



RESPUESTA PRODUCTIVA DEL MAÍZ HÍBRIDO AGRI 104 CON DIFERENTE DENSIDADES DE SIEMBRA BAJO RIEGO LOCALIZADO

Rolando León Aguilar, Antonio Torres García, Eduardo Héctor Ardisana, Osvaldo Fosado
Téllez, Fernando Véliz Mantuano, Williams Pin Quimis
Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
Contacto: rolandoleon1959@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta productiva del maíz (*Zea mays* L.) híbrido AGRI 104 con diferentes densidades y sistema de siembra bajo condiciones de riego localizado. La investigación se realizó en la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador, entre los meses de julio y diciembre del 2016. Se empleó un diseño bifactorial, con seis tratamientos y tres repeticiones, en un arreglo bifactorial. Los factores estudiados fueron el sistema de siembra (superficial y con surcado) y la densidad de siembra, representada por la distancia entre hileras (0,40, 0,70 y 0,90 m).

Las variables evaluadas fueron: longitud y profundidad del bulbo húmedo, desarrollo del sistema radical, así como un conjunto de variables morfofisiológicas y de producción.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) mediante el paquete estadístico StatGraphics Centurión XV. II v16.1.18 y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p < 0,05$). El bulbo húmedo alcanzado con el sistema de riego localizado garantizó una zona adecuada para el desarrollo del sistema radicular de las plantas sembradas con y sin surcado. La densidad de siembra tuvo un efecto

significativo en la altura de las plantas. El sistema y la densidad de siembra influyeron significativamente sobre el rendimiento del híbrido de maíz AGRI 104.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), se ha visto beneficiado debido a las características geográficas, climáticas y de suelo, lo cual es aprovechado por muchos productores. Las zonas donde se asientan las mayores producciones son la Costa y parte de la Sierra, y las provincias con mayor producción son: Guayas, Bolívar, El Oro, Manabí y Los Ríos. Entre las variedades más representativas se encuentra el maíz amarillo duro (tipo cristalino) que sirve para la elaboración de alimentos balanceados para los animales y para el consumo humano, debido a su elevado contenido de fibra, carbohidratos, caroteno y su alto rendimiento (Monteros, 2016).

Según Castro (2017) el rendimiento nacional del cultivo de maíz duro seco con (13% de humedad y 1% de impureza) en el ciclo de invierno de 2017 fue de 5,51 t.ha⁻¹, con un peso promedio de los granos por mazorca de 132 gramos. La provincia de El Oro fue la de mayor rendimiento con 7.63 t.ha⁻¹ y la de menor productividad fue la del Guayas con 4,50 t.ha⁻¹. En la siembra se utilizaron varios



híbridos, entre los que sobresale Dekalb 7088 con el 17% de la superficie nacional; la densidad de siembra media fue 48 918 plantas por hectárea. En la provincia de Manabí se explotó una densidad media de 47 823 plantas. ha^{-1} , con un peso promedio de los granos por mazorca de 152 g y un rendimiento medio de 6,47 t. ha^{-1} , superando la media nacional.

La búsqueda de altos rendimientos es de vital importancia para el logro de la rentabilidad de este cultivo. En un ensayo realizado por Vallone *et al.* (2010), en el que estudiaron densidades de siembra de 50 000, 65 000, 80 000, 95 000 y 110 000 plantas. ha^{-1} , se alcanzó el máximo rendimiento con densidades de 65 000 y 80 000 plantas. ha^{-1} , observándose que en las densidades mayores decaía el rendimiento por abortos de granos y aumento de individuos estériles, y en las densidades bajas por la escasa capacidad de compensación tanto vegetativa como reproductiva.

El INIAP (2013) informa que, en las zonas maiceras de Guayas y Los Ríos, la distancia de siembra más utilizada para los híbridos de maíz es de 0,80 m entre surcos y 0,20 metros entre plantas, con lo que se obtiene una población de 62 500 plantas. ha^{-1} ; además señalan que existen híbridos de maíz que soportan mayor densidad de población en comparación con las variedades.

Uno de los híbridos que se cultivan en el Ecuador es el AGRI 104, por su alto rendimiento. Este híbrido fue creado por la casa comercial boliviana Agricomseeds, para climas cálidos y medianamente cálidos. Tiene una altura media de 2,10 m; el grano es anaranjado,

duro y semidentado; tiene un alto potencial de rendimiento con un peso promedio de 400,2 g por cada 1000 semillas; presenta resistencia al volcamiento y es tolerante a enfermedades.

Según Velásquez y Vincés (2011), plantean que el híbrido AGRI 104 presenta buen comportamiento agronómico y su rendimiento supera las 5 t. ha^{-1} , en siembra superficial sin surcos y con un distanciamiento de 0,80 m entre hileras por 0,30 m entre plantas, para una densidad poblacional de 41 625 plantas. ha^{-1} .

Además del material y de la densidad de siembra, existen otros problemas para los pequeños y medianos productores en cuanto al rendimiento del cultivo del maíz, entre los que se encuentran el manejo agronómico y la afectación por plagas. En el manejo agronómico, el riego y el empleo de las densidades de siembra óptimas en función de las potencialidades de las semillas que se usan se convierten en premisas insoslayables para incrementar el rendimiento del cultivo (Peñafiel, 2015).

En el informe agroproductivo del INEC (2018) se señala que en el Ecuador el riego por aspersión y localizado se han desarrollado especialmente en la costa para cultivos de exportación como el banano, las flores, las hortalizas y los frutales y que la alta rentabilidad de estos cultivos ha inducido a los agricultores a realizar inversiones en las instalaciones de riego; en cambio, en 2017 existían 35 532 ha de maíz con riego, cifra que solo representa el 10 % de la superficie total sembrada.



El rasgo distintivo del riego por goteo es que provee a la planta la cantidad exacta de agua que necesita; además ofrece otros beneficios, entre ellos la reducción del consumo de agua y de mano de obra, el mejor manejo de la fertilización y el control de plagas y enfermedades; sin embargo, una de las principales limitantes del riego localizado está relacionada con su alto costo de inversión y manejo del sistema (Peñafiel, 2015).

En cuanto a las necesidades hídricas, Caverio (2012) plantea que la cantidad y la frecuencia de riego varían con el tipo de suelo y las condiciones climáticas; en ausencia de lluvias es necesario dar de 14 a 18 riegos durante el ciclo.

El riego localizado presenta un conjunto de ventajas en comparación con el riego por surcos y por aspersión de cubrimiento total (García y Briones, 2015) que lo convierten en una tecnología viable para el desarrollo del cultivo del maíz.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el efecto de la densidad y sistema de siembra en el comportamiento productivo del maíz híbrido AGRI 104 con tecnología de riego localizado

Objetivos específicos

1. Estudiar el efecto de la densidad de siembra en la respuesta morfo-fisiológicas del híbrido maíz (*Zea mays* L.) AGRI 104 con tecnología de riego localizado.

2. Evaluar el efecto de la densidad de siembra en la respuesta productiva del híbrido maíz (*Zea mays* L.) AGRI 104 con tecnología de riego localizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de julio a diciembre del 2016 en el campus experimental La Teodomira, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la parroquia Lodana, del cantón Santa Ana, provincia de Manabí, Ecuador. Sus coordenadas geográficas son 01° 09' 51" S y 80° 23' 24" W, y su altitud 60 msnm.

Se evaluó el comportamiento productivo del maíz híbrido AGRI 104 bajo diferentes sistemas y densidades de siembra con tecnología de riego localizado. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones, en un arreglo bifactorial 2x3, para un total de 6 tratamientos. Los factores en estudio fueron:

- *Factor 1* (Sistema de siembra): A) siembra en superficie con espedado tradicional; B) siembra con surcado a 20 cm de profundidad, colocando la semilla en el fondo del surco, usando el esqueque similar a la siembra en superficie.
- *Factor 2* (Distancia entre hileras): 1) 0,40 m; 2) 0,70 m; 3) 0,90 m. En todos los casos se colocó una cinta de riego en cada hilera de plantas y la distancia entre plantas fue de 0,30 metros en todos los tratamientos. Con estos marcos de siembra, las densidades de



plantación respectivas fueron: 1) 83 250, 2) 47619 y 3) 36963 plantas.ha⁻¹.

Los tratamientos en estudio se codificaron -según las combinaciones de ambos factores- de la siguiente manera: T1 (A-1); T2 (A-2); T3 (A-3); T4 (B-1); T5 (B-2) y T6 (B-3).

Para el manejo del riego se tuvieron en cuenta los factores del cultivo, el suelo y los datos climáticos, los que se obtuvieron de la información de la estación meteorológica La Teodomira a partir de una serie de 12 años, comprendida entre 2005 y 2016. Se determinaron las propiedades hidrofísicas del suelo (Tabla 1). La programación del riego se realizó con el software CROPWAT v. 8.0 para Windows.

Se utilizó un sistema de riego presurizado con tecnología de riego por goteo. Los goteros se encontraban distanciados a 0,15 m. Con la programación del riego se determinaron los valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia por etapas y promedios con 4,54 mm.d⁻¹, obteniéndose que los requerimientos hídricos totales del cultivo ascendieron a 367,8 mm.

Se calcularon las dosis netas, las dosis brutas medias, los intervalos, la cantidad de riegos y el tiempo para cumplir con la dosis de riego en cada una de las etapas de desarrollo del cultivo. Las dosis brutas por etapas (para cada uno de los marcos de siembra) fueron de 14, 22 y 22 L.m⁻², con intervalos de 3, 4 y 5 días, y la cantidad de riegos 6, 10 y 4 para un total de 20 riegos en toda la etapa de desarrollo del cultivo.

Tabla 1. Propiedades hidrofísicas del suelo

PARÁMETROS	VALORES
Tipo de suelo	Franco arcilloso
Capacidad de campo (% del peso del suelo seco)	35
Punto de marchitez (% del peso del suelo seco)	17
Densidad aparente (g.cm ⁻³)	1,25
Factor de agotamiento (f)	0,25
Etapas de desarrollo del cultivo en días	20-30 y 20 días respectivamente
Profundidad radical efectiva por etapas Zr (m)	0,15, 0,25 - 0,35
Coeficientes de cultivos por etapas Kc	0,8-1,15 - 0,90

Para el cálculo del tiempo de riego se realizó la evaluación del sistema con el objetivo de conocer el caudal de entrega de los emisores; se seleccionaron 16 emisores en el área del experimento, con lo que se obtuvo una media de 1,55 L.h⁻¹, con un coeficiente de uniformidad del 92%. El tiempo de riego se determinó a partir de la relación entre el volumen de agua que necesita y recibe el surco. El volumen que necesita el surco se obtuvo de multiplicar el área longitudinal humedecida por la línea de goteros por las dosis brutas en L.m⁻² en cada una de las etapas de desarrollo del cultivo; el volumen de agua que recibe el surco se obtuvo de multiplicar el caudal medio de los goteros (obtenido mediante la evaluación del sistema) por el número de goteros en el lateral. Con estos resultados los tiempos de riego por etapas fueron de 38, 52 y 60 minutos respectivamente.



Se realizó la caracterización química del suelo en que se desarrolló el experimento en el laboratorio de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad (AGROCALIDAD), arrojando valores de nitrógeno y materia orgánica bajos, con altos niveles de fósforo, potasio y calcio y niveles medios de hierro, manganeso y zinc (Tabla 2).

La fertilización se realizó por vía edáfica o foliar (3 aplicaciones en el ciclo de vida del cultivo): a los 10 días después de la siembra, momento en que se aplicaron 5 g por planta del fertilizante Yaramila Complex con la fórmula 12-11-18, a los 25 días después de la emergencia (Cytokin y urea), y a los 35 días después de la emergencia 40 ml de Evergreen + 2,3 kg de urea + $\frac{1}{4}$ de Yaramila complex en 20 litros de agua).

Para el control del cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) se realizó una aplicación de Solaris (Spinetoram) a los 15 días (20 mL en 20 L de agua) y otra a los 36 días (2 kg de arena + 20 mL de Solaris).

Variables evaluadas

Bulbo húmedo: Se realizaron calicatas al azar (una por tratamiento). Con un flexómetro se midió el cono de humedecimiento alcanzado en los ejes del área alcanzada por el gotero (horizontal y vertical) 24 horas después del riego.

Desarrollo del sistema radical: Se realizaron calicatas al azar (una por tratamiento) alrededor de las plantas hasta la profundidad que alcanzaban las raíces; con un flexómetro se midieron las

longitudes alcanzadas por las raíces tanto en el eje vertical como horizontal, así como la determinación de la zona en la que se concentraba el mayor porcentaje de raíces.

Variables morfo-fisiológicas: Se evaluaron 60 días después de la germinación, en 10 plantas seleccionadas aleatoriamente en cada réplica, para un total de 30 por tratamiento. Se determinó la altura, el diámetro del tallo, el número de hojas, la altura de la inserción de la flor femenina y de la masculina en cada planta.

Variables de producción: Se evaluaron cuando la mazorca alcanzó la madurez comercial con un porcentaje de humedad entre el 12 y el 14%, en 10 plantas seleccionadas aleatoriamente en cada réplica (30 por tratamiento). Se determinó el peso de la mazorca sin hojas, la longitud y el diámetro de la mazorca, el número de hileras, el número de granos y el peso de los granos por mazorca. Con los valores de los pesos promedios de los granos y la densidad poblacional por tratamiento se estimó el rendimiento en $t.ha^{-1}$.

El análisis de varianza (ANOVA) se hizo con el paquete estadístico StatGraphics Centurión XV. II v16.1.18 y para la comparación de medias se empleó la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Tabla 2. Propiedades químicas del suelo.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	VALORACIÓN
pH		6,79	Prácticamente Neutro
Materia orgánica	%	2,01	Bajo
Nitrógeno	%	0,10	Bajo
Fosforo	ppm	24,4	Alto
Potasio	$cmol.kg^{-1}$	1,40	Alto
Calcio	$cmol.kg^{-1}$	15,10	Alto
Magnesio	$cmol.kg^{-1}$	5,55	Alto



Hierro	ppm	23,3	Medio
Manganeso	ppm	3,34	Bajo
Cobre	ppm	3,24	Medio
Zinc	ppm	-1,60	Bajo

RESULTADOS

Bulbo húmedo

Los resultados para esta variable se presentan en la tabla 3.

Para los sistemas de siembra no se encontraron diferencias significativas entre las medias de las longitudes del bulbo húmedo alcanzadas en el eje horizontal en el lado izquierdo del gotero, pero sí se observaron en la longitud del bulbo en el eje horizontal del lado derecho y en su profundidad.

Tabla 3. Longitud y profundidad del bulbo húmedo

Efectos individuales e interacción	Longitud del bulbo húmedo lado izquierdo (m)	Profundidad del bulbo húmedo (m)	Longitud del bulbo húmedo lado derecho (m)
Sistema de siembra			
A	0,24	0,29 a	0,25 a
B	0,25	0,25 b	0,24 b
Error estándar	0,006	0,005	0,005
Distancia entre hileras			
1	0,24 b	0,25 b	0,25 b
2	0,28 a	0,24 b	0,28 a
3	0,22 b	0,33 a	0,21 c
Error estándar	0,007	0,007	0,007
Interacción			
T1 (A-1)	0,24	0,25 bc	0,25 b
T2 (A-2)	0,28	0,25 bc	0,30 a
T3 (A-3)	0,21	0,38 a	0,21 c
T4 (B-1)	0,25	0,26 b	0,25 b
T5 (B-2)	0,28	0,23 c	0,27 ab
T6 (B-3)	0,23	0,28 b	0,21 c
Error estándar	0,10	0,01	0,002

Letras diferentes en una misma columna expresan diferencias significativas para la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

En ambos casos la siembra en superficie con espedado tradicional produjo los valores significativamente mayores.

Las tres distancias entre hileras provocaron diferencias en las longitudes en ambos lados del bulbo húmedo (con valores significativamente mayores para la distancia de 0,70 m) y en la profundidad, en la que el valor estadísticamente superior se alcanzó a los 0,90 m.

Los tratamientos con distancia entre hileras de 0,70 m, sembrados tanto en superficie como con surcado (T2 y T5), no mostraron diferencias significativas entre ellos y alcanzaron las mayores longitudes del eje humedecido en el sentido horizontal del lado derecho. Los tratamientos con distancia de 0,90 m entre hileras, sembrados por cualquiera de los dos sistemas (T3 y T6), no presentaron diferencias significativas entre ellos y mostraron los menores valores. En el eje vertical, el tratamiento que mostró el valor más alto fue el de 0,90 m entre hileras sembrado en superficie (T3).

Las diferencias significativas obtenidas entre los tratamientos estudiados pueden deberse a varias razones. Cadena (2014) plantea que la forma y el tamaño del bulbo están determinados por 4 factores: el tipo de suelo, el caudal del gotero, la duración y la frecuencia del riego.

Moreno y Villafañe (2009), señalan que la variabilidad espacial del suelo puede afectar la distribución en el perfil del agua aplicada mediante un sistema de goteo; Génova *et al.* (2013) obtuvieron diferencias significativas en el cono de



humedecimiento al comparar la respuesta productiva del tomate con riego por goteo superficial y subterráneo. Por su parte Méndez *et al.* (2016) al evaluar el cono de humedecimiento en suelos ferralíticos rojos y francos utilizando sistemas de riego por goteo subsuperficial en la caña de azúcar, concluyeron que el nivel de traslape que ocurre en el riego por goteo depende de la textura del suelo y de la descarga de los emisores.

Los resultados obtenidos evidencian que los dos elementos que parecen tener la mayor incidencia en el comportamiento del bulbo húmedo son las características del suelo y el caudal del gotero, por cuanto el tiempo y la frecuencia de riego fueron similares para todos los tratamientos. Aunque de la evaluación del sistema de riego se obtuvo un caudal medio de $1,54 \text{ L.h}^{-1}$ y un coeficiente de uniformidad de 92%, las variaciones en los caudales de los goteros y el tipo de suelo pueden generar diferencias en el área del bulbo húmedo. Apaza y López (2016) señalan que el riego tecnificado por goteo es de interés debido a su alta eficiencia de aplicación del agua, requerida por cualquier sistema para que se garantice el retorno de la inversión.

Desarrollo del sistema radical

El comportamiento del sistema radical se muestra en la tabla 4, observándose diferencias significativas para todos los tratamientos, tanto en el eje horizontal como en el vertical. En el análisis de las interacciones, la mayor profundidad de las raíces se alcanzó en el tratamiento con sistema de siembra con surcado y 0,90 m entre hileras (T6), que fue diferente al T3 (igual distancia entre hileras, pero

sembrado superficialmente). Esto indica que el sistema de siembra con surcado puede estimular la emisión de raíces más que la densidad poblacional.

Tabla 4. Longitud y profundidad del sistema radical

Efectos individuales e interacción	Longitud de las raíces lado izquierdo (m)	Profundidad de las raíces (m)	Longitud de las raíces lado derecho (m)
Sistema de siembra			
A	0,24 b	0,14 b	0,21 a
B	0,33 a	0,15 a	0,19 b
Error estándar	0,006	0,04	0,009
Distancia entre hileras			
1	0,22 b	0,13 b	0,19 c
2	0,33 a	0,14 b	0,23 a
3	0,31 a	0,16 a	0,18 b
Error estándar	0,008	0,005	0,001
Interacción			
T1 (A-1)	0,22 c	0,13 c	0,22 ab
T2 (A-2)	0,26 b	0,14 bc	0,26 a
T3 (A-3)	0,25 bc	0,15 b	0,15 c
T4 (B-1)	0,23 c	0,13 c	0,17 bc
T5 (B-2)	0,40 a	0,15 b	0,20 b
T6 (B-3)	0,38 a	0,18 a	0,22 ab
Error estándar	0,001	0,007	0,01

Letras diferentes en una misma columna expresan diferencias significativas para la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Varios elementos pueden influir sobre este comportamiento, entre ellos el bulbo húmedo, las características del suelo, la densidad y el sistema de siembra. Según los resultados del bulbo húmedo y el desarrollo radical alcanzado en todos los tratamientos estudiados, las raíces se desarrollaron dentro de la zona humedecida por los emisores de riego, lo que indica que las plantas contaron con el requerimiento hídrico adecuado para su desarrollo, corroborando que la programación y las dosis de riego aplicadas, así como los tiempos de riego y los intervalos establecidos,



proporcionaron una zona humedecida óptima para el desarrollo de las plantas.

En los dos ejes, el sistema radicular fue inferior a los valores que se obtuvieron para el bulbo húmedo en todos los tratamientos estudiados, lo que evidencia que con el riego localizado se garantiza una superficie humedecida óptima para el desarrollo del cultivo del maíz.

Variables morfo-fisiológicas

En la tabla 5 se expone el comportamiento de las variables evaluadas.

El análisis de varianza de las interacciones mostró diferencias significativas únicamente entre los tratamientos para la variable altura de las plantas. Los valores mayores se alcanzaron en los tratamientos T6 (surcado con 0,90 m entre hileras), T5 (surcado con 0,70 m entre hileras) y T3 (sembrado en superficie con 0,90 m entre hileras).

Tabla 5. Valores de las variables morfofisiológicas (AP: altura de la planta; DT: diámetro del tallo; NH: número de hojas; AFM: altura de la flor masculina; AFF: altura de la flor femenina) a los 60 días de la siembra

Efectos individuales/interacción	Altura de la planta en (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Número de hojas	Altura de la flor masculina (cm)	Altura de la flor femenina (cm)
Sistema de siembra					
A	209,44 b	2,33	15	44,73 b	28,38 a
B	217,70 a	2,36	15	48,30 a	27,40 b
Error estándar	2,26	0,26	0,09	0,69	0,34
Distancia entre hileras					
1	203,00 b	2,08 b	14 b	45,61	25,55 b
2	217,46 a	2,43 a	15 a	46,65	28,60 a
3	219,51 a	2,52 a	15 a	47,28	29,53 a

Error estándar	2,77	0,32	0,11	0,84	0,42
Interacción					
T1 (A-1)	196,00 c	2,01	14	43,06	26,50
T2 (A-2)	214,10 b	2,46	14	45,73	28,50
T3 (A-3)	218,30 ab	2,51	15	45,04	30,16
T4 (B-1)	211,53 b	2,15	14	48,16	24,60
T5 (B-2)	220,83 a	2,39	15	47,56	28,70
T6 (B-3)	220,73 a	2,54	15	45,16	28,90
Error estándar	3,93	0,46	0,16	1,19	0,59

Letras diferentes en una misma columna expresan diferencias significativas para la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Este último a su vez fue estadísticamente semejante a T2 (sembrado en superficie con 0,70 m entre hileras) y T4 (surcado con 0,40 m entre hileras). El tratamiento T1, que combinaba la siembra superficial con la menor distancia entre hileras (0,40 m) fue significativamente inferior a todos.

Estos resultados evidencian que tanto el sistema de siembra como la densidad poblacional, tienen efecto significativo en el crecimiento longitudinal de las plantas. Es interesante que los menores valores para esta variable se alcanzaron en los tratamientos con mayor densidad de siembra (83 mil plantas.ha⁻¹), lo que puede estar dado por la competencia por los nutrientes, el agua y la luz, entre otros factores. Guevara *et al.* (2015) plantean que en densidades de siembra altas se puede producir competencia tanto en la hilera como entre hileras de siembra.

Variables de producción

Los resultados de los valores de estas variables se presentan en la Tabla 6. Para esta variable, conjuntamente con el tratamiento T3 (siembra superficial y densidad de 36 963 plantas.ha⁻¹). Estos mismos tratamientos se habían comportado de forma similar para la



variable altura de las plantas; a la vez, estuvieron en los rangos más altos en todas las restantes variables de producción.

Tabla 6. Valores de las variables de producción (PMSH: peso de la mazorca sin hojas; LM: longitud de la mazorca; DM: diámetro de la mazorca; PG: peso de los granos por mazorca; NH: número de hileras; NG: número de granos)

Factor	PMSH	LM	DM	PG	NH	NG
H	(cm)	(cm)	(g)			
Sistema de siembra						
A	191,9 6 b	16,6 8	15,41	156,69	14	444,32
B	204,2 8 a	17,0 0	15,27	163,11	14	448,18
Error estándar	6,33	0,25	0,14	5,12	0,1 4	10,25
Marco de siembra						
1	150,2 4 b	14,7 3 b	14,52 b	120,44 b	14	390,40 b
2	214,7 4 a	17,7 8 a	15,51 a	174,22 a	14	475,88 a
3	229,3 8 a	18,0 3 a	15,99 a	185,04 a	14	472,47 a
Error estándar	7,76	0,32	0,17	6,27	0,1 7	12,56
Interacción						
T1 (A-1)	153,3 6 b	14,4 7 b	14,77 cd	125,66 c	14	406,30 b
T2 (A-2)	187,9 8 ab	17,3 2 a	15,23 bc	152,16 b	14	462,77 a
T3 (A-3)	234,5 5 a	18,2 7 a	16,22 a	192,27 a	14	463,90 a
T4 (B-1)	147,1 2 b	14,9 8 b	14,28 d	115,22 c	14	374,50 b
T5 (B-2)	241,4 9 a	18,2 4 a	15,78 ab	196,29 a	14	489,00 a
T6 (B-3)	224,2 2 a	17,7 8 a	15,75 ab	177,82 a	14	481,03 a
Error estándar	10,97	0,45	0,25	8,87	0,2 4	17,76

Letras diferentes en una misma columna expresan diferencias significativas para la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

El rendimiento se estimó a partir de la densidad de siembra y el peso promedio de los granos por mazorca (Grafico1).

El mayor rendimiento estimado correspondió al tratamiento sembrado superficialmente y con una densidad de

83250 plantas.ha⁻¹ (T1), con 10,46 t.ha⁻¹ seguido del tratamiento sembrado con surcado y con la misma densidad de siembra (T4). Considerando que en estos tratamientos se obtuvieron los pesos de granos por mazorca más bajos, los resultados están dados por la densidad de siembra; ello demuestra que un aumento en la densidad puede generar un mayor rendimiento asociado al número de plantas por unidad de área. El tratamiento T5 (sistema de siembra con surcado y densidad de 47619 plantas.ha⁻¹), que ocupó el tercer lugar estadísticamente, mostró altos valores de número de granos, peso de los granos y peso de las mazorcas; en este, con una diferencia de 34964 plantas.ha⁻¹ con respecto al tratamiento T1, la diferencia en producción es de 0,87 toneladas. En cambio, entre el tratamiento T5 y el T4, con una diferencia de 35631 plantas.ha⁻¹, la diferencia en el rendimiento es de 0,25 toneladas. Es decir, la densidad de siembra es un factor determinante en el rendimiento, pero su relación con este no es directamente proporcional.

Además, los costos del sistema se incrementan con el aumento de la densidad, al aumentar la cantidad de semilla necesaria, el volumen de fertilizantes y plaguicidas, lo que genera la necesidad de estudiar los efectos económicos al variar las densidades de siembra.

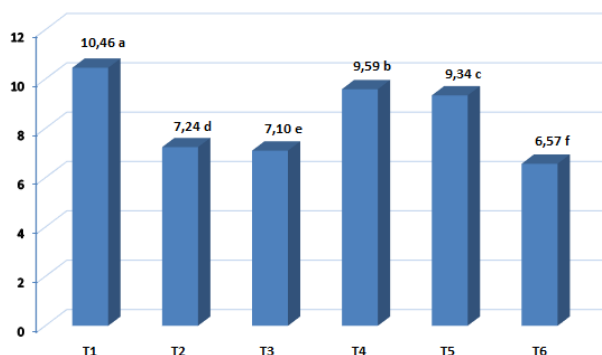


Gráfico 1. Rendimientos estimados ($t \cdot ha^{-1}$) del híbrido AGRI 104 en las combinaciones de sistemas y densidades de siembra

DISCUSIÓN

Los resultados alcanzados superan a los valores reportados por Castro (2017) para la provincia de Manabí, donde la media alcanzada en el peso por mazorca fue de 152 g y el rendimiento de $6,47 t \cdot ha^{-1}$ para el periodo de verano. También se coincide con Vallone *et al.* (2010), que obtuvieron los mayores rendimientos en el cultivo del maíz seco duro con densidades entre las 65000 y 80000 plantas. ha^{-1} , planteando que a densidades mayores decae el rendimiento por abortos de granos y aumento de individuos estériles, y en densidades bajas por la escasa capacidad de compensación tanto vegetativa como reproductiva.

El rendimiento obtenido se corresponde con lo planteado por Velásquez y Vínecs (2011), quienes señalan que el híbrido AGRI 104 presenta un buen comportamiento agronómico y rendimiento, y que supera las $5 t \cdot ha^{-1}$ cuando se siembra en superficie con un distanciamiento de siembra de 0,80 m entre surcos por 0,30 m entre plantas. Finalmente, los rendimientos superan

también los alcanzados por Virgen *et al.* (2014) y Medina *et al.* (2018).

CONCLUSIONES

1. El bulbo húmedo alcanzado con el sistema de riego localizado garantizó una zona de humedad adecuada para el desarrollo del sistema radical de las plantas sembradas con y sin surcado.
2. La densidad de siembra tuvo un efecto significativo en la altura de las plantas; los tratamientos de mayor densidad produjeron plantas con menores alturas en ambos sistemas de siembra con y sin surcado.
3. El sistema y la densidad de siembra influyen significativamente sobre el rendimiento del híbrido de maíz AGRI 104.

LITERATURA CITADA

1. Apaza, G. y López, C. 2016. Evaluación de la uniformidad de un sistema presurizado de riego por goteo para cultivos de zonas alto-andinas de Bolivia. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, La Paz, 3 (3): 7-17.
2. Cadena, V. 2014. *Hablemos de riego CONGOPE* ISBN: 978-9942-11-054- Primera Edición – 2014. Quito, Ecuador.
3. Castro, M. 2017. Rendimiento del maíz duro seco en invierno 2017. Dirección de análisis y procesamiento de la información. Coordinación general del sistema de información nacional. Ministerio de la Agricultura y Ganadería. Quito Ecuador.



4. Cavero, J. 2012. Fertirrigación en maíz: boletín de Fertirriego. Csic-Aula Dei. Tierras De Castilla y León: Agricultura 190: 48-52.
5. García, I y Briones, G. 2015. Sistema de riego por aspersión y por goteo. 3ra Edición. México. Editorial Trillas, UAAAM
6. Génova, L., Andreau, R., Etchevers, P., Zabala, S. M., Chale, W., Etcheverry, M., Romay, C. y Salgado H. 2013. Respuesta productiva del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo cubierta a la distribución de la humedad generada por riego por goteo subterráneo y superficial. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 112 (1): 18-26.
7. Guevara, A., Barcenás, G., Salazar, F. R., González, E. y Suzán, H. 2015. Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. Agrociencia 39 (4): 431-439.
8. INIAP (Instituto nacional autónomo de investigaciones agropecuarias) 2013. Información proporcionada por el Programa de Mejoramiento de Maíz de la Estación Experimental Tropical Pichilingue. Quevedo-Ecuador.
9. INEC, (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censo). 2018. Fuente: ESPAC 2018. Unidad De Estadísticas Agropecuarias.
10. Medina, A. J., Santiago, G. A., Soto, J. M. y Hernández, M. 2018. Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 21: 4306-4316.
11. Méndez, N., Mujica, A. y Mundiel, D. 2016. Evaluación direccional del cono de humedecimiento en suelos ferralíticos rojos y francos utilizando sistemas de riego subsuperficial en la caña de azúcar. Revista Universidad y Ciencia, UNAN-Managua 9 (15): 32-43.
12. Monteros, A. 2016. Rendimientos de maíz duro seco verano. Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca Quito, Ecuador. Pág. 14.
13. Moreno, M. y Villafañe, R. 2009. Distribución espacial de la humedad en tres perfiles de un suelo regado por goteo. Bioagro 21 (3): 227-231.
14. Peñafiel, 2015. Evaluación de la Lámina de Riego Superficial Sobre el rendimiento de cuatro híbridos en el cultivo de Maíz, (*Zea Mays* L.)". Tesis de grado previa a la obtención del Título de: Ingeniero Agrónomo Universidad Agraria de Guayaquil.
15. Velásquez, J. y Vences, E. 2011. Comportamiento agronómico de 15 híbridos de maíz amarillo (*Zea mays* L.) en el valle del río Portoviejo. Universidad Técnica de Manabí. Tesis de grado. p. 60.
16. Vallone, P., Guadelj, V., Galarza, C., Masiero, B., Vranicich, C. y Nebrada, J. 2010. Ensayo de densidad y distancias de siembra en maíz. INTA. Estación Experimental Marcos Juárez. Argentina. pp. 11-15. Disponible en: agrolluvia.com/wp-content/uploads/2016/12/ensayo-de-densidad-y-distancia-de-siembra-de-maiz.pdf. (Revisado en diciembre 05 del 2016).