



COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DEL MAÍZ, CON DOBLE HILERA DE PLANTAS PARA UNA CINTA DE RIEGO POR GOTEO

León Aguilar Rolando, Pin Quimis Williams, Veliz Mantuano Fernando W., Torres García Antonio, Héctor Ardisana Eduardo, Fosado Téllez Osvaldo.

Facultad de Ingeniería Agronómica Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. Contacto: rolandoleon1959@gmail.com

RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento productivo del cultivo del maíz, (*Zea mays* L.), con la siembra de doble hilera de plantas por cintas de goteo. La investigación se desarrolló en el campus experimental perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí.

Se empleó un diseño bifactorial, con arreglo de 2 x 3, con seis tratamientos y tres repeticiones. Los factores estudiados fueron el sistema de siembra (superficial y con surcado) y la distancia de las cintas de riego de goteo con respecto a los surcos del cultivo, utilizando un sistema de siembra de surcos dobles por cintas de riego. La distancia entre hileras de cintas de riego fue de (0,20, 0,30 y 0,40 m). Las variables evaluadas fueron: longitud y profundidad del bulbo húmedo, desarrollo del sistema radical, 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 distancia de la cinta de riego al surco

tuvo un efecto significativo sobre las variables morfológicas y productivas evaluadas. El rendimiento mayor (11,31 t. ha⁻¹) se obtuvo con el marco de siembra de dos hileras de plantas por cintas de goteros en un arreglo de (0,70 m x 0,30 m, colocando las cintas entre los 0,30 metros, dando una separación de 0,15 m con respecto a los surcos del cultivo y 0,70 metros la distancia sin cinta de riego) y 0,30 m para la distancia entre plantas). Palabras claves: Bulbo húmedo, densidad de siembra, marco de siembra, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los principales productos de consumo a nivel mundial en la alimentación humana y animal. Es componente entre el 60 a 75% de las dietas manejadas en la producción animal y contribuye con un importante aporte de energía y un moderado aporte de proteína. En la dieta de las aves, aporta entre el 65 a 70% de la energía requerida y en la porcicultura cerca del 8% de la proteína demandada, evidenciando la importancia del cultivo para la obtención de productos pecuarios como la carne de cerdo, pollo, y la producción de huevos (Grande, *et. al.*, 2012., Cum *et. al.*, 2018). También es utilizado como forraje verde en la dieta de animales, sobre todo en bovinos, equinos



entre otros (Peña *et. al.*, 2010; Montemayor *et. al.*, 2012; Pena, 2017 y González *et. al.*, 2018). Ecuador en el 2018 utilizó 900.000 t de maíz en la industria para la elaboración de alimentos proteicos para la producción pecuaria

En el Ecuador el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), se ha visto beneficiado debido a las características geográficas, climáticas y de suelo. Se cultivan diferentes variedades e híbridos, entre las primeras, la más representativa, 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).

En el 2018 la producción fue de 1,3 millones de toneladas, con rendimiento medio de 5,6 t. ha⁻¹ y en este año se estima alcanzar rendimiento de 7 t. ha⁻¹. Los pequeños productores con menos de 10 ha constituyen cerca de 75% de los 150 000 productores en el país, pocos cuentan con tecnificación y no disponen de sistemas de riego por lo que cerca del 85% de la producción se realiza en el periodo lluvioso lo que determina la realización de una cosecha al año (MAG, 2018). En el cultivo se utilizan diferentes densidades y marcos de siembra. En la provincia de Manabí se emplea una densidad media de 47 823 plantas. ha⁻¹ (Castro, 2017) y en las de Guayas y los Ríos de 62 500 plantas. ha⁻¹ con distanciamiento de 0,80 m entre hileras por 0,30 m entre plantas (INIAP, 2013)

El INEC (2018) 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.

En el manejo agronómico del cultivo, 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 (Peñañiel, 2015).

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.

HIPÓTESIS

El rendimiento potencial del cultivo de maíz está determinado por conjunto de factores entre ellos, la genética del cultivo, las condiciones agroclimáticas, entre otras. En la respuesta del cultivo la densidad de siembra juega un papel fundamental en el rendimiento del cultivo, para lo cual la densidad de plantas por metro cuadrado es de vital importancia. Otro factor importante en la respuesta del cultivo le constituye la disponibilidad de agua sobre todo en las fases más críticas del cultivo. La tecnología de riego localizado por goteo se ha convertido en una alternativa para el riego del cultivo del maíz, sin embargo, es una tecnología costosa por lo que se hace necesario



hacer un uso eficiente de la misma y la vez buscar un incremento en el rendimiento, con un menor suministro de agua. La siembra de surcos dobles por cintas de riego se puede convertir en una opción viable para la producción con el uso del riego por goteo

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el comportamiento productivo del maíz híbrido AGRI 104 con doble hileras de plantas por cintas de goteros y diferente sistema de siembra.

Objetivos específicos

1. Medir la incidencia de riego por goteo en los indicadores de crecimiento del cultivo del maíz AGRI 104 bajo diferentes sistemas de siembra.
2. Determinar el efecto de riego por goteo en los componentes y el rendimiento del cultivo del maíz AGRI 104 bajo diferentes marcos y profundidad de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó 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 de siembra y manejo del riego, con tecnología localizada. En la que se colocaron doble hileras de plantas por cintas de riego, y dos sistemas de siembra. 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: a) 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 espeque similar a la siembra en superficie y b) Factor 2 (distancia de las cintas de riego de goteo con respecto a los surcos del cultivo, utilizando un sistema de siembra de surcos dobles por cintas de riego), quedando los marcos de siembra establecidos de la siguiente forma: 1) (0,20 x 0,7 x 0,30 m; 2) 0,30 x 0,7 x 0,30; 3) 0,40 x 0,7 x 0,30. La distancia entre plantas fue de 0,30 con estos arreglos se logra una densidad de siembra de 73926; 66600 y 60606 plantas. ha⁻¹, respectivamente de acuerdo con los tratamientos estudiados.

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 para realizar. La programación del riego para lo



cual se utilizó el software CROPWAT 8.0 para Windows.

Se utilizó un sistema de riego presurizado con tecnología de riego por goteo y los goteros se distanciaron 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 $4,54 \text{ mm.d}^{-1}$, obteniéndose que los requerimientos hídricos totales del cultivo ascendieron a 367,8 mm.

Se calcularon las dosis netas y 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.

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 $1,55 \text{ L.h}^{-1}$, 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.

La fertilización se realizó por vía edáfica y 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 + 250 gramos 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) 24 horas después del riego y con un flexómetro se midió el cono de humedecimiento en los ejes del área alcanzada por el gotero (horizontal y vertical)

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 de 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 morfofisiológicas: 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 ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bulbo húmedo

En la tabla 1 se relacionan los resultados obtenidos respecto al bulbo húmedo en su longitud, ambos lados de la línea de goteros y la profundidad humedecida a través del riego. Los resultados del análisis arrojaron diferencia significativa en la franja humedecida en el lado izquierdo con respecto a la cinta de gotero. Fue mayor en el tratamiento sembrado en superficie lo cual puede

estar dado por la poca perturbación del suelo, al no ser surcado permitió un mayor desplazamiento del agua en todo el perfil alcanzado por el gotero.

Con respecto al marco de siembra también se encontró diferencia significativa en la longitud humedecida por los goteros en ambos lados de la línea y la profundidad alcanzada. Los resultados obtenidos pueden estar condicionados por varios factores por cuanto, las distancias humedecidas no manifiestan el mismo comportamiento cuando se analiza el factor marco de siembra. En el marco de siembra tres, se obtiene la mayor longitud del bulbo húmedo al lado izquierdo de la cinta, tomado desde la tubería distribuidora, sin embargo, en el lado derecho se obtiene la mayor longitud en el marco uno. Con respecto a la profundidad en el marco dos es donde se obtiene la mayor profundidad con 0,18 m.

Con respecto al análisis de las interacciones se obtuvo diferencia significativa entre las medias de los tratamientos estudiados. Los tratamientos que corresponden a la siembra en superficie presentaron el mejor comportamiento de las longitudes humedecidas a ambos lados de la cinta independientemente de los marcos, lo que debe estar dado por una menor perturbación del suelo, menos compactación entre otros.

En las evaluaciones realizadas se comprobó que, en correspondencia con el tipo de suelo, de gotero y el tiempo de riego para cumplir con la dosis requerida, se logró una franja humedecida media para los tratamientos sembrados en



superficie de 0,68 metros y para los tratamientos sembrados con surcado se alcanzó una franja media humedecida de 0,58 metros. En todos los tratamientos la cinta de riego humedece a los dos surcos para los cuales fueron colocadas, las profundidades medias humedecidas oscilaron entre 0,15 y 0,20 metros para ambos sistemas de siembra.

Las diferencias significativas obtenidas entre los tratamientos estudiados pueden estar dadas por varias causas, así Cadena (2014) señala que la forma y el tamaño del bulbo de humedecimiento está condicionados por 4 factores: el tipo de suelo, el caudal del gotero, la duración y la frecuencia del riego y Moreno y Villafañe (2009), expresan que la variación espacial del suelo puede perturbar la distribución en el perfil del agua aplicada mediante un sistema de goteo. A este respecto Génova *et. al.*, (2013) alcanzaron diferencias significativas en el cono de humedecimiento al evaluar la respuesta productiva del tomate con riego por goteo superficial y subterráneo.

Tabla 1. Comportamiento del bulbo húmedo de acuerdo con los factores estudiados

Efectos individuales/interacción	Longitud (m) del bulbo húmedo lado izquierdo	Profundidad (m) del bulbo húmedo	Longitud (m) del bulbo húmedo lado derecho
Sistema de siembra			
A	0,4a	0,16	0,28
B	0,29b	0,17	0,28
Error estándar	0,005	0,06	0,005
Marcos de siembra			
1	0,33b	0,15b	0,35a
2	0,31c	0,18a	0,32b
3	0,4a	0,17ab	0,32b
Error estándar	0,0006	0,007	0,006
Interacción			

A-1 (T1)	0,45a	0,15c	0,32b
A-2 (T2)	0,3c	0,17b	0,18d
A-3 (T3)	0,45a	0,18b	0,35a
B-1 (T4)	0,22d	0,15c	0,3b
B-2 (T5)	0,32c	0,2a	0,26c
B-3 (T6)	0,35b	0,17b	0,3b
Error estándar	0,009	0,01	0,009

Letras diferentes en una misma columna difieren para ($p < 0,05$), según Tukey.

Méndez *et. al.*, (2016) al estudiar 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 particularidades del suelo y el caudal del gotero, por cuanto el tiempo y la frecuencia de riego fueron similares para todos los tratamientos. Aunque en la evaluación del sistema de riego se alcanzó 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 crear diferencias en el área del bulbo húmedo. Apaza y López (2016) exponen que el riego tecnificado por goteo es de gran aceptación debido a su alta eficiencia de aplicación del agua, requerida por cualquier sistema para que se garantice el reintegro de la inversión.

Desarrollo del sistema radicular

Con respecto al desarrollo radicular (Tabla 2), se obtuvo diferencia significativa entre las medias de la longitud alcanzadas por las raíces de los tratamientos ensayados en ambos lados de la cinta. Los tratamientos 1 y 3



alcanzan las mayores longitudes con 0,45 metros hacia el lado izquierdo y hacia el lado derecho con surcado, las raíces presentaron un mayor desarrollo que sin surcado. Con respecto a la profundidad de siembra, los tratamientos sembrados en el fondo del surco alcanzaron una mayor longitud en la raíz de las plantas. Al analizar el comportamiento del sistema radicular con respecto al bulbo húmedo, se pudo comprobar que la masa radicular tanto en el plano horizontal como en el vertical se desarrolló dentro del bulbo húmedo garantizando la humedad adecuada para el desarrollo del cultivo.

Tabla 2. Resultados del crecimiento de las raíces con respecto a la cinta de riego

Efectos individuales/interacción	Longitud de las raíces (m) lado izquierdo	Profundidad (m) de las raíces	Longitud (m) de las raíces lado derecho
Sistema de siembra			
A	0,4a	0,16b	0,28
B	0,29b	0,18a	0,28
Error estándar	0,004	0,004	0,005
Marcos de siembra			
1	0,33b	0,15b	0,31a
2	0,31c	0,19a	0,22b
3	0,4a	0,17a	0,32a
Error estándar	0,005	0,005	0,007
Interacción			
A-1 (T1)	0,45a	0,15c	0,32ab
A-2 (T2)	0,3c	0,17bc	0,18d
A-3 (T3)	0,45a	0,18b	0,35a
B-1 (T4)	0,22d	0,15c	0,3bc
B-2 (T5)	0,32c	0,22a	0,26c
B-3 (T6)	0,35b	0,17bc	0,13d
Error estándar	0,008	0,08	0,001

Letras diferentes en una misma columna difieren para ($p < 0,05$), según Tukey.

Valores promedios de las variables: Altura de las plantas, diámetro del tallo, número de hojas y altura de la flor femenina (AP, DT, NH y AFF) a los 60 días después de la siembra.

En lo referente a las variables morfofisiológicas estudiadas (Tabla 3), se obtuvo efecto significativo de los factores en estudio sobre las variables evaluadas.

En el análisis individual de los factores en estudio se obtuvo que las plantas que crecieron con el sistema de surcado alcanzaron mayores alturas con respecto a las plantas que fueron sembradas con el sistema tradicional mediante el espedado, esto puede estar asociado al arroje que se realizó a los 20 días después de la germinación que propicio condiciones para un mejor desarrollo de las plantas y con ello el del sistema radical tal como se muestra en la tabla 4.

Con respecto al marco de siembra se encontró diferencia significativa en los tratamientos con densidades de 73926 y 66600 plantas por ha respectivamente, no presentaron diferencia significativas entre ellas, alcanzando las mayores alturas con 218,65 y 217,63 cm respectivamente, sin embargo presentaron diferencia significativa con respecto a la densidad de siembra 60606 plantas por ha, lo que obedece a la competencia interespecífica generada en las mayores densidades lo que generó una mayor altura entre las plantas.

En el análisis de las interacciones para la variable altura de las plantas se obtuvo un efecto significativo entre los tratamientos estudiados. Los tratamientos T5 y T1 (siembra con surcado y sin surcado, y densidades de siembra de 73926 y 66600 plantas por ha no mostraron diferencias significativas entre ellos, con alturas medias de las plantas de 226 y 220 cm respectivamente. Las plantas que lograron las menores altura fueron los tratamientos T3 y T6 lo que puede estar dado porque fueron los tratamientos donde los surcos del cultivo se encontraban a mayor separación de las cintas de riego, lo que puede deberse, a



que tuvieron una menor disponibilidad de agua en la zona radicular comparados con el resto de los tratamientos.

En las variables, diámetro del tallo, número de hojas y altura de la flor femenina. De acuerdo con los factores estudiados el comportamiento de estas variables es muy similar al presentado por la variable altura de las plantas. Donde las plantas que se desarrollaron en el sistema de siembra con surcado presentan una diferencia significativa en el diámetro del tallo y número de hojas respecto a las plantas que se desarrollaron en el sistema sin surcado.

Los resultados en la altura de las plantas e inserción de la mazorca alcanzados a los 60 días fueron similares a los planteados por (Rodríguez, 2013; Ortiz, 2014; López, 2015; Valencia, 2015 y Vergara, 2016) en sistema de siembra a una hilera con cinta de riego.

Tabla 3. Valores promedios de las variables: Altura de plantas, diámetro del tallo, número de hojas y altura de flor femenina (AP, DT, NH y AFF) a los 60 días después de la siembra

Efectos individuales/interacción	Altura de planta en cm	Diámetro del tallo mm	Número de hojas	Altura flor femenina
Sistema de siembra				
A	202,3 b	20,86 b	15b	40,97b
B	212,7 a	22,19 a	16a	48,2a
Error estándar	2,66	0,26	0,12	0,68
Marco de siembra				
1	218,65 a	21,44	16a	43,76b
2	217,63 a	21,90	15b	46,35a
3	186,56 b	21,23	15b	43,7b
Interacción				
Error estándar	3,26	0,32	0,15	0,84
A-1 (T1)	220,43ab	20,68b	15b	41c
A-2 (T2)	209,06b	21,25b	15b	41,7c
A-3 (T3)	177,4c	20,65b	14c	39,86d
B-1 (T4)	216,86b	22,2a	16a	46,23b
B-2 (T5)	226,2a	22,56a	16a	50,83a
B-3 (T6)	195,73d	21,81ab	16a	47,53b
Error estándar	4,61	0,45	0,22	1,18

Letras diferentes en una misma columna difieren para ($p < 0,05$), según Tukey.

Valores promedios de las variables de rendimiento. (peso de las mazorcas con y sin hojas, longitud de las mazorcas, peso de los granos por mazorcas, peso de las tusas, número de hileras, número de granos y rendimiento en $t. ha^{-1}$)

Con respecto a las variables utilizadas para estimar el comportamiento productivo (Anexo 1), se determinó de acuerdo con el peso promedio de los granos por mazorca y las densidades de siembra por tratamientos, se obtuvo diferencia significativa entre las medias de las varianzas en el análisis individual y combinado de cada uno de los factores estudiados. Con respecto al factor sistema de siembra todas las variables evaluadas, excepto el número de granos y número de hileras por mazorca presentaron diferencias significativas entre el sistema de siembra. Las plantas que se desarrollaron con el sistema de siembra con surcado presentaron el mejor comportamiento en las variables evaluadas, sobre todo en lo relacionado al peso promedio de los granos, una de las variables que definen el rendimiento.

En lo referente a los marcos de siembra, los cuales definen la densidad poblacional, la densidad de siembra de 66600 plantas por hectárea presentó el mejor resultado, destacando el peso promedio de los granos por mazorca con 145,9 gramos.

El análisis de las interacciones expresó diferencia significativa en las variables analizadas. El tratamiento T5 sembrado con surcado, según el sistema de



colocación de la cinta en la ubicación doble en el marco de siembra de 0,70 x 0,30 x 0,30 metros con una densidad poblacional de 66600 plantas por ha presentó el valor más alto en el peso promedio de los granos por mazorca con 169,39 gramos, considerando la densidad poblacional por tratamientos, también expresó la media más alta en el rendimiento con 11,31 t. ha⁻¹ seguido del tratamiento T4 con peso promedio de los granos de 132,2 g y un rendimiento de 9,8 t. ha⁻¹. Siendo superiores los rendimientos alcanzados en todos los tratamientos sembrados en surco, en comparación con la siembra superficial, la mayor diferencia se obtuvo al comparar el tratamiento T5 con respecto al tratamiento T2 que presentan igual densidad poblacional, y la diferencia en rendimiento fue 3,14 t. ha⁻¹, la cual debe estar explicada por el sistema de siembra.

De acuerdo con el análisis de la interacción, el tratamiento T5, que corresponde al marco de siembra de 0,70x0,30x0,30, y la siembra en el fondo del surco mostró la mejor respuesta en las variables: altura de las plantas, diámetro del tallo y peso promedio de los granos por mazorcas con 226 cm, 22,56 cm y 169 gramos respectivamente, con un rendimiento de 11,31 t. ha⁻¹, resultando recomendable este marco de siembra para riego localizado, con las cintas colocadas a metro, lográndose el humedecimiento de dos hileras de plantas por cintas de riego, además se logra una densidad de 66600 plantas por ha.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por (Molina, 2010; Ortiz,

2014 y Vergara 2016). También fueron superiores a los encontrados por Valencia, (2015) donde evaluó una fertilización de 240 kg. ha⁻¹ de nitrógeno, con una densidad de plantación de 83333 plantas por ha y tecnología de riego localizada, donde obtuvo un rendimiento de 9,8 t. ha⁻¹ con un beneficio neto de 2995,7 dólares.

Al comparar los resultados alcanzados con los obtenidos por Vallone, *et. al.*, (2010) en que evaluó densidades de siembra de 50000; 65000; 80000; 95000 y 110000 plantas por ha en obtuvo el rendimiento máximo con densidades de 65000 y 80000 plantas ha y demostró que con densidades mayores decae el rendimiento por aborto de granos y aumento de individuos estériles y en densidades bajas por la escasa capacidad de compensación tanto vegetativo como reproductiva.

Por su parte INTA, (2012), indica que la siembra del cultivo del maíz en surcos apareados o doble fila es considerada una opción para los productores, proporcionando un mayor espacio entre las plantas, permitiendo así una mayor población, lo que permite alcanzar metas más altas de rendimiento del cultivo. Se hace un uso más eficiente del sistema de riego, se logra una diferencia de un 50 por ciento del agua con respecto a la tecnología de riego por aspersión y de un 60 a un 70 % con respecto al riego por surcos.

CONCLUSIONES

1. El sistema de riego por goteo crea una zona de humedecimiento que oscila entre 0,48 y 0,52 m en el eje horizontal



y entre 0,27 m y 0,29 m en el eje vertical del suelo que permite el crecimiento del sistema radicular entre 0,45 y 0,69 m en longitud horizontal y de la profundidad media de 0,15 m y 0,22 m adecuado para el desarrollo del cultivo del maíz.

2. Las plantas que crecen en las mayores densidades y siembra en surco alcanzan el mayor crecimiento en altura, en diámetro del tallo y número de hojas.
3. Con la tecnología de riego por goteo, con una cinta de riego para dos hileras de plantas con marco de siembra de (0,70 x 0,30 x 0,30 m) en la que se alcanzan densidad de siembra de 66600 plantas se alcanzan rendimientos superiores a las 11,00 t. ha⁻¹

LITERATURA CITADA

1. Apaza G., 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, Vol. 3, N°3, Pág. 7-17, ISSN: 2409-1618
2. 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.
3. García, I y Briones, G. 2015. Sistema de riego por aspersión y por goteo. 3ra Edición. México. Editorial Trillas, UAAAM
4. Génova, L.; Andréu, R.; Etchevers, P.; Zabala, Ch., 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 Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata), Vol 112 (1):18-26
5. González, U., Gallegos M. Á., Vázquez, C., García, J. L., Fortis M., Mendoza S., 2018 Productividad de genotipos de maíz forrajero bajo fertilización orgánica y propiedades Físico-Químicas del suelo Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Volumen Especial número 20 01 de abril - 15 de mayo, 2018
6. Grande, C y Orozco, B. 2012 Producción y procesamiento del maíz en Colombia Revista Científica Guillermo de Ockham. Vol. 11, No. 1. Enero - junio de 2013 - ISSN: 1794-192X - pp. 97-110
7. INEC, (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censo). 2018. Fuente:
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. INTA, 2012. Evaluación de la Eficiencia en el uso de Nitrógeno y Respuesta A La Fertilización Nitrogenada por Ambiente En El Cultivo de Maíz. Boletín Informativo. P.
10. López, G. 2015. Bioestimulante en la fertilización nitrogenada y completa



- de dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) con el uso de fertiriego por goteo. Pág. 98.
11. Molina, R. 2010. "Evaluación de seis híbridos de maíz amarillo duro; INIAP H-601, INIAP H 553, HZCA 315, HZCA 317, HZCA 318, AUSTRO 1, frente a dos testigos, AGRI 104 y Dekalb DK-7088, sembrados por el agricultor local, en San Juan- Cantón Pindal- Provincia de Loja". Pág. 121.
 12. Monteros, A 2016 productividad agrícola en el ecuador. Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y pesca Quito, Ecuador.
 13. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. 2018. Sistema de Información Pública Agropecuaria. Cifras Agroproductivas. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>. Recuperado 16/08/2018.
 14. Montemayor, A., J. Lara, L., Woo, J. Munguía L., Miguel Rivera, R. y Trucíos 2012. Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México AGROCIENCIA, 1 de abril - 15 de mayo, 2012
 15. 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
 16. Pena, D., Baque m. y Ponce, O. 2017 Técnicas de comercialización para los derivados del maíz y su aplicación en la comuna Sancán Comercio & Negocio n° 7, pp.163– 182. ISSN 1390-6860. Latindex 22987. enero – diciembre 2017
 17. Peña, A., González F., y Robles F. 2010 Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz 28 Rev. Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 1 Núm.1 1 de enero - 31 de marzo, 2010
 18. Rodríguez, J. 2013. Comportamiento de cinco híbridos de maíz en estado de choclo cultivados a dos distancias de siembra". Tesis de grado de ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Guayaquil. Ec. 80 p.
 19. Ortiz, J. 2014. Evaluación de tres distanciamientos de siembra con los híbridos de maíz (*Zea mays* L.) Gladiador 688 y AGRI 104 en el Cantón Simón Bolívar provincia del Guayas". Tesis de grado de ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Guayaquil. EC. 79 p.
 20. Valencia, C. 2015 Efecto de cinco niveles de nitrógeno en el cultivo de maíz (*Zea mayz* L.)
 21. Velásquez, J. y Víneces, 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.
 22. Vergara, J. 2016. "Evaluación Agronómica de cuatro híbridos de maíz duro seco (*Zea mays* L.) en la zona el Triunfo de la Provincia del Guayas". p. 71.



Anexo 1 Valores promedios de las variables de rendimiento

Factor	PMCH g	PMSH g	LM cm	DM cm	PG x M g	PT g	NH	NG	Rendimiento (t.ha ⁻¹)
Sistema de siembra									
A	157,8b	140,5b	14,99b	14,43b	115,87b	25,25b	14,3a	368,39a	
B	192,2a	177,5a	16,92a	14,93a	141,39a	33,04a	14,09a	392,54a	
Error Es	6,20	5,71	0,24	0,13	4,73	1,22	0,14	9,82	
Marcos de siembra									
1	174,44ab	157ab	15,68a	14,7ab	128,4ab	29,13ab	14,07a	368,3a	
2	197,20a	179,4a	16,57a	15,13a	145,9a	32,66a	14,35a	392,9a	
3	153,56b	140,1b	15,62a	14,22b	111,6b	25,65b	14,17a	380,2a	
Error Est	7,59	6,99	0,29	0,16	5,79	1,49	0,17	12,03	
Interacción									
A-1 (T1)	165,8bc	147bc	15,1cd	14,6bc	124,8b	25,8c	14,27a	385,7abc	9,2ab
A-2 (T2)	168,5bc	149 bc	15,3cd	14,8b	122,5bc	26,8bc	14,43a	361,1bc	8,17bc
A-3 (T3)	139,4c	125,1c	14,6d	13,9c	100,4c	23,2c	14,2a	358,4bc	6,03c
B-1 (T4)	183,1b	167,7b	16,2bc	14,8b	132,1b	32,5b	13,87a	350,9c	9,8ab
B-2 (T5)	225,9a	209,6a	17,9a	15,5a	169,3a	38,5a	14,27a	424,8a	11,31a
B-3 (T6)	167,8bc	155,2b	16,7b	14,5bc	122,8bc	28,1bc	14,13a	401,9ab	7,4bc
Error Est	10,73	9,89	0,41	0,23	8,19	2,11	0,24	17,01	0,57

Letras diferentes en una misma columna difieren para ($p < 0,05$), según Tukey.

Leyenda: PMCH, peso de las mazorcas con hojas, PMSH peso de las mazorcas sin hojas; LM longitud de las mazorcas; DM, diámetro de las mazorcas; PGM peso de los granos por mazorcas; PT peso de las tusas sin granos; NH número de hileras y número de granos