido de titanio (TiO₂). El biodiesel se obtuvo de aceite de cocina usado como combustible, su tratamiento fue filtrar con una malla con 12,5 mm de diámetro, para eliminar la humedad, se calentó a 100°C durante 1 h antes de enfriar densidad y viscosidad de OMA era 912,30 kg/m³ y 6,80mm²/s, respectivamente. Las NP de TiO₂ en combustibles mezclados con diésel y biodiesel mediante una metodología sol-gel mejoraron el rendimiento del motor diésel de 40, 80 y 120 ppm, a una velocidad de 1150, 1400, 1650, 1900 y 2150 RPM (Razzaq et al., 2023), además de reducir las emisiones.

Principales productores en México y Latinoamérica. Una reciente evaluación de los recursos naturales de México, las condiciones climáticas, datos geológicos, sitios históricos y urbanos, mediante un Sistema de Información Geográfica y considerando una producción conservadora de microalgas en estanque abierto con capacidad de 20 g/m²/d, dan como resultado que el país es capaz de producir 3.8 billones de ton de microalgas al año, además considerando las condiciones climáticas, se determinó que el 26.88% del territorio nacional es adecuado para el cultivo de microalgas, resaltando el potencial de los Estados de Jalisco, Oaxaca, Veracruz y Guerrero como los de mayor potencial (Lozano-García et al., 2019; Pérez-Bravo et al., 2019). Determinar la presencia de las microalgas nativas en una región específica es un indicativo de la supervivencia de esta en las condiciones ambientales de la misma, en consecuencia, se podrá cultivar el microorganismo en condiciones similares para su posterior conversión a bioenergía (Pérez-Bravo et al., 2019).

Ventajas y desventajas del uso de biodiesel. Se trata de una sustancia biodegradable, no explosiva, ni inflamable, renovable, no tóxica y cuya combustión o genera emisiones de gases de efecto invernadero. El biodiesel reduce las emisiones de partículas sólidas menores a 10 µm, CO, y óxidos de azufre (SO_x), peligrosos agentes contaminantes. En el caso de emisiones durante la combustión las reducciones son muy significativas: 68% para las partículas menores a 10 µm, 46% al CO y 100% a los SO_x ya que el biodiesel no contiene azufre. El biodiesel prácticamente no es tóxico en caso de ingestión. La concentración de biodiesel para que llegue a ser letal por ingestión oral es muy elevada, alrededor de 17,4 g/kg de peso corporal. Es altamente biodegradable en el agua y es menos tóxico y más biodegradable que el diésel en el suelo (Llanes et al., 2017). La naturaleza corrosiva de biodiesel puede ser causada por agua libre y los ácidos grasos libres presentes en combustible. Los ácidos grasos libres pueden existir como consecuencia de reacción de transesterificación incompleta. En comparación con el diésel, el biodiesel es más propenso a absorber agua ya que los ésteres exhiben propiedades higroscópicas aumentando el contenido de agua en el biodiesel, la cual tiende a condensarse en la superficie del metal ocasionando corrosión y deterioro del material (Baena & Calderón 2020).



Conclusión

Se conoció el panorama actual en la producción de biodiesel, así como las áreas de oportunidad para su desarrollo en México. Los biocombustibles son una alternativa promisoriosa para sustituir parcialmente los combustibles derivados del petróleo en el sector industrial redituable y sustentable. De esta manera, México tiene alto potencial de producción de biocombustibles debido a la diversidad de biomasa con que cuenta y a la alta cantidad de residuos generados.

Referencias

- Araujo-Ferrer, F.C. (2013). Uso de catalizadores en los procesos Fischer-Tropsch. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12(2):257-269.
- Awogbemi, O., Von Kallon, D., Idoko Onuh, E., & Sunday Aigbodion, V. (2021). Una descripción general de la clasificación, producción y utilización de biocombustibles para aplicaciones de motores de combustión interna. *Energías*, 14(5687).
- Baena, L.M., & Calderón, J.A. (2020). Effects of palm biodiesel and blends of biodiesel with organic acids on metals. *Heliyon*, 6(5):e03735.
- Díaz-Barrios, S. & Pérez-Acosta, G.C. (2021). Use of Biodiesel in Internal Combustion Engines for Livestock Activities. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(1):69-81.
- Llanes, E., Rocha-Hoyos, J., Salazar, P., & Medrano, J. (2017). Producción e impacto del biodiesel: Una revisión. *INNOVA Research Journal*, 2(7):59-76.
- Lozano-García, D. F., Cuellar-Bermudez, S. P., Del Rio-Hinojosa, E., Betancourt, F., AlemanNava, G. S., & Parra-Saldivar, R. (2019). Potential land microalgae cultivation in Mexico: From food production to biofuels. *Algal Research*, 39:101459.
- Martins, L., Cubides-Román, D., Da Silveira, V., Aquije, G., Romao, W., ... & Lacerda, V. (2020). Synthesis of New Phenolic-Schiff Base and Its Application as Antioxidant in Soybean Biodiesel and Corrosion Inhibitor in AISI 1020 Carbon Steel. *Sociedade Brasileira de Química*, 31(3):556-565.
- Mathew, G., Raina, D., Narisetty, V., Kumar, V., Saran, S. & Binod, P. (2021). Recent advances in biodiesel production: Challenges and solutions. *Science of the total Environment*, 794.
- Morelos-Gómez, J. (2016). Análisis de la variación de la eficiencia en la producción de biocombustibles en América Latina. *Estudios Gerenciales*, 32: 120-126.
- Pérez-Bravo, S., Mendoza-Martínez, A., Castañeda-Chávez, M., & Aguilera-Vázquez, L. (2019). Bioenergy from microalgae in Mexico. *Revista de Energías Renovables*, 3(8):23-34
- Ramos, M., Soares-Dias, A., Puna, J., Gomes, J., & Bordado, J. (2019). Biodiesel production processes and sustainable raw materials. *Energies*. 12(4408).
- Razzaq, L., Abbas, M. M., Waseem, A., Jauhar, T. A., Fayaz, H., Kalam, M. A., . . . & Ishtiaq, U. (2023). Influence of varying concentrations of TiO₂ nanoparticles and engine speed on the performance and emissions of diesel engine operated on waste cooking oil biodiesel blends using response surface methodology. *Heliyon*, 9(7), e17758.
- Rodríguez-Romero, L.A., Gutiérrez-Antonio, C., García-Trejo, J.F., & Feregrino-Pérez, A.A. (2022). Revaluation of waste for the generation of liquid and solid biofuels. *Perspectivas de la Ciencia y la Tecnología*, 5(8):19-29.
- Syafiuddin, A., Chong, J.H., Yuniarto, A., & Hadibarata, T. (2020). The current scenario and challenges of biodiesel production in Asian countries: a review. *Bioresour Technol Rep*, 12
- Tarangan, D., Sobati, M. A., Shahnazari, S., & Ghobadian, B. (2023). Physical properties, engine performance, and exhaust emissions of waste fish oil biodiesel/bioethanol/diesel fuel blends. *Sci Rep*, 13(1), 14024.



CONTENIDO DE COMPUESTOS POLIFENÓLICO EN FRUTOS DE DURAZNO (*Prunus persica* L.) SEGÚN SU UBICACIÓN EN EL ÁRBOL

Mayra Denise Herrera^{1*}, Manuel Antonio Galindo Reyes², Valentín Melero Meraz¹, Ruth Noemí Picaso Soto¹, Braulio Sebastián Pérez Gallegos¹, Jania Marlene Becerra López³

¹INIFAP-CEZAC. Carretera Zacatecas-Fresnillo, km. 24.5, Calera de V.R., Zacatecas, México. C.P. 98500. ²INIFAP-CEPAB. Km 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas Pabellón de Arteaga, Ags. C.P. 20660. ³CECYTEZ-Calera. Nicolás Bravo No. 801. Colonia Francisco Madero, Calera de V.R., México. C.P. 98507. *Autor de Correspondencia: mayradherrer@gmail.com

Introducción

Dos campos de interés principales forman el trasfondo de la demanda real de niveles optimizados de compuestos fenólicos en los cultivos. Se trata de la salud humana y la resistencia o tolerancia al estrés provocado por factores bióticos y abióticos. Se sabe que dentro de los factores que influyen en la biosíntesis y acumulación de compuestos fenólicos en las plantas se incluyen los efectos de la luz, la temperatura, la nutrición mineral, la gestión del agua, los injertos, el CO₂ atmosférico elevado, el crecimiento y la diferenciación de la planta, entre otros (Truette, 2010). Cabe resaltar que los compuestos fenólicos contribuyen significativamente a la resistencia de las plantas contra plagas y patógenos (Truette, 2005). Además, actúan como metabolitos multifuncionales en las plantas siendo eficaces como protectores solares, interactuando con muchas enzimas y con reguladores del crecimiento. En el pasado se eliminaban varios compuestos fenólicos no deseados mediante el mejoramiento y la selección de variedades con una biosíntesis débil de estos metabolitos secundarios (Wink, 1988). Sin embargo, hoy en día, la amplia gama aceptada de efectos beneficiosos de los compuestos fenólicos inició intentos de estimular su acumulación en los cultivos mediante tecnologías agrícolas, y esto no solo por los efectos positivos en las plantas, sino también por su aporte benéfico a la salud de los consumidores. Middleton et al. (2000) enumeraron las interacciones de los polifenoles con los sistemas enzimáticos, el papel modulador de los flavonoides en los procesos inflamatorios, y su acción como compuestos antivirales, antitóxicos, citoprotectores y antioxidantes. Se ha reportado que la ubicación que tiene el fruto en el árbol será de importancia significativa para el contenido de compuestos fenólicos (Gong et al., 2020). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la concentración de polifenoles totales en duraznos cosechados de diferentes posiciones del árbol.

Materiales y métodos

Diseño experimental y procesamiento de las muestras. Frutos de durazno de una línea mejorada se colectaron el 14 de julio de 2023 en el municipio de Jerez, Zacatecas. Se seleccionaron doce frutos de un mismo árbol, 3 de cada grupo: norte, sur, este y oeste. Las muestras (12) se tomaron de manera aleatoria para los cuatro grupos de prueba, conservando la posición en el árbol. Cada grupo de prueba se conformó por tres unidades experimentales. Todas las unidades experimentales fueron evaluadas individualmente de modo que cada variable de respuesta se replicó tres veces. Una vez tomadas las muestras, estas fueron trasladados al laboratorio en bolsas de papel, se congelaron a -70 °C por 24 h y se liofilizaron y molieron en un molino doméstico. Finalmente, las muestras secas se almacenaron en bosas de polietileno con cierre en un lugar protegido de la luz y de baja humedad hasta su análisis.



Caracterización fitoquímica de los materiales

Extracción de polifenoles. Se obtuvo un extracto acetónico de los compuestos fenólicos siguiendo la metodología de Xu et al., (2007), se pesó un gramo de muestra liofilizada y se diluyó con 10 mL de acetona acidificada al 70 % con 0.5 % de ácido acético [(acetona/agua/ácido acético (70:29.5:0.5 v/v/v)], se protegió de la luz y se agitó durante 24 h, posteriormente se centrifugaron a 5000 x g durante 10 min a temperatura ambiente, para obtener el sobrenadante. Este sobrenadante se utilizó para la cuantificación de los compuestos fenólicos totales, flavonoides y proantocianidinas.

Cuantificación de polifenoles. Los compuestos fenólicos totales se cuantificaron mediante el ensayo de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra (mg EAG g⁻¹) utilizando una curva estándar de ácido gálico con un rango de linealidad de 0 a 0.32 mg/mL ($R^2 = 0.99$). Los flavonoides totales se cuantificaron mediante el ensayo colorimétrico de $AlCl_3$ (Liu et al., 2002). Los datos de esta determinación se expresaron como mg equivalentes de (+) catequina por gramo de muestra (mg EC g⁻¹) con un rango de linealidad de 0 a 0.074 mg/mL ($R^2 = 0.99$). Las proantocianidinas totales se cuantificaron siguiendo el método de la vainillina reportado por Xu and Chang (2007), con un rango de linealidad de mg/mL ($R^2 = 0.99$).

Análisis estadístico. El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA). Se consideraron diferencias estadísticamente significativas entre los fitoquímicos cuando el valor de probabilidad fue <0.05 con la prueba de Tukey. Los análisis fueron realizados en el programa JMP versión 5.0.1.

Resultados y discusión

Feng et al. (2014) mencionó previamente que la ubicación dentro de la copa de un árbol influye en el microclima alrededor de los frutos individuales, lo que puede provocar una variación considerable en sus cualidades externas e internas. Esto se pudo observar en los resultados obtenidos de esta investigación. La Figura 1 muestra que la ubicación de los frutos de durazno modificó su concentración de fenoles totales. Los frutos ubicados al sur del árbol tuvieron la mayor concentración de fenoles, seguido de aquellos posicionados al oeste. La biosíntesis de antioxidantes en las plantas generalmente se considera una respuesta al estrés fisiológico, y se ha reportado que una mayor exposición a la radiación solar puede dar como resultado mayores cantidades de estos compuestos. Hasta ahora, se ha demostrado que la radiación solar, específicamente la ultravioleta B (es decir, $\lambda = 280$ a 315 nm), regula positivamente la fenilalanina amonio liasa y la chalcona sintasa, que son enzimas clave en el inicio de la síntesis de compuestos fenólicos en las plantas, y la bioacumulación de fenoles totales (Sharma et al., 2012). Sin embargo, esto concuerda con lo reportado en esta investigación, lo que pudiera indicar que existen otros factores que influenciarían la concentración de fenoles totales, ya sea bióticos y/o abióticos, o incluso el genotipo del cultivar, no obstante, esto requiere mayor investigación.

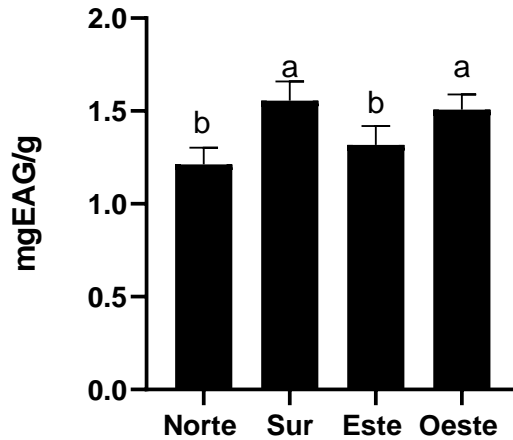


Figura 5. Concentración de fenoles totales en frutos de durazno obtenidos de diferentes ubicaciones de un mismo árbol. Los datos se muestran como la media \pm la DE. Las letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ($p < 0.05$) con la prueba Tukey EAC, equivalentes de ácido gálico.

Por otro lado, la concentración de flavonoides también depende de la posición del fruto en el árbol. Los resultados obtenidos en el presente estudio, concuerdan con los obtenidos por Awad et al. (2001), se demostró que la posición de los manzanos en el árbol es un factor principal en la percepción de la luz. Los resultados de esta investigación indican que los frutos ubicados al este del árbol tuvieron la máxima concentración de flavonoides (Figura 2). Además de la acumulación de antocianinas, la concentración de flavonoles en la piel de la manzana también depende de la posición en el árbol, y refleja el porcentaje de coloración roja y la exposición al sol de los frutos (Merzlyak et al., 2005; Solovchenko & Schmitz-Eiberger, 2003).

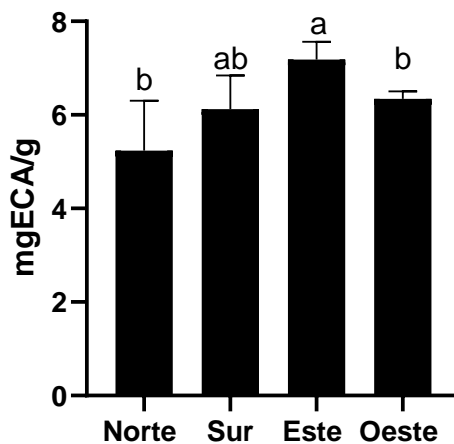


Figura 6. Concentración de flavonoides totales en frutos de durazno obtenidos de diferentes ubicaciones de un mismo árbol. Los datos se muestran como la media \pm la DE. Las letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ($p < 0.05$) con la prueba Tukey ECA, equivalentes de (+) Catequina.

Finalmente, la concentración de proantocianidinas no mostró diferencias significativas entre los frutos de los grupos sur, este y oeste, mientras que los frutos ubicados al norte del árbol tuvieron la menor concentración de estos compuestos (Figura 3). En un estudio realizado en frutos de granada, se encontró que aquellos tomados del este del árbol tuvieron mayor concentración de proantocianinas, en comparación con los frutos del norte (Stefano et al., 2020), lo que concuerda con los datos reportados en este trabajo de investigación.

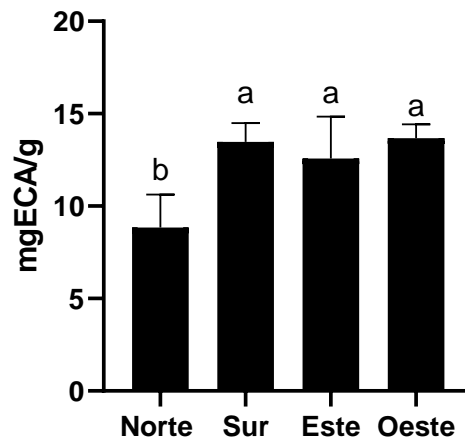


Figura 7. Concentración de proantocianidinas en frutos de durazno obtenidos de diferentes ubicaciones de un mismo árbol. Los datos se muestran como la media \pm la DE. Las letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ($p < 0.05$) con la prueba Tukey. ECA, equivalentes de (+) Catequina.

Conclusiones

La caracterización del fruto del durazno es una actividad importante para los programas de mejoramiento, la selección de nuevas líneas para su potencial liberación al público como una nueva variedad no debe basarse únicamente en sus destacadas propiedades productivas, sino que se debe incluir el análisis de compuestos nutraceuticos como los polifenoles.

Referencias

- Awad, M.A., Wagenmakers, P.S., deJager, A. (2001). Effects of light on flavonoids and chlorogenic acid levels in the skin of Jonagold' apples. *Sci. Hort.* 88, 289–298.
- Gong, Y., Pegg, R.B., Kerrihard, A.L., Lewis, B.E., Heerema, R.J. (2020). Pecan kernel phenolics content and antioxidant capacity are enhanced by mechanical pruning and higher fruit position in the tree canopy. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 145:193–202.
- Liu M, Qi Li X, Weber C, Yong LC, Brown J, Hai LR. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5 p.
- Merzlyak M.N., Solovchenko, A.E., Smagin, A.I., Gitelson A.A. (2005). Apple flavonols during fruit adaptation to solar radiation: Spectral features and technique for non-destructive assessment. *J. Plant Physiol.*, 162, 151–160.
- Middleton, E., Jr., Kandaswami, C., Theoharides. T.C. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: Implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacol. Rev.*, 52, 673–751.
- Sharma, P., A.B. Jha, R.S. Dubey, and M. Pessarakli. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *J. Bot.* 2012, 217037.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*, 299, 10 p.
- Solovchenko, A. & Schmitz-Eiberger, M. (2003) Significance of skin flavonoids for UV-B-protection in apple fruits. *J. Exp. Bot.*, 54, 1977–1984.
- Stefano, V.D., Scandurra, S., Pagliaro, A., Martino, V.D., Melilli, M.G. (2020). Effect of sunlight exposure on anthocyanin and non-anthocyanin phenolic levels in pomegranate juices by high resolution mass spectrometry approach. *Foods*, 9:1161.
- Treutter, D. (2005). Significance of flavonoids in plant resistance and enhancement of their biosynthesis. *Plant Biol.*, 7,581–591.
- Wink, M. Plant breeding: Importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivores (1988). *Theor. Appl. Genet.*, 75, 225–233.
- Xu B.J., Chang, S.K.C. 2007. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of Food Science*. 2: 7 p.



PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO CON ALTAS DENSIDADES DE POBLACIÓN Y RIEGO POR GOTEO

Andrés Fonseca Martínez^{1*}, Arturo Reyes González², José Ernesto Frías Ramírez¹,
Javier Ismael García Hernández¹

¹Instituto Tecnológico de Torreón, División de Estudios de Posgrado Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila. México.
²Campo Experimental La Laguna. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Blvd. José Santos Valdez no. 1200 pte. 27440 Matamoros, Coahuila. México. *Autor para correspondencia: andresfm883@gmail.com

Introducción

En la Comarca Lagunera, los cultivos forrajeros ocupan más del 70% de la superficie sembrada. El maíz forrajero es el principal cultivo de la región con una superficie de casi 50 mil hectáreas. La producción de este cultivo se distingue por sembrarse en surcos de 76 cm entre ellos con una densidad de población entre 80 mil y 100 mil plantas/ha sin obtener los rendimientos potenciales. Si se quiere incrementar los rendimientos se tiene que modificar los nuevos sistemas de producción por ejemplo modificar la densidad de población. La utilización de sistemas de riego que disminuyan las pérdidas por conducción, aplicación y evaporación se hacen necesarias en la producción de cualquier cultivo. El riego por goteo subsuperficial (RGS) alcanza una de las mayores eficiencias en la aplicación del agua (95%) y permite la dosificación de los fertilizantes por medio del fertirriego satisfaciendo los requerimientos nutrimentales del cultivo y optimizando el manejo de los nutrientes en cada una de las etapas fenológicas (Guevara et al., 2005). Por otro lado, la producción de forrajes de alta calidad sin el uso de fertilizantes sintéticos y haciendo un uso eficiente de agua, es una necesidad en áreas donde la limitación de recursos naturales es alarmante (Fortis et al., 2009). Dos factores que determinan el rendimiento y calidad del maíz forrajero son la densidad de población (Reta et al., 2000) y la dosis de fertilización nitrogenada (Muchow, 1988). La importancia de precisar la demanda de N radica en incrementar la eficiencia en el uso del N sin hacer aplicaciones excesivas que aumenten el riesgo de contaminación por lixiviación de nitratos (Cox et al., 1993). El objetivo de esta investigación fue estimar la producción de maíz forrajero bajo diferentes densidades de población con diferentes profundidades de cinta de riego.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en el ciclo agrícola primavera del 2023. En el lote N°6 del Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) que se encuentra localizado en Matamoros, Coahuila, México (25° 32' LN, 103° 14' LO y 1150 msnm). La preparación del suelo fue tomando en cuenta el subsuelo, barbecho, rastreo, nivelación y colocación de cintilla de forma superficial a 0 m de profundidad y subsuperficial o enterrado a 0.15 m de profundidad. El material genético utilizado fue el híbrido P3201 apto para altas densidades de hoja semi erecta, este fue sembrado manualmente usando un hilo graduado conforme la densidad de población correspondiente, por ejemplo, el de 100 mil plantas el espacio entre planta y planta fue de 12.5 cm, mientras que el de 150 mil la distancia entre plantas fue de 17.5 cm y doble hilera. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones bajo un arreglo de parcelas divididas, donde la parcela mayor fueron las profundidades de cinta y en la parcela menor las densidades de población, que van desde 100, 150 y 200 mil plantas/ha, en las que se aplicó riego por goteo superficial y riego subsuperficial, con un testigo de 100 mil plantas con riego por goteo superficial, en ambas se consideró el 100 por ciento de la evapotranspiración (ET), la ET se multiplico por un Kc derivado de índices de vegetación del cultivo.



Para la instalación del riego por goteo subsuperficial se colocaron las cintas de riego a una profundidad de 0.15 m, con un espaciado entre ellas de 0.76 m. La cinta utilizada fue la RO DRIP 8 mil con espesor de pared de 0.200 mm y diámetro interior de 16 mm, con emisores a 0.2 m y un caudal de 1 L h⁻¹ por gotero. La presión de operación del sistema de riego fue de 8 PSI. La frecuencia de riego para ambos sistemas de riego fue cada tercer día.

Las variables que se evaluaron fueron, altura de planta, forraje verde y forraje seco. La primera variable se midió cada semana, el forraje verde y forraje seco se midió al final del ciclo de cultivo.

La altura de planta se midió con una cinta métrica en dos plantas escogidas al azar en cada tratamiento durante todo el ciclo del cultivo. Las mediciones se realizaron desde la superficie del suelo hasta la penúltima hoja del cultivo cada semana a partir de los 15 DDS.

La producción de forraje verde se estimó al pesar 5 metros lineales en los 2 surcos centrales de cada tratamiento, después se tomó una muestra y se secó en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65°C durante 72 horas, para posteriormente determinar la producción de forraje seco, la cual se determinó con el porcentaje de materia seca y la producción de forraje verde.

Resultados y discusión

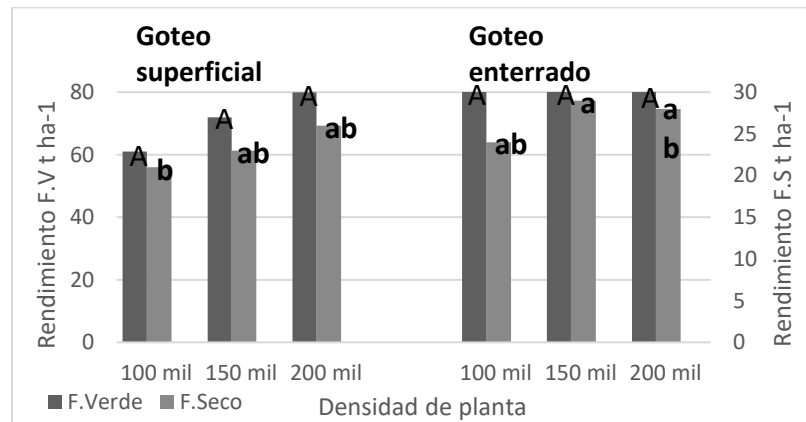
Altura de planta. Los tratamientos evaluados y su comportamiento de la altura, para los dos tratamientos evaluados de riego por goteo superficial y enterrado, con densidades de 100, 150 y 200 mil plantas/ha., durante el ciclo del cultivo, se muestra en el Cuadro 1. En la variable altura hubo diferencia significativa, debido a que las alturas fueron mejor con riego enterrado, siendo la más alta con 2.93 m y siendo la más baja de 2.82 m con riego superficial. Esto se debe a que la cinta de riego está en la superficie por lo tanto la evaporación es mayor y la humedad en el sistema radical del cultivo es menor, lo que repercute en el desarrollo del cultivo (Reyes et al., 2020)

Forraje verde y seco. El rendimiento de forraje verde, para los dos tratamientos de riego por goteo y tres densidades de población, se muestra en el Cuadro 1 y en la Figura 2. El análisis de varianza para producción de forraje verde no obtuvo diferencia estadística significativa entre los sistemas de riego por goteo aplicados a las distintas densidades de población tratadas, ya que los rendimientos de forraje verde oscilaron entre las 61 y 81 t/ha., aproximadamente. Aun así, el tratamiento que fue relevante con respecto a los sistemas de riego aplicados, fue el sistema de riego por goteo subsuperficial o enterrado (0.15 m), con un rendimiento de forraje verde de entre 80.42 a 80.72 t/ha., con respecto a las densidades tratadas. El tratamiento con un rendimiento de forraje verde ligeramente mayor, fue el de 200 mil plantas /ha., con un rendimiento de 80.42 t/ha. En el caso del sistema de riego por goteo superficial (0 m), los rendimientos oscilaron entre 60.93 y 80.25 t/ha (Figura 1), el mayor rendimiento de forraje verde se reporta para un tratamiento con una densidad de 200 mil plantas/ha., con un rendimiento de 80.25 t/ha., y el de menor rendimiento fue el de densidades de 100 mil plantas/ha., con 60.93 t/ha., estos resultados son similares a los reportados por Reyes et al., (2020).

En cuanto a la producción de forraje seco hubo diferencia significativa entre profundidades de riego y densidades de planta (Cuadro 1 y Figura 1). La densidad de 150 mil plantas y goteo enterrado fue el que obtuvo mayor rendimiento (29 t/ha), mientras que la densidad de 100 mil plantas y goteo superficial fue la de menor producción (21 t/ha) (Figura 1). En el goteo enterrado se lograron obtener a nivel experimental hasta 30 t/ha con las densidades de 150 y 200 mil plantas por hectárea. De acuerdo con los resultados obtenidos en este experimento, las altas poblaciones son una opción para incrementar los rendimientos.

**Cuadro 1.** Diferentes densidades de plantas por hectárea y diferentes profundidades de cinta de riego.

Densidad de planta	Altura (m)	F. Verde (t/ha)	F. Seco (t/ha)	EUA (Kg FS/m ³)
100 mil	2.83 a	70.79 a	22.51 b	2.91 a
150 mil	2.89 a	76.35 a	26.10 ab	3.16 a
200 mil	2.91 a	80.42 a	27.25 a	3.30 a
Profundidad de cinta				
0 cm	2.82 b	70.99 b	23.76 b	3.03 a
15 cm	2.93 a	80.72 a	26.81 a	3.21 a

**Figura 1.** Rendimientos de forraje verde y seco con goteo superficial y enterrado.

Eficiencia en el uso del agua (EUA). El análisis estadístico para la EUA no fue significativo ni para densidades de población ni para profundidades de cinta de riego (Cuadro 1). Aunque las poblaciones de 150 y 200 mil plantas fueron las que obtuvieron los mayores valores de EUA. Valores similares de EUA han sido reportados en maíz forrajero bajo diferentes niveles de riego por goteo, encontrando valores desde 2.98 hasta 3.24 kg FS m⁻³ (Montemayor et al., 2007), aunque inferiores a los reportados por (Reyes 2022) quien encontró valores de EUA de 4.8 kg FS m⁻³.

Conclusiones

Los rendimientos de forraje verde fueron similares en las densidades de planta, no así para las profundidades de cinta, aunque para forraje seco hubo diferencia tanto para densidades como para profundidades de cinta. En conclusión, las mayores producciones de forraje en verde y seco se obtuvieron con las altas densidades de población y la cinta enterrada a 0.15 m. El análisis estadístico para la eficiencia en el uso del agua no fue significativo ni para densidades de población ni para profundidades de cinta de riego, sin embargo, las poblaciones de 150 y 200 mil plantas sembradas a doble hilera y surcos angostos fueron las que obtuvieron los mayores valores de eficiencia en el uso del agua (EUA).



Referencias

- Cox, W. J. Kalonge, D.J.R. Cherney, W. S. Reid (1993). Growth, yield, and quality of forage maize under different nitrogen management practices. *Agron. J.* 85:341-347
- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., García-Hernández, J. L., & Orozco-Vidal, J. A. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 329-336.
- Montemayor, T. J. A.; Olague, R. J.; Fortis, H. M.; Sam, B. R. L. R.; Salazar, S. E.; Castruita, L. J.; Rodríguez, R. J. C. y Chavaría, G. J. A. 2007. Consumo de agua en maíz forrajero con riego subsuperficial. *Terra Latinoam.* 25(2):163-168.
- Muchow R. C. (1988). Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semiarid tropical environment: I. Leaf growth and leaf nitrogen. *Field Crops Res.* 18:1-16
- Reta S. D. G., A. Gaytán M., J. S. Carrillo A. (2000). Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades e población. *Rev. Fitotec. Mex.* 23:37-48
- Reyes, G. A. 2022. Efecto de profundidades de cinta de riego en el rendimiento y productividad del agua en maíz forrajero. *Revista oficial de la Unión Ganadera Regional de la Laguna.* Julio 2022. P 46-52.
- Reyes, G. A.; Sánchez, D. G. R.; Duarte, J. I. S.; Gaytan, I. F.; Leal, E. H. y Hernández, K. R. 2020. Rendimiento y productividad del agua en maíz (*Zea mays* L.) forrajero con riego por goteo subsuperficial. *Agrofaz.* 2(1):3-13
- Guevara E., A., G. Bárcenas H., F. R. Salazar M, E. González S. y H. Suzán A. 2005. Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. *Agrociencia* 39: 431-439.



DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CULTIVO DEL MAÍZ FORRAJERO MEDIANTE ÍNDICES DE VEGETACIÓN DE IMÁGENES DE SATÉLITE Y TECNOLOGÍA RPAS

Nuria Aide López-Hernández¹, Ramón Trucíos-Caciano^{1*}, Marco Antonio Inzunza-Ibarra¹, Cristo Omar Puente-Valenzuela¹, Iván Franco-Gaytán²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera, Margen Derecha Canal de Sacramento km 6.5, Zona Industrial 4 etapa, C.P. 35140, Gómez Palacio, Durango, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental La Laguna, Boulevard José Santos Valdez 1200 Pte. C.P. 27440, Matamoros, Coahuila. *Autor de correspondencia: trucios.ramon@inifap.gob.mx

Introducción

La estimación de la evapotranspiración por teledetección tiene dos enfoques: el método de balance de energía, SEBAL, (Bastiaanssen, 1995) y la metodología de dos pasos (Allen et al., 2006). La segunda metodología relaciona directamente el coeficiente de cultivo (Kc) con índices de vegetación (IV), por lo que requiere una calibración previa para la determinación del Kc en el sitio y cultivo de interés (Gordillo et al., 2014). El objetivo de esta investigación fue encontrar una correlación entre el Kc y el NDVI para el maíz forrajero N83N5, en la región de la Comarca Lagunera.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el ciclo agrícola de primavera 2023, en el campo experimental del CENID-RASPA del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado dentro de los límites de la Comarca Lagunera, en el municipio de Gómez Palacio, Durango, México. El sitio experimental se localiza entre las coordenadas 25° 35' 14.816" latitud N y 103° 27' 1.453" longitud O. El predio consta de una superficie de 1.2 ha, que se cultivaron con maíz forrajero N83N5 de Syngenta®. El diseño de siembra fue de 8 plantas por metro lineal y 75 cm entre hileras. El suelo es franco con una densidad aparente de 1.5 g cm⁻³.

El coeficiente de cultivo se determina como el cociente de la evapotranspiración máxima del cultivo (ET_c max) y la evapotranspiración potencial (ET_o). La FAO presenta cuatro etapas de crecimiento del cultivo: inicial, desarrollo, medio y final, con tres valores de coeficiente único (promedio temporal) Kc- inicial, Kc-medio y Kc-final (Allen et al., 2006). La determinación del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) se realizó a partir de las imágenes multispectrales mediante una combinación algebraica de las reflectividades infrarrojo cercano y rojo, expresada en la ecuación 1.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

Dónde: NDVI es el índice de vegetación de diferencia normalizada; NIR es la luz del infrarrojo cercano y Red es la luz roja visible.

Las imágenes de satélite se obtuvieron de los satélites Sentinel 2A y 2B, a una resolución espacial de 10 m y una resolución temporal de 5 días, en nivel 2A en proyección UTM/WGS84 y formato GeoTIFF, los días 17 y 27 de abril; 2, 12, 17 y 22 de mayo; 1, 6, 11, 16, 21 y 26 de junio; 11, 16, y 21 de julio del 2023. El Sistema de aeronaves tripuladas por control remoto (RPAS, por sus siglas en inglés) utilizado es de la marca SenseFly modelo eBee classic, con una resolución espacial de 1.5 cm por pixel.



Los modelos para ajustar el coeficiente de cultivo del maíz se generaron mediante ecuaciones de correlación entre el coeficiente de cultivo (Kc) y los valores de NDVI determinado con las imágenes de Sentinel-2 (modelo Kc-NDVI Sentinel-2) y los valores de NDVI de las imágenes obtenidas a partir del RPAS de ala fija eBee (modelo Kc-NDVI RPAS).

Resultados y discusión

Estimación del Kc propuesto por la FAO. En la Figura 1 se presenta el Kc del maíz forrajero del día de la siembra (15 de abril de 2023) hasta el 17 de julio de 2023, cuando el cultivo se encontraba en su etapa de madurez comercial para forraje. Se observa que los valores de Kc aumentan acorde al crecimiento del cultivo hasta alcanzar un punto máximo a los 61 DDS, para posteriormente comenzar a disminuir hasta el final del ciclo agrícola. Los valores de Kc se ajustan a una ecuación polinomial de segundo orden.

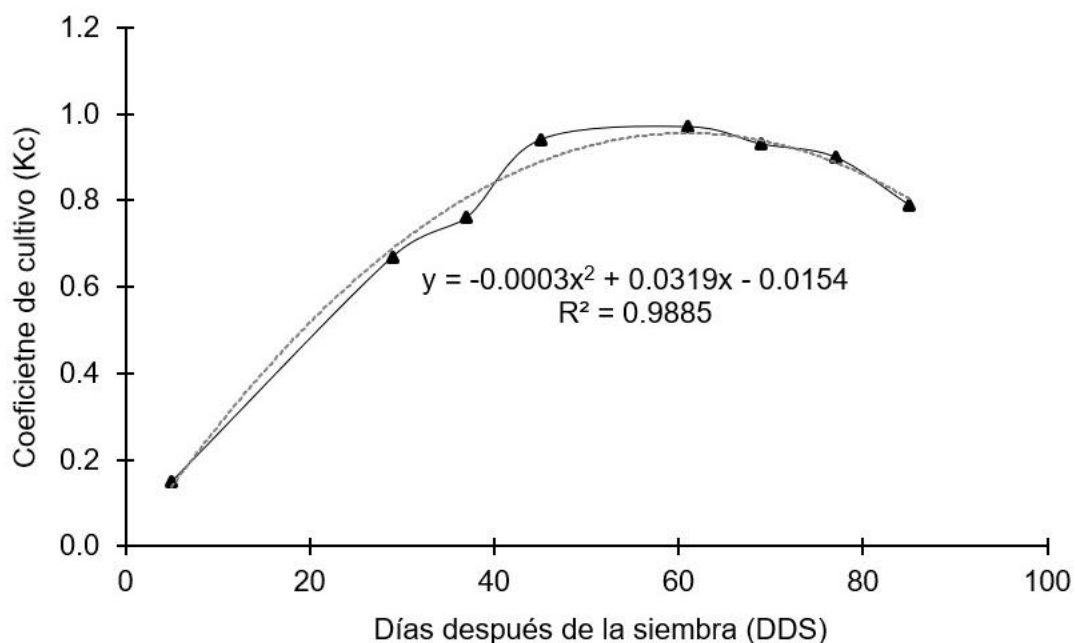


Figura 1. Coeficiente de cultivo del maíz forrajero durante el ciclo de cultivo Primavera 2023.

Determinación de NDVI mediante imágenes de satélite (NDVI Sentinel) y tecnología RPAS (NDVI RPAS). En la Figura 2 se presentan las curvas de NDVI obtenidas a partir de imágenes del satélite Sentinel 2 (macroescala) y de tecnología RPAS (microescala). Las imágenes de RPAS se tomaron cada que pasó el satélite sobre el sitio de estudio y las imágenes de satélite se seleccionaron en función del porcentaje de nubosidad, utilizándose las imágenes de los días. La curva generada a partir de imágenes satelitales abarca todo el ciclo del cultivo, mientras que la generada a partir de imágenes obtenidas mediante RPAS abarca desde el día 52 DDS hasta el fin del ciclo (110 días), los días anteriores fueron estimados a partir de una ecuación de correlación entre el NDVI Sentinel y el NDVI RPAS ($NDVI_{RPAS} = 1.2627 \times NDVI_{Sentinel} + 0.1944$, $R^2 = 0.9676$). Ambas curvas muestran una tendencia similar de incremento de los valores de NDVI conforme crece el cultivo, hasta alcanzar un máximo a los 72 DDS, para posteriormente comenzar a disminuir los valores de NDVI hasta el fin del ciclo, mismo que coincide con la madurez comercial del maíz forrajero. Se observa que los valores del NDVI obtenidos con RPAS son superiores a los valores de NDVI de Sentinel, en el orden de un 42.3 %, lo que se sugiere se debe a la diferencia de escalas de las imágenes.

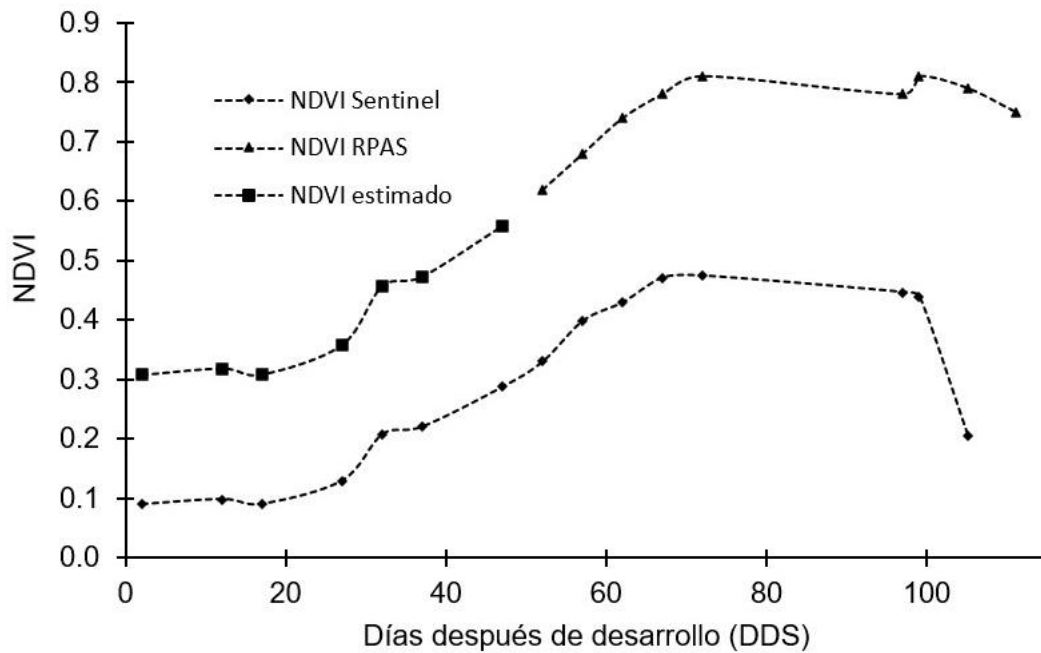


Figura 2. Valores de NDVI del maíz forrajero a través del ciclo de cultivo primavera 2023.

Curvas de correlación entre Kc y NDVI. En las Figuras 3 y 4 se muestran las ecuaciones de correlación entre el Kc y el NDVI obtenido partir de imágenes de Satélite y de imágenes de RPAS. Las ecuaciones fueron generadas a partir de modelos de regresión lineal y permiten estimar el Kc en función del NDVI. En ambos casos el coeficiente de correlación es alto, siendo superior con el NDVI RPAS, debido a su mayor precisión por la escala espacial empleada y ser, por lo tanto, más específica del sitio de estudio.

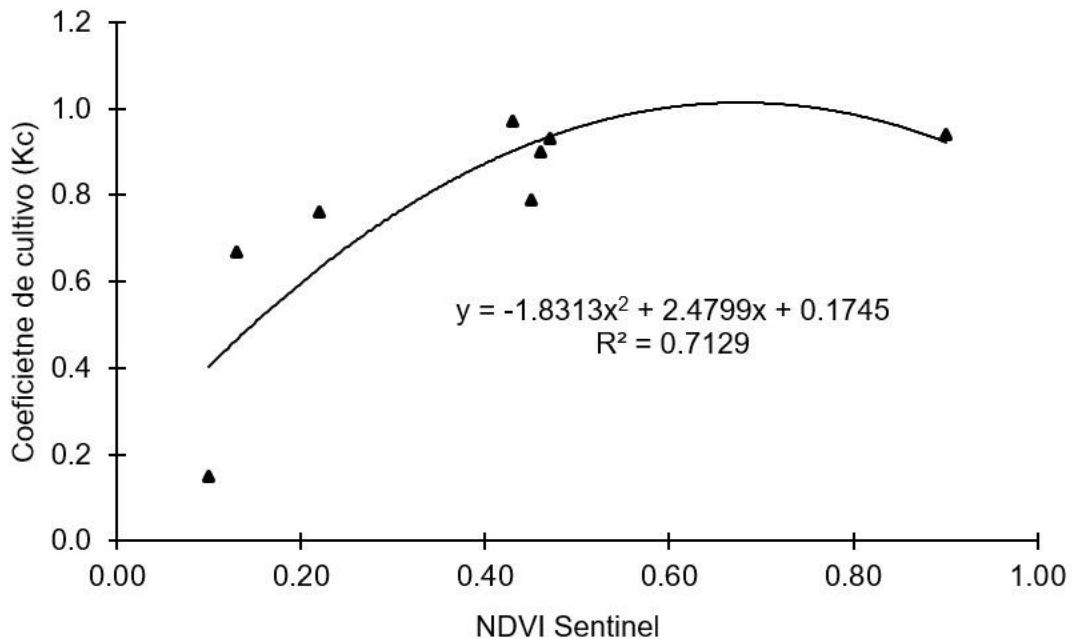


Figura 3. Relación entre el coeficiente de cultivo del maíz forrajero en la Comarca Lagunera y el NDVI determinado a partir de imágenes del satélite Sentinel 2.

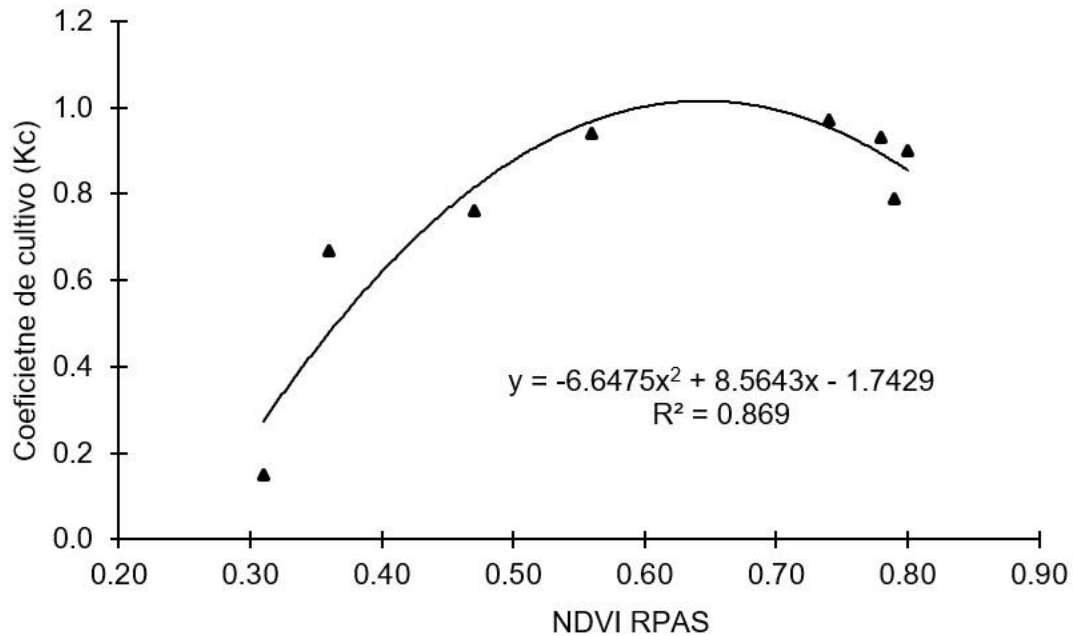


Figura 4. Relación entre el coeficiente de cultivo del maíz forrajero en la Comarca Lagunera y el NDVI determinado a partir de imágenes RPAS.

Conclusiones

Los valores del coeficiente de cultivo del maíz forrajero para la Comarca Lagunera se estimaron a partir de los propuestos por la FAO, y se destaca la importancia de determinar los Kc para el cultivo, sitio y época de interés. Tanto el NDVI obtenido a partir de imágenes de satélite como el NDVI calculado a partir de imágenes de RPAS siguen una tendencia similar de incrementar sus valores hasta un máximo en la etapa de madurez para posteriormente comenzar a decrecer hasta el fin del ciclo del cultivo. En ambos casos el NDVI presenta un alto coeficiente de correlación con el coeficiente de cultivo, por lo que, la estimación del Kc mediante el NDVI resulta confiable y precisa, sin embargo, se destaca que el NDVI obtenido a partir de imágenes de satélite es de utilidad cuando el sitio de interés es de gran superficie, mientras que el NDVI generado a partir de imágenes de RPAS es más específico y puede emplearse en sitios de menor superficie.

Referencias

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. y Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio FAO Riego y Drenaje, No. 56, FAO, Roma, Italia.
- Bastiaanssen, W. (1995). *Regionalización de las densidades de flujo superficial y los indicadores de humedad en terrenos compuestos: un enfoque de teledetección bajo cielos despejados en climas mediterráneos*. Land bouw Universiteit te Wageningen.
- Gordillo, S. V. M., Flores, M. H., Tijerina, C. L. y Arteaga, R. R. (2014). Estimación de la evapotranspiración utilizando un balance de energía e imágenes satelitales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(1), 143-155.



LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA

Britney Rodríguez Brahams^{1*}, Alberto González-Zamora², Gerardo Ávila Butrón¹, María González-Delgado¹, Rebeca Pérez-Morales¹

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Laboratorio de Biología Celular y Molecular, Gómez Palacio, Durango, México. ²Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Biología Evolutiva, Gómez Palacio, Durango, México. *Autor para correspondencia; britneyrodriguezbrahams@gmail.com

Introducción

La Comarca Lagunera se caracteriza por un clima árido y limitados recursos hídricos, además destaca como una de las más importantes cuencas lecheras del norte de México. La economía local se basa, principalmente, en la producción de forrajes para el ganado bovino y en cultivos hortícolas; sin embargo, el clima cálido de la región ha exacerbado los problemas de plagas y enfermedades en los cultivos, lo que ha llevado a un aumento en el uso de plaguicidas. Con la finalidad de maximizar la productividad agrícola, los agricultores de la zona han recurrido al uso intensivo de fertilizantes ricos en nitratos, esta práctica carente de regulación adecuada ha resultado en una acumulación preocupante de nitratos en los suelos de la región (Esquivel-Valenzuela et al., 2019).

El nitrógeno molecular es químicamente inerte y necesita ser transformado para adquirir actividad biológica; este proceso de transformación ocurre dentro del ciclo del nitrógeno, donde el nitrógeno se fija inicialmente en forma de amoníaco. Posteriormente, bacterias nitrificantes catalizan su conversión a nitratos, que son formas asimilables por las plantas (Londoño y Gómez, 2020). Los nitratos constituyen la forma más abundante y estable de nitrógeno en fuentes acuíferas, lo que puede ocasionar una alta concentración en sistemas hídricos. Adicionalmente, la actividad ganadera contribuye significativamente a la acumulación de nitratos en el agua, debido a que el estiércol generado por el ganado es rico en compuestos nitrogenados capaces de lixiviar hacia los acuíferos subterráneos. Este fenómeno ha ocasionado que en ciertas comunidades el agua designada para consumo humano contenga niveles de nitratos que exceden los límites permisibles, que son establecidos en 10 mg/L de $N-NO_3^-$ según las directrices de calidad del agua (Calleros-Rincón et al., 2012). Estudios previos han identificado una preocupante acumulación de nitratos en los recursos acuíferos, que sobrepasan las normas de calidad del agua establecidas por la Organización Mundial de la Salud; este fenómeno se atribuye principalmente a actividades antropogénicas vinculadas con la expansión de la agricultura, la ganadería y la industria, por lo que se han denominado zonas vulnerables de nitratos que deben ser sometidas a una regulación especial para mitigar la contaminación y posible efectos adversos en la población humana, el ganado y la fauna silvestre (García-Torres et al., 2022).

Una vez ingeridos los nitratos a través del agua de bebida, estos son reducidos a nitritos en la cavidad oral, por acción de las enzimas con actividad nitrato reductasa presente en las bacterias anaerobias facultativas. Entre el 5 – 7% de los nitratos se convierte en nitritos durante esta fase de reducción en la cavidad oral, esta proporción puede llegar hasta el 20% en función del microbiota oral presente. Además, un porcentaje significativo del nitrato y nitrito circulante se reabsorbe en los túbulos renales, esta dinámica resulta en elevados niveles plasmáticos de nitratos y nitritos, que pueden persistir durante un periodo de 5 a 6 horas (Bondonno et al., 2021).



Los altos niveles de nitratos presentes en el agua y su biotransformación a nitritos después de la ingesta, ha sido asociados con un incremento de metahemoglobina en la sangre, lo que puede conducir a la metahemoglobinemia, una condición que compromete la capacidad de la hemoglobina para transportar oxígeno a los tejidos (Sepúlveda et al., 2020). Además, los nitritos pueden interactuar con aminas y amidas promoviendo la síntesis de nitrosaminas que son potencialmente carcinogénicas. Por otra parte, los nitratos son reconocidos como disruptores endocrinos, ya que han sido relacionados con disfunción de la glándula tiroidea al interferir con la captación de yodo, impactando así las funciones metabólicas en múltiples etapas de desarrollo, incluyendo la vida uterina y la infancia.

Las hormonas tiroideas controlan diversas funciones entre ellas la homeostasis hepática y sanguínea, por lo que en personas expuestas se han encontrado altos niveles de glucosa, colesterol y triglicéridos, por lo que es posible que también contribuyan a la patogénesis de otras enfermedades como la diabetes, hipertensión y obesidad (Modarelli & Ponzo, 2019; Trifu et al., 2020). Debido a lo anterior el objetivo del presente estudio es analizar algunos parámetros de interés en población residente de la Comarca Lagunera, expuesta a nitratos en el agua de consumo humano con la finalidad de documentar las enfermedades que padecen y los biomarcadores alterados.

Materiales y Métodos

Se realizó un estudio observacional de tipo transversal en diversas localidades de la Comarca Lagunera, incluyendo Nazareno, La Loma, San José Zaragoza, La Goma, Juan E. García, Salitral, Gómez Palacio, San Jacinto, Sapioriz, Torreón y Lerdo. La población que acepto participar en el protocolo recibió información detallada y firmó una carta de consentimiento informado, además respondieron un cuestionario estructurado que contenía datos de importancia epidemiológica, padecimientos patológicos y estilo de vida. El protocolo fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Químicas, UJED. Se recolectaron muestras de sangre para la cuantificación de nitrito plasmático mediante la técnica colorimétrica de Griess, que se fundamenta en la reacción química entre la sulfanilamida y el nitrito, midiendo la absorbancia a 540 nm. Se utilizó nitrito de sodio para realizar la curva estándar en el rango de 10 – 100 μM . También se midió el porcentaje de metahemoglobina en las muestras sanguíneas, la técnica se basa en una reacción óxido-reducción de la hemoglobina con azida de sodio y ferricianuro de potasio. Mientras que la determinación de biomarcadores bioquímicos se realizó en equipos automatizados, con los estándares requeridos en cada caso. Finalmente, se aplicó estadística descriptiva para analizar las distintas variables incluidas en este estudio.

Resultados y Discusión

Los resultados se muestran en la tabla 1, donde se puede observar que el muestreo incluyó a personas de todas las edades en el rango de 18 – 88 años. El índice de masa corporal (IMC) es calculado con el peso y la altura de la persona y es una medida que nos permite saber si el individuo se encuentra con un bajo peso, peso normal, sobrepeso o bien, ya presenta una condición de obesidad. En este estudio se encontró que el IMC estaba en el rango de 18.3 – 50.6 que incluye desde peso normal hasta obesidad grado III, esta última es una condición mórbida que puede tener múltiples complicaciones metabólicas y asociarse a otras enfermedades crónicas degenerativas. Con respecto a los principales padecimientos presentes en la población de estudio destacan la obesidad, hipertensión y diabetes.

**Cuadro 1.** Características generales de la población de estudio.

Parámetro	n = 96
	Mediana (min – máx)
Edad	45 (18 – 88)
IMC (Kg/m ²)	28.01 (18.3 – 50.6)
	n (%)
Obesidad	90 (93.7)
Diabetes	15 (15.6)
Hipertensión	29 (30.2)

En los marcadores bioquímicos se observó que algunas muestras se encontraron fuera del límite de referencia, en el caso de la metahemoglobina se encontró hasta 9.4 % y el nitrito plasmático hasta 72.8 $\mu\text{mol/mL}$; mientras que en la glucosa, colesterol y triglicéridos también se encontró un porcentaje que esta fuera del rango de referencia (Cuadro 2).

Cuadro 2. Biomarcadores de interés en la población de estudio.

Parámetro	Mediana (min-máx)	Rango de referencia	Porcentaje fuera rango
% metahemoglobina	2.93 (0.16 – 9.4)	< 1.5	70.83%
Nitrito plasmático $\mu\text{mol/mL}$	22.07 (0.96 – 72.8)	NA	NA
Glucosa mg/dL	91.87 (64 – 654.5)	70-100	33.33%
Colesterol mg/dL	199.8 (128 – 271)	< 200	50%
Triglicéridos mg/dL	140.9 (35.2 – 423)	< 150	44.79%

Los resultados de este estudio indican que existen alteraciones en los marcadores sanguíneos y bioquímicos en personas expuestas a nitratos en el agua de consumo humano, ya que la población analizada consume preferentemente agua de la red pública que no cumple con los límites permisibles para este contaminante; en el caso del agua purificada que consume esta población es obtenida de las máquinas purificadoras locales que carecen de mantenimiento constante, por lo que tampoco cumplen con los límites permisibles.

Un estudio realizado en mujeres expuestas a nitratos, residentes de la Comarca Lagunera encontró alteraciones metabólicas y tiroideas, además de un incremento en la cantidad de micronúcleos en células sanguíneas de mujeres que residían en las zonas de mayor exposición (Gandarilla-Esparza et al., 2020). Mientras que, otro estudio realizado en Buenos Aires encontró mayor prevalencia de alteraciones metabólicas en individuos que consumen agua proveniente de pozos urbanos, en comparación con aquellos que ingieren agua envasada (Modarelli & Ponzo, 2019). Estas observaciones son congruentes con los resultados del presente estudio, en el cual se observó un aumento en el porcentaje de metahemoglobina, nitrito plasmático y aumento de los marcadores metabólicos; además la población ya presenta enfermedades crónicas degenerativas como obesidad, diabetes e hipertensión, las cuales tienen una etiología compleja donde los factores genéticos, dietéticos y ambientales desempeñan un papel muy importante, por lo que es necesario realizar más estudios que aporten más datos acerca de los efectos de la exposición a nitratos en la población humana.



Conclusión

En conclusión, los hallazgos de distintas investigaciones y contextos poblacionales fortalece la hipótesis de que la exposición a nitratos en el agua potable podría tener implicaciones adversas para la salud humana, afectando la homeostasis sanguínea y metabólica, lo que resalta la necesidad de realizar más estudios e incrementar el tamaño de muestra y las variables analizadas, además de analizar los distintos estratos poblacionales, según los niveles de nitratos en el agua que consumen, lo que permitirá hacer aportaciones valiosas sobre el efecto de este contaminante en la salud humana.

Referencias

- Bondonno, CP, Dalgaard, F., Blekkenhorst, LC, Murray, K., Lewis, JR, Croft, KD y Hodgson, JM (2021). Ingesta de nitratos vegetales, presión arterial y enfermedad cardiovascular incidente: dieta danesa, cáncer y estudio de salud. *Revista europea de epidemiología*, 36 (8), 813-825.
- Calleros-Rincón, E. Y., Alarcón Herrera, M. T., Morán Martínez, J., Cueto Wong, J. A., Pérez-Morales, R., & Sanin, L. H. (2012). Caracterización de una zona contaminada por nitratos y su impacto en la salud humana. *Género, ambiente y contaminación por sustancias químicas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México DF*, 35-54.
- Esquivel-Valenzuela, B., Cueto-Wong, J. A., Valdez-Cepeda, R. D., Pedroza-Sandoval, A., Trejo-Calzada, R., & Pérez-Veyna, Ó. (2019). Prácticas de Manejo y Análisis de Riesgo por el Uso de Plaguicidas en La Comarca Lagunera, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(1), 25-33. Epub 21 de agosto de 2020. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.01.02>
- Gandarilla-Esparza, DD, Calleros-Rincón, EY, Macias, HM, González-Delgado, MF, Vargas, GG, Sustaita, JD & Pérez-Morales, R. (2021). Los polimorfismos FOXE1 y la exposición crónica a nitratos en el agua potable causan disfunción metabólica, anomalías tiroideas y daño genotóxico en las mujeres. *Genética y Biología Molecular*, 44.
- García-Torres, E., Pérez Morales, R., González Zamora, A., Ríos Sánchez, E., Olivas Calderón, E. H., Alba Romero, J. D. J., & Calleros Rincón, E. Y. (2022). Consumption of water contaminated by nitrate and its deleterious effects on the human thyroid gland: a review and update. *International Journal of Environmental Health Research*, 32(5), 984-1001.
- Londoño-Pereira, M., & Gómez Ramírez, B. D. (2020). Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda. *Rev. Nutrición clínica metabolismo*, 4 (1). <https://revistanutricionclinicametabolismo.org/index.php/nutricionclinicametabolismo/article/view/202>
- Modarelli, M. F., & Ponzo, O. J. (2019). Relación del hipotiroidismo subclínico y bocio con el origen del agua consumida por una población del conurbano bonaerense. *MEDICINA (Buenos Aires)*, 79(1), 11-19.
- Sepúlveda, Rodrigo A., Barnafi, Esteban, Rojas, Vicente, & Jara, Aquiles. (2020). Metahemoglobinemia causada por dapsona. Informe de un caso. *Revista médica de Chile*, 148 (12), 1838-1843. <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872020001201838>
- Trifu, D. S., Esquerria, N. G. F., Torres, N. P., & Hernández, J. Á. (2020). Hipotiroidismo. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 13(13), 727-734.



VII CONGRESO INTERNACIONAL XIX CONGRESO NACIONAL
SOBRE
**RECURSOS BIÓTICOS
DE ZONAS ÁRIDAS**

Universidad Autónoma Chapingo
Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas
Km. 40 Carr. Gómez Palacio Chihuahua,
Bermejillo, Durango, México. C.P. 35230.
Teléfonos: 87 19 80 13 40 al 56 y
87 19 80 00 66 al 69.

<https://congresorebiza.mx>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS