







Fertilización orgánica en nopalitos en la zona centro de Tamaulipas, México

Organic fertilization in nopalitos in the central area of Tamaulipas, Mexico

José Gerardo Reyna-Cabrera¹ , Pedro Almaguer-Sierra¹ , Ludivina Barrientos-Lozano^{1*} , Aurora Y. Rocha-Sánchez¹ , Uriel Jeshua Sánchez-Reyes¹ , Othón J. González-Gaona¹ 

¹Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Blvd. Emilio Portes Gil, No. 1301. CP. 87010, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

*Autor de correspondencia: ludivinab@yahoo.com

Nota científica

Recibida: 21 de diciembre 2023

Aceptada: 31 de julio de 2024

RESUMEN. Se analizó la producción de nopalito, *Opuntia ficus-indica* (L.) MILL., usando dos variedades, Villanueva (V) y Copena-V1 (C); dos densidades, 10 plantas m² (D10) y 20 plantas m² (D20); dos fertilizantes orgánicos, humus de lombriz (H) y estiércol ovino (O). El diseño experimental consistió en un arreglo factorial 2*2*3 (dos variedades, dos densidades de plantación y tres tipos de fertilización) en tres bloques al azar, con cuatro tratamientos, tres réplicas cada uno, 36 unidades experimentales, considerando testigos sin fertilizante (T). El tratamiento O/V/D20 produjo la mayor cantidad de nopalitos, 508; el tratamiento H/V/D10, tuvo la menor producción, 110 nopalitos. El tratamiento con mayor producción en peso fresco fue el O/C/D10, 60.6 t ha⁻¹. El tratamiento H/C/D20 tuvo el rendimiento más bajo con 30 t ha⁻¹. La prueba MANOVA mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en las interacciones fertilizante*variedad, densidad*variedad, fertilizante*temperatura y densidad*temperatura. El fertilizante O, presentó mayor impacto en la producción.

Palabras clave: Autoconsumo, estiércol ovino, huerto, humus de lombriz, *Opuntia ficus-indica*.

ABSTRACT. The production of nopalito, *Opuntia ficus-indica* (L.) MILL., was analyzed using two varieties, Villanueva (V) and Copena-V1 (C); two densities, 10 plants m² (D10) and 20 plants m² (D20); and two organic fertilizers, worm humus (H) and sheep manure (O). The experimental design consisted of a 2*2*3 factorial arrangement (two varieties, two planting densities and three types of fertilization) in three random blocks, with four treatments, three replicates each, 36 experimental units, considering control units without fertilizer (T). The O/V/D20 treatment produced the largest number of nopalitos, 508; the H/V/D10 treatment had the lowest production, 110 nopalitos. The treatment with the highest production in fresh weight was O/C/D10, 60.6 t ha⁻¹. The H/C/D20 treatment had the lowest yield with 30 t ha⁻¹. The MANOVA test showed significant differences ($p < 0.05$) in the interactions fertilizer*variety, density*variety, fertilizer*temperature and density*temperature. The O fertilizer had the greatest impact on production.

Keywords: Self-consumption, sheep manure, orchard, earthworm humus, *Opuntia ficus-indica*.

Como citar: Reyna-Cabrera JG, Almaguer-Sierra P, Barrientos-Lozano L, Rocha-Sánchez AY, Sánchez-Reyes UJ, González-Gaona OJ (2024) Fertilización orgánica en nopalitos en la zona centro de Tamaulipas, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 11(3): e3972. DOI: 10.19136/era.a11n3.3972.

INTRODUCCIÓN

El nopal es una fuente de alimento desde tiempos prehispánicos (Sandoval-Trujillo *et al.* 2019, Quishpi-Guachalá *et al.* 2024). También es importante en la cultura mexicana por sus usos medicinales, cosméticos, forraje y un ícono de identidad al ser parte del escudo nacional (Anaya-Pérez 2001, Torres-Ponce *et al.* 2015). Los nopales son originarios del continente americano, en México se conocen 104 especies de *Opuntia* y 10 de *Nopalea*, de éstas, 60 especies aproximadamente son endémicas (Hershkovitz y Zimmer 1997, Anaya-Pérez 2001, Khan *et al.* 2024). El nopal se utiliza principalmente como alimento por sus ventajas nutricionales, favorece el buen funcionamiento intestinal; también se usa para tratamiento y prevención de enfermedades como la osteoporosis, diabetes, entre otras. En cuanto al contenido nutrimental, aporta minerales, vitaminas, aminoácidos, fibra dietética cruda y de tipo soluble, lípidos y alto contenido de agua (Martins-Saraiva *et al.* 2021).

En México la superficie del cultivo de nopalito alcanzó 12 611 hectáreas (ha) en 2023, con una producción de 863 757 toneladas (SIAP 2023). La producción de este cultivo abarca 27 estados de la República Mexicana, con Morelos y la Ciudad de México destacando en producción de nopal verdura, Coahuila en nopal forrajero, Estados de México y Zacatecas con la mayor producción de nopal tunero (Sandoval-Trujillo *et al.* 2019). El cultivo del nopal es una alternativa para la producción de hortalizas en regiones áridas y semiáridas, con suelos poco fértiles (Almaguer-Sierra *et al.* 2014). Este cultivo no solo genera ingresos y promueve el desarrollo económico familiar, sino que también construye una identidad colectiva y contribuye al bienestar personal y comunitario a través del empleo y el autoempleo (Pedraza-Reyes *et al.* 2024). La producción de nopalito se ve afectada por su manejo, densidad de plantación, cultivar, entre otros factores (Martins-Saraiva *et al.* 2021). Existen diferentes tipos de cultivos de nopalito, entre éstos se pueden citar los huertos de traspatio o solar y plantaciones comerciales por el método tradicional o con micro túnel de plástico (Sandoval-Trujillo *et al.* 2019). Se ha reportado que las plantaciones de nopal responden favorablemente a los fertilizantes sintéticos y abonos orgánicos (Galicía-Villanueva *et al.* 2017, Rodrigues-de-Miranda *et al.* 2019, Martins-Saraiva *et al.* 2021).

Entre los fertilizantes orgánicos existe el estiércol bovino, caprino, ovino, de aves, entre otros; el estiércol ovino y de aves presentan un mayor impacto en el mejoramiento de las características productivas del nopal (Rodrigues-de-Miranda *et al.* 2019). El vermicompost o humus de lombriz, es un tipo de composta rica en nutrientes y flora bacteriana. Mejora las características del suelo al aumentar la materia orgánica, estimular la actividad microbiana y liberar gradualmente nutrientes disponibles para las plantas, favoreciendo una nutrición equilibrada (Reséndez *et al.* 2020).

Los huertos familiares pueden apoyar a la economía familiar al producir cierto tipo de alimentos, que al no tener que comprarlos, generan un ahorro, además de la disposición continua de alimentos frescos y sanos (Alcántara-Nieves y Larroa-Torres 2022). La zona centro del estado de Tamaulipas cuenta con condiciones climáticas adecuadas para el cultivo del nopal, por lo que se ha consolidado como una de las zonas productoras principales de nopalitos en el Estado (Medina-García 2021). Las cualidades del cultivo de nopalitos, como su tolerancia a la sequía y una buena respuesta a diferentes tipos de fertilizantes, entre ellos los orgánicos, se consideran una opción importante para

la producción de alimentos frescos y sanos. Sin embargo, no hay estudios puntuales sobre manejo y producción de nopalitos en la zona centro de Tamaulipas, y se tiene la necesidad de generar información sobre alternativas a mediano plazo, implementar huertos de traspatio con una alta densidad de cultivo en las áreas urbanas en el centro de Tamaulipas, adaptable a pequeñas extensiones de terreno. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de dos fertilizantes orgánicos a dos densidades de plantación sobre la producción de dos variedades de nopal verdura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El experimento se desarrolló en el módulo hidropónico a cielo abierto del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria (TecNM-ITCV), en Ciudad Victoria, Tamaulipas. Esta instalación se localiza entre las coordenadas 23° 75' 46.3" LN y 99° 16' 71.7" LO, a 336 msnm. Su clasificación climática es semicálido subhúmedo con lluvia en verano (ACw), temperatura máxima anual de 30.3 °C, media anual de 24.0 °C, mínima anual de 16.9 °C y precipitación media anual de 850 mm (SMN 2022).

Material vegetal y fertilizantes orgánicos

Se evaluaron dos variedades de nopalito, Villanueva (V) que produce brotes tiernos y Copena-V1 (C) la cual produce brotes suculentos, ambas presentan mayor tolerancia al frío comparado con otros cultivares (Vázquez-Vázquez *et al.* 2007). Las pencas madre de cada uno de los cultivares provinieron de un mismo lote comercial productor ubicado en el ejido Alto de Estación Caballeros, del municipio de Victoria, Tamaulipas. Se seleccionaron 150 pencas madre de cada cultivar que midieran de 25 a 30 cm de largo y seis meses de edad. Después del corte se aplicó caldo bordelés en proporción 1:1 de sulfato de cobre y cal en 10 L de agua en la herida, las pencas madre se colocaron bajo sombra durante 15 días (Almaguer-Sierra *et al.* 2014). Para la fertilización, se eligieron dos tipos de abono orgánico disponibles en la zona: estiércol de ovino (O) y humus de lombriz (H). El estiércol ovino se obtuvo en un corral ubicado en el ejido La Esperanza, municipio de Abasolo, Tamaulipas. Se consideraron aspectos como una maduración de seis meses, olor terroso y una textura oscura y uniforme. Su composición química fue la siguiente: 70% materia orgánica, 2.5% nitrógeno, 3.1% fósforo, 2.3% potasio, además de otros nutrientes como calcio, magnesio y azufre. El humus de lombriz se adquirió a un productor local de bioinsumos, éste está compuesto de 55% de materia orgánica, 2.5% nitrógeno, 2.5% fósforo, 2.5% potasio y otros elementos como calcio, hierro y cobre.

Diseño experimental

El diseño experimental consistió en un arreglo factorial 2*2*3 (dos variedades, dos densidades de plantación y tres tipos de fertilización) en tres bloques al azar, con cuatro tratamientos de tres réplicas cada uno, con un total de 36 unidades experimentales, considerando testigos sin fertilizante (T).

Establecimiento del experimento

Se utilizaron tres bancales de hormigón de 15 m de largo, 1.2 m de ancho, 30 cm de profundidad rellenos con tierra negra (phaeozem), se fertilizó con estiércol de ovino y humus de lombriz, aplicando 5 kg m² en cada caso; los testigos sin fertilizante. Cada uno de los bancales se subdividió en 12 parcelas de 0.5 m de longitud y 1 m de ancho, con un espacio de 0.7 m entre parcelas para evitar la competencia por nutrientes. En el mes de octubre de 2020, se plantaron las pencas en un acomodo de tresbolillo, enterrando un tercio de la penca por su parte basal, la cara de los cladodios se orientó en dirección este-oeste con el fin de que ambas caras recibieran los rayos solares durante el mayor tiempo posible y así obtener una mayor eficiencia fotosintética (Almaguer-Sierra *et al.* 2014). Se plantaron cinco y 10 pencas por parcela de 0.5 m² para obtener la densidad de plantación de 10 plantas m² (D10) y 20 plantas m² (D20), respectivamente. Se realizaron riegos semanales mediante el uso del sistema de capilaridad de los bancales, se realizó deshierbe manual constante durante el periodo del experimento, además de la sustitución de penca madre en caso de muerte de la planta. Durante los meses de marzo a septiembre 2021, se cosecharon semanalmente los nopalitos iguales o mayores de 15 cm. Se registraron los siguientes datos: peso fresco en gramos, mediante una báscula granataria, número de nopalitos producidos en cada una de las unidades experimentales. Se obtuvo la temperatura promedio por mes durante la época de cosecha a través del Sistema Meteorológico Nacional.

Variables en estudio

Como variables independientes en el experimento, se manejaron dos variedades, Villanueva (V) y Copena-V1 (C); dos fertilizantes orgánicos, estiércol de ovino (O) y humus de lombriz (H), más testigos (T) sin fertilizante; dos densidades de plantación, 10 plantas m² (D10) y 20 plantas m² (D20). La producción de biomasa en peso y número de nopalitos se consideraron como variables dependientes. En los análisis se consideraron dos variables independientes adicionales, mes de cosecha y temperatura promedio mensual.

Análisis estadísticos

Los datos se analizaron en el programa Statistica versión 8.0 (Weiß 2007). Se realizó la prueba de normalidad para determinar el comportamiento de los datos y se obtuvieron los valores estadísticos descriptivos. Se procedió a realizar un Análisis Multivariante de Varianza (MANOVA) factorial 2*2*3 (variedad, densidad y tipos de fertilizante) para determinar diferencias significativas entre tratamientos. Se realizó la prueba de Cuadrado Mínimos Parciales (CMP) para determinar la asociación de variables independientes (variedad, fertilizantes orgánicos, densidad, temperatura y mes) en la producción de nopalitos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento O/V/D20 produjo la mayor cantidad de nopalitos, con un total de 508 nopalitos. Mientras que el tratamiento H/V/D10, tuvo la menor producción con 110 nopalitos (Figura 1). El

tratamiento con mayor producción en peso fresco fue el O/C/D10, con un rendimiento de 60.6 t ha⁻¹. El tratamiento H/C/D20 tuvo el rendimiento más bajo con 30 t ha⁻¹ (Tabla 1).

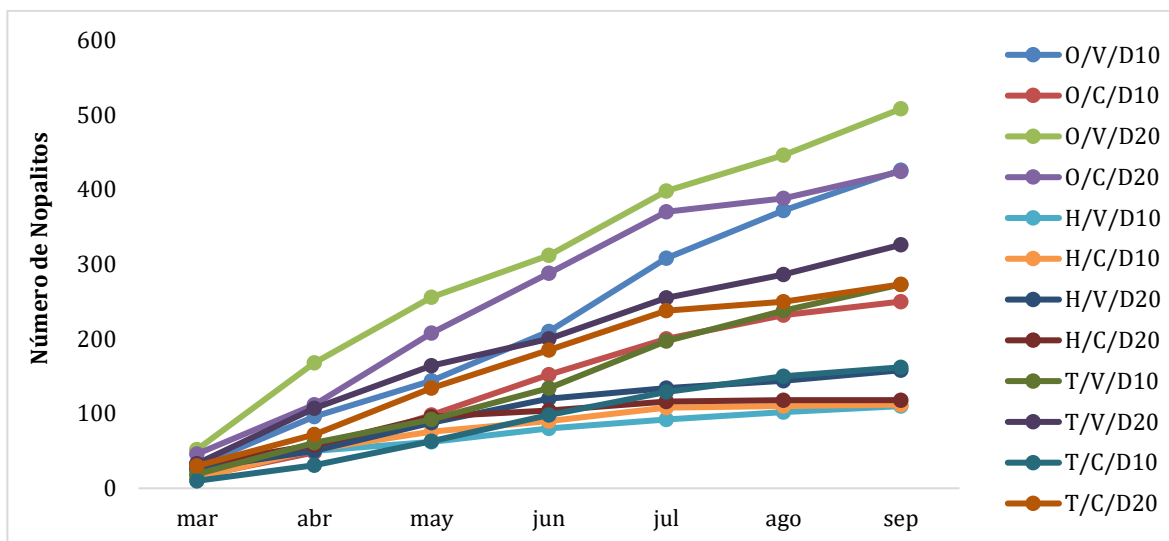


Figura 1. Producción en número de nopalitos, marzo a septiembre de 2021.

Tabla 1. Producción en peso fresco, marzo a septiembre de 2021.

Tratamiento	Rendimiento g/m ²	Rendimiento t ha ⁻¹
O/V/D10	5466.8	54.7
O/C/D10	6056.5	60.6
O/V/D20	5705.2	57.1
O/C/D20	5267.5	52.7
H/V/D10	3880.3	38.8
H/C/D10	3848.9	38.5
H/V/D20	4859.5	48.6
H/C/D20	2997.6	30.0
T/V/D10	3505.2	35.1
T/C/D10	3714.5	37.1
T/V/D20	3961.8	39.6
T/C/D20	3099.4	31.0

Estos resultados muestran una mayor producción tanto en el número de nopalitos como en el peso fresco con el uso de estiércol ovino (O) como fertilizante sobre aquellos con el uso de humus (H). Este resultado difiere del reportado por Jarquín-Gálvez *et al.* (2019), donde se observó que el humus estimuló la producción de nopal por encima del estiércol bovino y fertilizantes comerciales. Los resultados obtenidos también difieren de los que reportan Galicia-Villanueva *et al.* (2017) y Rodrigues-de Miranda *et al.* (2019); quienes indican que a pesar de haber un aumento en la producción de nopalitos con los tratamientos de estiércol y humus, este aumento no es estadísticamente significativo. Los autores recomiendan el uso de lixiviado y obtener un rendimiento ligeramente mayor con el uso de estiércol bovino. De acuerdo con Vázquez-Alvarado

et al. (2006), el uso de estiércol bovino en la plantación provoca un aumento significativo en el rendimiento de nopalitos. Mientras que Vázquez-Alvarado (2003), indica que el uso de 200, 400 y 600 t ha⁻¹ de estiércol bovino producen un efecto significativo en la producción de nopalitos. En estudios previos Galicia-Villanueva *et al.* (2017) y Rodrigues-de Miranda *et al.* (2019), reportan la importancia del uso de fertilizantes orgánicos para mejorar la producción de nopalitos. El estiércol, además de aportar nutrientes mejora la lixiviación de éstos, lo cual favorece que sean absorbidos de mejor manera por las raíces (Vázquez-Alvarado *et al.* 2006). Los rendimientos que se obtuvieron en este trabajo son inferiores a los que reportan Orona-Castillo *et al.* (2004), quienes reportan rendimientos de 490 a 515 t ha⁻¹, empleando estiércol bovino. A pesar de tener rendimientos menores, se debe tener en cuenta que la producción en este trabajo se llevó a cabo durante siete meses, mientras que dichos autores llevaron a cabo una producción durante 12 meses. Los resultados que se presentan son atractivos para pequeños productores y para autoconsumo; para sistemas de producción a gran escala, se requiere investigación adicional para mejorar la producción.

La prueba MANOVA mostró que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) en las interacciones fertilizante*variedad, densidad*variedad, fertilizante*temperatura y densidad*temperatura. En la Tabla 2 se muestran los resultados que se obtuvieron con el análisis MANOVA y las interacciones que se presentaron en la producción de nopalitos entre los tratamientos. El análisis de cuadrados mínimos parciales (CMP), usando las variables dependientes, número de nopalitos y peso fresco, presentó dos componentes principales (Tabla 3). Estos resultados explican el 31.96% de la variación que ocurre entre tratamientos; siendo el componente principal 1 (CP1) el que presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) en la interacción entre los tratamientos.

Tabla 2. Resultados de MANOVA en la producción de nopalitos con humus de lombricomposta y estiércol ovino. Prueba, Wilks.

	Valor	F	Efecto df	Error df	p
Intercept	0.150753	842.1891	2	299	0*
Fertilizante	0.730316	25.4387	4	598	0*
Densidad	0.941704	9.2548	2	299	0.000126*
Variedad	0.913032	14.2401	2	299	0.000001*
Temperatura	0.797331	8.9628	8	598	0*
Fertilizante*Densidad	0.984479	1.1738	4	598	0.321188
Fertilizante*Variedad	0.938312	4.8361	4	598	0.000762*
Densidad*Variedad	0.972387	4.2454	2	299	0.015203*
Fertilizante*Temperatura	0.86076	2.9097	16	598	0.000123*
Densidad*Temperatura	0.927628	2.8612	8	598	0.003956*
Variedad*Temperatura	0.951574	1.8784	8	598	0.060801
Fertilizante*Densidad*Variedad	0.994903	0.3824	4	598	0.82126
Fertilizante*Densidad*Temperatura	0.974814	0.4797	16	598	0.956875
Fertilizante*Variedad*Temperatura	0.951769	0.9353	16	598	0.528096
Densidad*Variedad*Temperatura	0.963754	1.3927	8	598	0.196427
1*2*3*4	0.968454	0.6038	16	598	0.88201

* Diferencia significativa ($p < 0.05$).

Tabla 3. Componentes Principales de la variación de los tratamientos analizados por el método de Cuadrados Mínimos Parciales.

$R\hat{A}^2X$	$R\hat{A}^2X$ (Cumul)	Eigen values	$R\hat{A}^2Y$	$R\hat{A}^2Y$ (Cumul)	$Q\hat{A}^2$	Limit	$Q\hat{A}^2$ (Cumul)	Significance	Iterations
0.13917	0.13917	1.91444	0.29739	0.29739	0.26820	0	0.26820	S	3
0.11610	0.25527	1.50664	0.01765	0.31504	0.04066	0	0.23844	NS	5

En la Figura 2 se muestra el aporte de las variables independientes con respecto a la variación en peso fresco y número de nopalitos donde los fertilizantes tuvieron un mayor peso, mientras que el aporte del resto de las variables fue menor y similar entre ellas. En la Figura 3 se muestra la distribución espacial de las variables, presentando la temperatura y mes una asociación; mientras que las demás variables no se encuentran asociadas entre ellas y su efecto en la producción de nopalitos y peso fresco. La asociación que se logra notar en el CP1 es de algunos meses con la temperatura media mensual de 35 °C que se registró durante el tiempo en que se llevó a cabo el estudio. Cabe señalar que no hay una asociación entre los fertilizantes con las demás variables registradas.

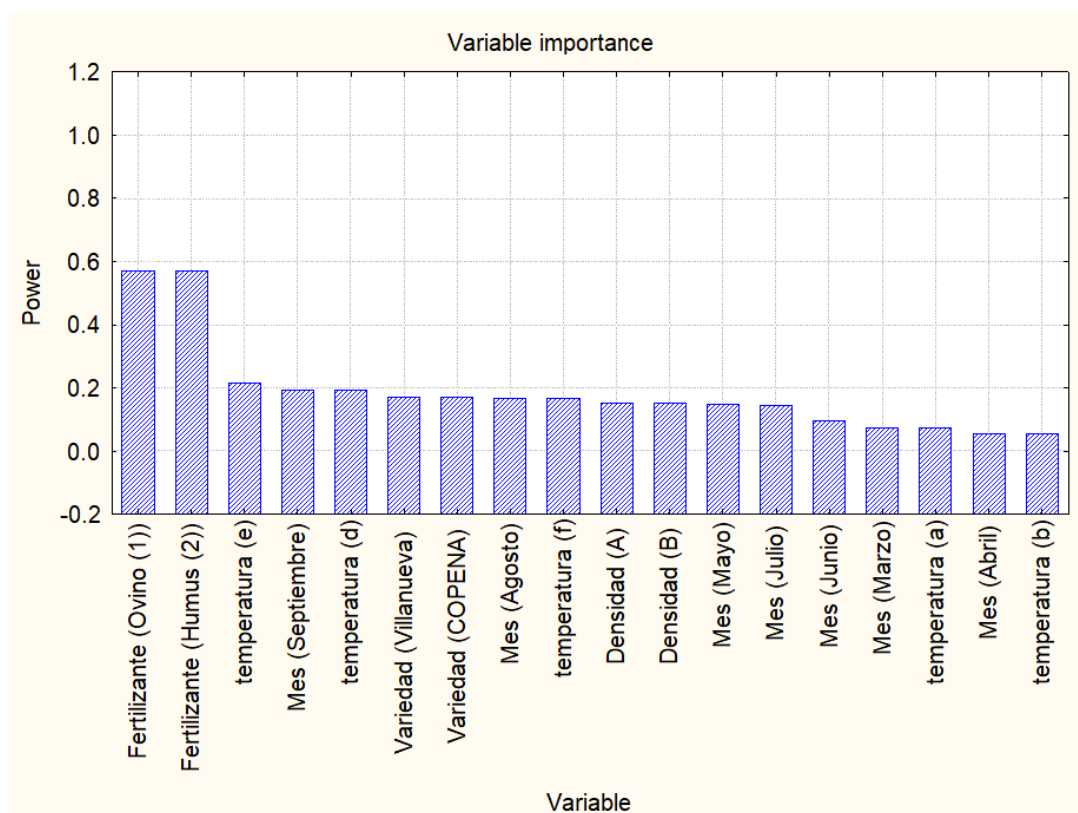


Figura 2. Importancia de las variables empleadas en el análisis de CMP. Los incisos en la variable temperatura representan: a) marzo con 31 °C, b) abril con 32 °C, e) mayo, junio y julio con 35 °C, f) agosto con 36 °C, d) septiembre con 34 °C.

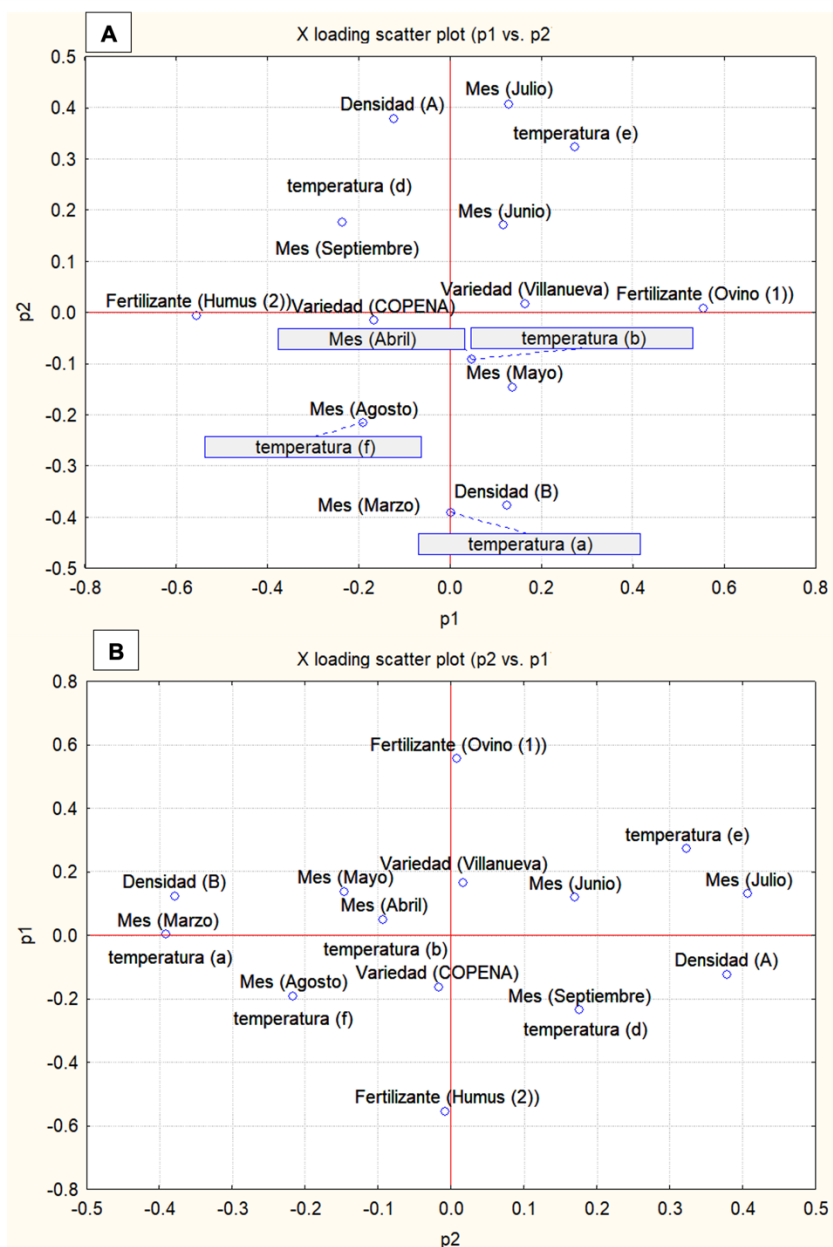


Figura 3. Distribución espacial de variables en la producción de nopalitos en el CP1 (A) y CP2 (B).

La fertilización orgánica mediante el uso de estiércol de ovino mostró ser efectiva para mejorar la producción de nopalitos, en comparación con el humus de lombriz, tanto en número de nopalitos como en peso fresco. Su uso es una opción viable para productores y autoconsumo debido a que es abundante en la zona y su costo es muy bajo en comparación con los fertilizantes químicos. Considerando la producción, los fertilizantes orgánicos estudiados y la densidad de plantación, D10 y D20, se recomienda utilizar O/C/D10, o bien O/V/D20; de acuerdo al gusto personal y/o disponibilidad de la penca madre.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnologías (CONAHCYT) (CONAHCYT) por el apoyo proporcionado a José Gerardo Reyna Cabrera para realizar estudios de Doctorado (Beca No. 778951). Al Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria (TecNM-ITCV), por el apoyo recibido para realizar el trabajo de campo.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Alcántara-Nieves N, Larroa-Torres RM (2022) La multifuncionalidad de los huertos urbanos en la Ciudad de México. *Espiral (Guadalajara)* 29(83): 187-229. DOI: <https://doi.org/10.32870/eees.v29i83.7235>.
- Almaguer-Sierra P, Rodríguez-Fuentes H, Barrientos-Lozano L, Mora-Ravelo SG, Vidales-Contreras JA (2014) Relación entre grados-días y la producción de *Opuntia ficus-indica* para el consumo humano en Marín, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(6): 1055-1065. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i6.889>.
- Anaya-Pérez MA (2001) History of the use of *Opuntia* as forage in México. In: Mondragón-Jacobo C, Pérez-González S (ed). *Cactus (Opuntia spp.) as storage*. FAO International Technical Cooperation Network on Cactus Pear. Rome, Italy. pp: 5-12. <https://www.fao.org/3/Y2808E/y2808e05.htm>. Fecha de consulta 15 mayo de 2023.
- Galicia-Villanueva S, Escamilla-García PE, Alvarado-Raya H, Aquino-González LV, Serna-Álvarez H, Hernández-Cruz LM (2017) Plantación experimental de nopal para evaluación de sistemas de fertilización y extracción de mucílago. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(5): 1087-1099. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.110>.
- Hershkovitz MA, Zimmer EA 1997 On the evolutionary origins of the cacti. *Taxon* 46: 217-232. <https://doi.org/10.2307/1224092>
- Jarquín-Gálvez R, Cortes-Berrios HC, Lara-Ávila JP, Quintero-Castellanos MF (2019) Abonos orgánicos para el cultivo de nopal verdura en condiciones semidesérticas de San Luis Potosí. En: Huerta-de la Peña A, García-González F, Villarreal-Manzo LA, Salazar-Magallón JA (ed). *Agricultura Sostenible "Por la Tierra, Por la Vida"*. Colegio de Postgraduados. pp. 61-67.
- Khan D, Harris AJ, Zaman QU, Wang H-J, Wen J, Landis JB, Wang H-F 2024 The evolutionary history and distribution of cactus germplasm resources, as well as potential domestication under a changing climate. *Journal of Systematics and Evolution* 00 (0): 1–18. doi: 10.1111/jse.13042. www.jse.ac.cn
- Martins-Saraiva F, Batista-Dubeux JC, Vieira-da Cunha M, Cezar-Menezes RS, Ferreira-dos Santos MV, Camelo D, Ferraz I (2021) Manure source and cropping system affect nutrient uptake by cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). *Agronomy* 11: 1512-1524. DOI: doi.org/10.3390/agronomy11081512.
- Medina-García G, Zegbe JA, Ruiz-Corral JA, Casa-Flores JL, Rodríguez-Moreno VM 2021 Influencia del cambio climático en los requerimientos térmicos del nopal tunero (*Opuntia* spp.) en el Centro-Norte de México. *Revista Bio Ciencias* 8, e1007 <https://doi.org/10.15741/revbio.08.e1007>

- Orona-Castillo I, Cueto-Wong JA, Murillo-Amador B, Santamaría-César J, Flores-Hernández A, Valdez-Cepeda RD, Troyo-Díeguez E (2004) Mineral extraction of green Prickly Pear cactus under drip irrigation. Journal of the Professional Association for Cactus Development 6: 90-101. DOI: <https://www.jpacd.org/jpacd/issue/view/22>.
- Pedraza-Reyes KA, Olvera MAP, Navarro-Garza H, García AE 2024 El sistema familiar de producción de nopal verdura (*Opuntia ficus indica* L.) en San Pablo Ixquiltán, Méx. Importancia y estrategias de funcionamiento. Revista de Geografía Agrícola 72: 1-15.
- Quishpi-Guachalá JF, Sánchez-Herrera TE, Salgado-Tello IP, Castillo-Parra BF, Campoverde-Santos DK 2024 Potencialidades del Nopal en la industria alimentaria. Revista de la Universidad del Zulia 43: 435-461. doi: <https://doi.org/10.46925/rdluz.43.25>
- Reséndez, A. M., Córtes, D. M., Carrillo, J. L. R., García, V. J. B., Aragón, M. G. R., Rangel, P. P., Marszałek, J. E. (2020). Nutraceutical quality of *Opuntia ficus-indica* developed under micro tunnel conditions, applying vermicompost. Emirates Journal of Food and Agriculture 32(12): 871-878. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i12.2221>
- Rodrigues-de Miranda K, Dubeux-Junior JCB, Leão-de Mello AC, Conceição-Silva M, Ferreira-dos Santos MV, Cordeiro-dos Santos D (2019) Forage production and mineral composition of cactus intercropped with legumes and fertilized with different sources of manure. Ciência Rural 49(1): 1-6. DOI: doi.org/10.1590/0103-8478cr20180324.
- Sandoval-Trujillo SJ, Ramírez-Cortés V, Hernández-Bonilla BE (2019) Alternativas de producción del nopal en el Estado de México. Vincula Técnica EFAN 5(2): 1349-1361. <https://doi.org/10.29105/vtga5.2-748>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP (2017) <http://www.gob.mx/siap>. Fecha de consulta 18 abril de 2023.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (2022) Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>. Fecha de consulta 18 abril de 2023.
- Torres-Ponce RL, Morales-Corral D, Ballinas-Casarrubias ML, Nevárez-Moorillón GV (2015) El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 6(5): 1129-1142.
- Vázquez-Alvarado RE (2003) Uso y manejo del estiércol en la productividad del nopal (*Opuntia* spp.). En: Salazar-Sosa E, Fortis-Hernández M, Vázquez-Alarcón A, Vázquez-Vázquez C (ed). Agricultura Orgánica. Victoria de Durango, Durango, México. pp. 37-60.
- Vázquez-Alvarado RE, Olivares-Sáenz E, Zavala-García F, Valdez-Cepeda RD (2006) Utilization of manure and fertilizers to improve the productivity of cactus pear (*Opuntia* spp.) a review. Acta Horticulturae 72: 151-158. DOI: [10.17660/ActaHortic.2006.728.20](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.728.20).
- Vázquez-Vázquez C, Zúñiga-Tarango R, Orona-Castillo I, Murillo-Amador B, Salazar-Sosa E, Vázquez-Alvarado R, García-Hernández JL (2007) Root Growth Rate Analysis in Four *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., varieties. Journal of the Professional Association for Cactus Development 9: 82-90.
- Weiß CH (2007) StatSoft, Inc., STATISTICA, Version 8.0. AStA 91: 339-341. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10182-007-0038-x>.