



## Definición del marco óptimo de plantación del híbrido de maíz H-Ame15, en época seca

### Definition of the optimal planting spacing for the hybrid H-Ame15 under dry period

 Pilar Téllez-Rodríguez<sup>1\*</sup>,  Ivis Morán-Bertot<sup>1</sup>,  Albis Riverón-Hernández<sup>1</sup>,  
 Davel Espinoza-Delgado<sup>1</sup>,  Alberto Martínez-Ramírez<sup>1</sup>,  Miriam Isidró-Pérez<sup>2</sup>,  
 Yulexis Pino-Blanco<sup>3</sup>,  Leyenis García-Santos<sup>1</sup>,  Javier Laguna Lezcano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), ave. 31 no. 15802 e/158 y 190, Cubanacán, Playa, La Habana, Cuba, P.O. Box 6162, CP 10600

<sup>2</sup>Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”, (UNAH), carretera a Tapaste y Autopista Nacional, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700

<sup>3</sup>Centro de Producción y Desarrollo Agrofar, Santo Domingo, Villa Clara, Cuba

**RESUMEN:** El cultivo del híbrido simple H-Ame15 a gran escala, constituye una alternativa para el manejo eficiente del maíz (*Zea mays* L.) en campo, al contener eventos transgénicos, que aportan resistencia a *Spodoptera frugiperda* Smith y tolerancia a herbicidas a base de glufosinato de amonio. El objetivo de este trabajo es definir el marco de plantación óptimo para este híbrido. Para ello, se evaluó el comportamiento morfoagronómico del cultivo a 0,7m de distancia entre surcos y 0,15 m, 0,20 m y 0,25 m de separación entre plantas. El ensayo se realizó durante el período de seca, comprendido entre 2019 y 2020. Con el aumento de la densidad de plantas disminuyó el diámetro del tallo, esto generó el patrón de esbeltez de las plantas descrito por la literatura. En las mazorcas no varió el número de hileras, sin embargo, disminuyó el número de granos por hilera, lo cual caracteriza al híbrido con el patrón flexible de la mazorca. Esta variación en la morfología de las mazorcas afectó el potencial productivo de las plantas de manera individual, a pesar de ello, el rendimiento potencial se incrementó, por el aporte de un mayor número de plantas por hectárea: 14,74 t ha<sup>-1</sup> a 0,15 m; 12,83 t ha<sup>-1</sup> a 0,20 m y 10,94 t ha<sup>-1</sup> a 0,25 m. Se determinó que 0,7 m x 0,20 m (71 000 plantas ha<sup>-1</sup>), fue el marco de plantación apropiado para esta época y se logró el mejor balance entre producción y porcentaje de pérdida, causada por factores ambientales como enfermedades estacionales.

**Palabras clave:** densidad de plantación, rendimiento, *Zea mays*.

**ABSTRACT:** The cultivation of the simple hybrid of corn H-Ame15 on a large scale, constitutes an alternative for an efficient management of corn (*Zea mays*) in the field, as it contains transgenic events, which provide resistance to (*Spodoptera frugiperda* Smith) and tolerance to herbicides based on glufosinate ammonium. The objective of this work was to consolidate the productivity of the hybrid, optimizing its density in the field. For this, the morphological evaluation of the crop was carried out under three plantation spacing: 0.7m x 0.15m; 0.7m x 0.20m and 0.7m x 0.25m, in the period between December 2019 and April 2020 in an experimental plot. The higher population density caused a decrease in the stem diameter; this generated the slenderness pattern of the plants described in the literature. Cobs did not change the number of rows with increasing density, however the number of grains per row decreased, which affected the productive potential of the plants individually. This variation in the morphology of the ear allowed to characterize this hybrid with the

\*Autor para correspondencia: [pilar.tellez@cigb.edu.cu](mailto:pilar.tellez@cigb.edu.cu)

Recibido: 23/09/2021

Aceptado: 30/01/2022

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

**Contribución de los autores:** **Conceptualización-** Pilar Téllez-Rodríguez. **Investigación-** Pilar Téllez-Rodríguez, Ivis Morán-Bertot, Albis Riverón-Hernández, Davel Espinoza-Delgado, Alberto Martínez-Ramírez, Amanda Jiménez Cruz, -Javier Laguna Delgado. **Metodología-** Pilar Téllez-Rodríguez, Davel Espinoza-Delgado, Alberto Martínez-Ramírez. **Supervisión-** Miriam Isidró-Pérez, Yulexis Blanco-Pinoa. **Escritura del borrador inicial, Escritura y edición final y Curación de datos-** Pilar Téllez-Rodríguez

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



flexible pattern of the cob. Despite this, the potential yield increased, due to the contribution of a greater number of plants per hectare: 14.74 t ha<sup>-1</sup> at 0.7m x 0.15m, 12.83 t ha<sup>-1</sup> at 0.7m x 0.20m and 10.94 t ha<sup>-1</sup> at 0.7m x 0.25m. It was determined that 0.7m x 0.20m (71000 plants ha<sup>-1</sup>), was the most appropriate plantation framework for this time, since with this distribution the best balance between production and percentage of loss caused by environmental factors such as seasonal diseases was achieved.

**Key words:** *Zea mays* L., plant density, yield.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de gran demanda por sus variados usos. La producción a nivel mundial supera los 1 100 millones de toneladas en grano seco al año, siendo notables las producciones de países como Estados Unidos, Brasil y Argentina, sustentadas por rendimientos de 11,6, y 8 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Estos índices se asocian al uso de tecnologías de los híbridos y los Organismos Genéticamente Modificados (OGM). Sumado a ello existe la tendencia de lograr el máximo potencial productivo, a partir de la eficiencia del manejo agrotécnico. En la actualidad, se estudia la influencia de los siguientes elementos: el clima, la fertilización nitrogenada, el cultivo precedente, la densidad de población, la labranza y los reguladores del crecimiento (1,2).

La Oficina Nacional de Estadística (ONEI) publicó en el año 2020 (3), que la producción nacional de maíz seco en Cuba fue de 247 473 toneladas, con un rendimiento promedio de 1,93 t ha<sup>-1</sup> y se importaron 873 225 toneladas de maíz seco sin moler, a un costo de \$199 040 000 dólares (4). Las causas de los bajos niveles de producción están sujetas a la insuficiente disponibilidad de insumos, las indisciplinas tecnológicas, la calidad de la semilla, la baja población en campo, entre otros (5). Otro factor a considerar es que la producción de semilla está dirigida, principalmente, al uso de variedades tradicionales, cuyo potencial de rendimiento es inferior al de los híbridos.

La introducción del híbrido simple transgénico H-Ame15 en la producción nacional de maíz, es una propuesta del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), como otra alternativa para incrementar la producción de este cultivo en Cuba. Este híbrido obtuvo su registro varietal en diciembre de 2020. Posee alta productividad proporcionada por la heterosis, a la cual se suma el valor agregado por los productos de la transgénesis: tolerancia a herbicidas a base de glufosinato de amonio y resistencia a la palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda* Smith). Sin embargo, para lograr el rendimiento máximo del cultivo es necesario realizar algunas precisiones en el manejo. El uso de una población óptima propicia el uso eficiente de la luz y los recursos del suelo (6).

El incremento de la densidad de plantas es una de las estrategias que ha permitido alcanzar rendimientos récords en la producción de maíz (7,8). Varios autores describen cambios morfológicos, que en su conjunto permiten visualizar plantas esbeltas y, si las condiciones son extremas, las plantas se vuelven improductivas, con tendencia al acame (9,10); por tanto, es necesario evaluar la capacidad de cada híbrido ante este estrés para no

afectar el rendimiento neto por área. Los híbridos que poseen mayor plasticidad a la alta densidad de población, conservan su patrón morfológico (10,11), parte de esta respuesta está involucrada en la flexibilidad reproductiva y la capacidad de conservar un patrón fijo bajo estas condiciones (12).

El objetivo de este trabajo es definir el marco de plantación óptimo para el híbrido simple de maíz transgénico H-Ame15, a partir de su comportamiento agronómico en el período de seca en Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material vegetal:** se utilizó semilla del híbrido H-Ame15, producto del cruzamiento entre la línea transgénica L-Moltó y CT9, con fecha de cosecha de abril de 2019, en la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) "Juan Darías", en Jarahueca, Sancti Spíritus. También, se requirió de semilla de la línea CT9, para su uso como refugio (10 % del área sembrada). El uso del refugio es una de las estrategias más recomendadas, para prevenir la aparición de insecto resistencia en plantas transgénicas portadoras de toxinas de *Bacillus thuringiensis* (Bt) (13). Toda la semilla fue tratada con Celestop, a una dosis de 3 mL kg<sup>-1</sup> de semilla, según lo recomendado por la casa comercial del producto (14).

Se realizó un diseño completamente aleatorizado, con tres esquemas de marco de siembra: 1) 0,7 m x 0,15 m (95 000 plantas ha<sup>-1</sup>); 2) 0,7 m x 0,20 m (71 000 plantas ha<sup>-1</sup>); 3) 0,7 m x 0,25 m (57 000 plantas ha<sup>-1</sup>). Cada tratamiento se representó con tres parcelas (réplicas), compuestas por cuatro surcos de 10 m de largo. La siembra fue manual y, a cada lado del área experimental, se sembraron dos surcos con la línea convencional CT9 como refugio. Este ensayo se realizó en el período de seca comprendido entre diciembre de 2019 a abril de 2020.

**Manejo agrotécnico:** el experimento se realizó en suelo Ferralítico Rojo con fertilización de fondo N-P-K (9-13-17), a dosis de 600 kg ha<sup>-1</sup> (15). Se aplicaron dos fertilizaciones foliares con Byfolan a razón de 2 L ha<sup>-1</sup>, con intervalo de una semana a partir del estado vegetativo V<sub>1</sub> de las plantas. Se aplicó urea (200 kg ha<sup>-1</sup>), cuando las plantas alcanzaron el estado vegetativo V<sub>6</sub>. No se utilizó ningún producto para el control de la palomilla del maíz y se utilizó el producto SphereMax (250 mL ha<sup>-1</sup>) en V<sub>8</sub>, para el control de hongos fitopatógenos. El control de arvenses se realizó en V<sub>3</sub>, con el herbicida Lifeline a una dosis única de 1,5 L ha<sup>-1</sup>. Se utilizó el riego por goteo por 12 horas, con una frecuencia de cuatro días, para garantizar el 80 % de la capacidad de campo. La cosecha se realizó de forma manual, cuando las mazorcas tuvieron el 25 % de humedad

del grano. El secado se realizó al sol. El desgrane de las mazorcas se realizó de forma manual, con 13 % de humedad del grano.

**Evaluaciones agronómicas:** para evaluar el comportamiento de los caracteres agronómicos del híbrido, en cada marco de plantación, se seleccionaron 20 plantas de los surcos centrales de cada parcela. Las plantas seleccionadas no debían tener faltantes en su vecindad, para garantizar el marco de plantación en estudio. Las mediciones se realizaron, según el manual para el monitoreo de ensayos del CIMMYT (16). En R<sub>1</sub>, se evaluó la altura de la planta (cm); la altura de la mazorca (cm); el ángulo de inserción de la hoja al tallo (°) y el diámetro del tallo (cm). Posteriormente, en la cosecha, a cada mazorca se le midió el cierre (categoría de 1 a 5); la longitud (cm); el diámetro (cm); el número de hileras; el número de granos por hileras; la masa de la cosecha (tusa y granos) (g) y la masa de granos (g).

A partir de datos anteriores, se realizaron los cálculos de los siguientes caracteres:

Porcentaje de desgrane = [masa de granos (g)/masa de la cosecha (g)] \* 100

Rendimiento potencial (t ha<sup>-1</sup>) = (masa promedio de granos (g)) \* (# plantas en 1 ha)

El impacto del ambiente sobre la productividad del híbrido, en función de los marcos de plantación, se evaluó a partir del conteo de las plantas productivas e improductivas por parcela (28 m<sup>2</sup>) al momento de la cosecha y del cálculo del rendimiento real estimado.

Rendimiento real (t ha<sup>-1</sup>) = [producción por parcela (kg) / área de la parcela (m<sup>2</sup>)] \* 10

**Análisis estadístico:** para el procesamiento estadístico de los datos correspondientes a los caracteres morfológicos se utilizó el paquete estadístico GraphPad Prism versión 6.01. Para evaluar la similitud o diferencia entre las medias obtenidas entre los tratamientos, se realizó un ANOVA con test no paramétrico Kruskal Wallis. A continuación, se realizó el test de comparación múltiple de Dunn. En el caso particular del rendimiento potencial, con el objetivo de caracterizar el comportamiento del rendimiento en función de la densidad de población, se realizó además una regresión lineal, utilizando el programa Microsoft Excel.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización morfoagronómica de las plantas en R1

Como resultado de las mediciones en la etapa R1 del cultivo, para los tres marcos de plantación, se observó que no hubo diferencias significativas en: la altura de la planta, la altura de la mazorca y el ángulo de inserción de la hoja al tallo (Figura 1a, b y c); en cambio, sí hubo diferencias significativas en el diámetro del tallo (Figura 1d), donde se

destacaron plantas más delgadas en el marco de plantación más estrecho.

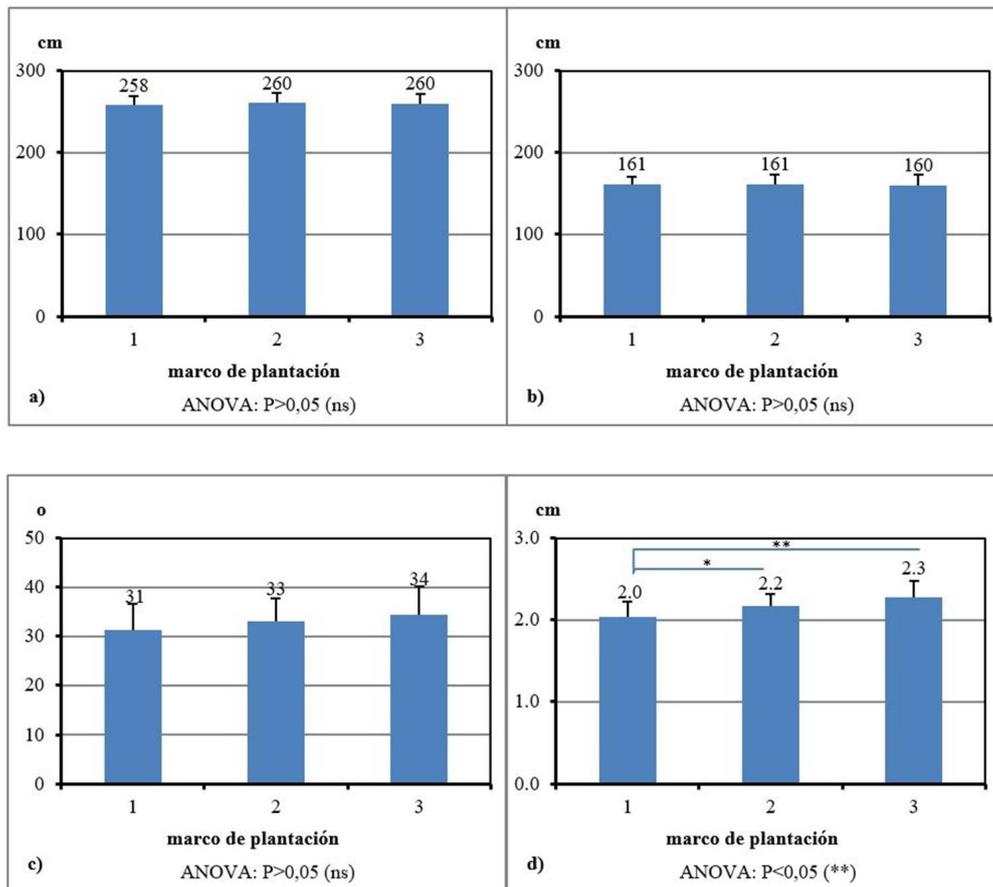
La reducción del diámetro del tallo con el incremento de la densidad de plantación en el maíz, ha sido informada por diversos autores (17-19), en cuanto a la altura de la planta y de la mazorca hay diferencias en el comportamiento, según diferentes autores (17,19-21). En este sentido se plantea, que este comportamiento está relacionado con la plasticidad del cultivar en específico, como es el caso del híbrido colombiano Impacto, que a densidades superiores a 100 000 plantas conserva su patrón para la altura (22).

El patrón morfológico del híbrido H-Ame15 con alta densidad de plantas, concordó con la generalidad observada para varios cultivos (9). Estos autores destacan que el aumento de la densidad de plantas provoca disminución del diámetro del tallo y la biomasa foliar, donde se destaca la presencia de plantas con apariencia esbelta. La competencia por la luz es uno de los principales factores a considerar para establecer altas densidades. El híbrido H-Ame-15 se caracteriza por tener gran altura y el ángulo de inserción de la hoja al tallo no llega a ser totalmente estrecho, lo cual lo puede hacer vulnerable a densidades muy altas, al generar mayor sombra entre plantas vecinas. Varios autores plantean que las plantas son sensibles a la disminución de la proporción entre el espectro del rojo y el rojo lejano (R/RL), componente principal de la sombra provocada por plantas vecinas (23). Los cloroplastos para realizar la fotosíntesis requieren de la absorción de la luz, principalmente, de la parte roja y azul del espectro y muy poco de la parte verde y el rojo lejano. La selección de genotipos con características de menor altura y estrechez del ángulo de inserción de la hoja al tallo, generan menos sombra sobre la planta vecina y, por tanto, tienen mejor respuesta adaptativa a las altas densidades.

### Caracterización morfoagronómica de las plantas en cosecha

Como resultado de la caracterización morfológica (Figuras 2 y 3), el híbrido H-Ame15 no mostró variación significativa de los siguientes caracteres de la mazorca: cierre, diámetro, número de hileras y porcentaje de desgrane. Algunos estudios resaltan que el número de hileras está marcado por fuertes factores genéticos (12,17,21,24). El resultado productivo está en correspondencia con el efecto de la interacción de varios factores a todo lo largo del ciclo del cultivo, dentro de los cuales, la densidad juega un papel fundamental.

Como se aprecia en las Figuras 2 y 4, para el número de granos por hilera y la longitud de la mazorca hubo diferencias significativas entre el tratamiento de 0,7 m x 0,15 m (95 000 plantas ha<sup>-1</sup>) y los otros dos tratamientos. Estos caracteres de la mazorca fueron los más sensibles a la alta densidad de plantas, por lo cual se caracterizó a H-Ame15 como un híbrido de mazorca flexible. Se denominan flexibles aquellos cultivares capaces de variar el número y la longitud de las mazorcas en respuesta a los cambios de densidad y compensar las variaciones de la población en el



a) altura de la planta, b) altura de la mazorca, c) ángulo de inserción de la hoja al tallo, d) diámetro del tallo marco de plantación: 1) 0,7 m x 0,15 m (95 000 plantas ha<sup>-1</sup>); 2) 0,7 m x 0,20 m (71 000 plantas ha<sup>-1</sup>); 3) 0,7 m x 0,25 m (57 000 plantas ha<sup>-1</sup>)

**Figura 1.** Aspecto morfológico de las plantas después de la floración para los tres marcos de plantación

campo (11). Se denominan fijos a aquellos que conservan el número y las dimensiones de la mazorca bajo cualquier condición, esto les ofrece ventaja en la alta densidad de plantas (12). Esta caracterización de H-Ame15 se reafirmó, además, con experiencias previas en áreas de producción, donde bajo condiciones de baja población, entre 30 000 y 40 000 plantas, se desarrolló más de una mazorca comercial e incrementó de forma notable el tamaño de las mismas.

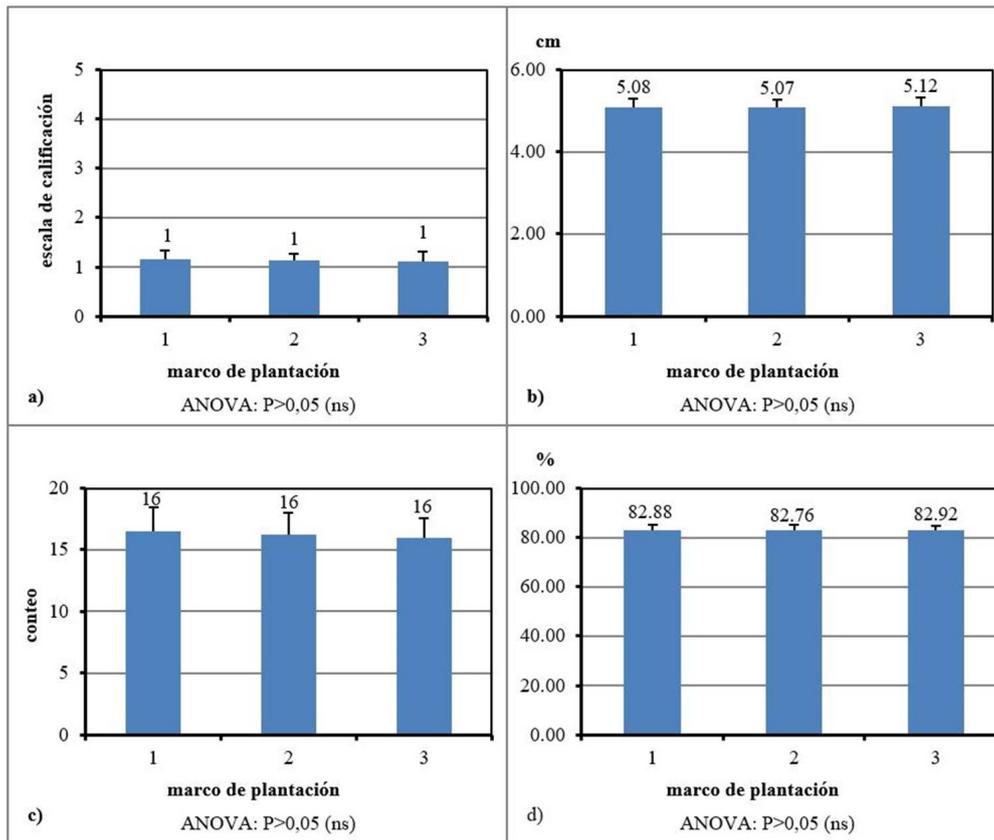
El número de granos por hilera de la mazorca se define durante las etapas vegetativas V10 a V12 del desarrollo de una planta de maíz (25). Estas etapas se caracterizan por la elongación del tallo y la reducción del tiempo entre un estado vegetativo y el siguiente, aparejados de cambios fisiológicos que demandan mayor disponibilidad de agua, nitrógeno y potasio (25). Por tanto, suministrar la correcta nutrición, en correspondencia con la población en campo, asegura la disponibilidad de estos elementos en la planta, en el momento de la formación y el llenado de la mazorca (26).

La reducción del número de granos por hilera de las mazorcas, repercutió en la producción individual de estas plantas. Como se observa en la [Tabla 1](#), existe marcada diferencia en la masa de granos por planta obtenidos para



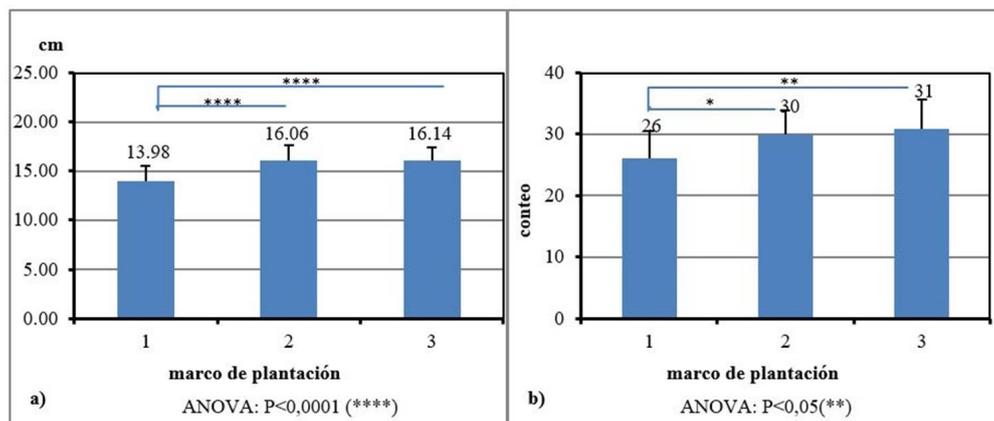
**Figura 2.** Aspecto de las mazorcas promedio en cosecha, para los tres marcos de plantación

los tres marcos de plantación. A pesar de ello, hubo un balance positivo en el rendimiento potencial en campo, al incrementarse el número de plantas por hectárea.



a) cierre de la mazorca, b) diámetro, c) número de hileras, d) porcentaje de desgrane marco de plantación: 1) 0,7 m x 0,15 m (95 000 plantas ha<sup>-1</sup>); 2) 0,7 m x 0,20 m (71 000 plantas ha<sup>-1</sup>); 3) 0,7 m x 0,25 m (57 000 plantas ha<sup>-1</sup>)

**Figura 3.** Aspecto morfológico de las mazorcas en cosecha, para los tres marcos de plantación



a) longitud de la mazorca, b) número de granos por hilera marco de plantación: 1) 0,7 m x 0,15 m (95 000 plantas ha<sup>-1</sup>); 2) 0,7 m x 0,20 m (71 000 plantas ha<sup>-1</sup>); 3) 0,7 m x 0,25 m (57 000 plantas ha<sup>-1</sup>)

**Figura 4.** Morfología de las mazorcas en cosecha, para los tres marcos de plantación

### Análisis del potencial productivo

En el análisis del potencial productivo (Tabla 1), el mayor rendimiento potencial correspondió al marco de plantación de 0,7 m x 0,15 m, con el valor de 14,74 t ha<sup>-1</sup> y se determinó una diferencia aproximada de 1,9 t ha<sup>-1</sup> entre un marco de plantación y el que le antecede.

Al realizar el análisis del comportamiento de la masa de granos por planta y del rendimiento potencial del híbrido H-

Ame15, en función de la densidad de plantas, se observó que, para ambos casos, este comportamiento se ajusta a un modelo lineal ( $R^2=1$  y  $R^2=0,9774$ ), respectivamente (Figura 5). Otros autores describieron un comportamiento logarítmico para la masa de granos por planta y uno cuadrático para el rendimiento en dos híbridos modernos (27). Las diferencias observadas entre el resultado de estos autores y del presente trabajo pudieran deberse al hecho de haber evaluado un margen más estrecho de las

poblaciones para H-Ame15, entre 57 000 y 95 000 plantas ha<sup>-1</sup>, mientras que el utilizado por estos autores fue más amplio, cubriendo el rango entre 15 000 y 180 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Las ecuaciones obtenidas en la **Figura 5** son una herramienta útil para realizar estimados de rendimiento, en función de las poblaciones del híbrido que se establezcan en el campo.

A pesar del alto potencial productivo del híbrido H-Ame15, en el marco de plantación de 0,7 m x 0,15 m, el mejor valor del estimado del rendimiento correspondió a 0,7 m x 0,20 m con 9,42 t ha<sup>-1</sup> (**Tabla 2**). Esto indica que existen factores ambientales que afectaron, en mayor medida, la producción, bajo las condiciones de alta densidad de plantas.

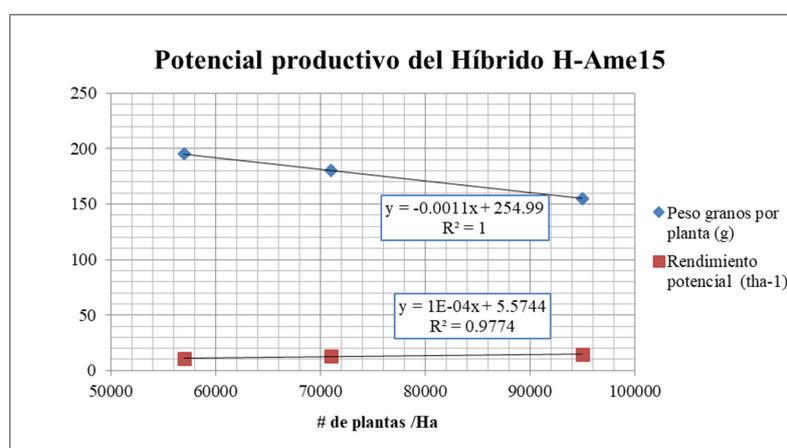
Existen referencias con otros híbridos simples, en los cuales el mayor potencial productivo se obtuvo con poblaciones similares a las del presente trabajo, entre 70 000 y 80 000 plantas por hectárea, tal es el caso de estudios realizados en Brasil (17,26) y en Serbia (21).

Mientras, otros autores informan los mejores rendimientos en densidades comprendidas entre 80 000 y 100 000 plantas h<sup>-1</sup> (27-29). Este comportamiento está asociado a las particularidades de cada híbrido y el efecto del ambiente donde son cultivados.

Un dato que ilustra la incidencia de este último aspecto es el número de plantas improductivas encontradas en la cosecha; indicador de la competencia entre las plantas vecinas y de la incidencia de enfermedades en la plantación. En la **Figura 6** se realiza un análisis comparativo del porcentaje de plantas improductivas para los tres marcos de plantación. Como pudo apreciarse, el marco de plantación de 0,7 m x 0,15 m fue la variante más sensible para este factor. Bajo las condiciones de este marco de plantación, se incrementó el porcentaje de plantas improductivas, que provocó una disminución del rendimiento real, respecto al rendimiento potencial (**Tablas 1 y 2**).

**Tabla 1.** Comparación de la masa promedio de granos por planta y el rendimiento potencial para los tres marcos de plantación

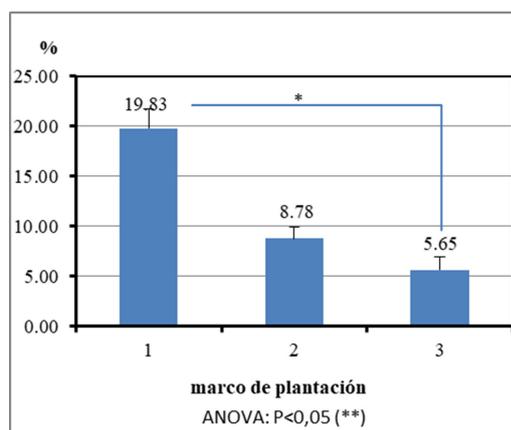
Marcos de siembra	Masa de granos por planta (g)	Rendimiento potencial (t ha <sup>-1</sup> )
0,7 m x 0,15 m (95 000 plantas ha <sup>-1</sup> )	151,1	14,74
0,7 m x 0,20 m (71 000 plantas ha <sup>-1</sup> )	180,9	12,83
0,7 m x 0,25 m (57 000 plantas ha <sup>-1</sup> )	195,1	10,94
ANOVA - Test de Dunn / alpha 0.05		
0,7 m x 0,15 m vs. 0,7 m x 0,20 m	**	***
0,7 m x 0,15 m vs. 0,7 m x 0,25 m	****	****
0,7 m x 0,20 m vs. 0,7 m x 0,25 m	ns	***



**Figura 5.** Comportamiento del potencial productivo del híbrido H-Ame15, en función del número de plantas por hectáreas

**Tabla 2.** Promedio del Rendimiento real estimado para los tres marcos de plantación

Marcos de siembra	Rendimiento real estimado (t ha <sup>-1</sup> )
0,7 m x 0,15 m (95 000 plantas ha <sup>-1</sup> )	9,21
0,7 m x 0,20 m (71 000 plantas ha <sup>-1</sup> )	9,42
0,7 m x 0,25 m (57 000 plantas ha <sup>-1</sup> )	8,13
ANOVA - Test de Dunn / alpha 0,05	
0,7 m x 0,15 m vs. 0,7 m x 0,20 m	ns
0,7 m x 0,15 m vs. 0,7 m x 0,25 m	ns
0,7 m x 0,20 m vs. 0,7 m x 0,25 m	*



marco de plantación: 1) 0,7 m x 0,15 m (95 000 plantas ha<sup>-1</sup>); 2) 0,7 m x 0,20 m (71 000 plantas ha<sup>-1</sup>); 3) 0,7 m x 0,25 m (57 000 plantas ha<sup>-1</sup>)

**Figura 6.** Porcentaje de plantas improductivas en cosecha

A pesar de la proximidad entre las plantas, en el marco de 0,7 m x 0,15 m, no se observó ninguna afectación nutricional a nivel visual, según los patrones de deficiencia descritos para el maíz (30). Esta acotación es importante, si tenemos en cuenta que en este trabajo se usó la misma fertilización para los tres marcos de plantación. Por tanto, consideramos que la producción de estas plantas fue definida, principalmente, a causa del patrón morfológico generado en la competencia por la luz. Añadimos a lo anterior, el efecto que provocó una mayor incidencia de la enfermedad de Achaparramiento, causada por *Spiroplasma kunkelii* y transmitida por el salta hojas *Dalbulus maidis*, en el marco de plantación de 0,7 m x 0,15 m (31). Aunque la enfermedad no llegó a la severidad, sí restringió la productividad de un grupo significativo de plantas. Este resultado es similar a lo observado por otros autores en Brasil (16). Se debe considerar, además, la experiencia de mayor dispersión de enfermedades como la Mancha de Asfalto, provocada por la asociación de tres microorganismos fungosos (*Phyllachora maydis*, *Monographella maydis* y *Coniothyrium phyllachorae*), en ambientes tropicales similares al de Cuba, con alta densidad de plantas (32).

## CONCLUSIONES

- El híbrido simple de maíz H-Ame15 conserva su patrón de altura de la planta, altura de la mazorca y ángulo de inserción de la hoja al tallo, al cultivarse a una distancia entre surcos de 0,7 m y un rango de separación entre plantas de 0,15 m a 0,25 m. A mayor densidad se generan plantas con menor diámetro del tallo y un patrón esbelto, descrito previamente en la literatura.
- El incremento de la densidad de plantas no afectó el número de hileras por mazorca, pero sí el número de granos por hilera y la longitud de la mazorca. Este comportamiento permite clasificar a este híbrido con un patrón flexible de la mazorca.

- El incremento del número de plantas por hectárea afecta el potencial productivo de las plantas de manera individual; sin embargo, compensa el resultado por hectárea. A pesar del alto potencial del híbrido en el marco de plantación más estrecho, el porcentaje de pérdidas es mayor al compararse con los otros tratamientos. Como consecuencia, se obtuvo que el rendimiento real estimado, para los marcos de plantación 0,7 m x 0,15 m y 0,7 m x 0,20 m fue similar; por lo tanto, recomendamos el uso de 0,7 m x 0,20 m como marco de plantación más apropiado para el híbrido H-Ame15, en el periodo de seca. Con esta distribución se logra un buen balance entre producción y pérdida por factores ambientales, como la incidencia de enfermedades estacionales.

## AGRADECIMIENTOS

Hacemos un reconocimiento al personal de Desarrollo Agrícola de la División de Plantas del CIGB y al grupo de Desarrollo de AGROFAR, en Santo Domingo, Villa Clara, por su contribución a este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Below F. Las 7 Maravillas del Alto Rendimiento en Maíz, Parte I: Clima, Nitrógeno e Híbrido | Intagri S.C. [Internet]. México: Foro INTAGRI de alta productividad del maíz; 2020 [cited 26/04/2023] p. 7. Available from: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/siete-maravillas-alto-rendimiento-maiz-parte-clima-nitrogeno-hibrido>
2. Below F. Las 7 Maravillas del Alto Rendimiento en Maíz. Parte II: Cultivo Anterior, Densidad de Población, Labranza y Reguladores de Crecimiento. | Intagri S.C. [Internet]. México: Foro INTAGRI de alta productividad del maíz; 2020 [cited 26/04/2023] p. 6. Available from: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/siete-maravillas-alto-rendimiento-cultivo-anterior-poblacion-labranza-reguladores>
3. ONEI. Capítulo 9: Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca [Internet]. Anuario Estadístico de Cuba 2016. Inst. Oficina nacional de Estadística e Información CUBA; 2017. 37 p. Available from: [http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/09\\_agricultura\\_ganaderia\\_y\\_pesca\\_2019.pdf](http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/09_agricultura_ganaderia_y_pesca_2019.pdf)
4. ONEI. Capítulo 8: Sector Externo [Internet]. Inst. Oficina nacional de Estadística e Información CUBA; 2019. 49 p. Available from: [http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/08\\_sector\\_externo\\_2019.pdf](http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/08_sector_externo_2019.pdf)
5. MINAG. Análisis del cultivo del maíz. [Internet]. 2017. Available from: [https://www.minag.gob.cu/sites/default/files/noticias/analisis\\_sobre\\_el\\_cultivo\\_del\\_maiz\\_7-2-2017.pdf](https://www.minag.gob.cu/sites/default/files/noticias/analisis_sobre_el_cultivo_del_maiz_7-2-2017.pdf)
6. Zhang G, Ming B, Shen D, Xie R, Hou P, Xue J, et al. Optimizing Grain Yield and Water Use Efficiency Based on the Relationship between Leaf Area Index and Evapotranspiration. *Agriculture*. 2021;11(4):313. doi:10.3390/agriculture11040313
7. INTAGRI. Record Mundial de Alto Rendimiento en Maíz | Intagri S.C. [Internet]. México: Artículos técnicos de INTAGRI; 2020 [cited 26/04/2023] p. 2. Report No.: 48.

- Available from: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/record-mundial-de-alto-rendimiento-en-maiz>
8. Reyes C. Maíz de alto rendimiento. Resultados probados de 22.4 t/ha en lotes comerciales mexicanos [Internet]. Panorama AGROPECUARIO. 2019 [cited 26/04/2023]. Available from: <https://panorama-agro.com/?p=3620>
  9. Postma JA, Hecht VL, Hikosaka K, Nord EA, Pons TL, Poorter H. Dividing the pie: A quantitative review on plant density responses. *Plant, Cell & Environment*. 2021;44(4):1072-94. doi:10.1111/pce.13968
  10. Quevedo YM, Beltrán JI, Barragán-Quijano E. Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento y rentabilidad de un híbrido de maíz en condiciones tropicales. *Agronomía Colombiana*. 2018;36(3):248-56. doi:10.15446/agron.colomb.v36n3.71268
  11. Fromme DD, Spivey TA, Grichar WJ. Agronomic Response of Corn (*Zea mays* L.) Hybrids to Plant Populations. *International Journal of Agronomy*. 2019;2019:e3589768. doi:10.1155/2019/3589768
  12. Testa G, Reyneri A, Blandino M. Maize grain yield enhancement through high plant density cultivation with different inter-row and intra-row spacings. *European Journal of Agronomy*. 2016;72:28-37. doi:10.1016/j.eja.2015.09.006
  13. Manual de uso de Tecnología. Para siembras de híbridos de maíz que ofrecen protección complementaria para el control de Lepidópteros plaga susceptibles y/ tolerancia a herbicidas con ingredientes activos glifosato y/o glufosinato de amonio. [Internet]. 2021 p. 32. Available from: [https://www.pioneer.com/content/dam/dpagco/pioneer/la/co/es/files/01\\_NUEVO\\_PUG%20COL-DIGITAL\\_2021%20\(sencillas\)%20\(2\).pdf](https://www.pioneer.com/content/dam/dpagco/pioneer/la/co/es/files/01_NUEVO_PUG%20COL-DIGITAL_2021%20(sencillas)%20(2).pdf)
  14. Celest Top. "Celest Top-Seed Treatments Syngenta" [Internet]. Syngenta. 2020 [cited 26/04/2023]. Available from: <https://www.syngenta.co.za/product/crop-protection/celest-top>
  15. Rabí O, Pérez P, Permuy N, Hung J, Piedra F. Guía técnica para la producción del cultivo del maíz. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova. 2001;
  16. CIMMYT. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. 1995;23.
  17. Diniz-Buso WH, Borges L, Ferreira-Rios AD, Silva-Firmiano R. Corn agronomic characteristics according to crop year, spacing and plant population densities. *Comunicata Scientiae*. 2016;7(2):197-203.
  18. Demétrio CS, Fornasieri Filho D, Cazetta JO, Cazetta DA. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2008;43(23):1691-7. doi:10.1590/S0100-204X2008001200008
  19. Calonego JC, Poletto LC, Domingues FN, Tiritan CS. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. *Agrarian*. 2011;4(12):84-90.
  20. Imolesi A, Silva A, Assis R, Cunha C. Influência da população de plantas e do espaçamento entre linhas nos caracteres agrônômicos do híbrido de milho P30K75 em Rio Verde, Goiás. *Bioscience Journal*. 2008;24:89-96.
  21. Mandić V, Bijelić Z, Krnjaja V, Tomić Z, Stanojković-Sebić A, Stanojković A, et al. The effect of crop density on maize grain yield. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2016;32(1):83-90.
  22. Quevedo Y, Barragán E, Beltrán J. Efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz (*Zea mays* L. Impacto. *Revista Scientia Agroalimentaria*. 2015;2:18-24.
  23. Blanco Y, Affi M, Swanton CJ. Efecto de la calidad de la luz en el cultivo del maíz: una herramienta para el manejo de plantas arvenses. *Cultivos Tropicales*. 2015;36(2):62-71.
  24. Marchão RL, Brasil EM, Guimarães CM, Gomes JA. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2005;35(2):93-101.
  25. KWS Field Guide. Maize Field Guide: Maize Crop Development, Pests and Diseases. 2018;48.
  26. Nleya T, Chungu C, Kleinjan J. Chapter 5: Corn Growth and Development. En: *Corn, Best management practices* [Internet]. 2016. p. 11. Available from: <https://extension.sdstate.edu/sites/default/files/2019-09/S-0003-05-Corn.pdf>
  27. Li J, Xie RZ, Wang KR, Ming B, Guo YQ, Zhang GQ, et al. Variations in Maize Dry Matter, Harvest Index, and Grain Yield with Plant Density. *Agronomy Journal*. 2015;107(3):829-34. doi:10.2134/agronj14.0522
  28. Stacciarini T de CV, Castro PHC de, Borges MA, Guerin HF, Moraes PAC, Gotardo M. Avaliação de caracteres agrônômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. *Revista Ceres*. 2010;57:516-9. doi:10.1590/S0034-737X2010000400012
  29. Van Roekel RJ, Coulter JA. Agronomic Responses of Corn to Planting Date and Plant Density. *Agronomy Journal*. 2011;103(5):1414-22. doi:10.2134/agronj2011.0071
  30. Sharma MK. A Guide to Identifying and Managing Nutrient Deficiencies in Cereal Crops [Internet]. Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (ipni), Norcross, ga, eua. México: CIMMYT; 2011. 50 p. Available from: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rU3EaXVbcR0C&oi=fnd&pg=PA3&dq=A+guide+to+Identifying+and+Managin+g+Nutrient+Deficiencies+in+Cereal+Crops.++\(K.+Majumdar,+T.+Satyanarayana,+R.+Gupta,+M.+L.+Jat,+G.D&ots=\\_rgSTDjCX6&sig=ETXoerktMWTyOsJv6M58Z44hmrQ#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rU3EaXVbcR0C&oi=fnd&pg=PA3&dq=A+guide+to+Identifying+and+Managin+g+Nutrient+Deficiencies+in+Cereal+Crops.++(K.+Majumdar,+T.+Satyanarayana,+R.+Gupta,+M.+L.+Jat,+G.D&ots=_rgSTDjCX6&sig=ETXoerktMWTyOsJv6M58Z44hmrQ#v=onepage&q&f=false)
  31. Jones TL, Medina RF. Corn Stunt Disease: An Ideal Insect-Microbial-Plant Pathosystem for Comprehensive Studies of Vector-Borne Plant Diseases of Corn. *Plants*. 2020;9(6):747. doi:10.3390/plants9060747
  32. Quiroga-Madrigal R, Garrido-Ramírez E, Rosales-Esquinca M d, Salazar-Pinacho W. Manual técnico: Manejo integrado del complejo mancha de asfalto del maíz en México. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Universidad Autónoma de Chiapas; 2017. 39 p.