

07

Fecha de presentación: febrero, 2023

Fecha de aceptación: abril, 2023

Fecha de publicación: junio, 2023

PRODUCCIÓN DE MAÍZ

(*ZEA MAYS* L) H-AME15 EN LA EMPRESA AGROPECUARIA DE HORQUITA, ABREU-CIENFUEGOS

PRODUCTION OF CORN (*ZEA MAYS* L) VARIETY H-AME15 IN THE HORQUITA AGRICULTURAL ENTERPRISE, ABREU-CIENFUEGOS

Erislandy José Becerra Fonseca¹

E-mail: eribecerra@upr.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4611-9635>

Ernesto García Quiñones²

E-mail: egquinones@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3543-1747>

Julio García Vega³

E-mail: jgvega@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8552-3000>

Reinaldo Pérez Armas³

E-mail: rpereza@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6377-8993>

¹Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca." Pinar del Río. Cuba.

²AZUMAT. CAI 14 de Julio. Cienfuegos. Cuba.

³Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez." Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Becerra-Fonseca, E. J., García-Quiñones, E., García Vega, J., & Pérez Armas, R. (2023). Producción de maíz (*Zea mays* L) H-Ame15 en la Empresa Agropecuaria de Horquita, Abreu-Cienfuegos. *Universidad y Sociedad*, 15(S2), 59-69.

RESUMEN

Con el objetivo evaluar el desarrollo y rendimiento de las líneas de *Zea mays* H (S3)26.4 y CT9 para la producción del híbrido simple H-Ame15, se desarrolló la presente investigación en el campo 8 de la Empresa Agropecuaria Horquita durante dos campañas de siembra de frío: 2020-2021 y 2021-2022. El material de siembra utilizado provino del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) correspondiendo a las líneas H (S3)26.4 (hembra) y CT9 (macho). El cultivo se sembró sobre un suelo Ferralítico Amarillento Lixiviado, con marco de siembra de 0.90 x 0.25 m. La fertilización fue de 9-13-17 a razón de 300 kg. ha⁻¹. Se condujo un diseño experimental aleatorio simple con 5 réplicas en parcelas de 100 m². Se procesó la información obtenida con el paquete estadístico InfoStat V-2015 para P≤0.05. La línea CT9 se cosechó a los 85 días después de la siembra como maíz tierno. Las variables consideradas factores determinantes para la evolución de las plantas no mostraron diferencias significativas entre las parcelas ni entre las campañas. Longitud de la mazorca y peso de semillas por mazorca mostraron diferencias estadísticas significativas. El rendimiento medio en ambas campañas de 3,16 t.ha⁻¹. Los resultados de los análisis de las semillas determinaron que cumplen con los índices mínimos de calidad establecidos.

Palabras clave: Desarrollo, híbridos, maíz, rendimiento, semilla.

ABSTRACT

With the objective of evaluating the development and performance of the lines of *Zea mays* H (S3)26.4 and CT9 for the production of the simple hybrid H-Ame 15, the present investigation was carried out in field 8 of the Horquita Agricultural Company during two campaigns of cold planting: 2020-2021 and 2021-2022. The planting material used came from the Center for Genetic Engineering and Biotechnology (CIGB) corresponding to the lines H (S3)26.4 (female) and CT9 (male). The crop was planted on a Ferralitic Yellowish Lixiviated soil, with a planting frame of 0.90 x 0.25 m. Fertilization was 9-13-17 at a rate of 300 kg. ha⁻¹. A simple randomized experimental design was conducted with 5 replicates in 100 m² plots. The information obtained with the statistical package InfoStat V-2015 for P≤0.05 was processed. The CT9 line was harvested 85 days after sowing as sweet corn. The variables considered determining factors for the evolution of the plants did not show significant differences between the plots or between the campaigns. Ear length and seed weight per ear showed statistically significant differences. The average yield in both campaigns of 3.16 t.ha⁻¹. The results of the seed analysis determined that they meet the minimum quality indices established.

Keywords: Development, hybrids, maize, yield, seed.

INTRODUCCIÓN

Las actividades de investigación y desarrollo de variedades o híbridos son capaces de incorporar características de resistencia y tolerancia a enfermedades. Estas actividades se deberán complementar en la etapa de producción de semilla utilizando semilla original sana, sanidad de los genotipos de producción, rotación de cultivos, aislamiento, tratamiento de la semilla, acondicionamiento y almacenamiento adecuados.

En Cuba, la búsqueda de nuevas alternativas de alimentación para la ganadería es absolutamente necesaria, mucho más si se trata de un país con un potencial genético muy alto en la ganadería, sin una base alimentaria adecuada para su sustento, lo que trae como consecuencia graves problemas en la reproducción y bajísimo crecimiento de la masa (ONEI 2019).

Una buena semilla es la base de toda producción de un cultivo, dependiendo de su calidad fisiológica la calidad en la semilla se ha definido como el conjunto de características deseables, que comprende distintos atributos, referidos a la conveniencia o aptitud de la semilla para sembrarse. Al evaluar la calidad de las semillas se consideran la mayor parte de atributos deseables. La evaluación de este componente es a través de procesos como las pruebas y porcentajes de germinación, entre otros y demás ensayos para lograr establecer la calidad de semillas de determinado lote (Doria, 2020).

Para todo cultivo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla a sembrar para procurar el éxito. La semilla es el material de partida para la producción. Es condición indispensable que tenga una buena respuesta bajo las condiciones de siembra y que produzca una plántula vigorosa para alcanzar el máximo rendimiento. La semilla mejorada es tecnología con un valor estratégico ya que permite obtener mayor eficiencia productiva de los recursos: tierra, fertilizantes, herbicidas, insecticidas, agua, mano de obra, etc. Es imposible obtener una buena cosecha si no se parte de una semilla de calidad, dado que un cultivo puede resultar de una calidad inferior a la semilla sembrada, pero nunca superior a ella.

En la agricultura la importancia de contar con material vegetativo de calidad está relacionada con la productividad de determinado cultivo, debido a esto las semillas que mantienen un análisis tanto fisiológico como una certificación que garantice su procedencia y genotipo son las de mayor demanda por los agricultores. Una semilla de calidad es una semilla altamente viable, es decir, es una semilla susceptible de desarrollar una plántula normal aún bajo condiciones ambientales no ideales, tal como puede ocurrir a campo. La calidad de la semilla a sembrar es

esencial para conseguir un buen establecimiento de las plantas y es el primer paso para lograr un cultivo óptimo. Se considera que los atributos de calidad más importantes son: Viabilidad, germinación, vigor y sanidad.

El maíz (*Zea mays* L.) es el único cereal que puede ser utilizado como alimento ya sea para personas o animales, en cualquier etapa del desarrollo de la planta o producción. Es un cultivo de importancia económica a nivel mundial, debido a su utilidad como alimento para humanos y ganado, este cultivo es fuente de un gran número de productos industriales

La actual obtención de semilla de maíz híbrido es el resultado de más de setenta años de investigación, entre avances científicos y tecnológicos, contando desde el primer híbrido comercial obtenido en Brasil, en 1919, hasta la actualidad. Con el progreso y desarrollo del primer híbrido genéticamente modificado, se nos demuestra el avance de la agricultura moderna.

El uso de híbridos simples de maíz es una de las principales estrategias para el incremento del rendimiento. En Cuba la producción nacional se sustenta principalmente, con el uso de variedades convencionales caracterizadas por la alta tolerancia a plagas y enfermedades, por su origen filogenético proveniente principalmente de razas caribeñas, bien adaptadas a las condiciones tropicales del país. A pesar de ello su contribución a la producción de maíz seco en Cuba es baja, con un promedio de 1,93 t.ha⁻¹. Esta posibilidad incentiva la necesaria estrategia de establecer un sistema para generar semilla de alto valor genético, con la calidad requerida para estimular la producción de maíz (Téllez et al., 2021).

En la provincia de Cienfuegos no son suficientes los estudios que permitan determinar el desarrollo y rendimiento de las líneas de *Z. mays* H (S3)26.4 y CT9 para la producción del híbrido simple de maíz H-Ame15. Por tanto, el objetivo del estudio es evaluar el desarrollo y rendimiento de las líneas de *Z. mays* H (S3)26.4 y CT9 para la producción del híbrido simple de maíz H-Ame15 en dos campañas de siembra en la Empresa Agropecuaria Horquita.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se condujo bajo un diseño experimental aleatorio simple con 5 réplicas en parcelas de 100 m², en el Campo 8 de la Empresa Agropecuaria de Horquita del municipio Abreus en etapa poco lluviosa en las campañas de frío 2020-2021 y 2021-2022, el sitio del experimento está ubicado al Suroeste de la cabecera municipal, en los 22° 09'31" latitud Norte y los 80° 43'20" longitud Oeste, en la llanura de Cienfuegos, a 10 m de altitud m. s. n. m, el mismo pertenece al poblado Mijalito. La altitud está

dentro del rango permisible para el desarrollo del cultivo del maíz que comprenden desde el nivel del mar hasta más de 4 000 m. s. n. m según García *et al.* (2013). El material de siembra utilizado provino del CIGB de la Habana correspondiendo a las líneas H (S3)26.4 (hembra) y CT9 (macho) de maíz con marco de siembra de 0.90 x 0.25m.

El tipo genético del suelo es Ferralítico Amarillento Lixiviado (FRAL) según la Clasificación de los Suelos de Cuba (Hernández, 2015). Los análisis agroquímicos previo a la plantación se indican en la tabla 1:

Tabla 1. Análisis agroquímico del suelo.

Campañas	pH	Materia orgánica (%)	P ₂ O ₅ (mg.100g suelo)	Conductividad eléctrica (ds.m ⁻¹)
2020-2021	6,77	4,07	22,33	0,30
2021-2022	6,45	4,10	22,80	0,30

Fuente: elaboración propia

Tanto la preparación de suelo como la siembra fueron realizadas de forma mecanizada. La sembradora JUMIL JM2570 PD SH se reguló para que entregara 4 semillas por metro lineal ya que la germinación era mayor de 80%.

Se ajustó la siembra para que la disposición de las semillas en los órganos permitiera la siembra de 2 surcos de la línea CT9 (macho) por 6 surcos de la línea H (S3)26.4 (hembra). En el inicio como en el final del área se sembraron 4 surcos de la línea macho en cada lado.

La disposición de las líneas tuvo una secuencia de seis surcos de hembras y dos surcos de macho en los bordes. La línea macho CT9 se cosechó a los 85 días después de la siembra como maíz tierno; dicha línea se denomina Refugio a la plantación de maíz convencional, ocupando un área no menor del 10% del área del maíz transgénico. Su objetivo es el manejo de riesgo de aparición de insectos resistentes, al propiciar un nicho para el desarrollo de insectos plagas susceptibles a las toxinas transgénicas expresadas en cultivo Bt. En este caso la línea convencional (CT9) intercalada con la transgénica funciona como refugio en la plantación.

Se aplicó la fertilización mineral con la fórmula 9-13-17 a razón de 300 kg. ha⁻¹ (por debajo de lo recomendado en la Ficha Técnica 2020 que estipula una dosis de 600 kg.ha⁻¹). En la etapa vegetativa se aplicaron 100 kg. ha⁻¹ de urea, tres aplicaciones de Codafol a razón de 2 L. ha⁻¹ y Fitomas 2.5 L. ha⁻¹. Para las plantas indeseadas se usó Dual Gold con una dosis de 1 L. ha⁻¹ y Halt CE 96 a razón de 1 L. ha⁻¹ respectivamente. Para el control de plagas y enfermedades se aplicó CelesTop (3 ml.kg⁻¹) y Saddler (15 ml.kg⁻¹). Las labores de manejo agronómico se efectuaron de igual manera para todas las unidades experimentales. Durante la etapa investigativa se realizó la selección negativa para eliminar las plantas fuera de tipo o enfermas para garantizar la homogeneidad de la población.

Se condujo en un diseño experimental aleatorio simple; en el mismo se establecieron 5 réplicas de 100 m² cada una para evaluar 50 plantas hembras de 316 en cada unidad experimental hasta su cosecha. Lo que representa el 15,82% de plantas medidas por parcela. Se usó el paquete estadístico InfoStat V-2015 para P≤0.05.

Se determinó la Calidad Física del grano en el Laboratorio Provincial de Semillas de Caonao. Se analizaron: cantidad de semillas puras, materia inerte, cantidad de semillas frescas, puras y muertas según la Norma Cubana NC: 70:01, perteneciente a las Normas ISTA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación morfológica de la línea de *Z. mays* H (S3)26.4 durante las campañas 2020-2021 y 2021-2022 en la Empresa Agropecuaria Horquita, Granja 4 KUBAN 8

Este resultado se genera por ser un sistema de producción de manera tecnificada por parte de la empresa, que recibió asesoramiento y cuenta con la información necesaria que les proporcione las características representativas del cultivo, así como la adaptación a la zona, niveles de producción, resistencia a plagas y enfermedades, exigencias agroclimáticas, requerimientos nutricionales, considerando la calidad de los suelos de la zona, que todos esos factores con particularidades esenciales fueron considerados al momento de elegir el material genético a implantar, en este caso las líneas de maíz.

Como se observa en la Tabla 2, el comportamiento de dichas variables es un resultado promisorio en la producción de semilla híbrida y el establecimiento de líneas transgénicas en la localidad. Como refiere Ávila et al., (2009), la expresividad de las características genotípicas y fenotípicas son afectadas por las condiciones ambientales, en áreas potenciales para la producción comercial de maíz.

Entre las variables consideradas factores determinantes para la evaluación morfológica de las plantas están la altura (h), diámetro del tallo (dt), número de hojas (nh) y altura de la hoja bandera (hhb). El resultado de la evaluación de cada una de estas variables muestra que no hubo diferencias significativas ente las parcelas ni entre las campañas (C) (Tabla 3). Éstas tuvieron un comportamiento similar: h (114,85 - 138,42); dt (22,97 - 35,28); nh (12,6 - 12,32) y hhb (105,25 - 136,82).

Tabla 2. Valores medios y desviación estándar de las variables morfológicas a los 45 DDS para la prueba de Kruskal-Wallis ($P \leq 0.05$)

C	P	h (cm)			dt(mm)			nh(u)			hhb(cm)		
1	1	108,3	±	37,3	22,7	±	4,1	12,6	±	1,5	101,04	±	34,48
1	2	110,2	±	30,4	23,2	±	4,5	12,4	±	1,5	102,60	±	28,9
1	3	112,9	±	36,5	23,1	±	4,5	12,7	±	1,8	105,04	±	34,65
1	4	125,0	±	36,8	22,9	±	3,4	13,0	±	1,1	112,98	±	31,76
1	5	112,5	±	28,3	23,1	±	4,0	12,4	±	1,2	104,60	±	26,91
2	1	137,2	±	11,6	19,6	±	1,4	11,9	±	0,9	131,12	±	12,39
2	2	142,5	±	4,4	20,3	±	1,1	12,4	±	0,8	141,88	±	4,26
2	3	139,7	±	5,6	20,0	±	0,6	12,5	±	0,8	139,34	±	5,55
2	4	136,3	±	11,5	19,7	±	1,2	12,5	±	0,8	135,98	±	11,54
2	5	136,2	±	13,7	26,7	±	56,4	12,2	±	0,9	135,80	±	13,72

Leyenda: C: Campaña, P: Parcela, h: Altura, dt: Diámetro del tallo, nh: Número de hojas, hhb: Altura de la hoja bandera

Fuente: Elaboración propia

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) sugiere densidades óptimas de siembra de 65 000 plantas ha⁻¹, para genotipos tropicales de maíz que tengan una altura de la planta superior a los 240 cm.

No obstante, en el presente estudio se emplea una menor densidad de plantas, atendiendo a las condiciones para obtener como resultado alturas inferiores a 200 cm.

Tabla 3. Valores medios y desviación estándar de las variables morfológicas a los 60 DDS para la prueba de Kruskal-Wallis ($P \leq 0.05$)

C	P	h (cm)			dt(mm)			nh(u)			hhb(cm)		
1	1	183,6	±	42,6	23,1	±	3,1	13,0	±	1,6	171,9	±	44,6
1	2	198,8	±	26,3	23,6	±	2,9	13,0	±	2,3	187,9	±	29,4
1	3	196,8	±	23,2	23,3	±	2,4	13,0	±	2,2	188,2	±	21,8
1	4	197,8	±	27,4	23,9	±	2,7	13,1	±	2,6	189,3	±	25,5
1	5	175,6	±	52,9	22,9	±	3,2	13,1	±	1,4	160,2	±	55,4
2	1	195,3	±	11,1	23,9	±	2,2	12,5	±	0,9	190,0	±	10,4
2	2	199,6	±	9,5	23,6	±	1,8	12,8	±	0,7	197,4	±	15,8
2	3	195,4	±	9,7	23,2	±	1,8	12,4	±	0,8	195,2	±	9,7
2	4	198,9	±	9,2	23,7	±	2,1	12,2	±	0,7	198,7	±	9,2
2	5	198,1	±	10,6	23,3	±	1,8	14,4	±	14,	197,8	±	10,7

Tabla 3. Continuación

C	P	hi1m (cm)		nm (u)			
1	1	58,86	±	30,24	3,06	±	1,72
1	2	60,98	±	24,73	3,58	±	1,62
1	3	68,14	±	20,83	3,38	±	1,32
1	4	64,74	±	19,95	3,68	±	1,25
1	5	56,88	±	30,90	2,98	±	1,67
2	1	81,86	±	5,36	3,54	±	0,68
2	2	81,00	±	4,98	3,94	±	0,65
2	3	79,76	±	2,68	3,72	±	0,76
2	4	80,16	±	4,73	3,94	±	0,74
2	5	81,02	±	3,01	3,58	±	0,54

Leyenda: C: Campaña, P: Parcela, h: Altura, dt: Diámetro del tallo, nh: Número de hojas, hhb: Altura de la hoja bandera, hi1m: Altura intercepción de la primera mazorca, nm: Número de mazorcas

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 expresa que no hubo diferencias significativas entre las variables morfológicas. El comportamiento fue similar en todas las parcelas y las campañas. La campaña 2 (2021-2022) a pesar de no tener diferencias estadísticas significativas se caracterizó por tener plantas más vigorosas, destacando su altura y la altura de la hoja bandera. Este aspecto es positivo si tenemos presente la relación con el rendimiento final.

Lo antes planteado se justifica porque el rendimiento de los cultivos es dependiente del índice de área foliar y la duración de la misma, que es ocasionado por la presencia del mayor número de hojas por unidad de superficie, según Olalde et al., (2000), por ello las plantas que reciben la mayor proporción de energía radiante, tendrán una eficiencia fotosintética aumentada, aquellas plantas que se desarrollan más grandes y frondosas tienden a realizar sus procesos bioquímicos de manera correcta con rendimientos favorables (Arboleda, 2011).

A los 60 días desde la siembra, el comportamiento de la altura de intercepción de la primera mazorca y el número de mazorcas reflejan resultados sin diferencias estadísticamente significativas (Figura 1), pero se sugiere informar que la altura de intercepción de la primera mazorca en la segunda campaña superó en más de 19 cm, como media, a la primera campaña.

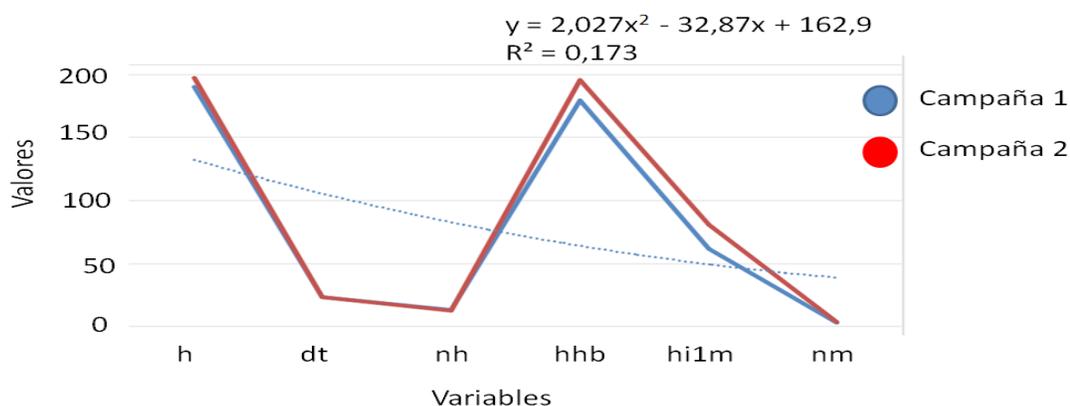


Figura 1. Comportamiento de las variables morfológicas y ecuación de regresión por campaña a los 60 DDS

Leyenda: h: Altura, dt: Diámetro del tallo, nh: Número de hojas, hhb: Altura de la hoja bandera, hi1m: Altura intercepción de la primera mazorca, nm: Número de mazorcas

Fuente: Elaboración propia

El número de hojas siempre estuvo relativamente similar en ambos ciclos. Se considera que el rendimiento del cultivo expresado depende de la adaptación de la planta en el ambiente y el desarrollo que la misma puede alcanzar en la zona sembrada.

La producción de materia seca de un cultivo está directamente relacionada con el aprovechamiento de la radiación solar incidente. Además, para alcanzar los máximos rendimientos en situaciones sin limitaciones ambientales importantes, los cultivos deben aprovechar en su totalidad la radiación solar disponible durante los momentos críticos del ciclo vegetativo que más influyen en los rendimientos (Barroso 2017).

Las variables altura de la planta, altura de intercepción de la primera mazorca y el número de hojas guardan relación con el desarrollo del híbrido, porque a medida que aumenta el tamaño de la planta, incrementa el número de hojas y por ende la altura de intercepción de la mazorca también será mayor, pronosticando como resultado un incremento en la producción de biomasa, tomando en consideración la altura de la planta y la cantidad de hojas presentes. Los valores mostrados en estas variables son inferiores a los obtenidos por (Maguiña-Maza *et al.*, 2021) en un estudio del Potencial agronómico, productivo, nutricional y económico de cuatro genotipos de maíz, los que a su vez mostraron mejores resultados de rendimiento.

La tasa de crecimiento del cultivo es considerada un índice específico que refleja la productividad del cultivo, según Santos *et al.* (2010), por lo que las plantas de maíz que alcanzan alturas más elevadas tienen rendimientos potenciales más altos, a pesar de ser esta una variable que depende de un número elevado de factores como el ambiente y la variedad de la semilla. La mención se corrobora en nuestra investigación al observar las variables antes mencionadas y el rendimiento, tomando en cuenta que las líneas utilizadas tienen doble propósito, el de producir semillas en el caso de la línea hembra y en el caso de la línea macho para consumo forrajero.

La resistencia que presenta la planta de maíz al acame depende en gran medida del diámetro del tallo, considerando que este tiende a disminuir cuando se aumenta la densidad de siembra, debido a la competencia entre las plantas. El grosor del tallo depende, entre otros factores, de la variedad, las condiciones ambientales y nutricionales del suelo, lo que explica la necesidad de un adecuado manejo del cultivo para obtener una planta resistente

La altura de inserción de la primera mazorca fue menor en ambas campañas en relación a los híbridos Trueno N. y Pioneer F., reportados por Guamán *et al.* (2020), siendo

de 81,2 cm, considerado el valor más elevado obtenido en la investigación. De manera contraria en el mismo caso experimental los valores más bajos fueron de Iniap H. con 69,6 cm, superiores al obtenido con la línea H (S3)26.4 e inferior a Gladiador D. con 57,7 cm respectivamente.

La altura de planta al momento de la cosecha obtuvo diferencia entre campañas de 6,94 cm, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas. Se observaron diámetros de tallos superiores a 2 cm, con media entre campañas de 2,35 cm, aunque sin diferencias significativas entre ellos. El número de mazorcas no varió estadísticamente lo que indica que hay una relación entre la altura, diámetro del tallo y número de mazorcas en la línea de estudio. Resultados similares cita Intriago & Torres (2018) evaluando efectos del arreglo de siembra y densidad poblacional en maíz que no encontraron diferencias significativas en altura de planta y diámetro del tallo, usaron dichas variables como indicadores tempranos de rendimiento de maíz.

Martínez & Sandoval (2020) refieren que la altura de planta es una característica fisiológica determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis y puede verse afectada por la acción conjunta de los cuatro factores fundamentales: luz, calor, humedad y nutrientes. En altura de planta y altura de inserción de la primera mazorca dio resultados similares a Tadeo *et al.* (2016).

Sin embargo, Corral *et al.* (2019), cuando evaluaron dos genotipos de maíz, reportaron promedios de altura de 106 cm y 194 cm, respectivamente. Esto coinciden con lo señalado por Sánchez *et al.* (2011) quienes describieron que los genotipos de maíz tradicionales, presentan distintas variaciones en su crecimiento según las localidades que crecen, si las condiciones climáticas son favorables, tienen una mejor actividad fotosintética, lo cual induce un óptimo crecimiento y desarrollo y por consiguiente en el rendimiento.

Cuantificación del rendimiento de la línea de *Z. mays* H (S3)26.4 durante las campañas 2020-2021 y 2021-2022 en la Empresa Agropecuaria Horquita, Granja 4 KUBAN 8

En las variables consideradas como factores determinantes para el rendimiento, como longitud, diámetro y peso de la mazorca no mostraron diferencia estadística significativa, el comportamiento se mantuvo similar (Tabla 4).

Según Aguilar *et al.* (2015) los rendimientos en el maíz varían entre los genotipos, por lo que se dificulta la selección de híbridos con mayor adaptación a las condiciones ambientales de una misma localidad.

Tabla 4. Valores medios y desviación estándar de las variables productivas para la prueba de Kruskal-Wallis ($P \leq 0.05$)

C	R	np(u)	nm (u)	pm (kg)	lm (cm)	dm(mm)
1	N	103	103	103	103	103
1	Media	25,25	1,59	0,14	13,97	4,55
1	D.E.	14,26	0,63	0,05	2,4	0,41
1	CV	56,46	39,76	36,39	17,16	8,94
2	N	111	111	111	111	111
2	Media	26,27	1,66	0,15	14,8	4,51
2	D.E.	14,64	0,67	0,04	1,77	0,42
2	CV	55,71	40,26	26,01	11,93	9,35

Leyenda: C: Campaña, R: Resumen, np: Número de plantas, nm: Número de mazorcas, pm: Peso de la mazorca, lm: Longitud de la mazorca, dm: Diámetro de la mazorca

Fuente: Elaboración propia

La relación entre la producción de grano y la densidad de población es compleja, debido a que la mejor respuesta en rendimiento de grano varía de acuerdo a la condición del suelo, el clima, las prácticas culturales y el genotipo.

El peso de las semillas por mazorca no tuvo diferencia estadística. En estudios de Intriago & Torres (2018) observaron que a densidades de 62,000 plantas.ha⁻¹ no tuvo un cambio significativo estadísticamente a través de los arreglos, pero si evidenció la tendencia a tener mayores pesos específicos. Aunque el peso específico también fue mayor a 82,000 y 102,000 plantas/ha bajo hileras simples (Tabla 5).

Tabla 5. Valores medios y desviación estándar del rendimiento de las mazorcas por campaña para la prueba de Kruskal-Wallis ($P \leq 0.05$)

C	R	nf(u)	ngf(u)	ngm(u)	psm(kg)	dT(cm)
1	N	103	103	103	103	103
1	Media	12,7	21,41	278,16	0,1	3,59
1	D.E.	3,27	5,37	119,81	0,06	0,37
1	CV	25,71	25,07	43,07	65,92	10,38
2	N	111	111	111	111	111
2	Media	12,75	21,62	281,68	0,11	3,6
2	D.E.	3,18	5,26	116,95	0,07	0,28
2	CV	24,91	24,31	41,52	65,73	7,68

Leyenda: nf: Número de filas, ngf: Número de granos por fila, ngm: Número de granos por mazorca, psm: Peso de la semilla por mazorca, dT: Diámetro de la tuza

Fuente: Elaboración propia

Pese a décadas de investigación en el desarrollo de germoplasma mejorado de maíz, aún se obtienen bajos rendimientos, consecuencia directa de factores como los climáticos, poca fertilidad del suelo, manejo agronómico inadecuado o porque no se dispone del material genético más adecuado en la región, esto se debe a que cada híbrido tiene características propias de rendimiento y adaptación, que marcan su diferencia como lo demuestran los resultados obtenidos por Gavilánez y Gómez (2021) en un estudio de rendimiento del maíz híbrido Advanta 9313 que promedio entre 8,8 y 10,6 t. ha⁻¹

Por medio de estas comparaciones se afirma que la adaptabilidad de una planta depende de la zona agroclimática donde está plantada. Lo anterior reafirma lo planteado por Huanuqueño, Gastón & Jiménez (2021); quienes mencionan que los híbridos comerciales poseen una mayor longitud y peso de la mazorca para obtener los más altos rendimientos. También estas características se conservan, siempre y cuando el sitio de siembra mantenga las condiciones

agronómicas requeridas por el híbrido; también observaron que el diámetro y la longitud de mazorca contribuyen a aumentar el número y tamaño de granos por mazorca por unidad de superficie y, por lo tanto, el rendimiento, lo mismo coincide con Guamán et al. (2020).

Cuando las plantas están bajo condiciones de estrés a causa de los entornos agroclimáticos del lugar en donde está establecida, esta acción de adaptabilidad repercute en la productividad y la calidad de los frutos (Garzón et al., 2013). Por lo que se puede afirmar que la línea no es la mejor adaptada a en las condiciones del lugar si se tienen referencia de datos en otros territorios de Cuba.

Según el análisis estadístico para el número de filas (Nf) $\leq 0,05$, no se visualizaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) para dicha variable, registrando promedios similares en cada parcela y campaña.

El número de granos por hileras está influenciado por el número de óvulos por hileras y a su vez por la alimentación mineral y el aseguramiento de las necesidades hídricas, así como por la densidad y la profundidad de las raíces. Dosis adecuadas de nitrógeno tienen influencias positivas sobre los componentes de rendimiento en general y muy particularmente en el número de granos por hilera.

Para la variable de número de hileras por mazorca no hubo diferencias estadísticas significativas entre parcelas, lo que indica que este cultivar tendría un comportamiento similar en condiciones futuras.

El diámetro del tallo fue superior de 2 cm en todos los casos; por ello se obtuvieron una buena lignificación en los tallos, lo cual se debió a que esta línea de producción de híbrido hizo un buen uso de los factores agroambientales, así beneficiando la síntesis de metabolitos primarios, especialmente carbohidratos que constituyen la estructura de los tejidos parenquimáticos, aquellos que le dan sostén a la planta para dicha variable.

Dentro de las variables consideradas factores determinantes para el rendimiento está la longitud de la mazorca (Guamán et al., 2020) con diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0,0001$), difiere de los resultados obtenidos por Tadeo et al. (2016); al igual que el peso de semillas por mazorca ($P \leq 0,05$) que origina una diferencia altamente significativa como se muestra en la tabla 6.

El resto de las variables no obtuvieron diferencias estadísticas lo que puede estar relacionado a que cuando las plantas están bajo condiciones de estrés a causa de los entornos agroclimáticos del lugar en donde está establecida, esta acción de adaptabilidad repercute en la productividad (Garzón et al., 2013).

El peso de las semillas por mazorcas mostró la capacidad de la planta de trasladar nutrientes acumulados durante su desarrollo vegetativo al grano en la etapa reproductiva (Tabla 6), su movilización contribuye al rendimiento en una producción que difiere con las variables y las condiciones del medio ambiente. Según Martínez & Sandoval (2020), el rendimiento en el grano de maíz está relacionado con la aplicación de fertilizantes, aporte de humedad, densidad poblacional, y el potencial de rendimiento de la variedad, coincidiendo con nuestro caso.

El largo o longitud de la mazorca es un parámetro de influencia directa en el rendimiento acompañado del diámetro y el llenado de la mazorca de maíz, ambas variables promediaron valores en las campañas de 4,53 cm en el caso del diámetro de la mazorca y 279,92 granos por mazorcas.

El diámetro de la mazorca no varió estadísticamente (Tabla 6), pero no se debe a usar el mismo marco de siembra, ya que las altas densidades de siembra tuvieron un efecto inversamente proporcional en otras variables como fue el caso de la longitud y el diámetro de mazorca, pues se pudo observar que tanto la longitud y el diámetro de mazorca disminuyeron conforme aumentó la densidad de siembra.

Tabla 6. Resultados de la prueba de Wilcoxon para muestras independientes por campañas

Variable por campañas	W	P (2 colas)
Np	10836	0,6
Nm	10798,5	0,5
Pm	10391	0,13
Lm	9688,5	0**
Dm	11364	0,52
Nf	10969,5	0,82
Ngf	10908	0,72
Ngm	10916,5	0,73
Psm	9843,5	0,01**
dT	10855,5	0,63

Leyenda: ** Indica diferencias significativas ($P \leq 0,05$) np: Número de planta, nm: Número de mazorca, pm: Peso de la mazorca, lm: Longitud de la mazorca, dm: Diámetro de la mazorca, nf: Número de filas, ngf: Número de granos por fila, ngm: Número de granos por mazorca, psm: Peso semillas por mazorca, dT: Diámetro de la tuza.

Fuente: Elaboración propia

Al evaluar el número de mazorcas por plantas no se observaron diferencias estadísticas significativas ($p=0,5$),

se alcanzaron valores de 1,62 por planta, los rangos más bajos fueron en la campaña 2020-2021. Dichos resultados son superiores a la variedad Trueno N del estudio de Guamán et. al. (2020) quienes refirieron el rango más bajo con 1,4 y 1,1 mazorcas por plantas promedio respectivamente.

Los genotipos o híbridos de alto peso de granos presentan altas tasas de llenado durante la fase de llenado efectivo y alto número de gránulos de almidón formados. Trabajos realizados sobre densidades de población en híbridos de maíz bajo temporal, en el trópico húmedo, demostraron que al aumentar la densidad de 50 000 a 62 500 planta ha⁻¹, obtuvieron el mayor rendimiento de grano, pues se incrementó en 0,30 t.ha⁻¹ (Saltos, 2018).

La Tabla 6 evidencia que en bajas densidades de siembra en comparación con densidades de 88 888 plantas ha⁻¹ (doble de las plantas de nuestro estudio), las plantas de maíz tuvieron menos competencia por agua y nutrientes y viceversa, así crecen en busca de la luz solar, de esta manera iguala en la altura y no supera a las plantas que se sembraron en dicho estudio a diferentes densidades. En este sentido se propone para estudios posteriores un aumento de la densidad para provocar en las plantas mayor crecimiento por tratamientos con mayor altura, se obtiene las menores distancias entre plantas y el mayor número de plantas por nido. Según Blanco et al. (2015) la altura de la planta es un parámetro que depende, en mayor medida, de factores externos del medio.

Bajo las condiciones del estudio de Blanco et al. (2015), el incremento en densidad de 44 444 a 88 888 plantas ha⁻¹ aumentó el rendimiento de granos en un 50 %. Este incremento fue similar al encontrado en otros estudios, en los cuales se observaron aumentos del rendimiento de grano en densidades superiores a 50 000 plantas.ha⁻¹ (Guevara et. al., 2005).

Por lo general los híbridos comerciales previos a su liberación al mercado son evaluados exhaustivamente tanto en condiciones controladas como en campo; por ende, sus creadores recomiendan una densidad de siembra determinada. No obstante, en ocasiones estas no se acoplan a las condiciones agroclimáticas de las zonas de cultivo, no por falta de calidad en el material vegetal, sino por factores relacionados con el manejo antes y durante el establecimiento y desarrollo de los cultivares, entre estos factores se destaca el arreglo espacial o densidad poblacional del cultivo, el cual influye directamente sobre los parámetros productivos de las plantas. Estos elementos coinciden con lo planteado por Huanuqueño, Zolla, & Jimenez (2022) quienes concluyeron con esos criterios en un estudio de selección de líneas estables y de alto rendimiento de maíz morado (*Zea mays*L.) var. reventón usando el índice de estabilidad de múltiples caracteres (MTSI)

Se trabajó con la densidad poblacional recomendada por los decisores, al hacer otros estudios pudieran establecerse mejores resultados. El rendimiento en ambas campañas resultó 3,16 t.ha⁻¹ con una densidad de plantas productivas de 31600 plantas, lo que induce la necesidad de seguir buscando alternativas de producción del mismo para la producción de semillas.

Análisis de la calidad de la semilla del híbrido simple de maíz H-Ame15 en el Laboratorio Provincial de Semillas.

Las semillas amparadas por este Certificado cumplen con los índices mínimos de calidad establecidos en las normas vigentes aprobándose las mismas para su empleo como material de siembra o reproducción (Tabla 7). Se muestra un bajo porcentaje de germinación que pudiera, según Becerra et al. (2022), influir en el rendimiento del grano, teniendo presente que los progenitores en el momento de la siembra tenían un 80% de germinación.

Tabla 7. Análisis de la calidad física de la semilla del híbrido simple de maíz H-Ame15

Pureza %			Germinación%						Humedad	VA
Semillas Puras	Otras Semillas	Materia Inerte	Nº de días	Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas Frescas	Semillas Duras	Semillas Muertas	%	%
98.39	0.00	1.61	7	85	5	0	0	10	15.4	84

Leyenda: VA: Valor agrícola

Fuente: Elaboración propia

La calidad de estas semillas tiene un efecto fundamental en el rendimiento final, por lo que resulta de suma importancia poder discriminar entre diferentes lotes. Semillas de alta calidad podrían sembrarse en condiciones no óptimas, o podrían ser almacenadas por mayor tiempo en comparación con lotes de menor vigor, pero dentro del rango de calidad. Esto coincide con lo planteado por McDonald (1998), citado por Becerra et al., 2022, que sugiere que los programas de control de calidad de las semillas, basados en análisis bien fundamentados, asegurarían la disponibilidad de las mejores semillas en el mercado.

Este análisis (Tabla 7) se debe a la presencia de impurezas debido a que durante la selección no se realiza una adecuada limpieza por parte de los trabajadores, por lo cual el polvo, semillas de malezas de hojas tallos, semillas de malezas y material inerte como partícula de tierra y otros como lo manifiesta. Por ello si los procedimientos no se cumplen para el control de la calidad en las áreas de producción de semillas, se pierde o daña la sanidad, germinación y vigor (calidad fisiológica) en semillas que posteriormente serán analizadas.

CONCLUSIONES

La caracterización morfológica de las plantas de la línea de *Z. mays* H (S3)26.4 no mostró diferencias significativas, a nivel de parcelas y entre las campañas, en todas las variables evaluadas. El rendimiento medio obtenido en ambas campañas fue de 3,16 t.ha⁻¹, superior a la media nacional, y mostró diferencias significativas para las categorías de longitud de la mazorca ($P \leq 0.0001$) y peso de semillas por mazorca ($P \leq 0.05$). La semilla obtenida mostró índices de calidad que avalan su uso como material de propagación

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, C., Escalante, J. A. & Aguilar, I. (2015). Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Revista Terra Latinoamericana*, 33(1), 51-62.
- Arboleda, M. (2011). Efecto de la irradiancia en el crecimiento y desarrollo de *Apteniocordifolia* (L. f.) Schwantes como cobertura ornamental, Venezuela. *Revista Bioagro*, 23(3), 175-184.
- Ávila, M. E., Borges, O. L., & Bernáez, J. C. (2009). Caracterización biométrica del cultivo y perfil descriptivo de mazorcas del híbrido de maíz superdulce "delicia" (bt1), Venezuela. *Revista Bioagro*, 21(2), 143-147.
- Barroso F. (2017). *Imágenes aéreas de muy alta resolución para la caracterización del maíz (Zea mays L.) de regadío en una zona semiárida* (Tesis de Doctorado). Universidad de Castilla la Mancha, Albacete.
- Becerra, E. J., Pérez, C. M., & Valdivieso, D. (2022). Calidad Física de Cuatro Variedades de *Zea mays* L. en Laboratorio Provincial de Semillas Cienfuegos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 65-69. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Blanco, Y., Afifi, M., & Swanton C. (2015). Efecto de la calidad de la luz en el cultivo del maíz: una herramienta para el manejo de plantas arvenses. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 62-71.
- Corral, J. V., Bolaños, H. J. A., Gualoto, M. M. P., Chávez, J. D. C., & Vizúete, D. R. S. (2019). Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona media de la parroquia Malchinguá. *ACI (Avances en Ciencias e Ingenierías)* 11(1)40-49.
- Doria, J. (2020). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 9-13.
- Garzón, D., Vélez., J. & Orduz, J. (2013). Efecto del déficit hídrico en el crecimiento y desarrollo de frutos de naranja Valencia (*Citrus sinensis* Osbeck) en el piedemonte del Meta, Colombia. *Revista Acta Agronómica*, 6(2), 136-147.
- Gavilánez-Luna, F. C., & Gómez-Vargas M. J. (2022). Definición de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio para una máxima producción del maíz híbrido Advanta 9313 mediante el diseño central compuesto. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(1), e2225. https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:2225
- Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencio, A., Ulloa, S., & Romero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra* 7(2)047-056. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>
- Guevara, A., Barcenás H., G., Salazar M., F., González S. E., & Suzán A. H. (2005). Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. *Agrociencia*, 39(4), 31-9.
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D. & Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos.
- Huanuqueño, H., Zolla, G., & Jimenez, J. (2022). Selección de líneas estables y de alto rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) var. reventón usando el índice de estabilidad de múltiples caracteres (MTSI). *Scientia Agropecuaria*, 13(2), 125-133.
- Intriago, D. I., & Torres, J. R. (2018). Efecto de la densidad y arreglo de siembra en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.).

Maguiña-Maza R. M., Francisco Perez S. C., Pando Cárdenas G. L., Sessarego Dávila E., Chagraj Ameri N. H., Pujada Abad H. N. y Airahuacho Bautista F. E. «Potencial agronómico, Productivo, Nutricional Y económico De Cuatro Genotipos De maíz Forrajero En El Valle De Chancay, Perú». *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, vol. 22 (3).

Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI), 2019. Territorio, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. Anuario Estadístico de Cuba. <http://www.onei.cu/aec2019>

Olalde G, V. M., Escalante E, J. A., Sánchez, P., Tijerina Ch, L., Mas Tache L, A. A., & Carreño R, E. (2000). Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido, México. *Revista Terra Latinoamericana*, 18(4), 313-323.

Salto B, E. G. (2018). *Manejo agronómico de tres híbridos y cuatro distancias de siembra en el cultivo de maíz Zea mays L.* (Tesis de Grado). Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil, 77 p.

Sánchez, P., Ruiz, T., Rincón, S. & Burciaga, D. H. (2011). Caracterización física y fisiológica de poblaciones criollas de maíz bajo dos sistemas de producción. *Revista Agraria*, 2(22) 38-40.

Santos M., Segura, M., & Núñez, C. E. (2010). Análisis de crecimiento y relación fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum L.*) en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(1), 5253-5266.

Tadeo R, M., Zaragoza E, J., Espinosa C, A., Turrent F, A., Zamudio G, B., Virgen V, J., & Valdivia B, R. (2016). Productividad de la generación F 1 y F 2 de híbridos de maíz (*Zea Mays L.*) de valles altos de México. *Agrociencia*, 50(1), 33-41

Téllez R., P., Morán B., I., Riverón H., A., Espinoza D., D., Hernández H. D., Martínez R. A., Ayra P. C., & Isidró P. M. (2021). H-Ame15: Nuevo híbrido simple de maíz transgénico, resistente a la palomilla y tolerante a herbicidas. *Cultivos Tropicales*, 42(4), <https://doi.org/10.7440/res64.2018.03>