

Resultados del primer ciclo de mejoramiento con accesiones de maíz, provenientes del CIMMYT de México

Genry Hernández Carrillo¹, Ibrahim Pérez Cantillo² & Idania L. Yero Pino³

¹ORCID <https://orcid.org/0009-0001-6240-8277>, Unidad Científico Tecnológica de Base, Vertientes, Departamento de Mejoramiento Genético, Camagüey, Cuba, ²ORCID <https://orcid.org/0009-0002-0797-3406>, Instituto de Investigaciones de Granos, Departamento de Mejoramiento Genético, Bauta, Artemisa, Cuba, ³ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1446-4677>, Centro Universitario Municipal, Vertientes, Camagüey, Cuba.

Citación: Hernández Carrillo, G., Pérez Cantillo, I., & Yero Pino, I. L. (2025). Resultados del primer ciclo de mejoramiento con accesiones de maíz, provenientes del CIMMYT de México. *Agrisost*, 31, 1-9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17700587>

Recibido: 7 de marzo de 2025

Aceptado: 12 de abril de 2025

Publicado: 3 de junio de 2025

Financiamiento: No se declara.

Conflictos de interés: No se declaran.

Correo electrónico: genry81.cuba@gmail.com

Resumen

Contexto: Disponer de un material que exprese mayores niveles de rendimiento, calidad y tolerancia a condiciones de estrés, necesita desarrollar mejores variedades e híbridos de maíz, para lo que la caracterización y evaluación preliminar puede ofrecer resultados útiles, resultando necesario conocer el grupo de individuos que podrían ser los progenitores de la generación mejorada.

Objetivo: Evaluar el comportamiento de 21 accesiones de Maíz procedentes del CIMMYT de México, en las condiciones edafoclimáticas del municipio de Vertientes.

Métodos: Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres réplicas, se evaluaron las características agronómicas de 24 accesiones de maíz. Se registraron los siguientes caracteres: altura de planta y la mazorca, floraciones masculina y femenina, ciclo biológico, longitud de la mazorca, número de hilera por mazorca, masa de 1000 granos (g), rendimiento de grano ($t \cdot ha^{-1}$).

Resultados: Los caracteres vegetativos altura de la planta y de la mazorca, mostraron ser variables directamente proporcionales, caracterizándose por un porte pequeño; las entradas expresaron un ciclo precoz y la floración masculina con respecto a la femenina tuvieron una diferencia en días de ($\pm 1,22$ días).

Conclusiones: Las entradas que presentaron mejores características agronómicas fueron la 14, 19, 18, 15 y 10 y un rendimiento promedio de $4,39 t \cdot ha^{-1}$ respectivamente. Se obtuvo semilla para el próximo ciclo de mejoramiento de 19 entradas. Se puso en práctica la selección masal en la primera generación de la F1, permitiendo la continuidad del próximo ciclo de selección.

Palabras clave: *accesiones de maíz, características morfo agronómicas, mejoramiento.*

Results of the first breeding cycle with corn accessions, from CIMMYT of Mexico

Abstract

Context: In order to have a material that expresses higher levels of yield, quality and tolerance to stress conditions, it is necessary to develop better varieties and hybrids of maize, for which the characterization and preliminary evaluation can offer useful results, since it is necessarily know the group of individuals who could be the parents of the improved generation.

Objective: To evaluate the behavior of 21 accessions maize from CIMMYT in Mexico, under the edaphoclimatic conditions of the municipality of Vertientes.

Methods: A randomized block design with three replicates was used, the agronomic characteristics of 24 maize accessions. The following characters were recorded: plant and ear height, male and female blooms, biological cycle, ear length, number of rows per ear, mass of 1000 grains (g), grain yield ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Results: The results obtained indicate that the vegetative characters height of the plant and height of the cob, showed to be directly proportional variables, characterized by a small size; the entries expressed an early cycle and the male flowering with respect to the female had a difference in days of (± 1.22 days).

Conclusions: The entries that presented the best agronomic characteristics were 14, 19, 18, 15 and 10 and an average yield of 4.39 t/ha , respectively. Seed was obtained for the next breeding cycle of 19 accessions. Through this study, mass selection was put into practice in the first generation of F1, which allows us continuity for the next selection cycle.

Key words: *maize accessions, morpho-agronomic characteristics, improvement.*

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) constituye la base para la seguridad alimentaria y nutricional (SAN) de la población mesoamericana, y representa el 61% de las calorías consumidas y una importante fuente de proteínas (Poole et al., 2020).

Es el segundo cereal de importancia económica después del arroz en Cuba y es de alta preferencia de consumo por la población. Se cultiva en toda la isla, sobre una superficie de 150 000 hectáreas, destacándose las provincias de la región oriental con mayor superficie de siembra (Hernández, 2022).

Este mismo autor informa que en el año 2020 en Cuba se cosecharon 130 mil hectáreas, con una producción de 250 mil toneladas y un rendimiento promedio de $2,22 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Se siembra principalmente maíz de grano amarillo (cristalino o dentado), para la alimentación humana en forma de elotes y en grano seco para consumo animal.

A pesar de la importancia del cultivo y los avances en el mejoramiento genético de las últimas décadas, los bajos rendimientos representan el principal reto para los pequeños agricultores de la región. Para enfrentar los desafíos futuros asociados al cambio climático y al aumento de la demanda de alimentos derivado del incremento de la población, es imperativo implementar estrategias para impulsar la producción sostenible de este cultivo, potenciar sus contribuciones a la seguridad alimentaria y nutricional y reducir la vulnerabilidad alimentaria de la población de la región (Prasanna et al., 2021).

El maíz híbrido fue uno de los primeros ejemplos de la teoría genética aplicada con éxito en la producción de alimentos. La base de la formación de híbridos comerciales son las líneas endogámicas de buena aptitud combinatoria: sin embargo, el éxito de la obtención de líneas sobresalientes, depende del nivel de variabilidad genética presente en la población segregante y de la frecuencia génica de alelos de interés (Borroel et al., 2018).

El uso de híbridos puede ser un factor decisivo en la producción de maíz en Cuba, pues la falta de

disponibilidad de materiales mejorados contribuye a que la producción de este cereal dependa muchas veces de genotipos criollos con características agronómicas indeseables y bajo potencial de rendimiento (Hernández et al., 2018 y Ruiz et al., 2022a).

Para el mantenimiento, conservación y aprovechamiento del potencial genético que representan las razas de maíz y sus parientes silvestres se han formado colecciones que están depositadas en diferentes bancos internacionales de germoplasma como el del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT (Chassaigne, 2022).

La evaluación y caracterización de las colecciones de germoplasma foráneo es un paso fundamental dentro de los programas de mejoramiento genético, el intercambio de germoplasma entre instituciones de investigación es de gran ayuda para mejorar u organizar las accesiones y sobre todo identificar genotipos valiosos para ser usados en programas de mejoras genéticas. Por lo tanto, es vital tener información disponible de cada material, sobre caracteres cualitativos y cuantitativos de importancia actual o futura (Rosales & Sánchez, 2022).

El Maíz en Cuba es uno de los rubros más importantes para el consumo humano y animal, por lo que es indispensable el estudio de los recursos fitogenéticos con que se cuenta en el área del Caribe para fortalecer el banco de germoplasma del país con nuevas accesiones. Siguiendo la colaboración Cuba-México, con el (CIMMYT) de México, el cual cuenta con una mayor cantidad de material genético más avanzado y orientado a la formación de híbridos, y variedades mejoradas los cuales están siendo utilizados por los programas regionales para incrementar los rendimientos agrícolas (Ruiz et al., 2022b).

La finalidad de desarrollar líneas S1 a partir de poblaciones segregantes es explotar el efecto de la herencia transgresiva en caracteres de interés agronómico, lo que permitiría seleccionar líneas que muestren una mayor expresión fenotípica que la de su

mejor progenitor, lo que conlleva a identificar líneas endogámicas sobresalientes (Rebolloza et al., 2020).

El uso híbrido comerciales, variedades nativas, variedades de polinización libre de origen foráneo puede ser una fuente genética para la obtención de líneas puras las cuales pueden ser utilizadas en los programas de mejoramiento. Por lo que el objetivo de la investigación está dirigido a evaluar el comportamiento de 21 accesiones de Maíz procedentes del CIMMYT de México, en las condiciones edafoclimáticas del municipio de Vertientes.

Materiales y Métodos

El ensayo experimental se realizó en la Unidad Científico Tecnológica de Base Vertientes, provincia Camagüey, ubicada en las coordenadas 21° 5' 23" de latitud Norte y 78° 10' 21" de Longitud Oeste, con dirección Carretera Sexto Anillo km 22 ½, con una altura de 48 m. s. n. m, sobre un suelo *Oscuro plástico gleyzado*, con un pH de 6,4 y contenido de materia orgánica de 2,67 %. de acuerdo con las hojas cartográficas del sitio y corroborado con Hernández et al. (2015).

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres réplicas, con un área de siembra total de 419,8 m² donde se sembraron la generación S0 de cada accesión, con dos surcos de 5 m de largos por cada entrada, la distancia de siembra fue de 0,70 x 0,20 m. Al momento de la floración se realizó la autofecundación de 720 plantas F1, tomando las plantas por cada parcela con las mejores características agronómicas y de sanidad, y se aplicó el 10% de presión de selección.

Se evaluaron las características morfo agronómicas de 21 accesiones de maíz, 10 híbridos triples y 11 variedades procedentes del CIMMYT, se utilizó como testigo las variedades de polinización libre (VPL) MAIG-5461, MAIG-5462 y Tusón ver Anexo 1.

La siembra se realizó en la campaña húmeda (abril 2020). El manejo agrotécnico del experimento se realizó de acuerdo a lo propuesto en la Guía Técnica para el cultivo del Maíz (Cantillo et al., 2020).

Evaluaciones realizadas

Se registraron los siguientes caracteres: alturas de planta y mazorca, floraciones masculina y femenina, ciclo biológico, longitud de la mazorca, número de hilera por mazorca, peso de 1 000 granos (g) y rendimiento de grano por hectárea en t.ha⁻¹ (IBPGR, 1991).

Análisis estadístico

Para las variables: longitud de mazorca, número de hileras, peso de 1 000 granos y rendimiento de grano,

se realizaron análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$). El análisis estadístico de los datos se realizó con el Paquete Estadístico SPSS V. 24.0.

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas, entre las accesiones sometidas al primer ciclo de mejoramiento en varios de los caracteres evaluados altura de planta, altura de la mazorca, ciclo biológico, días a la floración masculina y femenina (Tabla 1).

El promedio registrado para la variable altura de planta fue de 161,4 cm con un valor mínimo de 111,6 cm correspondiente a la entrada 22, y un valor máximo de 197,0 cm perteneciente a la entrada 14 uno de los testigos; y un coeficiente de variación de 8,59%, lo que demuestra diferencia significativa en todas las entradas y las variedades testigo. Referente a este carácter en el proceso de selección, Vega (1972) y San Vicente (2022) señala que las plantas de mayor altura, son más susceptibles a ser dobladas por la acción del viento y las lluvias, causando pérdidas en las siembras. La selección de plantas de menor altura ha resultado efectiva en términos de rendimiento.

Según Vargas & Castillo (2019), la variable altura de planta es una característica varietal, determinada por la elongación del tallo que resulta del almacenamiento de fotosintatos producidos en las hojas, los que son traslocados a los granos, además, son de mucho interés cuando se relaciona con recolección mecanizada. También la altura de la planta se puede ver afectada por la acción conjunta de cuatro factores fundamentales: luz, humedad, nutrientes y densidad poblacional.

Tabla 1. Análisis funcional de cinco caracteres vegetativos de las 21 entradas y tres testigos

Entrada	Altura Planta (cm)	Altura MZ. (cm)	Días a la floración (días)		Ciclo (días)
			Mas.	Fem.	
1	159,9 _d	77,1 _e	51 _b	52 _b	113 _b
2	164,9 _c	87,6 _c	50 _b	51 _b	117 _{ab}
3	170,4 _b	84,3 _d	51 _b	53 _b	118 _a
4	167,6 _c	91,0 _c	51 _b	52 _b	116 _{ab}
5	176,5 _b	95,3 _b	50 _b	51 _b	118 _a
6	170,2 _b	97,2 _b	51 _b	52 _b	119 _a
7	171,6 _b	103,9 _b	51 _b	52 _b	120 _a
8	171,7 _b	93,6 _{bc}	52 _a	53 _b	116 _{ab}
9	125,0 _f	71,0 _e	50 _b	51 _b	119 _a
10	175,0 _b	89,0 _c	49 _b	51 _b	116 _{ab}
11	169,8 _{bc}	99,3 _{bc}	51 _b	52 _b	121 _a
12	153,2 _d	81,8 _d	49 _b	50 _c	120 _a
13	197,0 _a	124,0 _a	51 _b	53 _b	123 _a
14	158,0 _d	85,7 _d	51 _b	52 _b	110 _c
15	168,4 _c	98,7 _{bc}	50 _b	51 _b	114 _b
16	158,1 _d	84,5 _d	50 _b	52 _b	119 _a
17	158,3 _d	83,4 _d	50 _b	52 _b	118 _a
18	175,3 _b	102,2 _b	50 _b	51 _b	119 _a

19	172,9 _b	91,6 _c	50 _b	51 _b	121 _a
20	146,1 _e	72,0 _e	54 _a	55 _a	120 _a
21	111,6 _g	53,4 _f	54 _a	55 _a	119 _a
22	150,8 _d	84,8 _d	55 _a	56 _a	117 _{ab}
23	157,4 _d	88,6 _c	52 _a	54 _a	120 _a
24	143,2 _e	78,9 _{de}	53 _a	54 _a	111 _c
<i>Media</i>	161,4	88,29	51,04	52,26	118
<i>CV%</i>	10,92	15,36	3,096	2,897	2,66
<i>ES</i>	7,218	2,249	0,318	0,309	0,654

*Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

La altura promedio obtenida desde la base de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca fue de 88,29 cm (Tabla 1), presentándose un valor mínimo de 53,4 cm con la entrada 22 y un valor máximo de 124,0 cm correspondientes a la entrada 14 (testigo) y un coeficiente de variación de 15,36%. Los resultados ilustran una coherencia con la altura de la planta y altura de mazorca, al respecto, Gutiérrez et al. (2004) concluyen que existe una alta asociación fenotípica entre altura de planta con altura de mazorca, es decir son variables directamente proporcionales lo que corrobora los resultados obtenidos en este ensayo.

De la Cruz (2007) consideró recomendable contar con materiales de porte bajo y medio, ya que estos toleran altas densidades de plantas por hectárea, sin descuidar la relación positiva de la altura de planta con el potencial de rendimiento de grano.

Autores como Liu et al. (2016) mencionan que tanto la altura de planta y la altura de inserción de la mazorca son características agronómicas muy importantes en el mejoramiento genético del maíz, ya que influyen en la producción potencial. Por otra parte, (Prasanna et al., 2021) afirmaron que estos caracteres además de tener correlación entre ellos, también poseen correlación con el acame por lo que se recomienda el uso de plantas de porte intermedio o bajo que son de aproximadamente 233 cm para la altura de planta y 117 cm para altura de mazorca.

El promedio de días transcurridos desde la siembra hasta la aparición de la espiga y notable emisión de polen fue de 51,4 días con un valor máximo de 55 días con la entrada 22, sin diferir significativamente de las entradas 8, 20, 21, 23 y 24, superando a los tres testigos utilizados y al reto de las entradas evaluadas; también se reportó un mínimo de 49 días con la entrada 10. Los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de plantas presentaron estigmas expuestos con al menos dos centímetros de largo se registró un mínimo de 50 días para el testigo MAIG-5461 y un máximo de 56 días, sin diferencias estadísticamente significativas de las entradas 20, 21, 23 y 24 y un promedio de 52,26 días según se muestra en la Tabla 1. Estas dos variables cuantitativas se mostraron proporcionales.

Los resultados demuestran una diferencia de $\pm 1,22$ días entre ambas floraciones para todas las entradas y los testigos, lo que indica una buena sincronía floral; aspecto influyente en la producción. Autores como López (1968); Vega (1972); Ayala & Oñate (2007) y Chávez et al. (2022), refirieron que las variables altura de planta y altura de mazorca están asociadas con el tiempo de floración, siendo las plantas bajas las más precoces.

Los resultados obtenidos difieren de los expuestos por Cao et al. (2017), quienes dieron a conocer en un estudio de híbridos, que los mismos tardaron entre 71 y 76 días para alcanzar la floración masculina y femenina respectivamente.

Asimismo, Ruiz et al. (2022a) en su estudio comprobaron que los materiales presentaron una media de 64,8 días, con un promedio entre los 62 y 66 días después de germinados.

Al respecto, Rebolloza et al. (2020), demostraron que la respuesta fenotípica promedio de las líneas S1, en el intervalo de antesis-emergencia de estigmas fue de cinco días en condiciones de sequía, mientras que en riego el promedio fue de dos días.

Una accesión se considera como tardías después de los 65 días y precoz entre los 42 y 45 días Gutiérrez et al. (2020), lo cual revela, que las accesiones evaluadas se concedieran con una floración intermedia, siendo de gran interés en el proceso de selección.

El ciclo biológico para todas las entradas fue relativamente corto con una media de 117,5 días después de la siembra, con un valor más precoz para la entrada 15 con 110 días difiriendo estadísticamente de los testigos y del resto de las entradas, el ciclo más largo lo alcanzó las entradas 12 (testigo) con 123 días.

Los valores registrados para la variable longitud de la mazorca oscilaron entre 13,5 cm con la entrada 2 como valor mínimo y 17,1 cm (entrada 19), como máximo, superando a los testigos y demás entradas, con un promedio de 15,05 cm y un coeficiente de variación de 6,155%. (Tabla 2). Guacho (2014), llegó a la conclusión que la altura de planta no influye mayormente en la longitud de mazorca. Ayala & Oñate (2007) y Ortigoza et al. (2019) refirieron que la longitud de la mazorca es un componente correlativo con el rendimiento; pero también es un atributo de baja heredabilidad (10-30%), es decir, altamente afectado por el medio ambiente. Aunque, Vera (2024), explica que los factores físicos tales como profundidad de siembra y sanidad de semilla tienen influencia en esta variable y pueden ocasionar que existan estas diferencias significativas entre accesiones.

Tabla 2. Análisis funcional de los caracteres cuantitativos de cinco caracteres agronómicos de maíz de 21 entradas y tres testigos

Entrada	Long. Mazorca (cm)	Número hileras	Número granos/MZ	Masa de 1000 granos (g)	Ren. t.ha ⁻¹
1	15,4 _a	16,2 _a	32 _b	305 _{bc}	3,54 _b
2	13,5 _{bc}	15,4 _a	29 _{bc}	309 _{bc}	2,27 _c
3	15,8 _a	15,6 _a	30 _{bc}	391 _{ab}	2,36 _c
4	13,8 _{bc}	16,2 _a	34 _{ab}	315 _b	2,63 _c
5	16,3 _a	13,6 _b	35 _{ab}	348 _b	2,3 _c
6	14,9 _b	13,6 _b	34 _{ab}	329 _b	3,15 _b
7	14,6 _b	14,6 _b	35 _{ab}	309 _{bc}	2,58 _c
8	14,2 _b	13,4 _b	31 _{bc}	250 _c	2,42 _c
9	14,1 _b	14,0 _b	30 _{bc}	249 _c	2,07 _c
10	15,9 _a	13,8 _b	32 _b	330 _b	4,11 _a
11	14,2 _b	14,2 _b	33 _b	301,5 _{bc}	4,54 _a
12	14,8 _b	15,2 _a	31 _{bc}	320 _b	3,69 _b
13	15,6 _{ab}	13,9 _b	33 _{bc}	429 _a	2,60 _c
14	14,6 _b	16,0 _a	34 _b	330 _b	4,61 _a
15	15,9 _a	14,0 _b	33 _{bc}	321 _b	4,15 _a
16	15,0 _{ab}	14,0 _b	36 _{ab}	358 _b	3,68 _b
17	15,7 _{ab}	14,0 _b	36 _{ab}	340 _b	3,46 _b
18	16,0 _a	12,0 _c	32 _{bc}	382 _{ab}	4,52 _a
19	17,1 _a	16,0 _a	39 _a	376,6 _{ab}	4,57 _a
20	13,8 _{bc}	14,0 _b	30 _c	305 _{bc}	3,42 _b
21	14,0 _b	12,0 _c	33 _b	328,5 _b	2,29 _c
22	15,0 _{ab}	14,0 _b	31 _c	308,5 _{bc}	2,18 _c
23	15,0 _{ab}	16,0 _a	32 _c	283,5 _{cd}	2,44 _c
24	15,9 _a	14,0 _b	30 _c	278 _c	2,12 _c
Media	15,05	14,4	32,71	324,86	3,15
CV%	6,155	8,29	7,295	12,94	14,46
ES	0,193	0,24	0,487	8,579	0,184

*Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Se contabilizó el número de hileras por mazorca, donde el valor promedio fue de 14,4 hileras de grano por mazorca, con un máximo de 16,2 hileras para las entradas 1, 2, 3, 4 y 10 respectivamente y un mínimo de 13,4 hileras correspondientes a la entrada 8. El número de hileras de granos por mazorca está fuertemente controlado por el genotipo, siendo poco sensible a la variación de las condiciones climáticas (Callava, 2020).

El carácter número de granos por mazorca se comportó con un valor promedio de 32,71 granos, con valores que oscilaron desde 29 granos (entrada 2) a 39 granos (entrada 19), y un coeficiente de variación de 7,295%, como se muestra en la Tabla 2. Por lo que se puede deducir que el número de granos tiene relación directa con la longitud de mazorca, correspondiendo las mazorcas más largas (entrada 19), con 17,1 cm y 39 granos/mazorca.

El valor promedio que presentó el componente masa de 1 000 granos fue de 312,5 g.; registrándose un valor máximo de 391 g (entrada 3) y un valor mínimo de 249 g, correspondiente a la entrada nueve, el

coeficiente de variación fue de 12,86% (Tabla 2). Estos datos fueron tomados cuando las mazorcas alcanzaron una humedad promedio de 14,35%.

En la Tabla 2 se observa el promedio de rendimiento obtenido en el ensayo de rendimiento de 3,09 t.ha⁻¹; obteniéndose un valor máximo de 4,61 t.ha⁻¹ (entrada 14), sin diferir estadísticamente de las entradas 19, 11 (Testigo), 18, 15 y 10, respectivamente y difiriendo estadísticamente de los testigos 12 y 13 y del resto de las entradas, registrándose un valor mínimo con la entrada 9 (2,07 t.ha⁻¹). Estos resultados indican una contribución entre las variables longitud de la mazorca, número de hileras, número de granos y la masa de 1 000 granos coincidiendo con los resultados obtenidos por (Borroel et al., 2018).

El rendimiento es un carácter complejo y su expresión depende del funcionamiento y la interacción de varios componentes fisiológicos, cuyo límite varía con el genotipo y el ambiente donde se desarrolla (De la Cruz, 2007; Pacheco et al., 2017; Clemente et al., 2022).

Se pudo comprobar que los rendimientos de las accesiones de maíz fueron bajos, según informaron Jurado (2022) las causas del bajo rendimiento del maíz pueden estar influenciado por el clima en que se desarrolló, la duración corta del día, el ciclo vegetativo corto del cultivo y el estrés abiótico propios de las regiones tropicales y se refieren también a las sequías y a la baja fertilidad del suelo como factores limitantes en los rendimientos del cultivo.

La variabilidad presente en el germoplasma disponible es requisito fundamental para identificar genotipos con caracteres específicos. Tradicionalmente, la diversidad genética se estimó a partir de caracteres agro-morfológicos, con la limitación dada por la interacción en la expresión de éstos con el ambiente (Rossi et al., 2019).

En el proceso de selección de las líneas obtenidas para el próximo ciclo, se dispone de nuevos materiales provenientes de las entradas 1, 6, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20, como más sobresalientes en el rendimiento, homogeneidad, altura de planta, de mazorca, días a floración masculina, femenina y con ciertos atributos agronómicos como número de hileras, longitud, diámetro de mazorca.

Existen reportes de Díaz et al. (2021) en los que se indica que dependiendo del tamaño de la población base, la evaluación de las progenies y el método de recombinación empleado son variables que modifican la respuesta a la selección por lo que sugieren que, para evitar la deriva genética, se deben usar 30 familias en caso de pretender llevar a cabo cinco, o más ciclos de selección. Mencionan, además, que la

deriva genética es más fuerte cuando se usan menos de 10 familias en la recombinación. En este trabajo se seleccionaron 80 familias en el primer ciclo, lo que asegura mantener la variabilidad genética.

Los resultados obtenidos en este trabajo, se convierten en una herramienta para avanzar en los procesos de mejoramiento genético de las poblaciones de donde fueron obtenidas las líneas evaluadas. No obstante, se debe articular con estudios de diversidad genética a través de métodos moleculares con el fin de poder conocer de manera más profunda las distancias genéticas presentes entre los distintos grupos de poblaciones para la obtención de líneas destinadas a programas de hibridación. Esta colección de 21 accesiones de maíz del CIMMYT constituye un valioso recurso para impulsar ganancias genéticas futuras en los programas de mejoramiento de maíz que se desarrollan en Cuba.

Conclusiones

Se obtuvieron líneas S1 sobresalientes, con algunas características de interés para el próximo ciclo de selección.

Los mejores resultados en cuanto a rendimiento se obtuvieron con las entradas 10, 14, 15, 18 y 19 y la entrada de más bajo rendimiento fue la 9 siendo desechada para el próximo ciclo de selección.

Recomendaciones

Continuar con los ciclos de selección, que permitan aumentar paulatinamente las características deseables de estos materiales, con la finalidad de obtener líneas endogámicas para la formación de nuevos híbridos y variedades mejoradas adaptadas a nuestras condiciones agroclimáticas.

Contribución de los autores

Genry Hernández Carrillo: Concepción y elaboración de la investigación, diseño de los experimentos, análisis de los datos obtenidos, redacción del artículo, revisión final.

Ibrahim Pérez Cantillo: Elaboración de la investigación y análisis de los resultados, revisión final.

Idania L. Yero Pino: Elaboración de la investigación y análisis de los resultados, revisión final.

Conflictos de interés

No existen conflictos de intereses

Referencias

Ayala, D.A., & Oñate, J. L. (2007). *Evaluación y caracterización morfoagronómica de 117 líneas de maíz negro y 42 líneas de maíz*

dulce provenientes del CIMMYT (México). (Previo a la obtención del título de: Ingeniero Agropecuario, Escuela Politécnica del Ejército) <https://repositoriobe.espe.edu.ec/server/api/core/bitstreams/04dbda94-2c34-4ce3-8bed-37673975c393/content>

- Borroel, V.J., Salas, L., Ramírez, M.G., López, J.D., & Luna, J. (2018). Rendimiento y componentes de producción de híbridos de maíz en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana*, 36(4), 423-429. <http://doi.org/10.28940/terra.v36i4.281>
- Callava, S., (2020). *Caracterización morfológica y selección de diferentes genotipos de maíz (Zea mays L.)*. (Tesis de Grado. Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional del Sur. Argentina.
- Cantillo, I., Riverón, A., Rodríguez, E., Cabañas, M., Rivero, L. E., Toledo, D., & González, T. A. (2020). *Guía Técnica para la Producción de maíz*. Instituto de Investigaciones de Granos, IIG. MINAG; SEGRANOS; GAG; JICA.
- Cao, S., Loladze, A., Yuan, Y., Wu, Y., Zhang, A., Chen, J., Huestis, G., Cao, J., Chaikam, V., Olsen, M., Prasanna, B. M., San Vicente, F., & Zhang, X. (2017). Genome-wide analysis of tar spot complex resistance in maize using genotyping-by-sequencing SNPs and whole-genome prediction. *The Plant Genome*, 10(2). <https://doi.org/10.3835/plantgenome2016.10.0099>
- Chassaigne, A. A. (2022). Actualización en los Procedimientos para solicitar germoplasma de maíz del CIMMYT. En *XXIV Reunión Latinoamericana de Maíz. Memorias de la XXIV Reunión Latinoamericana de Maíz*. (pp. 41-42). Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. Cajamarca. <https://latam.maize.org/reuniones-bianuales/xxiv-reunion-latinoamericana-de-maiz-memoria/>
- Chávez, A., Guillén, W., & Escobal, F. (15-17 de junio, 2022). *XXIV Reunión Latinoamericana de Maíz. Memorias de la XXIV Reunión Latinoamericana de Maíz*. Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. Cajamarca. <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstreams/3b34ddca-6e16-4424-9134-7f7f908d5d05/download>
- Clemente, A., Meneses, M.H., & Pardey, K. (2022). Evaluación del rendimiento de híbridos provenientes de líneas endocriadas de maíz criollo (*Zea mays*) del departamento del Magdalena, Caribe colombiano. *Intropica*, 17(1), 88-96. <https://doi.org/10.21676/23897864.4039>

- De la Cruz, M. (2007). *Efecto de diferentes niveles de N-P-K y dos densidades de siembra sobre el rendimiento y características agronómicas de las cuatro líneas parentales endogámicas del híbrido de maíz HB-83 mejorado, en Guatemala*. (Tesis de grado). Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- Díaz, G., De León, C., Nieto, D., & Mendoza, M.C. (2021). Ganancia en ciclos de selección recurrente para rendimiento y resistencia a carbón de la espiga en maíz. *Mexican Journal of Phytopathology*, 39(1), 61-74. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2008-1>
- Guacho, E. (2014). *Caracterización agromorfológica del maíz (Zea mays L.) de la localidad San José de Chazo*. (Tesis de Grado. Ingeniero Agrónomo). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Gutiérrez, E., Espinosa, A., Palomo, A., Lozano, J. J., & Antuna, O. (2004). Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la comarca lagunera. *Nota Científica Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(Número Especial 1), 7-11. <https://doi.org/10.35196/rfm.2004.Especial.1.7>
- Gutiérrez, L. M., Pérez, L. del S., Gómez, A., Jerónimo, M., Brenes, G., & Cajina, N. (2020). *Caracterización y evaluación de 20 accesiones de maíz (Zea mays L.) procedente del banco nacional de germoplasma del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria INTA*. (Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- Hernández, G. (15-17 de junio de 2022). Estado actual del maíz en Cuba. Presentación en la XXIV Reunión Latinoamericana de Maíz. Cajamarca, Perú. <https://latam.maize.org/?wpdmdl=1212>
- Hernández, G., I. Vargas, Y. Hurtado, P., Castro, E. Rodríguez, I., et al. (2018). Ensayo comparativo de rendimiento de híbridos con endospermo blanco y amarillo procedentes del CIMMYT de México. *Revista Cubana de Arroz*. 20(2), 32-41.
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., & Castro, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Mayabeque, INCA, 93. https://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacionsueloscuba_%202015.pdf
- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). (1991). *Descriptors for Maize*. International Board for Plant Genetic Resources, Rome. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bits/treams/afe74e02-40fb-4643-8960-bbd42c9a07cf/content>
- Jurado, J. (2022). *Comportamiento agronómico y rentabilidad de progenies de maíz en el cantón ventanas, provincia los ríos, Ecuador*. (Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo). Universidad Técnica de Cotopaxi. La Maná, Ecuador. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3baf65a8-ffe6-4630-b651-43ecca1b5818/content>
- Liu, L., Zhang Y. D., Li H. Y., Bi Y. Q., Yu L. J., Fan X. M., Tan J., Jeffers, D. P., & Kang M. S. (2016). QTL Mapping for gray leaf spot resistance in a tropical maize population. *Plant Dis*. 100(2), 304-312. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-14-0825-RE>
- López, L. (1968). *Modificación de la Variedad Sintética 2 (VS2) de maíz, mediante Selección Masal*. (Tesis de Ingeniería). Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Agronomía, Manabí, Ecuador. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/370/1/iniapsctL864m.pdf>
- Ortigoza, J., López, C. A., & Gonzalez, J. D. (2019). *Guía técnica cultivo de maíz*. San Lorenzo, Paraguay: (J. Ortigoza Guerreño, Ed.). https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf
- Pacheco Fernández, M., Landa de Saá, Y., Santana Castro, C. L., Hernández Morales, A., Brutau Proenza, K., Vinci, M., Fajardo Nuñez, D. G., Méndez Gallo, Y., Alonso Esquivel, M., & Lopetegui Moreno, C. M. (2017). *La cadena de valor del maíz como alimento animal en Cuba. Estudio de su situación en seis municipios de las provincias de Santiago de Cuba y Granma*. MINAG; COSUDE; AGROCADENAS; PNUD. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/cu/73b578d49cec192bbfb7f5c4c5b0dd12229a354a31f913a54de3b3bf4c9c39bb.pdf>
- Poole, N., Donovan, J., & Erenstein, O. (2020). Agri-nutrition research: Revisiting the contribution of maize and wheat to human nutrition and health. *Food Policy*, 100, 101976. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101976>
- Prasanna, B. M., Cairns, J. E., Zaidi, P. H. et al. (2021). Beat the stress: breeding for climate resilience in maize for the tropical rainfed environments. *Theor Appl Genet* 134, 1729–1752. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03773-7>

- Rebolloza, H., Cervantes, Y. F., Broa, E., Bahena, G., & Olvera, A. (2020). Fenotipo y selección de líneas S1 segregantes de maíz tolerantes a estrés hídrico. *Revista Biotecnia*, 22(3), 20-28. <http://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i3.1130>
- Rosales, G. P., & Sánchez, D. (2022). Caracterización morfológica de 25 variedades de maíz amiláceo evaluadas en dos localidades de la provincia de Tayacaja, Huancavelica. *Llamkasun*, 3(2), 15-29. <http://doi.org/10.47797/llamkasun.v3i2.103>
- Rossi, E.A., Ruiz, M., Di Renzo, M., & Bonamico, N.C. (2019). Diversidad genotípica de 291 líneas de maíz de CIMMYT y caracterización fenotípica en el Sur de Córdoba, Argentina. *BAG, Journal of Basic and Applied Genetics* XXX (1), 25-33. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-62332019000100004&Ing=es
- Ruiz, A., Cantillo, I., Rodríguez, E., & Pérez, E. (2022a). Obtención y evaluación de nuevos híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Cubana del Arroz*, 24(1), 1-6.
- Ruiz, A., Cantillo, I., Rodríguez, E., & Pérez, E. (2022b). Evaluación de la aptitud combinatoria general de líneas endogámicas de maíz (*Zea mays* L.) mediante una prueba de mestizos. *Revista Cubana del Arroz*, 24(1), 12-16.
- San Vicente, F. (15-17 de junio de 2022). Contribución del CIMMYT al Mejoramiento Genético de Maíz en América Latina. Presentación en la XXIV Reunión Latinoamericana de Maíz. Cajamarca, Perú.
- Vargas, J. P., & Castillo, E. A. (2019). *Evaluación de 20 híbridos de maíz, en Tisma, Masaya*. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Vera, Ch. G. (2024). *Evaluación del comportamiento agronómico de dos genotipos de maíz frente al estrés hídrico en la comuna Colonche, provincia de Santa Elena*. (Tesis en opción al título de Ingeniero Agropecuario). <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10912>
- Vega, P. (1972). Efecto del medio ambiente sobre la relación altura de mazorca/altura de planta en maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Tropical* 22(5), 461-474.

Anexo

Anexo 1. Material genético utilizado en el estudio, su procedencia y color del grano

Entrada	Accesiones	Material	Procedencia	Color del grano
1	(CLRCY017/CL02450)// CML451	Híbrido triple	CIMMYT	Blanco
2	(CLRCY016/CL02450)// L02720	Híbrido triple	CIMMYT	Blanco
3	(CLRCY017/CL02450)// CLYN205	Híbrido triple	CIMMYT	Blanco
4	(CLRCY017/CL02450)// CLYN214	Híbrido triple	CIMMYT	Amarillo
5	(CLRCY040/CLYN206)// CLRCY017	Híbrido triple	CIMMYT	Amarillo
6	(CLRCY017/CL02450)// CLRCY040	Híbrido triple	CIMMYT	Amarillo
7	(CL02720/CML451)// CLRCY016	Híbrido triple	CIMMYT	Amarillo
8	(CL02450/CLRCY041)// CLYN214	Híbrido triple	CIMMYT	Amarillo
9	(CL02450/CLRCY041)// CML451	Híbrido triple	CIMMYT	Amarillo
10	(CLRCY044/CLRCY039)// CL02450	Híbrido triple	CIMMYT	Amarillo
11	MAIG-5462 (Testigo)	VPL	IIG	Amarillo
12	MAIG-5461 (Testigo)	VPL	IIG	Amarillo
13	Tusón (Testigo)	VPL	IIG	Amarillo
14	S11TLWNHGAB03	VPL	CIMMYT	Amarillo
15	S11TLWNHGAB05	VPL	CIMMYT	Amarillo
16	S11TLWNHGAB06	VPL	CIMMYT	Amarillo
17	S11TLWNHGAB08	VPL	CIMMYT	Amarillo
18	S11TLYNHGAB01	VPL	CIMMYT	Amarillo
19	S11TLYNHGAB02	VPL	CIMMYT	Amarillo
20	S11TLYNHGAB03	VPL	CIMMYT	Amarillo
21	S11TLYNHGAB04	VPL	CIMMYT	Amarillo
22	S03TLW3HGB	VPL	CIMMYT	Amarillo
23	S06TLWQHGB02	VPL	CIMMYT	Amarillo
24	S07TLYNHGAB01	VPL	CIMMYT	Amarillo