

Respuesta agronómica de un híbrido de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes densidades de siembra

Agronomic response of a maize hybrid (*Zea mays* L.) to different planting densities

Luis Fernando Salazar Carranza¹, Diana Verónica Véliz Zamora¹, Camilo Alexander Mestanza Uquillas¹, Jennifer Yamali Villacís Seme¹

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

Autor de correspondencia: luis.salazar2013@uteq.edu.ec

Recibido: 08/05/2023. Aceptado: 23/10/2023
Publicado el 20 de diciembre de 2023

Resumen

La investigación se llevó a cabo en la finca “La Victoria”, ubicada en el kilómetro 32 vía al cantón Ventanas, provincia de Los Ríos. El objetivo fue analizar diversas distancias de siembra en maíz (*Zea mays* L.), empleando un híbrido simple durante la época lluviosa. Se aplicaron tres tratamientos: T1 (60 x 20cm), T2 (70 x 20 cm) y T3 (80 x 20 cm), distribuidos en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. Se examinaron múltiples variables, incluyendo la altura de las plantas (cm) a los 15, 30 y 45 días después de la siembra, el diámetro del tallo (cm), el número de hileras de mazorcas, la longitud de las mazorcas (cm), el diámetro de las mazorcas (cm), el peso de 1000 semillas (g), el rendimiento (kg ha⁻¹), el análisis de la fenología y los aspectos económicos. En relación con la altura de las plantas, el diámetro del tallo y el número de hileras de mazorcas, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Sin embargo, en lo que respecta a la longitud y el diámetro de las mazorcas, el peso de 1000 semillas, el rendimiento de grano y los ingresos netos del análisis económico, el tratamiento T1 se destacó por encima de los demás tratamientos. En la variable de ingresos netos, el T2 demostró una relación costo-beneficio más favorable, generando mayores ganancias. Por último, en cuanto a la fenología, se lograron identificar seis etapas importantes, que incluyen VE, V2, Vn, Vt, R1 y R4.

Palabras clave: híbrido simple, densidad, rendimiento, fenología.

Abstract

The research was carried out at “La Victoria” farm, located at kilometer 32 on the road to Ventanas canton, province of Los Ríos. The objective was to determine different planting distances in maize (*Zea mays* L.), using a simple hybrid during the rainy season. Three treatments were applied: T1 (60 x 20 cm), T2 (70 x 20 cm) and T3 (80 x 20 cm), distributed in a completely randomized design with five replications. Multiple variables were examined, including plant height (cm) at 15, 30 and 45 days after planting, stem diameter (cm), number of ear rows, ear length (cm), ear diameter (cm), 100-seed weight (g), yield (kg ha⁻¹), phenology analysis and economic aspects. In relation to plant height, stem diameter and number of ear rows, no statistically significant differences were observed between treatments. However, in terms of ear length and diameter, 1000-seed weight, grain yield and net income in the economic analysis, the T1 treatment stood out above the other treatments. In the net income variable, T2 showed a more favorable cost-benefit ratio, generating higher profits. Finally, in terms of phenology, six important stages were identified, including VE, V2, Vn, Vt, R1 and R4.

Keywords: simple hybrid, density, yield, phenology.

Introducción

El maíz representa un cultivo de destacada importancia tanto desde una perspectiva económica como alimentaria, situándose entre los cereales más ampliamente cultivados junto con el arroz y el trigo (Chura *et al.*, 2019). Este versátil cultivo se encuentra presente en aproximadamente 135 países, siendo empleado en su mayoría como grano seco, aunque en algunas regiones se consume como maíz tierno (Chang *et al.*, 2018). Además, el maíz exhibe una impresionante capacidad de adaptación y desarrollo en diversas condiciones agroclimáticas. Su valor como recurso alimenticio se extiende a la nutrición humana, la alimentación animal y la acuicultura, así como a la producción industrial de almidón, proteínas, aceites, edulcorantes, bebidas alcohólicas y combustible. Asimismo, se utiliza como forraje en la alimentación de ganado destinado tanto a la carne como a la leche (Chamba *et al.*, 2018).

En el ámbito nacional, el maíz desempeña un papel fundamental, ya que su producción proporciona la materia prima esencial para la alimentación de la población y sustenta la agroindustria, contribuyendo significativamente al Producto Interno Bruto (PIB) agrícola, que alcanza el 3% (Caviedes, 2019; Villafuerte *et al.*, 2018). Según las estadísticas de la FAO del año 2021, se ha logrado una producción de aproximadamente 1,699,369.61 t en unas 366,138 ha de cultivo, generando un rendimiento promedio de 4.64 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2022). Es relevante señalar que, en la actualidad, los tipos de maíz amarillo duro y suave amarillo son los más predominantes en Ecuador, con las regiones costeras y partes de la región interandina destacando como las principales áreas de producción. Entre las provincias más destacadas se encuentran Guayas, Bolívar, Manabí, El Oro y Los Ríos (León *et al.*, 2018).

No obstante, en campañas recientes, los rendimientos del maíz han exhibido una notable variabilidad, en gran parte debido a prácticas de manejo inadecuadas y a las fluctuaciones climáticas, además de otros factores que inciden en el crecimiento y la productividad del cultivo (Caballero *et al.*, 2023). Estas variabilidades afectan considerablemente el margen de beneficio de los agricultores, especialmente teniendo en cuenta los costos laborales y de insumos convencionales (Medina *et al.*, 2018).

Uno de los aspectos de mayor relevancia para la producción de maíz es la determinación de la densidad de siembra óptima y el arreglo espacial adecuado para cada variedad de maíz en las distintas regiones maiceras del país (Quevedo *et al.*, 2015). Aunque un aumento en la densidad de siembra puede incrementar el rendimiento de grano de manera cuadrática, este rendimiento disminuirá si se supera cierto umbral, lo que resulta en un menor número de granos por mazorca y en granos de menor peso. Además, el efecto de la densidad en el rendimiento también está influenciado por el potencial genético del material (Quiroz, 2017).

Razón por la cual, es fundamental encontrar la densidad de siembra óptima que maximice la eficiencia en el uso de los recursos disponibles y que garantice el rendimiento máximo por unidad de área, al considerar tanto la población de cultivo como el desarrollo individual de las plantas (Jiang *et al.*, 2018). Esto subraya la importancia de ajustar la densidad de siembra del maíz (Ortiz, 2016).

Además, en vista de las recientes modificaciones genéticas en los híbridos de maíz disponibles en Ecuador y los cambios climáticos en curso, se plantea la necesidad de revisar y actualizar las recomendaciones sobre densidad y espaciamiento de siembra para este cultivo. Por consiguiente, el objetivo de la presente investigación fue evaluar diversas densidades de siembra y su impacto en la fenología y productividad del híbrido de maíz “Centella”, en las condiciones climáticas y de suelo presentes en el cantón Ventanas, de la provincia de Los Ríos.

Materiales y métodos

El trabajo investigativo se desarrolló en la finca “La Victoria”, localizada en el km 32, vía Quevedo - Ventanas, provincia de Los Ríos, con coordenadas 79°25'35" longitud oeste y 01°17'12" latitud sur, a una altitud de 107 msnm. En la Tabla 1 se describen las condiciones climáticas y de suelos presentes en el lugar donde se estableció el lote, mientras que, en la Tabla 2 se muestran las características agronómicas, productivas y sanitarias del Híbrido Simple Centella.

Manejo del Experimento

Para efectos de la investigación se emplearon tres distancias de siembra, que correspondieron a los tratamientos: T1 (60 cm entre hileras x 20 cm entre plantas), T2 (70 cm entre hileras x 20 cm entre plantas) y T3 (80 cm entre hileras x 20 cm entre plantas) que corresponde al testigo recomendado por el comercializador de la semilla. Para ello, se procedió a delimitar el terreno en una superficie de 966 m², así como también efectuar el desmalezado y arado del mismo y posteriormente se distribuyeron las parcelas de manera aleatoria.

Las semillas fueron tratadas con el insecticida Semeprid en tres distintas dosis: 350 mL ha⁻¹ para las semillas empleadas en T1, 400 mL ha⁻¹ en T2 y 450 mL ha⁻¹ en T3, para posteriormente realizar la siembra el 6 de enero del 2020. Para esta actividad se usó una sembradora manual giratoria marca Okayama modelo profesional, la cual permitió realizar de forma conjunta la fertilización a base de muriato de potasio a razón de 150 kg ha⁻¹ en T1 y T2, mientras en T3 se suministró 100 kg ha⁻¹.

Tabla 1. Condiciones edafoclimáticas del cantón Ventanas-provincia de Los Ríos

Datos agroclimáticos	Promedios
Temperatura (°C)	24
Humedad relativa (%)	81
Precipitación (mm/año)	2094.5
Heliofanía (horas luz/año)	800
Zona ecológica	Bosque Tropical Seco (BST)
Topografía	Regular
Textura de suelo	Franco-arcillosa
pH de suelo	6.7

Fuente: (Feijoo, 2018; Robelli, 2014).

Tabla 2. Características del híbrido Centella

Categoría	Características
Días de floración	54 días
Días de cosecha	120 días
Altura de planta (cm)	220-235
Altura de mazorca (cm)	120-130
Tipo de grano	Semi-cristalino
Hileras por mazorca	12-14
Tolerancia a acame	Moderadamente resistente
Índice de desgrane	84%
Tolerancia a enfermedades foliares	Resistente
Tolerancia a enfermedades de la mazorca	Resistente

Fuente: (Interoc, 2019).

A los 12 días después de la siembra (dds) se aplicó Spinetoram (Radiant 250 cc ha⁻¹) en todos los tratamientos. A los 15 dds, se suministró Nicosulfuron (Nostoc 32 g ha⁻¹) y Atrazina 500 g ha⁻¹. A los 22 dds se aplicó Diflufenzuron + Lambda-cyhalothrin (Metralla 150 g ha⁻¹), Azoxistrobin + Tridemorph (Topgun 500 cc ha⁻¹), aminoácidos libres y polipéptidos (Siapton) y Complex (fertilizante edáfico) en dosis de 1 L ha⁻¹ y Urea en dosis de 300 kg ha⁻¹ en T1, 250 kg ha⁻¹ en T2 y 200 kg ha⁻¹ en T3.

Pasado los 32 días después de la siembra, se aplicó a todo el lote Spinetoram 250 cc ha⁻¹, así como aminoácidos libres y polipéptidos y complex en dosis de 1 L ha⁻¹ respectivamente. A los 40 después de la siembra se aplicó un bactericida a base de Sulfato de gentamicina + Clorhidrato de oxitetraciclina (Agry-Gentoplis 300 g ha⁻¹) junto a un regulador de pH a base de ácido fosfórico (Optiwater 1 L ha⁻¹). Posteriormente a los 42 días después de la siembra se aplicó a todas las parcelas un herbicida a base de sal dicloruro de paraquat (Cerillo 1.5 L ha⁻¹). Cumplido los 48 y 53 después de la siembra, se volvió a aplicar Agry-Gentoplus en una dosis de 300 g ha⁻¹ junto a Optiwater 1 L ha⁻¹, al lote respectivamente. La cosecha se llevó a cabo de forma manual, una vez las distintas parcelas

alcanzaron la madurez fisiológica.

Diseño de la investigación y análisis estadístico

El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar, con 3 tratamientos y 5 repeticiones, dando un total de 15 unidades experimentales (UE). El criterio para la selección del diseño experimental se basó en las características topográficas del lote donde se estableció el ensayo. Para la comparación de medias se usó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Se evaluó la normalidad, independencia de los residuos y homocedasticidad previo al análisis de varianza. El análisis estadístico se efectuó con el software (Infostat, 2020). La unidad experimental (UE) tuvo una dimensión de 5x5 (25 m²), una separación entre parcelas de 2 m, para lo cual se empleó un área total de 966 m². Es preciso indicar que las observaciones fueron tomadas en un área útil de 10 m² por cada UE.

Variables Estudiadas

Para la altura de la planta y el diámetro del tallo, se procedió a registrar los valores obtenidos a partir de los 15 dds hasta el inicio de la floración con intervalos de 15 días, para lo cual se seleccionaron al azar 6 plantas por cada tratamiento,

empleando un flexómetro para la altura de la planta y un calibrador manual marca JEM para el diámetro del tallo. En cuanto al número de hileras por mazorca, longitud de la mazorca y diámetro de la mazorca se extrajeron 10 mazorcas seleccionadas aleatoriamente por cada unidad experimental, empleando una cinta métrica para medir la longitud de las mazorcas de la parte basal de la inserción con el pedúnculo hasta el ápice de las mazorcas y un calibrador para registrar los valores del diámetro de la mazorca. Para el peso de 1000 semillas, se tomaron 1000 granos al azar por cada unidad experimental y se pesaron con una balanza marca CAMRY, modelo Eha901. El rendimiento del grano se obtuvo por medio del peso total de la parcela (unidad experimental), para lo cual se implementó la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Rendimiento por parcela útil (kg)} \cdot 10000 \text{ m}^2}{\text{Área de parcela útil (m}^2\text{)}}.$$

Durante todas las etapas fenológicas de la planta se determinó las unidades de calor diario (UC) o grados útiles diarios, estableciendo como temperatura umbral inferior 10° C y como temperatura umbral superior 30° C (Endicott *et al.*, 2015) y más la temperatura media diaria se determinaron las unidades de calor diario. Es preciso indicar que la temperatura media diaria se obtuvo calculando temperatura máxima + temperatura mínima /2. Para determinar las unidades de calor diario fue necesario emplear la siguiente fórmula:

$$UC = \left(\frac{T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}}}{2} \right) - T_{\text{base}}.$$

El análisis económico se realizó a partir del rendimiento del grano, costos totales de producción e ingresos netos que se obtuvieron en cada uno de los tratamientos, para lo cual fue necesario aplicar la siguiente fórmula (Arévalo *et al.*, 2016):

$$\text{Relación } \frac{B}{C} = \frac{\text{Ingresos netos}}{\text{Costos totales}}.$$

Resultados y discusión

En la variable altura de la planta a los 15, 30 y 45 días después de la siembra, se logró constatar que no existieron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$) (Tabla 3).

Estos datos difieren con lo determinado por Blanco-Valdes y González-Viera (2021), y lo concluido por Guamán *et al.* (2020), quienes indican que cuando se incrementa el número de plantas por hectárea, se da un aumento en la altura de la planta y en el punto de inserción de la mazorca principal. No obstante, si bien la altura de la planta puede ser capaz de aumentar a mayor densidad del cultivo, el crecimiento y expansión foliar de la planta puede verse afectada al reducir su capacidad de captación de la radiación fotosintéticamente activa, causando reducciones severas en la biomasa fresca en ausencia de una síntesis efectiva de proteínas y por ende problemas en la actividad metabólica según Hernández y Soto (2012).

En cuanto a la variable diámetro del tallo a los 15, 30 y 45 días no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$) (Tabla 4).

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Chura *et al.* (2019) y por Farinelli *et al.* (2012), quienes observaron la reducción del diámetro de tallo cuando se aumentó la población de plantas. Este hecho puede ser debido a que las plantas que crecieron en una baja densidad poblacional no sufrieron de forma expresiva con la competencia intraespecífica, aprovechando de mejor manera los recursos disponibles en el medio (agua luz y nutrientes) para la producción de materia seca y su adecuada distribución en todas las partes de la planta, incluido el tallo.

Tabla 3. Altura de la planta a los 15, 30 y 45 días (cm). Ventanas provincia de Los Ríos, invierno del 2020

Tratamientos	Altura de la planta (cm)		
	15 días	30 días	45 días
T1 (60 cm x 20 cm)	17.40 a	72.48 a	197 a
T2 (70 cm x 20 cm)	17.16 a	72.92 a	194 a
T3 (80 cm x 20 cm)	16.84 a	70.64 a	198 a

Medias con letras iguales en la columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p > 0.05$)

Tabla 4. Diámetro del tallo a los 15, 30 y 45 días (cm). Ventanas provincia de Los Ríos, invierno del 2020

Tratamientos	15 días	30 días	45 días
T1 (60 cm x 20 cm)	0.40 a	2.08 a	2.54 a
T2 (70 cm x 20 cm)	0.38 a	2.03 a	2.44 a
T3 (80 cm x 20 cm)	0.40 a	2.06 a	2.56 a

Letras iguales no son significativas según la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

No se visualizaron diferencias significativas ($p>0.05$) para la variable número de hilera de mazorcas entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 5.66%, registrando los mismos promedios en T1, T2 y T3 con 13 hileras por mazorca (Tabla 5).

Los números de hileras inferiores están muy relacionados con los híbridos de madurez temprana (Endicott *et al.*, 2015). Las situaciones estresantes metabólicas severas durante estas etapas, como el momento adecuado de las aplicaciones de algunos herbicidas, pueden reducir el número de hileras de granos producidas. Sin embargo, es importante tomar en cuenta lo mencionado por (Balbuena *et al.*, 2011), quien indica que el número de hileras de mazorca no se ve afectado por la densidad de plantas ya que está se encuentra determinada genéticamente.

Respecto a la variable longitud de la mazorca, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p<0.05$), obteniendo T3 (19.19 cm) como T1 (19.14 cm) valores distintos a los registrados por T2 con 18.51 cm (Tabla 5).

Los datos obtenidos difieren con lo concluido por Cervantes-Ortiz *et al.* (2018), quienes encontraron que la longitud y el diámetro de mazorca disminuyen a medida que la densidad de población aumenta, lo cual no aplica en la presente investigación, puesto que tanto en distanciamientos entre hileras de 60 cm como en los de 80 cm se registraron valores estadísticamente iguales.

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p>0.05$) en la variable diámetro de la mazorca, registrando valores en T1 con 5.03 cm, T3 con 5 cm, y finalmente por parte de T2 un valor de 4.92 cm (Tabla 5).

Fonseca *et al.* (2023) indican que en su investigación las altas densidades de siembra tuvieron un efecto inversamente proporcional en otras variables como fue el caso de la longitud y el diámetro de mazorca, pues se pudo observar que tanto estos disminuyeron conforme aumentó la densidad de siembra. Aquel efecto, no tuvo lugar en el presente ensayo, puesto que tanto T3, que fue el tratamiento con menor densidad, como el T1, que fue el tratamiento con mayor densidad, registraron valores estadísticamente iguales.

En la variable peso de 1000 semillas (g) tuvieron diferencias significativas entre tratamientos ($p<0.05$), registrando valores de 42.12 g en el caso de T1 y de 40.78 g en T2, mientras T3 alcanzó un registro de 40.04 g (Tabla 5).

En el trabajo de Martínez-Rueda *et al.* (2010) se manifiesta que las diferencias en el peso de los granos pueden ser explicadas mediante variaciones en la duración de llenado efectivo, o modificaciones en la tasa de acumulación de materia seca durante esta etapa. Los genotipos o híbridos de alto peso de granos presentan altas tasas de llenado y alto número de gránulos de almidón formados, lo cual sugeriría que, en el presente estudio, el distanciamiento utilizado por T1 (60 cm x 20 cm) promueve más la tasa de llenado en granos en comparación a los demás tratamientos. Dicho comportamiento también es mencionado por Pérez-Somarriva y Hernández-Fernández (2022), quien observó una tendencia de aumento del peso de los granos ante menor distanciamiento de plantas.

En el rendimiento del grano (kg ha^{-1}), se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p\leq 0.05$), alcanzando un registro notable en el caso de T1 con $10931.76 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido de T2 con $9933.84 \text{ kg ha}^{-1}$ y T3 con $7847.28 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabla 5).

Los cambios en el rendimiento al aumentar densidad de plantas, alto al inicio y posteriormente bajo, forman una parábola; además, los rendimientos bajos al disminuir la densidad de siembra son debidos a la escasez de plantas, pero con densidades altas se provoca esterilidad. Estas afirmaciones citadas en el trabajo de Cervantes *et al.* (2014) son válidas para cada región, dada la competencia por agua, luz y nutrientes. El rendimiento se incrementa con el aumento de la densidad de siembra. Aquello coincide con lo citado por Rodríguez *et al.* (2015), quien indica que la densidad de población es una de las prácticas culturales más importantes que influyen en el rendimiento de grano y otros componentes del rendimiento, y éstos últimos dependen estrechamente del ambiente, del genotipo, del manejo agronómico y de sus interacciones. Es importante destacar, que para promover el impacto de la densidad sobre el rendimiento es necesario acompañarlo de un adecuado nivel de fertilización, así lo afirma (Ogando *et al.*, 2017).

Tabla 5. Componentes de rendimiento. Ventanas provincia de Los Ríos, invierno del 2020

T.	Número de hilera de mazorca	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Peso de 1000 semillas (g)	Rendimiento de grano (kg ha^{-1})
T1 (60 cm x 20 cm)	13 a	19.14 a	5.03 a	420.12 a	10931.76 a
T2 (70 cm x 20 cm)	13 a	18.51 b	4.92 b	400.78 ab	9933.84 b
T3 (80 cm x 20 cm)	13 a	19.19 a	5.00 ab	400.04 b	7847.28 c

T: Tratamientos; Letras distintas son significativamente distintas según la prueba de Tukey ($p>0.05$).

Tabla 6. Grados días acumulados por etapa fenológica, Ventanas provincia de Los Ríos, invierno del 2020

Fecha	Día	°C promedio	°C base	°C suma diaria	°C sumatoria	Etapas fenológicas
10/01/2020	4	31.17	10	21.17	93.84	VE
17/01/2020	11	27.25	10	17.25	220.98	V2
02/02/2020	27	29.77	10	19.77	512.83	V3
14/02/2020	39	26.71	10	16.71	721.35	Vt
04/03/2020	58	28.2	10	18.2	1052.79	R1
04/04/2020	89	27.4	10	17.4	1596.79	R4

Tabla 7. Ingresos totales y relación beneficio/costo por tratamiento. Ventanas provincia de Los Ríos, invierno del 2020

Tratamientos	Rendimientos (kg ha ⁻¹)	Precio por kg (\$)	Ingresos totales (\$)	Costos totales (\$)	Ingresos netos (\$)	Relación B/C(\$)
T1	10931.76	\$0.32	\$3498.16	\$772.00	\$2726.16	\$3.53
T2	9933.84	\$0.32	\$3178.82	\$690.38	\$2488.44	\$3.60
T3	7847.28	\$0.32	\$2511.13	\$563.50	\$1947.63	\$3.45

Según la integral térmica determinada por la sumatoria de las unidades de calor diaria demostraron que el híbrido Centella bajo las condiciones agroclimáticas del cantón Ventanas, provincia de Los Ríos y con el manejo agronómico recibido se constató que, en las etapas vegetativas evaluadas no se evidenció diferencias con respecto a las densidades de siembra utilizadas. Iniciando la etapa VE (emergencia) a los 4 días con 93.84 unidades de calor acumuladas, luego al llegar los 11 días empezó la etapa V2 correspondiente a la salida del primer par de hojas verdaderas, continuo su crecimiento hasta llegar a los 27 días, donde inicio la etapa V3 la cual se encuentra definida por la acumulación de biomasa. Posteriormente, al llegar los 39 días las plantas alcanzaron la etapa de Vt (visible la última rama de la panoja), mientras a los 58 días se inició la etapa de floración (R1). Finalmente, el híbrido alcanzo la madurez de las mazorcas a los 89 días (R4) (Tabla 6).

En relación con los costos de inversión total de cada uno de los tratamientos registrados en dólares americanos, se pudo constatar que el tratamiento más económico fue el testigo (T3) con una inversión de \$563.5 por hectárea, le siguió T2 con un valor de \$690.38 por hectárea. Por último, el tratamiento que mayor costo por hectárea mostró fue T1 con \$772.00.

Tomando como referencia el precio oficial del quintal de maíz (45.36 kg) estipulado por el MAG para el año 2020, que fue de \$14.60 de maíz dólares americanos al 13% de humedad y 1% de impurezas. Se logró determinar los ingresos obtenidos por cada uno de los tratamientos, tanto del precio total percibido por kg, como los ingresos totales en cada uno de los casos. En la Tabla 7 se observan los rubros correspondientes al ingreso total de los tratamientos por hectárea, donde en primera instancia se puede constatar que el tratamiento con un mejor ingreso fue T1 con un total de \$2623.62, seguido de T2 con \$2384.12. Por otro lado, el T3 obtuvo un registro de \$1883.34. Es preciso indicar que, dichos valores son el

resultado de la multiplicación del registro de rendimiento alcanzado por cada tratamiento por el valor \$0.32 por cada kg.

La relación beneficio/costo se puede apreciar en la Tabla 7 el valor obtenido por cada tratamiento evaluado. Donde se puede constatar una ligera ventaja por parte de T2 con una relación B/C de 3.60, le siguió T1 con un registro de 3.53, dejando en última plaza a T3 con una rentabilidad promedio de 3.45.

Conclusiones

El híbrido Centella no mostró variaciones en su comportamiento agronómico al modificar las densidades de siembra. Mientras que, en contraparte, en el rendimiento del grano sobresalió T1 con 10931.76 kg ha⁻¹, lo cual representó un 9.12 y un 28.22% más que T2 y T3 respectivamente. Por otra parte, la duración de las etapas vegetativas evaluadas no presentó diferencias con respecto a las densidades de siembra evaluadas. Finalmente, por medio del análisis económico se pudo determinar que el tratamiento que presentó una mayor factibilidad fue T2 con \$3.60, superando por \$0.15 al testigo.

Referencias bibliográficas

- Arévalo, K., Pastrano, E., y Armijos, V. (2016). Relación beneficio – costo por tratamiento en la producción orgánica de las hortalizas (Cilantro, Lechuga, Cebolla Roja, Cebolla de Rama) en el cantón Santo Domingo de Los Colorados. *Revista Publicando*, 3(7), 503–528.
- Balbuena, A., Rosales, E., Valencia, J., González, A., Pérez, D., Sánchez, S., Franco, A., y Vences, C. (2011). Competencia entre maíz y teocintle: efecto en el rendimiento y sus componentes. *Centro Agrícola*, 38(1), 5–12. <https://biblat.unam.mx/hevila/Centroagricola/2011/vol38/no1/1.pdf>

- Blanco-Valdes, Y., y González-Viera, D. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Cultivos Tropicales*, 42(3). <https://www.redalyc.org/journal/1932/193268883008/html/>
- Caballero, J., Pizaña, H., González, A., Núñez, E., Aguilar, F., y Ovando, E. (2023). Composición morfológica y rendimientos de maíces nativos con prácticas agroecológicas en Chiapas, México. *Siembra*, 10(2), 1–15. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.3997>
- Castro-Nava, S. (2013). Temperatura óptima y etapa fenológica para determinar la termoestabilidad de la membrana celular en maíz y frijol. *Phyton*, 82, 249–254. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-56572013000200013&script=sci_arttext&tlng=en
- Caviedes, M. (2019). Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 11(1), 116–123. <https://doi.org/https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1100>
- Cervantes, F., Gasca, M., Andrio, E., Mendoza, M., Guevara, L., Vázquez, F., y Rodríguez, S. (2014). Densidad de población y correlaciones fenotípicas en caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de maíz. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México*, 2(1), 9–16. <http://uncos.edu.mx/investigacion/2.CYTAM-2014-10.FABIAN VAZQUEZ MORENO.pdf>
- Cervantes-Ortiz, F., Cadenas-Tepoxteco, J. L., Raya-Pérez J. C., Andrio-Enríquez E., Rangel-Lucio, J. A., Guevara-Acevedo, L. P., Rodríguez-Herrera S., y Mendoza-Elos, M. (2018). Respuesta del Silk Balling a humedad edáfica y densidad de población en líneas de maíz. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 6(1), 231–241. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v6i1.753>
- Chamba, M., Cordero, F., y Vásquez, E. (2018). Implicaciones sociales, técnicas y económicas de la comercialización de *Zea mays* L. en el cantón Espindola, provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 7(2). <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/321>
- Chang, A., Rodríguez, A., y Pile, E. (2018). Evaluación productiva de cinco híbridos de maíz en estado tierno en Villa Darién, Darién. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 5(2), 48–54. https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/351/306
- Chura, J., Mendoza-Córtez, J. W., y de la Cruz, J. C. (2019). Dosis y fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra del maíz amarillo duro. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 241–248. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.09>
- Endicott, S., Brueland, B., Keith, R., Schon, R., Bremer, C., Farnham, D., DeBruin, J., Clausen, C., Strachan, S., y Carter, P. (2015). *Maíz crecimiento y desarrollo* (p. 20). Pioneer. https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf
- FAOSTAT. (2022). *Cultivos y productos de ganadería*. <http://www.fao.org/home/es>
- Farinelli, R., Penariol, F., y Fornasieri, D. (2012). Características agronômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. *Científica*, 40(1), 21–27. <https://cientifica.dracena.unesp.br/index.php/cientifica/article/view/325/pdf>
- Feijoo, A. (2018). *Comercialización de cacao (Theobroma cacao L.) en el cantón Ventanas, provincia de Los Ríos* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28438/1/Feijoo_Durazno_Anibal_Eduardo.pdf
- Fonseca, E., Quiñones, E., Vega, J., y Armas, R. (2023). Producción de maíz (*Zea mays* L.) H-Ame15 en la Empresa Agropecuaria de Horquita, Abreu-Cienfuegos. *Universidad y Sociedad*, 15(S2), 59–69. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3864>
- Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencio, Á., Ulloa, S., y Romero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47–56. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>
- Hernández, N., y Soto, F. (2012). Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y la relación fuente-demanda del cultivo del maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 1, 28–34. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362012000100004&lng=&nrm=i_so&tlng=
- Infostat. (2020). *Infostat*. <https://www.infostat.com.ar/>
- Interoc. (2019). *Centella*. Interoc. <https://www.interoc.biz/producto/centella/>
- Jiang, X., Tong, L., Kang, S., Li, F., Li, D., Qin, Y., Shi, R., y Li, J. (2018). Planting density affected biomass and grain yield of maize for seed production in an arid region of Northwest China. *Journal of Arid Land*, 10(2), 292–303. <https://doi.org/10.1007/s40333-018-0098-7>
- León, R., Torres, A., Héctor, E., Fosado, O., Véliz, F., y Pin, W. (2018). Comportamiento productivo del maíz híbrido Agri-104 en diferentes sistemas, densidades de siembra y riego localizado. *Revista ESPAMCIENCIA*, 9(2), 124–130. http://190.15.136.171/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/163
- Martínez-Rueda, C., Estrada-Campuzano, G., Beltrán-Guzmán, V., Ortega-Rojas, G., & Contreras-Rendón, A. (2010). Contenido de agua en el grano y capacidad potencial de demanda en híbridos de maíz para Valles Altos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4), 95–100. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802010000500019
- Medina, J., Alejo, G., Soto, J., 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. <https://doi.org/10.29312/>

- remexca.v0i21.1532
- Ogando, F., Raspa, F., Pita, M., Alvarez, C., y Vega, C. (2017). Influencia de la interacción entre la densidad poblacional y la disponibilidad de nitrógeno sobre el rendimiento de maíz sembrado en verano. *III Workshop Internacional de Ecofisiología de Cultivos*, 1–2. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/4747/INTA_CR_Cordoba_EEA_Manfredi_Ogando_F_INFLUENCIA_DE_LA_INTERACCIÓN_ENTRE.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Ortiz, A. (2016). Evaluación de la respuesta del maíz (*Zea mays* L.) ante cambios en la densidad de siembra y dosis de nitrógeno. *Revista Sobre Estudios e Investigaciones Del Saber Académico*, 10(10), 82–85. <http://publicaciones.uni.edu.py/index.php/eisa/article/view/118>
- Pérez-Somarrriba, E., y Hernández-Fernández, G. (2022). Efecto de densidades de siembra en el desarrollo fenológico-productivo del Cultivo de Maíz (*Zea Mays*) en camas Biointensivas. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 8(15), 1876–1885. <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i15.14332>
- Quevedo, Y., Barragan, E., y Beltran, J. (2015). Efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz (*Zea mays* L.) impacto. *Revista Scientia Agroalimentaria*, 2, 18–24. <http://revistas.ut.edu.co/index.php/scientiaagro/article/view/741>
- Quiroz, J. (2017). *Componentes del rendimiento de grano bajo diferentes densidades de siembra en maíz en los valles altos del Estado de México* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/68219>
- Robelli, C. (2014). *Evaluación comparativa entre cultivares de soya (*Glycine max* (l) merril) introducidos y locales sembradas en la zona de Ventanas, provincia de Los Ríos* [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://192.188.52.94:8080/bitstream/3317/1617/3/T-UCSG-PRE-TEC-ARRA-3.pdf>
- Rodríguez, I., González, A., de Jesús, D., y Rubí, M. (2015). Efecto de cinco densidades de población en ocho cultivares de maíz sembrados en tres localidades del Valle de Toluca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(8), 1943–1955. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n8/2007-0934-remexca-6-08-01943.pdf>
- Villafuerte, A., Flor, J., Santana, F., Pico, J., Trueba, S., y Bravo, R. (2018). Crecimiento y producción del maíz, *Zea mays* L. en huertos biointensivos y convencionales en Lodana, Manabí, Ecuador. *Journal of Science and Research*, 3(4), 3–6. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3iss4.2018pp3-6p>

