


Artículo original

Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

Yaisys Blanco-Valdes¹ 

Deborah González-Viera¹ 

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½,
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

*Autor para correspondencia: yblanco@inca.edu.cu

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de la densidad de población sobre el rendimiento del cultivo del híbrido HST-3235 de maíz (*Zea mays* L.), se condujo un estudio en áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). El experimento se realizó sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico, eútrico, bajo un diseño experimental de bloques al azar con tres tratamientos y tres réplicas. Las densidades de población fueron de 44 444, 74 074 y 88 888 plantas ha⁻¹. La densidad de 88 888 plantas ha⁻¹ presentó el mayor rendimiento. Para la emergencia de las plántulas de maíz influyó la profundidad de siembra, por lo que no todas emergieron de forma uniforme.

Palabras clave: densidad de plantación, granos, híbridos, mazorca de maíz

Recibido: 02/06/2020

Aceptado: 22/03/2021

INTRODUCCIÓN

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 de determinación de rendimientos ⁽¹⁾.

En el cultivo de maíz, la densidad de plantas tiene importantes efectos en la aparición de materia seca entre las estructuras vegetales y reproductivas. El rendimiento de este cultivo presenta escasa estabilidad frente a variaciones en la densidad de plantas y es sumamente sensible a la disminución en la cantidad de recursos por la planta, principalmente, en el periodo de la floración ^(2,3).

En consecuencia, el ajuste de la densidad de plantas resulta especialmente crítico en este cultivo. La elección de la densidad es un factor importante de producción del cultivo de maíz al alcance del agricultor. Por tal motivo, resulta deseable, por parte de los agrónomos, definir las relaciones entre la cantidad de plantas logradas por unidad de superficie en un cultivo y su rendimiento, para distintas situaciones de oferta ambiental ⁽⁴⁾.

La densidad de población, es considerada como el factor controlable más importante para obtener mayores rendimientos en los cultivos. En el maíz ejerce alta influencia sobre el rendimiento de grano y las características agronómicas, pues el rendimiento de grano se incrementa con la densidad de población, hasta llegar a un punto máximo y disminuye cuando la densidad se incrementa más allá de este punto ⁽⁵⁾. La densidad de población es uno de los factores que frecuentemente modifica el productor para incrementar el rendimiento de grano, pero no siempre establece la densidad adecuada. Si el productor utiliza una densidad de población mayor que la óptima, incrementa la competencia por luz, agua y nutrimentos, lo que ocasiona reducción en el volumen radical, número de mazorcas, cantidad y la calidad del grano por planta e incrementa la frecuencia de pudriciones de raíz y tallo, lo que propicia el acame ⁽⁶⁾. Por el contrario, las densidades de población bajas, provocan problemas con arvenses o de desperdicio de suelo ⁽⁷⁾.

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 ⁽⁵⁾. 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 2,4 m ⁽⁸⁾. 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 ⁽⁹⁾. También se reportó que el rendimiento aumentó 0,6 t ha⁻¹, al incrementar la densidad de población de 60000 a 70 000 plantas ha⁻¹ ⁽¹⁰⁾. Varios estudios indicaron que el maíz difirió en su respuesta a la densidad de población en función del genotipo y de las condiciones ambientales ⁽¹¹⁾.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la densidad de población sobre el rendimiento del cultivo del maíz, lo cual permitirá identificar la densidad para obtener el mayor rendimiento de grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el periodo poco lluvioso (diciembre) entre los años 2017 y 2018, en áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicadas en San José de las Lajas, provincia Mayabeque, km 3½ de la carretera a Jamaica, teniendo su centro en los 22°59'40,79" de latitud Norte y 82°8'21,88" de longitud Oeste ⁽¹²⁾, a una altitud de 138 m s.n.m.

Las características climáticas del agroecosistema donde se desarrollaron los experimentos pertenecen a la antigua clima-región Habana, la cual se extiende al noreste de la provincia de La Habana y se caracteriza por presentar un período poco lluvioso de corta duración, que se extiende desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo, sin llegar a producir una típica sequía ecológica ⁽¹³⁾.

La temperatura media mensual de los dos años que abarcó la investigación, osciló entre 17 y 27,4 °C en correspondencia con los meses menos calurosos y menos lluviosos (noviembre-abril) y los más calurosos y lluviosos (mayo-octubre), respectivamente, mientras que las precipitaciones mensuales variaron desde 3,4 mm en la etapa menos lluviosa a 423,0 mm en la más lluviosa. En esta variable hay que destacar que los menores acumulados ocurrieron en los meses de diciembre a marzo, período durante el cual se desarrolló el cultivo del maíz. La humedad relativa se comportó entre un 70 % a 86 %, durante la etapa experimental, siendo superior en el período lluvioso.

El suelo predominante del área de estudio es Ferralítico Rojo Lixiviado típico eútrico, caracterizado por una fertilidad de media a alta ⁽¹⁴⁾.

Algunas características químicas del suelo, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Algunas características químicas del suelo

Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	MO (%)	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺ Ca ²⁺ Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)		
0-20	6,4	2,11	234	0,52	9,93	1,80

Este suelo es medianamente profundo con un pH ligeramente ácido, presenta un bajo porcentaje de materia orgánica, el contenido de fósforo y calcio en el suelo es alto; sin embargo, el potasio y el magnesio son bajos, lo cual indica que para lograr producciones óptimas será necesario suplirlas con aplicaciones adicionales de nutrientes al suelo, según necesidades de los cultivos.

La fertilización se realizó con nitrógeno al momento de la siembra a razón de 50 kg ha⁻¹ y 100 kg ha⁻¹ de potasio, utilizando como portadores urea y cloruro de potasio, respectivamente, no se fertilizó con fósforo pues el contenido en el suelo era alto (Tabla 1). La preparación del suelo y la siembra se realizó según lo recomendado en la Guía Técnica para el cultivo del maíz ⁽¹⁵⁾, estableciéndose el híbrido HST-3235 a tres distancias de plantación (Tabla 2).

Tabla 2. Identificación y descripción de los tratamientos

Tratamientos	Densidades de siembra
1	0,90 x 0,30 m con 2 granos por nido, Testigo de producción
2	0,90 x 0,25 m con 1 grano por nido
3	0,90 x 0,25 m con 2 granos por nido

La superficie de la unidad experimental fue de 6 x 5,4 m, separadas a 1 m de ancho. El manejo de las arvenses (deshierbes) se realizó de forma mecánica y manual semanalmente. Los experimentos fueron conducidos bajo un diseño de bloques al azar con tres réplicas y tres tratamientos.

El riego fue por aspersión con espaciamiento de 12 x 12 m. El régimen de riego (explotación) fue con intervalo constante y norma variable, en la Tabla 3 se muestran algunos datos del riego.

Tabla 3. Norma de riego aplicada según el espaciamiento a 3,0 BAR

No. de riego	Fecha	Tiempo de riego (horas)	Norma aplicada según el espaciamiento a 3,0 BAR	
			mm	m ³ /ha
1	1ra decena/diciembre/2018	1	15	146,5
2	2da decena/diciembre /2018	2	29	293
3	3ra decena/diciembre /2018	2	29	293
4	1ra decena/enero/2019	2	29	293
5	2da decena/enero/2019	2.5	37	366,2
6	3ra decena/enero/2019	2.5	37	366,2
7	1ra decena/febrero/2019	2.5	37	366,2

Nota: 1 mm de la capa de agua equivale a 10 m³ ha⁻¹

La Metodología utilizada para determinar el número de plantas por superficie, fue a partir de la distancia promedio entre las plantas (narigón) en varios puntos del campo para garantizar representatividad, se multiplicó por la distancia de camellón. Esto proporciona la superficie ocupada por cada planta, teniendo la superficie total del campo, esta se divide entre la usada por una planta, dando de esta forma, la cantidad de plantas en la superficie ⁽¹⁶⁾.

$$\text{No. de plantas} = S_n / n \times c$$

donde:

S_n : superficie neta (metros)

n : distancia de narigón (metros)

c : distancia de camellón (metros)

La variable evaluada fue el rendimiento ($t\ ha^{-1}$). También se determinó la profundidad de siembra (cm) para conocer como influía la emergencia de las plantas en esta variable, en diferentes puntos del experimento, se removió el suelo hasta que la planta estuviera descubierta y se midió con una regla milimetrada desde el mesocotilo hasta la última hoja y la altura de la planta (m), se midió desde la base del tallo hasta el último nudo donde se inserta la flor, se tuvo el promedio para cada parcela, a los 70 días después de la emergencia se tomaron 30 plantas al azar, dentro de la parcela útil. Los datos obtenidos se procesaron y analizaron estadísticamente, utilizando el análisis de varianza de clasificación doble y, en los casos necesarios, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 % de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparación de las densidades de siembra

Se realizó un conteo de plantas totales a cosecha, para determinar la densidad de plantas (Figura 1). El análisis individual por densidad de siembra tuvo diferencias significativas con respecto a la densidad de plantas. El mejor tratamiento fue el de la densidad de siembra 0,90 x 0,25 m con dos granos por nido, con una densidad de plantas de 88 888, siendo significativamente diferente a las otras dos densidades de 74 074 y 44 444 plantas ha^{-1} .

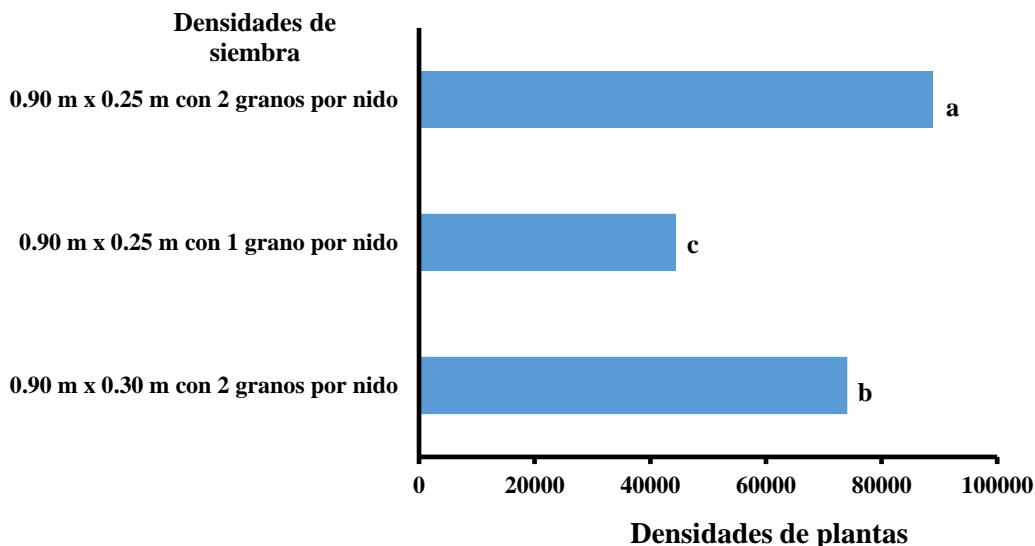


Figura 1. Densidades de plantas en función de las densidades de siembra

La relación entre la producción de grano y la densidad de población es compleja, ya que la mejor respuesta en rendimiento de grano varía de acuerdo a la condición de suelo, clima, prácticas culturales y genotipo⁽⁵⁾. 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 2,4 m⁽⁸⁾. 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 plantas ha⁻¹ se obtuvo un incremento del rendimiento de grano de 0,30 t ha⁻¹⁽⁹⁾. También se ha reportado que el rendimiento aumentó 0,6 t ha⁻¹, al incrementar la densidad de población de 60 000 a 70 000 plantas ha⁻¹⁽¹⁰⁾. Varios estudios reportan diferencias en la respuesta del maíz a la densidad de población, en función del genotipo y de las condiciones ambientales⁽¹¹⁾, resultados que coinciden con los obtenidos.

Rendimientos de los cultivos del maíz (mazorca)

En la Tabla 4 se muestra el rendimiento del maíz en mazorcas tiernas y en granos. El consumo de maíz en Cuba, generalmente se hace cuando los granos están en su estado “tierno”, esta modalidad tiene la ventaja de liberar la superficie antes de culminar el ciclo del cultivo y permite adelantar la entrada del nuevo cultivo y, con ello, se eleva el coeficiente de rotación⁽¹⁷⁾.

Tabla 4. Rendimiento del maíz tierno (mazorcas) y granos ($t\ ha^{-1}$)

Tratamientos	Rendimiento del maíz tierno ($t\ ha^{-1}$)	
	mazorcas	granos
0,90 x 0,30 m con 2 granos por nido	9,619b	3,237b
0,90 x 0,25 m con 1 grano por nido	7,223c	3,112c
0,90 x 0,25 m con 2 granos por nido	11,800 a	4,971 a

Las medias seguidas de letras distintas, en la columna, para cada variable en análisis conjunto, difieren entre sí con el nivel de significación de 0,05 de probabilidad, según prueba de Duncan (1955). *** $P < 0,001$

Con respecto a las distancias de siembra 0,90 x 0,30 m con 2 granos por nido y 0,90 x 0,25 m con 2 granos por nido, la respuesta estuvo en correspondencia con lo señalado por lo planteado ⁽¹⁸⁾, al indicar como producciones exitosas de mazorcas tiernas, por encima de $9\ t\ ha^{-1}$; no siendo así para 0,90 x 0,25 m con 1 grano por nido.

La producción de granos verdes sin brácteas (49 %) y tusa (34 %) se corresponde con los resultados esperados al haber coincidencia con la producción de mazorcas; además, coincidió con el rango de la producción que normalmente se obtiene en Cuba, para el indicador de producción de granos verdes ^(19,20), que se considera buena si la producción de granos está por encima de $3,5\ t\ ha^{-1}$; el rendimiento obtenido estuvo en correspondencia con los alcanzados en otras investigaciones, donde se utilizó un híbrido de maíz con diferentes densidades de siembra ⁽¹⁵⁾.

El rendimiento de grano osciló entre 3, 112 y $4,971\ t\ ha^{-1}$. El mayor rendimiento de grano y mazorcas se obtuvo con 0,90 x 0,25 m con 2 granos, al comparar con el testigo de producción más utilizado en las producciones; mientras que el menor rendimiento se presentó con la densidad 0,90 x 0,25 m con 1 grano por nido.

Por otra parte, la altura de la mazorca varió entre 0,92 y 1,23 m, lo que pudo estar en correspondencia con la profundidad de siembra que no fue uniforme (Figura 2), lo que provocó que todas las plántulas no emergieran al mismo tiempo como se muestra en la Figura 3.

Los tratamientos de mayores densidades de población fueron los que mostraron la mayor altura de la mazorca superior (AMS), este indicador muestra gran importancia, ya que la altura de las mazorcas puede dificultar la labor de cosecha manual si esta es muy elevada; además, es más propenso al acame, debido al peso que soporta el tallo ⁽²¹⁾; por tanto, en este caso es bueno seleccionar los tratamientos de menor altura de la mazorca superior o que tenga una buena relación con la altura de la planta. Al relacionar la altura de la mazorca superior con la altura de la planta, se puede plantear que la altura de la planta es un parámetro que depende, en gran medida, de factores externos del medio; en este

sentido, los tratamientos con mayor altura de la planta tienen las menores distancias entre estas y el mayor número de plantas por nido, lo que aumenta la densidad y provoca un mayor crecimiento ⁽²²⁾.

Vale destacar que en esta variable no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos; el resultado evidencia que en bajas densidades de siembra, 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 a las plantas que se sembraron en bajas densidades. Con la densidad 88 888 plantas ha⁻¹, se alcanzó la mayor altura, relacionado a esto, otros autores mencionan que la altura de la planta es un parámetro que depende, en mayor medida, de factores externos del medio ⁽²²⁾; en este sentido, los tratamientos con mayor altura de la planta tienen las menores distancias entre plantas y el mayor número de plantas por nido, lo que hace que se aumente la densidad y esto provoca un mayor crecimiento.

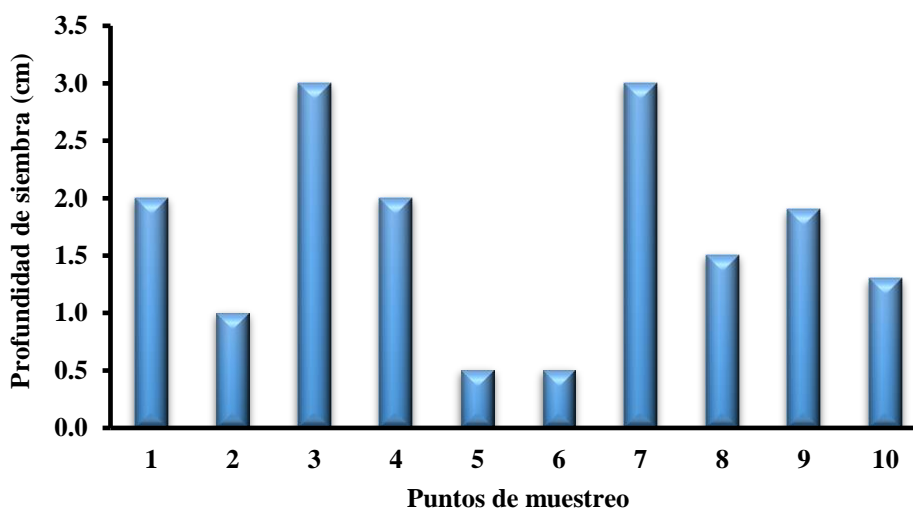


Figura 2. Profundidad de siembra en diferentes puntos del experimento (cm)

La cantidad de agua que recibió el cultivo durante su desarrollo fue de 550 mm, como resultado de la precipitación pluvial registrada durante el desarrollo del cultivo (337 mm) y el riego aplicado (213 mm), que se encuentra dentro del intervalo adecuado (500 a 1 000 mm) para el cultivo de maíz en el trópico húmedo ⁽²³⁾. Bajo las condiciones del presente estudio, 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 ^(10,24).



Fuente: Autores

Figura 3. Influencia de la profundidad de siembra en la altura de las plántulas después de la emergencia

A pesar de que la altura de la planta y la altura de la mazorca, resultaron superiores a los mencionados en otros estudios ⁽²⁵⁾; el aumento de la densidad de población, resultó similar a la reportada por otros autores ^(26,27).

Se obtuvo un aumento del rendimiento a mayor densidad de población, por lo que se sugiere tener en cuenta, para otros estudios, la densidad de población 88 888 plantas ha⁻¹ para el híbrido HST-3235; de aquí se infiere, que puede soportar mayores densidades de población.

CONCLUSIONES

- Los rendimientos más altos del híbrido HST-3235 se obtienen con un marco de plantación de 0,90 x 0,25 m con 2 granos por nido y una densidad de siembra que oscile entre 74–88 mil plantas ha⁻¹.
- La profundidad de siembra influyó en la emergencia de las plántulas de maíz, por lo que no todas emergieron de forma uniforme.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barroso F. Imágenes aéreas de muy alta resolución para la caracterización del maíz (*Zea mays* L.) de regadío en una zona semiárida [Doctorado]. Universidad de castilla–la mancha, Albacete; 2017. 178 p.
2. Ortiz-Aparicio S. Observación de la producción de maíz bajo el sistema de alta densidad y tradicional en San Juan Lagunas, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca [Internet] [Diploma]. [Torreón, Coahuila]: Autónoma Agraria Antonio Narro; 2017 [cited 05/05/2021]. 72 p. Available from: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/42223>
3. Ávila AA. Maíz tardío, análisis de dos factores que afectan el rendimiento : densidad y genotipo [Diploma]. [Argentina]: Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires; 2018. 44 p.
4. León-Aguilar R, Torres-García A, Ardisana EH, Fosado-Téllez O, Véliz-Mantuano F, Pin-Quimis W. Comportamiento productivo del maíz híbrido Agri-104 en diferentes sistemas, densidades de siembra y riego localizado. Revista Espamciencia. 2018;9(2):124-30.
5. Sangoi L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciência rural*. 2001;31(1):159-68.
6. Moya-Cisneros XD. Estudio agronómico de tres híbridos con tres distanciamientos de siembra en el cultivo de maíz *Zea mays* L. [Diploma]. [Guayaquil]: Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil; 2016. 50 p.
7. Cañadas Á, Molina C, Rade D, Fernández F. Interacción época/densidad de siembra sobre la producción de ocho híbridos de maíz forrajeros, Ecuador. *Revista MVZ Córdoba*. 2016;21(1):5112-23.
8. Flores F, Balbi E, Pietrantonio J, Pagnan L, Alladio R, Errasquin L. MAIZ Actualización 2017. Informe de Actualización Técnica en Línea N°8 INTA. 2017;60.
9. Saltos Bajaña EG. Manejo agronómico de tres híbridos y cuatro distancias de siembra en el cultivo de maíz *Zea mays* L. [Diploma]. [Guayaquil]: Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil; 2018. 77 p.
10. Guevara-Escobar A, Barcenas-Huante G, Salazar-Martínez FR, González-Sosa E, Suzán-Azpiri H. Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. *Agrociencia*. 2005;39(4):431-9.

11. Sener O, Gozubenli H, Konuskan O, Kilinc M. The effects of intra-row spacings on the grain yield and some agronomic characteristics of maize (*Zea mays* L.) hybrids. Asian Journal of Plant Sciences. 2004;
12. Google Earth. Programa Googleearth.exe [Internet]. 2015 [cited 06/05/2021]. Available from: <http://earth.google.es/showcase/>
13. Lecha L, Paz L, Lapinel B. El clima de Cuba. Academia; 1994. 186 p.
14. Hernández JA, Pérez JJM, Bosch ID, Castro SN. Clasificación de los suelos de Cuba. 2015. 93 p.
15. Instituto de Investigaciones de Granos. Guía técnica para el cultivo del maíz. La Habana, Cuba: Agroecológica; 2013. 29 p.
16. León -Noguera P, Ravelo-Ortega R. Fitotecnia general [Internet]. Ciudad de la Habana, Cuba: Félix Varela; 2007 [cited 05/05/2021]. 434 p. Available from: <https://isbn.cloud/9789590704178/fitotecnia-general/>
17. Leyva A. Metodología para el desarrollo de la biodiversidad vegetal (MEDEBIVE). A. Leyva; J. Pohlan. Agroecología en el trópico-Ejemplo de Cuba. La Biodiversidad Vegetal, cómo conservarla y multiplicarla. Aachen: Shaker Verlag. 2005;165-72.
18. de Cuba AE. Oficina Nacional de Estadística e Información. La Habana [Internet]. 2017; Available from: http://www.one.cu/aec2011/esp/09_Tabla_cuadro.htm
19. MINAG. Guía técnica para la producción del cultivo del maíz (*Zea mays* L) en Cuba. Quivicán, La Habana: Liliana Dimitrova (Instituto de Investigaciones Hortícolas); 2000. 20 p.
20. Medina-Méndez J, Santiago-Gelacio A, Soto-Rocha JM, Hernández-Pérez M. Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2018;9(21):4306-16.
21. Vargas JV, Zepeda-Bautista R, Arellano-Vázquez JL, Avila-Perches MA, Rojas I. Producción de semilla de progenitores e híbridos de maíz de Valles Altos en dos fechas de siembra. 2013;1(1):26-32.
22. Blanco Y, Afifi 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.
23. Loza-Espinosa AF. Evaluación de híbridos de maíz dulce (*zea mays* l.) var saccharata, bajo dos distancias de siembra para grano enlatado. [Diploma]. Central de Ecuador; 2017. 106 p.

24. Roca-Mendoza CO. Respuesta agronómica de tres híbridos de maíz sembrados a dos distancias en la parroquia La Esperanza del cantón Quevedo [Diploma]. Técnica Estatal de Quevedo; 2019. 88 p.
25. De la Cruz-Lázaro E, Córdova-Orellana H, Estrada-Botello MA, Mendoza-Palacios JD, Gómez-Vázquez A, Brito-Manzano NP. Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. Universidad y ciencia. 2009;25(1):93-8.
26. Khan K, Iqbal M, Shah Z, Ahmad B, Azim A, Sher H. Grain and stover yield of corn with varying times of plant density reduction. Pakistan Journal Biology Science. 2003;6(19):1641-3.
27. Sandoval Endara IL. Evaluación agronómica de dos híbridos de maíz *Zea mays* L. cultivados con tres distancias de siembra [Diploma]. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil; 2016. 74 p.