Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria ISSN: 2448-6620

RENDIMIENTO ENTRE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS DE LA RAZA CÓNICO NORTEÑO DE XICHÚ

Maricruz Martínez Lara[1]; Francisco Chablé Moreno[2]; Alfredo Josué Gámez Vázquez[3]; Francisco Cervantes Ortiz[2]; Jesús Frías Pizano[2], Ricardo Yáñez López[2]; J. Guadalupe García Rodríguez[2]

[1]Estudiante del Doctorado en Ciencias en producción Agroalimentaria del TecNM-Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Km.8, Celaya, México. [2]Docentes del TecNM-Roque, Carretera Celaya Juventino Rosas, Km.8, Celaya, México. [3]Investigador INIFAP-CIAP/BAJIO, Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, Celaya, Guanajuato. Autor de correspondencia: maricruzml091296@gmail.com

RESUMEN

En México, centro de origen del maíz, la diversidad genética, de los maíces nativos; está siendo erosionada y desplazada por híbridos comerciales, lo que representa un riesgo que reduce la variabilidad existente. Entre las diferentes razas, la cónico norteño, se ha cultivado en altitudes superiores a los 2000 m, donde ha mostrado adaptación a déficit hídrico ocasionado por la sequía, temporales irregulares y altas temperaturas. El objetivo de la investigación es evaluar los componentes de rendimiento de una colecta original (S_O) sobresaliente, obtenida en la localidad de Xichú, en Guanajuato y tres subpoblaciones seleccionadas para mejorar el rendimiento. El estudio se realizó en el campo experimental del TecNM-Roque durante el ciclo agrícola de primavera – verano de 2025, evaluadas con un diseño de bloques completos al azar. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en altura de planta, número de hojas y longitud de espiga, el número de mazorcas permaneció constante, por lo que no se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). En las variables de rendimiento, diámetro y peso de mazorca, diámetro y peso de olote, así como en longitud de mazorca, se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$). La subpoblación 1 se destacó por producir mazorcas más largas, con mayor número de granos por hilera y mayor peso, lo que se tradujo en una mayor productividad. En contraste, la subpoblación 2 presentó valores inferiores en la mayoría de los parámetros evaluados. La selección de genotipos sobresalientes parece ser eficaz para mejorar el rendimiento en esta raza de maíz.

Palabras clave: *razas, maíz nativo, cónico norteño, medios hermanos, rendimiento.*

ABSTRACT

Mexico, the center of origin of maize, is experiencing erosion of the genetic diversity of native varieties due to displacement by commercial hybrids, which poses a risk by reducing existing variability. Within the different races, Conico Norteño has been cultivated at altitudes above 2000 m, demonstrating adaptation to water deficit caused by drought, irregular rainfall, and high temperatures. The objective of this study was to evaluate the yield components of an outstanding original collection (S_O) obtained in Xichu, Guanajuato, and three subpopulations

selected to improve productivity. The research was conducted at the TecNM-Roque experimental field during the 2025 spring–summer agricultural cycle, using a randomized complete block design. Analysis of variance revealed significant differences ($P \leq 0.05$) in plant height, leaf number, and tassel length, while the number of ears remained constant, showing no significant differences ($P \leq 0.05$). For yield-related variables, including ear diameter and weight, cob diameter and weight, and ear length, significant differences were observed ($P \leq 0.01$). Subpopulation 1 produced longer ears with a greater number of kernels per row and higher weight, resulting in increased productivity. In contrast, Subpopulation 2 exhibited lower values across most evaluated parameters. The selection of outstanding genotypes appears to be an effective strategy for improving yield in this maize race.

Keywords: *landrace maize, conico norteño, half-sibs, yield.*

INTRODUCCIÓN

México es el centro de origen del maíz, se han reportado 64 razas de las cuales 59 son nativas, son un reservorio de variabilidad genética de gran importancia en programas de mejoramiento genético (CONABIO, 2020). Las poblaciones nativas, se consideran como germoplasma endémico de regiones específicas, vinculados a sistemas de producción tradicional y labores de cultivo generalmente manual. En general las áreas de cultivos de los maíces nativos, los cuales están siendo desplazados por la introducción de híbridos de alto rendimiento (Monroy-Sais *et al*., 2024). El empleo de germoplasma nativo representa una estrategia de resiliencia de los custodios de los maíces nativos en las comunidades rurales, que enfrentan la crisis climática, pobreza en el suelo, pero con necesidades de autosuficiencia alimentaria, en este sentido la base genética de los maíces nativos se va reduciendo debido a su proceso natural de endogamia de la propia población, en consecuencia se han formado poblaciones con reducida producción debido a la exposición continua a limitantes genéticas dentro de las zonas ecológicas de producción (Rincón-Sánchez y Ruiz-Torres, 2018)

La raza cónico norteño se caracteriza por ser un recurso fitogenético con capacidad de desarrollo bajo temporales erráticos, precipitación limitada y temperaturas altas (Ruiz-Corral *et al*., 2013). El mejoramiento de las poblaciones de maíz se fundamenta en el análisis de variables morfométricas como la arquitectura de la planta y del componente del rendimiento (diámetro y número de hileras, granos por hilera y peso de mazorca) (Rodríguez *et al*., 2016). En este sentido, la selección recurrente de familias de medios hermanos se consolida como una estrategia convencional de alta eficacia, permitiendo la acumulación progresiva de alelos de valor agronómico y la mitigación de la depresión por endogamia (Fawad *et al*., 2019). Las familias de medios hermanos se definen como la progenie de un progenitor en común (progenitor femenino), mientras que el polen es un conjunto heterogéneo de donantes de identidad no especificada (Díaz-Chuquizuta *et al*., 2025).

De acuerdo con el INEGI (2010), Xichú cuenta con un rango de temperatura de 14 – 24° C, con precipitación de 500 – 900 mm, predominan el clima semiseco semicálido, donde el 4.79 % del suelo se emplea para la agricultura manual estacional. Resulta de especial relevancia el análisis del germoplasma de la raza de maíz Cónico Norteño, y los mecanismos de adaptación local que presenta al nicho agroecológico, sumado a atributos genotípicos. El objetivo de la investigación es evaluar los componentes de rendimiento de familias de medios hermanos (subpoblaciones 1, 2 y 3) y la población original (S_0) de Xichú de la raza de maíz cónico norteño.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el campo experimental del TecNM-Roque ubicado en la Carretera Celaya-Juventino Rosas, Km.8, con ubicación geográfica de 20° 34´ 54,24" latitud N y 100° 49´ 35,34" Longitud O, y altitud de 1774 m, con una temperatura media de 21 °C, precipitación media anual de 600 a 800 mm, con clima de cálido subhúmedo, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen (García, 1973) y con predominancia de suelo de tipo vertisol (INEGI, 2017).

Etapas de evaluación. El experimento se evaluó en dos etapas, la primera de las cuales se realizó con la finalidad de explorar la variabilidad fenotípica de las mazorcas en la población original (S_0) y consistió en evaluar dos genotipos sembrados el 12 de noviembre de 2024, donde se evaluaron la población original (S_0) y el primer ciclo de mejoramiento genético por selección de medios hermanos en campo (S_1). En este mismo ciclo y previo a la cosecha se derivaron tres subpoblaciones y con base en un segundo ciclo de selección de medios hermanos; la siembra de esta segunda etapa fue el 12 de marzo de 2025 y la cosecha de estas tres subpoblaciones se realizó en agosto de 2025. La segunda etapa consistió en evaluar en campo las tres subpoblaciones obtenidas en un segundo ciclo de selección de familias de medios hermanos a partir de la población S_1. Ambas evaluaciones se establecieron en el campo experimental del TNM-Roque a las cuales se les aplicaron tres riegos de auxilio.

Establecimiento y conducción. La preparación del suelo, fue bajo las recomendaciones técnicas consignadas en la Agenda Técnica Agrícola de Guanajuato (INIFAP, 2017). La siembra de la primera etapa fue en OI, 2024/25 y de la segunda fue marzo (PV 2025). La fertilización fue 120 – 40 – 00, el 50 % del nitrógeno se aplicó al momento de la siembra, en combinación de urea con MAP soluble (12-60-00), la restante al momento del aporque. Para el control de maleza se aplicó el herbicida selectivo Sansón® (i.a. Nicosulfuron:2-(4,6-dimetoxipirimidin-2-ilcarbomoilsulfamoil)-N, Ndimetilnicotinamida) en dosis de 1 L ha^{-1}, y el herbicida Diquat® (9,10-dihidro-8a, 10a-diazoniafenantrénico dibromuro). El control de plagas (Trips y Gusano cogollero) fue con Malatión® (dietil (dimetoxitiofosforiltio) succinato) en dosis de 1 L ha^{1} y dos aplicaciones de Lorsban granulado

al 3% (i.a. Clorpirifos etil: O, O-dietil O-(3,5,6-tricloro 2-pirinidil) fosorotioato), en dosis de 10 kg ha^{-1}. Los riegos fueron con una periodicidad de 25 días (cuatro riegos totales).

Genotipos evaluados. La población original de la raza de maíz blanco cónico norteño (S_O) fue resultado de la donación de 30 agricultores rurales, custodios de los maíces nativos, la colecta se realizó en el Ejido Puerto del Pilón constituido por dos comunidades San Miguel de las Casitas y el Ocotero, ambas en el municipio de Xichú, Guanajuato, en el ciclo (P-O, 2023), la selección del genotipo S_1 se realizó con base en la longitud, número de hileras granos por hilera y peso de la mazorca. Las subpoblaciones se obtuvieron con base en las siguientes características: 1) plantas con hoja ancha y ondulada, con dos mazorcas (Subpoblación 1); 2) plantas con tallo morado y una mazorca (Subpoblación 2) y 3) plantas de tallo verde y una mazorca (Subpoblación 3).

Variables evaluadas

a) primera etapa:

Las variables evaluadas de fueron altura de la planta (AltPl, cm), número de hojas total (NoHjT), número de hojas debajo de la mazorca (NoHjAMz), ancho de hoja (AnHj, cm), longitud de espiga (LongEsp, cm), total de espiguillas (TotEsp), número de mazorcas (NoMz).

b) Segunda etapa:

Número de hileras por mazorca (NoHi), número de granos por hilera (NoGHi), longitud de mazorca (LongM, cm), diámetro de mazorca (DiaM, cm), diámetro de olote (Olote, cm), peso de olote (PeOlote, g) y peso de 100 semillas (100sem, g). Para rendimiento de grano (RG, kg ha^{-1}) por parcela se realizó con un 14 de % de humedad del grano y se aplicó la fórmula: R = (PC * D * MS) /AP * 0.80 * 10,000, Donde: PC = Peso de campo, D = Porcentaje de grano, expresado en forma decimal, MS = Materia seca (100 - % de humedad) en forma decimal, AP = Área de la parcela neta.

Análisis estadístico. El análisis de datos se realizó con base en un diseño experimental de bloques completos al azar y se aplicó una a una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($\alpha = 0.5$), además de realizar un análisis multivariado de componentes principales (ACP). Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS v.9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Cuadro 1) mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en las variables altura de la planta (AltPl), número de hojas total (NoHjT) y longitud de espiga (LongEsp). Aunque existe diferencias en las características morfométricas, la diferencia no rebaso el valor crítico de la media de NoMz ($P \leq 0.05$). Se

observa que las plantas S_1 presentaron mayor porte de planta, número total de hojas y de hojas por debajo de la mazorca, aunque estas presentaron laminas foliar más angostas; además de presentar menor longitud de espiga. Los CV (%) en la población S_O fueron altos superando el 22.5 %, debido principalmente a la alta heterogeneidad entre las plantas de la población.

Cuadro 1. Prueba de comparación de medias de variables agronómicas de una población original de cónico norteño (S_O) y una selección (S_1).

Genotipo	AltPl	NoHjT	NoHjAbMz	AnHj	LongEsp	TotEsp	NoMz
S_1	234 a	12.1 a	6.0 a	6.7 b	23.0 b	9.10 b	1.4 a
S_O	209 b	9.2 b	4.7 b	7.7 a	26.3 a	11.5 a	1.4 a

Los valores en la misma columna con la misma letra son estadísticamente iguales. AltPl=altura de planta adulta, NoHjT=número de hojas totales, NoHjAbMz= número de hojas debajo de la mazorca, AnHj= ancho de hoja, LongEsp=Longitud de espiga, TotoEsp= total de espigas y NoMz= número de mazorcas.

El Análisis de Componentes Principales (CP) con las variables productivas (Figura 1) explica el 99.95 % de la varianza total del experimento, principalmente a través del CP!, que explica el 97.98 %, además de que en dicho plano cartesiano se muestran diferencias entre las variables peso de 100 semillas, número de granos por hilera y peso de olote, que favorecieron a las Subpoblaciones 1 y 3, con la diferencia entre ambas que el peso de mazorca mejoró en la Subpoblación 1. Ambas subpoblaciones superaron en estas características a la población original (S_O). Es importante decir que esta población original presentó menores valores en peso de olote, número de granos por hilera, peso de 100 semillas, número de hijos y longitud de mazorca.

El ciclo y criterios de selección dieron lugar a tres genotipos diferentes a la población original, donde la subpoblación 2, presentó el menor rendimiento, con base en un menor peso de mazorca y menor diámetro de olote, que propició un menor diámetro de mazorca.

La subpoblación 1 (Subp1) produjo mazorcas con mayor número de granos por hileras, longitud de mazorca, peso de mazorca y por lo tanto mayor productividad (Figura 2 a y Figura 3 a). Mientras que la subpoblación 2 (Subp2) presentó valores inferiores en la mayoría de las variables evaluadas, generó mazorcas de menor tamaño y con ello menor rendimiento (Figura 1 b y Figura b), la población original (S_O) presentó mejores características en la mazorca en comparación con la subpoblación 2. De acuerdo con los resultados de la estimación de rendimiento se puede observar que la subpoblación 1 y la población S_O (población original) presentaron los valores promedios más altos en toneladas por hectárea.

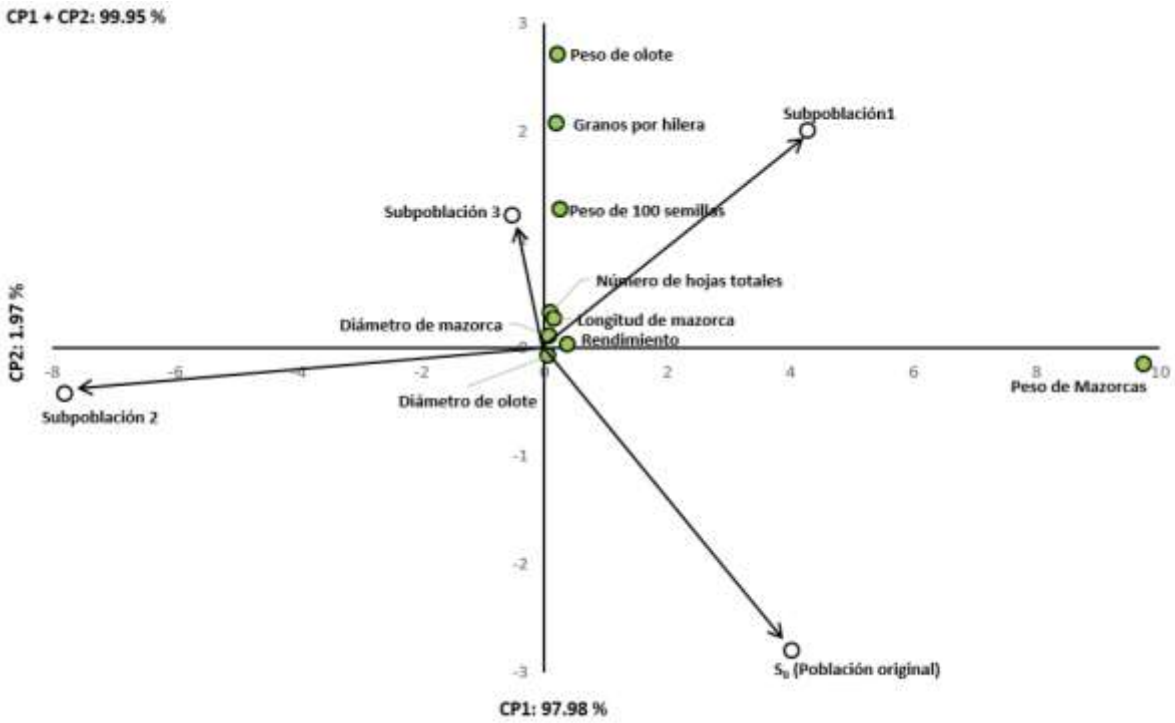

Figura 1. Dispersión de las poblaciones de maíz raza cónico norteño y su relación con el rendimiento de grano y sus componentes

Ordas *et al*. (2023) empleó el método de medios hermanos en una variedad nativa de España, menciona que dos poblaciones redujeron el rendimiento, pero en el resto de la población incremento, así mismo menciona que después de tres ciclos existe la fijación de alelos favorables y dichas poblaciones sobresalientes son de interés para la formación de líneas. En este trabajo experimental la subpoblación 2 presentó menor número de hileras, número de granos por hilera, peso de mazorca y peso de 100 semillas (Figura 5), concordando con lo mencionado por Ordas *et al*. (2023), dentro del misma población se observó variación, dos subpoblaciones con mejores características en comparación con la población original y la subpoblación 2 (Figura 2).

Figura 2. Características morfológicas de las mazorcas de las tres subpoblaciones. a) Subpoblación 1, b) Subpoblación 2, c) Subpoblación 3.

Mascarenhas *et al*. (2024) menciona que al evaluar dos ciclos de selección recurrente de familias de medios hermanos, el diámetro y longitud de la mazorca presentaron mayor heredabilidad y que al continuar con el

proceso de selección se puede formar una variedad adaptada a condiciones locales, en la Subp3 y Subp1 produjeron mazorcas grandes y con ello mayor peso en grano y mazorca en el primer ciclo de selección (Figura 3).

Figura 3. Conformación de las mazorcas (granos por hilera) de maíz de la raza cónico norteño. a) Subpoblación 1, b) Subpoblación 2, c) Subpoblación 3.

En el caso de la subpoblación 1 y 2 tras un ciclo de selección a través de medios hermanos se logró in incremento en el número de hileras, número de granos, peso de mazorca y peso de 100 semillas (Figura 1), indicando mejora en el rendimiento (Figura 3 y Figura 5), Juárez-Lorenzo *et al*. 2025 tras dos ciclos de selección en variedades nativas de maíz (ratón) logró incrementar el rendimiento en 18.2% por ciclo, características conservadas después del proceso de selección.

Figura 4. Características físicas del olote de maíz de la raza cónico norteño. a) Subpoblación 1, b) Subpoblación 2, c) Subpoblación 3.

Resultados de Guimarães *et al*. (2018) logró el incremento en las variables de peso de 100 semillas y peso de la mazorca al realizar ocho ciclos de selección recurrente de medios hermanos en maíz palomero con el 3.61 % ambas variables presentaron una correlación positiva impactando en el rendimiento. En nuestra investigación en el primer ciclo de selección se consideró las características físicas de la mazorca, los resultados obtenidos destacan las subpoblaciones 1 y 3 con incremento de longitud de mazorca (LongMz), número de granos por hilera (NoGHi) y peso de mazorca (PeMz). Melo *et al*. (2019) sugiere que el método de medios hermanos es eficaz, resalta la relación del rendimiento con el peso de la mazorca y el diámetro del tallo, indica que la floración femenina y masculina impacta en el rendimiento siendo favorables los genotipos precoces. La

Subp2 presentó menor diámetro de olote (DiaOl) y diámetro de mazorca (DiaMz) (Figura 3), resultando en semillas de menor tamaño y con ello menor rendimiento (Figura 5).

Figura 5. Características físicas de las semillas de maíz de la raza cónico norteño. a) Subpoblación 1, b) Subpoblación 2, c) Subpoblación 3.

La colecta de maíz blanco de la raza cónico norteño que corresponde a la S_0 paso por un proceso de adaptación del ejido Puerto de Pilón Xichú, Guanajuato (2400 msnm) a Celaya, Guanajuato (1775 msnm), expresándose fenotípicamente diferente en el segundo ciclo (datos presentados en esta investigación), Hernández-Caldera (2023) menciona que la transferencia de materiales genéticos de valles altos (2700 msnm) causa precocidad en la floración y falta de sincronía floral aunado a baja productividad, misma situación se está observando en el maíz blanco de la raza Cónico Norteño (datos no presentados), al incrementar los ciclos de selección en Celaya, Gto. se espera estabilizar las poblaciones y obtener el mayor potencial.

CONCLUSIONES

La selección por el método de medios hermanos es eficaz para incrementar el rendimiento en la raza cónico norteño, existe evidencias de realizar al menos tres ciclos de selección para fijar dichas características y realizar las evaluaciones correspondientes. A través de un ciclo de selección se logró incrementar el número de hileras y granos por hileras, dado que cónico norteño presenta adaptabilidad a condiciones de estrés hídrico resulta de interés rescatar el germoplasma de la raza y evaluar el rendimiento bajo estas limitantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONABIO Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2020). Razas de maíz de México https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas -de-maiz.

Díaz-Chuquizuta, P., Jara-Calvo, T. W., Campos-Amasifuén, H. M., Valdés-Rodríguez, O. A. and Hidalgo-Meléndez, E. (2025). Avance genético mediante selección recurrente de familias de medios hermanos mazorca por surco, en maíz amarillo duro (*Zea mays*) en el trópico. *Tropical and Subtropical Agroecosytems.* 28(2). DOI: http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.5698

Fawad, S., Amir, S., Tanvir, B., Fazal H., Muhammad, A., Abdullah, A., Abdul, H., Mahrukh, M. and Zia, Ur R. (2019). Impact of half-sib family recurrent selection on grain yield in maize populationZM-309. *Pure and Applied Biology*. 8(3): 2399-2408. DOI: http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2019.80185

García, E. (1973). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (adaptación a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F. México. 264 p

Guimarães, A.G.; Amaral Júnior, A.T. Do.; Lima, V.J. De; Leite, J.T.; Scapim, C.A.; Vivas, M. (2018). Genetic gains and selection advances of the UENF-14 popcorn population. *Revista Caatinga*, v.31, p.271-278, 2018. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n202rc.

Hernández-Caldera, R. E., García-De los Santos, G., Zepeda-Bautista, R., Arellano-Vázquez, J. L., Gámez-Vázquez, A. J. y Ávila-Perches, M. A. (2023). Estabilidad del rendimiento de semilla de progenitores de híbridos de maíz de Valles altos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46 (4): 349-356. DOI: https://doi.org/10.35196/rfm.2023.4.349

INEGI (2010). Compendio de información geográfica municipal. Xichú, Guanajuato. Consultado el 27/04/2026. https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=11045#collapse-Resumen

INEGI (2017). Marco Geoestadístico Municipal. versión 4.3. Celaya, Guanajuato.

INIFAP, I. N. (2017). Agenda Técnica Agrícola de Guanajuato. México. Consultado el 28/11/2025 en: https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?%2f%2f=AT

Juárez-Lorenzo, F., Rincón-Sánchez, F., Ruiz-Torres, N.A., Benavides-Mendoza, A., y Sánchez-Ramírez, F.J. (2025). Selección familiar dentro de seis variedades nativas de maíz. *Revista fitotecnia mexicana*, *48*(1): 3-13. Epub 17 de noviembre de 2025.https://doi.org/10.35196/rfm.2025.1.3

Masarenhas, S.N.A. do P., Almeida, I.F. de, Almeida, R.V. de, Pinto, C.R.B. and Fernandes, G.A. (2024). Evaluation of half-sib maize progenies through the recurrent selection method. *Revista Inova Ciencia & Tecnología, 1.*

Melo, A. V. de., Santos, V. M., Taubinger, M., Costa, R. C. da., and Santos, M. P. de A. (2019). Seleção de progênies de meios-irmãos de milho para condição de segunda safra no sul do Tocantins. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia,* 12(1): 59-68. DOI: https://doi.org/10.5935/PAeT.%20V12.N1.06

Monroy-Sais., A. S., Tobin, D., Bellon, M. R., Astier, M., Cibrián-Jaramillo, A., Gálvez-Reyes, N., Mastretta-Yanes, A., Ruiz-Arocho, J., Wegier, A and Chen, Y. H. (2024). Smallholder farmers' diverse values in maize landrace conservation: A case study from Chiapas Mexico. *Journal of Rural Studies*. 110,103347. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2024.103347

Ordás, B., Malvar, R. A., Revilla, P. (2023). Effect of three cycles of recurrent selection for yield in four Spanish landraces of maize. *Euphytica* 219, 77. https://doi.org/10.1007/s10681-023-03199-w

Rincón-Sánchez, F., & Ruiz-Torres, N. A. (2018). Genetic potential and usefulness of native maize populations in developing novel germplasm for current and upcoming goals. *In Rediscovery of Landraces as a Resource for the Future*. DOI: https://doi.org/10.5772/intechopen.71360

Rodríguez Pérez, G., Zavala García, F., Gutiérrez Diez, A., Treviño Ramírez, J. E., Ojeda Zacarías, M. C., y Mendoza Elos, M. (2016). Estrategias de selección en familias de hermanos completos en dos poblaciones de maíces criollos. Phyton (Buenos Aires), 85(2): 194-202.

Ruiz-Corral, J.A., Hernández-Casillas, J.M., Sánchez-González, J.J., Ortega-Corona, A., Ramírez-Ojeda, G., Guerrero-Herrera, M.J., Aragón-Cuevas, F., Vidal-Martínez, V.A., de la Cruz-Larios, L. (2013). Ecología, adaptación y distribución actual y potencial de las razas mexicanas de maíz. Tepatitlán de Morelos: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ISBN: 978-607-37-0187-7