

Effect of different planting densities on maize (*Zea mays* L) production in Santa Elena

Efecto de diferentes densidades de siembra en la producción de maíz (*Zea mays* L) en Santa Elena

Autores:

Salazar-Demera, Walter Ramon
UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
Master
Docente
Guayaquil – Ecuador



wsalazar@uagraria.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-8527-4179>

Decker-Campuzano, Fernando Enrique
UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
Master
Docente
Guayaquil – Ecuador



fdecker@uagraria.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0002-4665-8222>

Alvarado-Barzallo, Arturo Enrique
UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
Master
Docente
Guayaquil – Ecuador



aealvarado@uagraria.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-9806-9684>

Orrala-Salinas, José Félix
UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
Estudiante
Guayaquil – Ecuador



josefelixorrala@gmail.com



<https://orcid.org/0009-0005-8286-2257>

Fechas de recepción: 06-MAR-2026 aceptación: 06-ABR-2026 publicación: 30-JUN-2026



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>
<http://mqrinvestigar.com/>

Resumen

El maíz es uno de los cereales de mayor importancia económica en Ecuador, desempeña un papel fundamental en la agricultura y la alimentación del país. El maíz se cultiva tanto para consumo humano como para la alimentación animal y su versatilidad lo convierte en un recurso agrícola de gran relevancia. Por lo tanto, la presente investigación se centra en evaluar el impacto de las diferentes densidades de siembra con tres híbridos en la producción de maíz. Este estudio se llevó a cabo con un diseño experimental de bloques completo al azar factorial (DBCA), donde el factor A fue las densidades de siembra y el factor B los híbridos de maíz Emblema, Pioneer y Trueno. La combinación de Pioneer+80*25 (T5) alcanzó valor más alto en altura con 2.06 metros, para el diámetro del tallo Emblema+90*30 (T3) con 2.37 cm y Pioneer+90*30 (T6) con una media de 2.34 cm obtuvieron los mejores valores. El híbrido de maíz Emblema obtuvo los mejores resultados en productividad, tanto en el peso de mil granos en Emblema+90*30 (T3) con 344.00 gramos, así como, en el rendimiento del cultivo en Emblema+80*25 (T2) con 10555.57 kg/ha. De igual forma en cuanto al beneficio, Emblema fue superior teniendo en la combinación Emblema+80*25 (T2) con un beneficio neto de 2832.23 dólares americanos, seguido de interacción Emblema+90*30 (T3) con un beneficio neto de 1926.26 dólares americanos.

Palabras clave: Densidad; híbrido; maíz; producción; rendimiento.

Abstract

Corn is one of the most economically important cereals in Ecuador and plays a fundamental role in the country's agriculture and food supply. Maize is grown for both human consumption and animal feed and its versatility makes it a highly relevant agricultural resource. It is essential to understand how the adoption of different agronomic practices, such as planting densities, can affect the quality and quantity of the maize crop. The present research was carried out with a randomized complete block factorial experimental design (RCBD), where factor A was the planting densities and factor B was the corn hybrids Emblema, Pioneer and Trueno. The combination of Pioneer+80*25 (T5) reached the highest value in height with 2.06 meters, for stalk diameter Emblema+90*30 (T3) with 2.37 cm and Pioneer+90*30 (T6) with an average of 2.34 cm obtained the best values. The Emblema corn hybrid obtained the best results in productivity, both in thousand kernel weight in Emblema+90*30 (T3) with 344.00 grams, as well as in crop yield in Emblema+80*25 (T2) with 10555.57 kg/ha. Similarly in terms of profit, Emblema was superior in the combination Emblema+80*25 (T2) with a net profit of 2832.23 US dollars, followed by Emblema+90*30 (T3) with a net profit of 1926.26 US dollars.

Keywords: *Densit;, hybrid; corn; production; yield.*

Introducción

El maíz es uno de los cereales de mayor importancia económica en Ecuador, desempeñando un papel fundamental en la agricultura y la alimentación del país. Su cultivo y producción se extienden en diversas regiones, contribuyendo bastante a la seguridad alimentaria y a la economía local. En Ecuador, el maíz se cultiva tanto para consumo humano como para la alimentación animal y su versatilidad lo convierte en un recurso agrícola de gran relevancia.

Sin embargo, para maximizar la producción y aprovechar su potencial, es esencial comprender cómo la adopción de diferentes prácticas agronómicas, como las densidades de siembra, pueden afectar la calidad y la cantidad de la cosecha de este cereal. Por lo tanto, la presente investigación se centra en evaluar el impacto de las diferentes densidades de siembra con tres híbridos en la producción de maíz en la provincia de Santa Elena, con el objetivo de proporcionar información valiosa para los agricultores y contribuir al desarrollo sostenible del sector agrícola en Ecuador.

En estudios previos, como el realizado por Roca (2019), se analiza el efecto de la densidad de siembra en el crecimiento y rendimiento del maíz. Este estudio proporciona una revisión exhaustiva de cómo diferentes densidades de siembra pueden influir en el desarrollo de las plantas de maíz y en los rendimientos finales. Los resultados obtenidos en diversas condiciones agrícolas ofrecen información valiosa para comprender los efectos de la densidad de siembra sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del maíz.

Por otra parte, Caviedes et al. (2022) indican que para medición del rendimiento del cultivo de maíz los agricultores deben centrarse en la gestión del cultivo, incluyendo la fecha de siembra, la densidad de siembra y la aplicación de nitrógeno. Este trabajo investiga cómo estos factores impactan en los rendimientos del maíz. Los hallazgos de este estudio pueden tener implicaciones importantes para la toma de decisiones en la agricultura del maíz, en particular en áreas con condiciones similares a las de Santa Elena.

Además, en investigaciones relacionadas con la producción de maíz, se estudia las variaciones climáticas y cómo estas pueden afectar el rendimiento del cultivo. Estos estudios han demostrado la importancia de considerar las condiciones climáticas locales al determinar la densidad de siembra óptima para maximizar la producción de maíz.

Origen del maíz

El maíz (*Zea mays*) es una planta que se originó en Mesoamérica, específicamente en la región que hoy corresponde a México. Los estudios más recientes indican que el maíz fue domesticado hace aproximadamente 9000 años a partir del teosinte, una planta silvestre. Esta domesticación ocurrió en el suroeste de México, en el Valle de Balsas. El proceso de

domesticación transformó el teosinte, que tenía granos duros y pequeños, en el maíz que conocemos hoy, con mazorcas grandes y granos suaves. Esta transformación no solo tuvo un impacto biológico, sino que también facilitó el desarrollo de complejas sociedades agrícolas en Mesoamérica, como las culturas olmeca, maya y azteca, que dependían del maíz no solo como alimento, sino también como un elemento central en sus prácticas culturales y religiosas (Tan et al., 2021).

El nombre científico de este grano es *Zea mays* L., los nahuas de Mesoamérica lo llamaban Centli y durante su propagación por el continente americano adquirió nombres como choclo, jojoto, corn, milho o elote y maíz con la llegada de los españoles a través de la adaptación fonética de mahís. También se cree que en México se concentra el mayor número de variedad de maíz; blanco, azul, gordo, dulce, chiquito, bofo, vendeño, conejo, dulcillo del Noroeste, chapalote y amarillo, son solo algunas de las más de 60 variedades de maíces que forman parte de nuestra alimentación diaria, además de ser utilizado en la actualidad como forraje para la ganadería (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios [ASERCA], 2018).

Taxonomía del maíz

Según Guerreño et al. (2019) describe la taxonomía de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Gramineae.

Género: *Zea*

Especie: *mays*

Nombre Científico: *Zea mays* L.

Morfología del maíz

Raíz: desempeña un papel esencial en la absorción de agua y nutrientes del suelo. La raíz principal del maíz se desarrolla a partir de la radícula del embrión y puede crecer profundamente en el suelo en busca de recursos. Además de la raíz principal, el maíz también desarrolla raíces laterales o secundarias que aumentan su capacidad para absorber nutrientes y agua. La morfología de las raíces del maíz es fundamental para su supervivencia y crecimiento, ya que le permite acceder a los recursos necesarios para la fotosíntesis y el desarrollo de la planta (Díaz et al., 2023).

El tallo: es una estructura cilíndrica, alta y recta que puede alcanzar los cuatro metros de altura. Además, es el órgano que sostiene la planta y le permite alcanzar grandes alturas. El diámetro del tallo del maíz está relacionado con la cantidad de agua y nutrientes que puede transportar a la mazorca. Un tallo más grueso tiene una mayor capacidad de conducción, lo que permite que la mazorca reciba los recursos que necesita para desarrollarse de manera óptima lo que se traduce en un mayor rendimiento (Barreto et al., 2018).

La altura del tallo es importante para que la planta pueda captar la luz solar necesaria para la fotosíntesis. La fotosíntesis es un proceso donde la planta convierte la luz solar a energía química. Esta energía la planta la utiliza para desarrollarse.

La ausencia de ramas en el tallo de maíz también es importante. Las ramas compiten con el tallo por los nutrientes y el agua. La falta de ramas permite que el tallo concentre sus recursos en el crecimiento y el desarrollo de la espiga, que es la parte comestible del maíz (CIBIOGEM, 2023).

El tallo del maíz está compuesto por nudos y entrenudos sólidos, con un número variable de 0.45 a 6 en los maíces tropicales. En promedio, las variedades en el país tienen alrededor de 13 nudos y una altura de 1.80 a 2.20 metros. Los entrenudos cercanos a la base son más cortos y gruesos que los demás. La longitud del tallo se ve afectada por la disponibilidad de agua durante el crecimiento vegetativo. Existen factores genéticos recesivos que pueden modificar la altura y otras características del tallo de maíz, como el carácter braquítico (acortamiento de los entrenudos), el enano (plantas muy bajas y compactas) y el perezoso (crecimiento postrado después de un cierto crecimiento normal).

Cada nudo del tallo tiene una yema que se desarrolla entre el 6° y 8° nudo para formar la espiga, y esta es la única ramificación lateral. La presencia de esta yema se acompaña de un surco en el entrenudo, que es más pronunciado en los entrenudos donde se forman las espigas (Golik et al., 2018).

Las hojas: son una parte vital de la planta que desempeñan un papel esencial en la fotosíntesis. Las hojas de maíz son largas y planas, y están unidas al tallo en entrenudos específicos. La morfología de las hojas de maíz incluye venas, que transportan agua y nutrientes, y estomas, que permiten el intercambio de gases durante la fotosíntesis. Las hojas del maíz también están cubiertas de una capa de células que contienen clorofila, un pigmento verde que absorbe la luz solar. La clorofila es esencial para la fotosíntesis. La morfología de las hojas del maíz es crucial para su función en la producción de energía y la absorción de dióxido de carbono (León y Briones, 2023).

Inflorescencia: el maíz es una planta monoica que desarrolla inflorescencias con flores de un solo sexo las que crecen siempre en lugares separados de la planta. La inflorescencia o

flor femenina nace a partir de las yemas apicales en las axilas de las hojas y la inflorescencia o espiga masculina se desarrolla en el punto de crecimiento apical en la planta más alta de la planta. Principalmente, ambas inflorescencias tienen primordios de flores bisexuales; durante el desarrollo fisiológico de la planta desarrollan los primordios de los estambres en la inflorescencia axilar abortan y no producen frutos solo las inflorescencias femeninas (FAO, 2019).

La inflorescencia del maíz se refiere a la estructura reproductiva de la planta, que contiene las flores masculinas (estambres) y las flores femeninas (carpelos) que eventualmente se convertirán en las mazorcas de maíz. La morfología de la inflorescencia del maíz también afecta al rendimiento de la cosecha. Las plantas con una inflorescencia grande y bien desarrollada producen más polen, lo que aumenta las posibilidades de que las flores femeninas sean polinizadas. La inflorescencia del maíz es una estructura compleja que se encuentra en la parte superior del tallo y desempeña un papel fundamental en la producción de semillas. Investigaciones en biología de la reproducción, como el trabajo de (Congreso Internacional Biotecnología y Biodiversidad [CIBB], 2020).

La semilla: es el resultado final del proceso de reproducción de la planta de maíz. Cada grano de la mazorca es una semilla que contiene el embrión de una nueva planta de maíz. La morfología de la semilla de maíz incluye una cubierta exterior dura y resistente que protege el embrión en su interior. Las semillas de maíz varían en tamaño y color, y su morfología es una adaptación que permite la supervivencia y la germinación de nuevas plantas (García et al., 2020).

Método de siembra

La siembra del maíz es una etapa fundamental en la producción de este cultivo. Existen varios métodos de siembra utilizados en la agricultura, y la elección del método depende de diversos factores, incluyendo las condiciones locales, los recursos disponibles y las preferencias del agricultor.

Siembra a voleo: En este método, las semillas de maíz se dispersan a mano o con la ayuda de una máquina de siembra, sin un patrón específico. Posteriormente, se realiza una labor de rastra o rastrillado para cubrir las semillas con tierra. Este método es común en la agricultura de pequeña escala (Montana, 2021).

Siembra en surcos: En este método, se utilizan máquinas sembradoras que crean surcos en el suelo a intervalos regulares. Las semillas se depositan en los surcos y se cubren con tierra. Este método permite una distribución uniforme de las semillas y es eficiente en términos de mano de obra.

Siembra a chorrillo: Similar a la siembra en surcos, en este método se utiliza una máquina sembradora que crea surcos, pero las semillas se depositan en forma de chorrillo, es decir, en una fila continua. Esto puede aumentar la densidad de siembra.

Siembra en hoyos o alveolos: En este método, se crean pequeños hoyos o alveolos en el suelo, y en cada uno se coloca una semilla de maíz. Luego, se cubren los hoyos con tierra. Este enfoque permite un control preciso de la densidad de siembra.

Siembra directa: La siembra directa implica la siembra de maíz en un suelo que no ha sido previamente arado o labrado. Las semillas se colocan directamente sobre la superficie y se cubren con residuos de cultivos anteriores o con material orgánico. La siembra directa puede conservar la estructura del suelo y reducir la erosión.

Siembra en almácigos o viveros: Antes de la siembra en campo definitivo, las semillas se siembran en almácigos o viveros para germinar y desarrollarse en un ambiente controlado. Una vez que las plántulas han crecido lo suficiente, se trasplantan al campo principal (Montana, 2021).

Densidad de siembra

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 2021) indica en su investigación que la densidad de siembra es una de las decisiones más complejas para los agricultores porque conlleva a calcular la cantidad de semilla que se va a emplear. Por esta razón, es necesario identificar la densidad óptima cuando la cantidad de plantas permite su pleno desarrollo y, por el consiguiente, un alto rendimiento. Esta variable es crítica en la producción de maíz, ya que afecta directamente el rendimiento y la calidad del cultivo. La elección de la densidad de siembra adecuada depende de una serie de factores, incluyendo el tipo de suelo, las condiciones climáticas, la variedad de maíz y los objetivos del agricultor (Colmenares, 2019).

La densidad idónea se alcanza cuando se encuentra la cantidad de plantas que permite un buen desarrollo de las mismas, y esto permite alcanzar una alta productividad. Esta densidad se considera justo la necesaria para lograr obtener una mayor productividad, ya que por debajo o encima de esta cantidad puede afectar todo el desarrollo y la productividad de las plantas. Una mala elección de la densidad puede resultar en reducciones del 10 al 40% del rendimiento potencial, ya que cuando hay un alto número de plantas en el espacio, se aumenta la competencia por los nutrientes y esto causa el aborto de granos y cantidad de plantas estériles. Para incrementar el rendimiento, uno de los esfuerzos ha estado encaminado a incrementar las densidades de siembra en el cultivo de maíz, a tal grado que las densidades se han duplicado en los últimos 50 años, al igual que el rendimiento (INTAGRI, 2018).

Consideraciones para elegir la densidad adecuada para el maíz

La densidad afecta muchos factores que pueden provocar mayor o menor productividad, además de un diferente manejo. La cantidad de plantas que se puede tener sin disminuir el rendimiento es afectada tanto por las características del suelo, clima, genética de la semilla, así como la disponibilidad de nutrientes y agua. La competencia entre las plantas puede reducir el rendimiento, por lo que se debe considerar los siguientes elementos para definir la densidad optima:

Captación de luz: el área foliar y la captación de luz incide directamente sobre el crecimiento de la planta, así como el crecimiento de las malezas. Una baja densidad favorece el crecimiento de malezas, mientras que una densidad de siembra alta impide el crecimiento de las malas hierbas, pero también el desarrollo adecuado de las plantas (INTAGRI, 2018).

Disponibilidad de agua: no es lo mismo contar con una fuente de abastecimiento continuo de agua para riego, que depender del agua de lluvia. En el primer caso, el agua no es un factor que afecte en la cantidad de plantas a cultivarse, mientras que, si se desea sembrar un cultivo de maíz de temporal, el recurso hídrico definirá la cantidad de plantas a sembrar (densidad baja ayudan a disminuir la demanda hídrica).

Disponibilidad de nutrientes: en un cultivo de alto rendimiento de maíz es beneficioso tener altas densidades poblacional de plantas que resistan a una alta disponibilidad de agua y nutrientes, pero si se establecen bajas densidades de plantas en suelos con alta disponibilidad de nutrientes se desperdician insumos y la producción del cultivo tiene menor rentabilidad. En este caso la característica más afectada en la producción es el llenado y madurez de granos, causado porque al tener mayor competencia en la distribución de semillas, la planta detecta un menor crecimiento durante un estado crítico como la floración y un menor número posible de granos (INTAGRI, 2018).

Estructura: La arquitectura de la planta puede definir en gran medida la densidad de siembra, puesto que conociendo las características de crecimiento de las plantas se analizará en el área que puede cubrir y con ello acercar o alejar las densidades de plantas al momento de la siembra. En caso de que las hojas estén horizontales y abundantes, la densidad poblacional de plantas tiende a bajar para aprovechar el espacio pues la planta lo asimilara para su crecimiento. Las plantas de maíz con hojas rectas se pueden establecer a densidades más altas que las plantas con hojas colgantes. Esto se debe a que las hojas erectas no interfieren entre sí, mientras que las hojas colgantes pueden bloquear la luz solar y el dióxido de carbono de otras plantas. Con cada material, las casas semilleros otorgan una densidad óptima aproximada, pero puede ser modificada con base en experiencias del productor (INTAGRI, 2018).

Manejo agronómico del cultivo

El manejo agronómico implica una serie de labores y prácticas agrícolas que se llevan a cabo a lo largo del ciclo de cultivo para asegurar un buen rendimiento y calidad del maíz (Colmenares, 2019).

Preparación del Suelo: La preparación del suelo es una labor inicial crucial. Incluye actividades como el arado, el rastrillado y la nivelación del terreno. Esta preparación asegura que el suelo esté bien aireado y listo para recibir las semillas de maíz (Ramos, 2021).

Riego: El riego es esencial para mantener un suministro constante de agua durante el crecimiento del maíz. El riego se realiza de acuerdo con las necesidades de la planta y las condiciones climáticas locales (INTAGRI, 2021)

Fertilización: La fertilización del maíz es una práctica agrícola esencial para garantizar un buen rendimiento y una buena calidad de la cosecha. El maíz es una planta muy productiva que requiere una gran cantidad de nutrientes para su crecimiento y desarrollo. Los nutrientes más importantes para el maíz son el nitrógeno, el fósforo y el potasio. El nitrógeno es necesario para la formación de proteínas y clorofila, que son esenciales para la fotosíntesis. El fósforo es necesario para el desarrollo de las raíces, las hojas y las mazorcas. El potasio es necesario para la regulación de la presión osmótica y la absorción de agua y nutrientes (Silos del Cinca, 2019).

Control de Malezas: La eliminación de malezas es esencial para prevenir la competencia por recursos con el maíz. Esto se puede lograr mediante la aplicación de herbicidas, labranza o mulch (Muñoz, 2021).

Híbridos de maíz

Trueno NB-7443: es un híbrido de maíz que se caracteriza por su alto rendimiento y estabilidad productiva. Es una planta fuerte y resistente, con un buen sistema radicular que le permite buscar humedad y nutrientes en el suelo. Sus mazorcas son grandes y de grano cristalino, lo que indica que el grano es de alta calidad. Además, es una planta tolerante a enfermedades foliares y de grano (Aguirre, 2020). Se caracteriza por tener un grano color anaranjado, altura de la planta 143 a 145 cm a los 45 días, grano grande y textura semicristalino, 120 días de ciclo vegetativo, promedio de floración 52 días (femenina), rendimiento 8687 kg/ha.

Emblema: este híbrido es caracterizado por sus mazorcas sanas, granos semicristalino/ coloración anaranjado rojizo (Interoc, 2021). Sus características agronómicas son los días

de floración 54, días a cosecha 125, altura de Planta 250 cm - 270 cm, altura de mazorca 145 cm -150 cm.

Pioneer DAS3383: es una opción productiva y resistente para los productores de maíz. Su alta resistencia a enfermedades, su excelente calidad de grano y su capacidad de adaptarse a bajas densidades la convierten en una opción atractiva para los productores de maíz. Sus características agronómicas son las siguientes posee buen cierre de punta de mazorca, y grano pesado, los días de floración son de 55 - 57, los días de cosecha son de 120, altura de planta es de 2.65 - 2.75 m, la altura de mazorca: 1.35- 1.45 m (Farmagro, 2019).

Material y métodos

En esta investigación se estudió el efecto de diferentes densidades de siembra con tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en Santa Elena, de acuerdo con los tratamientos propuestos. Cada parcela experimental tuvo densidades específicas (Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1.

Descripción de tratamientos de estudio

Factor A	Factor B
A1: 60 x 20	B1: Emblema
A2: 80 x 25	B2: Pioneer
A3: 90 x 30	B3: Trueno

Elaborado por: Los autores, 2026.

Tabla 2.

Tratamientos de estudio

Tratamiento	Combinación	Densidades de siembra	Híbridos
T1	A1: B1	60 x 20	Emblema
T2	A2: B1	80 x 25	Emblema
T3	A3: B1	90 x 30	Emblema
T4	A1: B2	60 x 20	Pioneer
T5	A2: B2	80 x 25	Pioneer
T6	A3: B2	90 x 30	Pioneer
T7	A1: B3	60 x 20	Trueno
T8	A2: B3	80 x 25	Trueno
T9	A3: B3	90 x 30	Trueno

Elaborado por: Los autores, 2026.

En la presente investigación se llevó a cabo con un diseño experimental conocido como diseño de bloques completo al azar factorial (DBCA). En este diseño, las parcelas de cultivo se dividieron en bloques, y dentro de cada bloque, se asignaron aleatoriamente los nueve tratamientos, y cada uno de ellos fueron sometido a un total de tres repeticiones. Esto resultó en la formación de un ensayo que incluye 27 unidades experimentales en total. El uso de este diseño experimental permitió realizar comparaciones precisas entre los tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3.
Características experimentales del estudio

Características	Descripción
Tipo de diseño	DBCA
Números de unidades experimentales	27
Números de tratamientos	9
Números de repeticiones	3
Áreas de las parcelas (6m ancho x 5 largo)	30 m ²
Área útil de la parcela experimental	26 m ²
Distancias entre parcelas	2 m
Distancias entre bloques	2 m
Área total del ensayo	2106 m ²

Elaborado por: Los autores, 2026.

Resultados

Desarrollo agronómico de tres híbridos de en estudio basado en diferentes densidades de siembra

Los resultados obtenidos en el análisis de la variable altura de planta de maíz por el efecto de la combinación de los factores híbridos de maíz en diferentes densidades de siembra, a los 15 días no existió diferencia estadística en el factor A, pero si se presentó una alta significancia (p valor > 0.01) para el factor B y para la interacción de estos (A*B). T5 (Pioneer+80*25) obtuvo la mayor altura a los 15 días con un valor de 0.31m, seguido de la combinación T6 (Pioneer+90*30) con una altura de la planta de 0.30m. A los 30 días se presentó una diferencia estadística altamente significativa (p valor > 0.01) para los factores A y B, así como en la interacción de estos, la mayor altura se presentó en T5 (Pioneer+80*25) cuya altura de la planta de 1.00 m, seguido de T6 (Pioneer+90*30) con una altura de la planta de 0.99m, el menor valor lo mostró la combinación T9 (Trueno+90*30) con una altura de la planta de 0.73 m (Tabla 4). La evaluación a los 45 días, no existió diferencia significativa entre los diferentes tratamientos en referencia a la interacción de los factores en estudio (A*B), mostrando que la mayor altura se presentó para la interacción de T5 (Pioneer+80*25) con un valor de 2.06 m, seguidos de T6 (Pioneer+90*30) y de T4 (Pioneer+60*20) con una altura de planta de 2.05 m, la combinación T9 (Trueno+90*30) con 1.90 m fue bajo (Tabla 4).

Tabla 4.
Resultado de la altura de planta (cm).

T	Factor A	Factor B	Altura de planta (m)		
			15 días	30 días	45 días
T5 – Pioneer	(80x25)		0.31 a	1.00 a	2.06 a
T6 – Pioneer	(90x30)		0.30 ab	0.98 a	2.05 a
T4 – Pioneer	(60x20)		0.29 ab	0.98 a	2.05 a
T8 – Trueno	(80x25)		0.29 abc	0.98 a	2.03 ab
T7 – Trueno	(60x20)		0.29 abc	0.91 b	1.99 bc
T2 – Emblema	(80x25)		0.28 bc	0.88 b	1.95 cd
T1 – Emblema	(60x20)		0.28 bc	0.85 bc	1.93 de
T3 – Emblema	(90x30)		0.26 c	0.81 c	1.91 de
T9 – Trueno	(90x30)		0.23 c	0.73 d	1.90 e
Factor A			ns	**	**
Factor B			**	**	**
Factor A*B			**	**	ns
CV (%)			3.61	2.41	0.78

** alta significancia (p valor > 0.01)

ns: no significativo

Elaborado por: Los autores, 2026.

El análisis de la interacción de híbridos de maíz a diferentes densidades de siembra, muestran para la variable de diámetro del tallo en la primera evaluación a los 15 días mostró una alta significancia (p valor > 0.01) entre los factores A y B así como en la interacción entre estos, teniendo para la combinación T3 (Emblema+90*30) la media más alta en el diámetro del tallo de 0.57 cm, seguido de la interacción T6 (Pioneer+90*30) con 0.54 cm y para la combinación T4 (Pioneer+60*20) se obtuvo el valor más bajo de 0.43 cm en el diámetro del tallo.

Para la segunda evaluación a los 30 días, la diferencia estadística se mantuvo altamente significativa (p valor > 0.01) entre los diferentes tratamientos, encontrando a la interacción T5 (Pioneer+80*25) con el valor más alto en el diámetro del tallo con una media de 2.15 cm, seguido de la combinación T7 (Trueno+60*20) con una media en el diámetro del tallo de 2.10 cm y la interacción con el resultado más bajo se presentó en T4 (Pioneer+60*20) con una media de 1.81 cm (Tabla 5).

La tercera evaluación a los 45 días no presento significancia en el análisis estadístico entre los diferentes tratamientos en estudio. Los valores numéricos muestran a la combinación T3 (Emblema+90*30) con el mejor resultado en el diámetro del tallo con una media de 2.37 cm, seguido de T6 (Pioneer+90*30) con una media de 2.34 cm y en cuanto al resultado más bajo se presentó en la interacción T4 (Pioneer+60*20) con una media de 2.07 cm (Tabla 6).

Tabla 6.

Resultados del Diámetro de tallo

T	Factor A	Factor B	Diámetro del tallo (cm)
---	----------	----------	-------------------------

	15 días	30 días	45 días
T3 – Emblema (90x30)	0.57 a	2.15 a	2.37 a
T6 – Pioneer (90x30)	0.54 ab	2.09 ab	2.34 a
T2 – Emblema (80x25)	0.54 ab	2.07 ab	2.32 a
T5 – Pioneer (80x25)	0.54 b	2.09 ab	2.27 a
T9 – Trueno (90x30)	0.53 bc	2.02 b	2.21 ab
T7 – Trueno (60x20)	0.53 bc	2.01 b	2.21 ab
T8 – Trueno (80x25)	0.53 bc	2.01 b	2.11 b
T1 – Emblema (60x20)	0.50 c	1.99 b	2.10 b
T4 – Pioneer (60x20)	0.43 d	1.81 c	2.07 b
Factor A	**	ns	**
Factor B	**	ns	ns
Factor A*B	**	**	ns
CV (%)	2.16	2.03	2.47

** alta significancia (p valor > 0.01)

ns: no significativo

Elaborado por: Los autores, 2026

Productividad de los tres híbridos de maíz mediante el uso de diferentes densidades de siembra

Los resultados en el análisis del efecto de los factores híbridos a diferentes densidades de siembra en el desarrollo y las características productivas del cultivo de maíz, para la variable del peso de los mil granos muestra que en el factor A densidades de siembra aplicadas a los híbridos existió diferencia significativa (p valor > 0.01) entre los tratamientos, de igual manera para el factor B en cuanto a los híbridos de cultivo de maíz utilizados en el presente trabajo se presentó significancia entre los tratamientos, teniendo que considerar que de igual manera para la interacción entre los factores A*B también se presentó significancia estadística (Tabla 6). Los resultados muestran que el mayor peso en cuanto a los mil granos de maíz lo presento el T3 (Emblema+90*30) con una media de 344.00 gramos, seguido de T2 (Emblema+80*25) con el valor de 342.33 gramos, siendo el T4 (Pioneer+60*20) con una media de 289.67 gramos el valor más bajo en cuanto al peso de mil granos de maíz (Tabla 6).

Tabla 7.
Peso de mil granos

T	Factor A	Factor B	Peso de mil granos (g)
T3 – Emblema	(90x30)		344.00 a
T2 – Emblema	(80x25)		342.33 abc
T6 – Pioneer	(90x30)		325.00 abc
T8 – Trueno	(80x25)		318.67 abc
T5 – Pioneer	(80x25)		311.00 abc
T9 – Trueno	(90x30)		308.00 abc

T7 – Trueno (60x20)	294.00	abc
T1 – Emblema (60x20)	293.00	bc
T4 – Pioneer (60x20)	289.67	c
Factor A	**	
Factor B	**	
Factor A*B	**	
CV (%)	5.54	

** alta significancia (p valor > 0.01)

ns: no significativo

Elaborado por: Los autores, 2026

Productividad (kg/ha)

Los resultados en el rendimiento o productividad de los diferentes tratamientos muestran en el análisis estadístico una alta significancia (p valor > 0.01) que para los factores A y B, así como para la interacción de estos (A*B), teniendo los mejores valores en los rendimientos el T2 (Emblema+80*25) con una media de 10555.57 kg/ha, seguido de T3 (Emblema+90*30) con una media en el rendimiento de 7922.23 kg/ha, siendo el T9 (Trueno+90*30) quien obtuvo el menor rendimiento con una media de 3930.03 kg/ha (Tabla 7).

Tabla 7.

Productividad de los tratamientos

T	Factor A	Factor B	Productividad (kg/ha)
T2 – Emblema	(80x25)	10555.57	a
T3 – Emblema	(90x30)	7922.23	b
T5 – Pioneer	(80x25)	7907.77	b
T1 – Emblema	(60x20)	7855.53	b
T4 – Pioneer	(60x20)	7677.77	b
T6 – Pioneer	(90x30)	7233.33	bc
T7 – Trueno	(60x20)	6245.57	cd
T8 – Trueno	(80x25)	5618.90	d
T9 – Trueno	(90x30)	3930.03	e
Factor A		**	
Factor B		**	
Factor A*B		**	
CV (%)		4.84	

** alta significancia (p valor > 0.01)

ns: no significativo

Relación costos/beneficios de los tratamientos

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis del beneficio costo el mejor resultado se presenta en la combinación T2 (Emblema+80*25) con un valor de 2.04 con un beneficio neto de 2832.23 dólares americanos, seguido de interacción T3 (Emblema+90*30) con un valor en el costo beneficio de 1.55 y con un beneficio neto de 1926.26 dólares americanos, para la combinación del T9 (Trueno+90*30) se obtuvo el valor más bajo en cuanto al beneficio costo de los diferentes tratamientos analizados con un valor de 0.35 y de igual forma el beneficio neto menor con 403.45 dólares americanos (Tabla 8).

Tabla 8.
Relación costos/beneficios

Componentes	Unidad	Costo Unitario (\$)	Cantidad	T1- Emblema (60x20)	T2- Emblema (80x25)	T3- Emblema (90x30)	T4- Pioneer (60x20)	T5- Pioneer (80x25)	T6- Pioneer (90x30)	T7- Trueno (60x20)	T8- Trueno (80x25)	T9- Trueno (90x30)
Arriendo terreno	Parcela	100.00	1.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Preparación de suelo	Jornal	65.00	2.00	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00
Siembra	Jornal	15.00	8.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
Aplicación Insumos	Jornal	15.00	10.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
Control malezas	Jornal	15.00	3.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
Glifosato	Litro	9.00	2.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Fertilizante foliar	Sobre	15.00	1.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Semevin	Unidad	7.00	1.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Methomyl	Sobre	2.50	4.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Cosecha / desgrane	Jornal	15.00	23.00	345.00	345.00	345.00	345.00	345.00	345.00	345.00	345.00	345.00
TOTAL COSTOS FIJOS				940.00	940.00	940.00	940.00	940.00	940.00	940.00	940.00	940.00
Emblema	Kg	240.00	20.83	333.33								
Emblema	Kg	240.00	12.50		200.00							
Emblema	Kg	240.00	9.26			148.15						
Pioneer	Kg	220.00	20.83				305.55					
Pioneer	Kg	220.00	12.50					183.33				
Pioneer	Kg	220.00	9.26						135.81			
Trueno	Kg	120.00	2.,83							166.67		
Trueno	Kg	120.00	12.50								100.00	
Trueno	Kg	120.00	9.26									74.07
NPK (50 kg)	SACO	35.00	2.00	97.00	70.00	43.37	97.00	70.00	43.37	97.00	70.00	43.37
Urea (50 kg)	SACO	30.00	6.00	249.60	180.00	111.12	249.60	180.00	111.12	249.60	180.00	111.12
TOTAL COSTOS VARIABLES				679.93	450.00	302.64	652.15	433.33	290.30	513.27	350.00	228.56
Costo total (\$)				1619.93	1390.00	1242.64	1592.15	1373.33	1230.30	1453.27	1290.00	1168.56
Rendimiento (kg/ha)				7855.53	10555.57	7922.23	7677.77	7907.77	7233.33	6245.57	5618.90	3930.03
Precio por kg (\$)				0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Ingreso bruto (\$)				3142.21	4222.23	3168.90	3071.11	3163.11	2893.33	2498.23	2247.56	1572.01
Beneficio neto (\$)				1522.28	2832.23	1926.26	1478.96	1789.78	1663.03	1044.96	957.56	403.45
Relación beneficio/costo				0.94	2.04	1.55	0.93	1.30	1.35	0.72	0.74	0.35

Elaborado por: Los autores, 2026.



Discusión

En la presente investigación se analiza el efecto en la fenología y la productividad del cultivo de maíz con la integración de los factores híbridos de maíz y densidades de siembra, de acuerdo con los resultados obtenidos en la altura de la planta la interacción de T5 (Pioneer+80*25) obtuvo el mayor valor con 2.06 m en la última evaluación a los 45 días, seguidos de T6 (Pioneer+90*30) y de T4 (Pioneer+60*20) con una altura de planta de 2.05 m, siendo la combinación de T9 (Trueno+90*30) obtuvo el valor más bajo en cuanto a la altura de la planta con 1.90 m. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Pérez, (2022), donde se evalúa el efecto de densidades de siembra en el desarrollo fenológico del cultivo de maíz, la variable altura de planta fue mayor en la densidad de 120 plantas/10 m², siendo entre 6 y 24 cm más grandes en comparación con los otros dos tratamientos (T2: 100 plantas/10 m² y T3: 80 plantas/10 m²), esto puede deberse a que, en una alta densidad de plantas, estas compiten por la luz, agua, y nutrientes lo que provoca que los tallos sean más largos que otros. De igual manera Défaz y Orellana (2018), analizan el efecto en el desarrollo del cultivo de maíz en diferentes densidades de siembra, indica que la mayor altura de plantas con 0.93 metros se presenta en la combinación de factores de la siembra y la densidad poblacional.

En cuanto al análisis de la variable diámetro de tallo de acuerdo con el efecto de los factores híbridos de maíz y densidad de siembra, el mayor valor se presenta en la combinación T3 (Emblema+90*30) con el diámetro de 2.37 cm, seguido de T6 (Pioneer+90*30) con una media de 2.34 cm y en cuanto al resultado más bajo se presentó en la interacción T4 (Pioneer+60*20) con una media de 2.07 cm. Estos resultados difieren de los encontrados por Pérez (2022), donde la densidad menor de siembra en el tratamiento T3 (80 plantas/10 m²) resulta con valor más alto en la variable estudiada diámetro del tallo del cultivo de maíz con un promedio de 4.00 cm, mientras que el tratamiento T2 (100 plantas/10 m²) con una menor densidad de siembra mostró el menor diámetro con 3.32 cm.

Los resultados en cuanto a la variable en el peso de 1000 granos sobre el efecto de la interacción de híbridos de maíz con diferentes densidades de siembra muestran a la combinación de T3 (Emblema+90*30) con el mejor valor con una media de 344.00 gramos, seguido de T2 (Emblema+80*25) con el valor de 342.33 gramos, siendo la combinación T4 (Pioneer+60*20) con una media de 289.67 gramos el valor más bajo en cuanto al peso de mil granos de maíz. Estos valores tienen relación con los obtenidos por Carranza et al. (2023), donde se estudia la respuesta de un híbrido de maíz a diferentes densidades de siembra, tiene los mejores resultados en la densidad menor de siembra (60*20 cm) con un valor de 420.12 gramos y el menor resultado con un valor de 400.04 gramos en el peso de 1000 semillas en

la densidad de siembra de 80*20 cm, muestra que el factor de la densidad tiene un efecto directo en la característica productiva del cultivo de maíz evaluada.

El análisis de la interacción de los híbridos a diferentes densidades de siembra en el cultivo de maíz para la variable rendimiento, el mejor resultado se presentó el T2 (Emblema+80*25) con una media de 10555.57 kg/ha, seguido de T3 (Emblema+90*30) con una media en el rendimiento de 7922.23 kg/ha, siendo la combinación de T9 (Trueno+90*30) quien obtuvo el menor rendimiento con una media de 3930.03 kg/ha. Estos resultados concuerdan con Blanco y González (2021) donde se evalúa el comportamiento de cultivo de maíz en diferentes densidades de siembra, muestra los mejores resultados en rendimiento en la densidad de 0.90*0.25 m con 2 granos por sitio con un valor de 4971 kg/ha en comparación con el tratamiento de densidad poblacional con 0.90*0.25 m con 1 grano por sitio con un valor de 3112 kg/ha.

Los resultados en el análisis del benéfico costo muestran a la interacción de T2 (Emblema+80*25) con un beneficio neto de 2832.23 dólares americanos, seguido de interacción T3 (Emblema+90*30) con un beneficio neto de 1926.26 dólares americanos, para la combinación T9 (Trueno+90*30) se obtuvo el valor más bajo con el beneficio neto menor con 403.45 dólares americanos. Estos resultados concuerdan con (Carranza et al., 2023), donde componentes de rendimiento del híbrido de maíz fueron similares, el resultado en la densidad de siembra de 80*20 cm alcanza valores de 2726.16 dólares americanos en el beneficio neto y el resultado más bajo con 1947.63 dólares americanos en una densidad de siembra de 60*20 cm.

Conclusiones

Se puede concluir que el efecto en el desarrollo del cultivo de maíz bajo la influencia de los factores densidad de siembra en diferentes híbridos llega a obtener resultados positivos. La combinación de Pioneer en las diferentes densidades de siembra alcanza los valores más altos alcanzando los 2.06 metros en altura. Para el diámetro del tallo T3 (Emblema+90*30) con el diámetro de 2.37 cm, y T6 (Pioneer+90*30) con una media de 2.34 cm obtiene los mejores valores. Para ambas variables los mejores resultados se presentan en las densidades más altas de siembra de los híbridos de maíz.

Para los factores de rendimientos, se concluye que el híbrido de maíz Emblema tiene los mejores resultados, tanto en el peso de mil granos en la combinación T3 (Emblema+90*30) una media de 344.00 gramos, así como, en el rendimiento del cultivo con la combinación de T2 (Emblema+80*25) con una media de 10555.57 kg/ha.

En cuanto al beneficio, el híbrido de maíz Emblema en términos económicos es favorable, obtuvo el mejor resultado en la combinación T2 (Emblema+80*25) con un beneficio neto de



2832.23 dólares americanos, seguido de interacción T3 (Emblema+90*30) con un beneficio neto de 1926.26 dólares americanos, en comparación con los otros tratamientos estudiados, ya que incrementa los ingresos por unidad de superficie y optimiza los costos de producción, mejorando la rentabilidad para los agricultores de maíz en la provincia de Santa Elena.

Referencias bibliográficas

- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. (2018). *¿Conoces el origen del maíz?* <https://www.gob.mx/>
- Aguirre, A. L. (2018). Aplicación de siete dosis de fertilizante foliar en maíz *Zea mays* L. [Tesis de pregrado. Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec>
- Barreto, A. V., Vences, J. F., Parrales, F. S., Mendoza, J. P., Macías, S. T., y Zamora, R. B. (2018). Crecimiento y producción del maíz, *Zea mays* L. en huertos biointensivos y convencionales en Lodana, Manabí, Ecuador. *Dialnet*, 3(4), 3- 7.
- Blanco, V. Y., y González, V. D. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *INCA*, 42(3).
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT]. (2021). *La importancia de una densidad de siembra óptima*. CIMMYT: <https://idp.cimmyt.org/>
- Caviedes-Cepeda, M., Carvajal-Larenas, F., y Zambrano-Mendoza, J. L. (2022). Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 14(1). doi:/10.18272/aci.v14i1.2588
- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. (2018). *¿Conoces el origen del maíz?* <https://www.gob.mx/>
- Colmenares, I. E. (2019). Influencia de los modelos de producción agrícola de maíz duro al cambio climático en el cantón Shushufindi [Tesis de pregrado. Universiada Andina Simón Bolívar]. Repositorio inatitucional. <http://hdl.handle.net/>
- Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados [CIBIOGEM]. (2023). *Consensus document on the Biology of Zea Mays subsp. Mays (Maize)* . CIBIOGEM: <https://conahcyt.mx/cibiogem/>
- Défaz, D. I., y Orellana, J. R. (2018). Efecto de la densidad y arreglo de siembra en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) [Tesis de pregrado. Escuela Agrícola Panamericana]. Repositorio institucional. <https://bdigital.zamorano.edu/>
- Díaz, R. M., López, M. M., y Albajes, R. (2023). La Sanidad Vegetal en la Agricultura y la Silvicultura. real academia de ingeneri de España. <https://raing.es/pdf/publicaciones/libros/>
- Farmagro. (2019). P4039. Farmagro: www.farmagro.com
- García, L., Traficante, C., y Garaguso, R. (2020). 1º Congreso Argentino de Semillas. *Germinando nuevas ideas*. <https://laboratoriosalap.com.ar/>
- Golik, S., Larran, S., Gerard, G., y Fleitas, M. C. (2018). *Maíz: Importancia, origen, sistemática, morfología y composición química*. Buenos Aires, Argentina.

Guerreño, J. O., Talavera, C. A., y Villalba, J. D. (2019). *a Agencia de Cooperación Internacional del Japón (Jica)*. (J. O. Guerreño, Ed.) Cultivo de maíz: <https://www.jica.go.jp/>

Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura [INTAGRI]. (2018). Densidad de Siembra en el Cultivo de Maíz. *Artículos Técnicos de INTAGRI*(38), 1-4. <https://www.intagri.com/articulos/>

Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura [INTAGRI]. (2021). El riego, la Importancia de su Programación y los Parámetros de Humedad en el Suelo. <https://www.intagri.com/articulos/>

Interoc. (2021). *Interoc*. <https://www.interoc.biz>

León, S. G., y Briones, O. (2023). Demografía de helechos del bosque nublado. *INECOL intituto de ecologia*. <https://www.inecol.mx/>

Montana. (2021). *Te explicamos cómo es el proceso de cultivo del maíz*. <https://www.corpmontana.com/>

Muñoz, F. R. (2021). El herbicida glifosato y sus alternativas. *IPEN*. <https://ipen.org/>

Pérez, B. (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). doi:10.5377/ribcc.v8i15.14332

Ramos, O. G. (2021). Solera de la Caña de Azúcar. *Cenicaña*. <https://www.cenicana.org/>

Silos del Cinca. (2019). *Fertilizantes agrícolas para el desarrollo vegetativo del maíz*. Silos del cinca: <https://www.silosdelcinca.com/>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.