

07

DENSIDAD DE POBLACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE

POPULATION DENSITY IN THE CORN CROP FOR THE PRODUCTION OF GREEN FORAGE

John Alexander Ordóñez Rodríguez¹

E-mail: jordonez8@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4014-8232>

Viviana Rashel Castro Uchuari¹

E-mail: vcastro4@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2548-2720>

Hipólito Israel Pérez Iglesias¹

E-mail: hperez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3368-8716>

¹Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Ordóñez Rodríguez, J. A., Castro Uchuari, V. R., Pérez Iglesias, H. (2023). Densidad de población en el cultivo de Maíz para la producción de forraje verde. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 53-60. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

En el mundo el cultivo del maíz es un cereal utilizado para la producción de forraje y se relaciona directamente con la seguridad alimentaria. Altas densidades de siembra se considera el factor más importante para obtener mayores rendimientos en este cultivo. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la densidad de población en parámetros agromorfológicos en el cultivo de maíz, para la obtención de forraje verde. El experimento se desarrolló en el cantón Las Lajas, El Oro, Ecuador, a 800 msnm. Se utilizó un diseño experimental cuadrado latino 4x4. Los tratamientos fueron: 50 000 plantas/ha⁻¹, 60 000 plantas/ha⁻¹, 70 000 plantas/ha⁻¹ y 80 000 plantas/ha⁻¹ donde se manipuló la densidad de población, se utilizó el análisis de varianza de un factor intergrupos para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, largo de la hoja, ancho de la hoja, diámetro del tallo y rendimiento de forraje verde en t/ha⁻¹. A pesar de que estadísticamente no existieron diferencias significativas entre el rendimiento final evaluado, la densidad de 80 000 plantas/ha⁻¹ obtuvo la mejor producción. Un aspecto considerable se presentó en la variable diámetro del tallo, donde todas las densidades de plantación a los días de evaluación (40, 60, 80 días) presentaron diferencias significativas entre ellas, siendo el tratamiento de 50 000 plantas/ha⁻¹ donde las plantas de maíz presentaron el mayor diámetro (1,73; 2,80; 2,99 cm) a los 40, 60 y 80 días respectivamente.

Palabras Clave:

Cultivo de maíz, producción de forraje verde, densidad poblacional.

ABSTRACT

In the world, corn is a cereal crop used for fodder production and is directly related to food security. High planting densities are considered the most important factor to obtain higher yields in this crop. The objective of the research was to determine the effect of stocking density on agromorphological parameters in the maize crop, to obtain green fodder. The experiment was carried out in the canton of Las Lajas, El Oro, Ecuador, at 800 meters above sea level. A 4x4 Latin square experimental design was used. The treatments were: 50 000 plants/ha⁻¹, 60 000 plants/ha⁻¹, 70 000 plants/ha⁻¹ and 80 000 plants/ha⁻¹ where the population density was manipulated, the analysis of variance of one intergroup factor was used to determine statistical differences between treatments. The variables evaluated were: plant height, leaf length, leaf width, stem diameter and green forage yield in t/ha⁻¹. Although there were no statistically significant differences between the final yields evaluated, the density of 80,000 plants/ha⁻¹ obtained the best production. A considerable aspect was presented in the variable stem diameter, where all planting densities at the evaluation days (40, 60, 80 days) presented significant differences among them, being the treatment of 50 000 plants/ha⁻¹ where the corn plants presented the greatest diameter (1,73; 2,80; 2,99 cm) at the end of the evaluation period.

Keywords:

Corn crop, green fodder production, population density.

INTRODUCCIÓN

En la agricultura moderna, la producción de forraje verde es un tema de vital importancia ya que se relaciona directamente con la producción sostenible de alimentos y la seguridad alimentaria a nivel global. La necesidad de asegurar el suministro adecuado de alimentos para la población se vuelve cada vez más crítica debido a la constante creciente demográfica. Los forrajes verdes en particular juegan un papel fundamental al proporcionar alimento y nutrientes esenciales para el ganado, que a su vez abastece a la industria cárnica y láctea FAO (2014) y FAO (2017). El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es una de las principales fuentes de producción de forraje verde (Ferreira et al., 2014) 900-cow dairy farm located in Piedritas (Buenos Aires, Argentina. A nivel mundial se calcula que existen más de 30 países productores de maíz verde, en donde EE. UU es el principal país productor seguido de 5 países con similitudes en producción tales como Croacia, México, Nigeria, Hungría e Indonesia, en la actualidad la producción de este cereal continúa en aumento, particularmente en regiones como América central, África central y Asia, con una tendencia en aumento correspondiente en muchas más partes del mundo FAOSTATS (2022).

La relación entre el cultivo de maíz y la producción de forraje verde es significativa, ya que el maíz es una fuente primaria de alimentación animal y se usa ampliamente para la producción de ensilaje, sin embargo, la densidad de población de plantas de maíz en cultivo puede afectar significativamente el rendimiento del forraje verde, por lo tanto, es fundamental considerar la importancia de la densidad poblacional del cultivo para su rendimiento y su influencia en la producción de forraje verde (Osorio-Santiago et al., 2022).

La densidad de población se considera el factor controlable más importante para obtener mayores rendimientos de los cultivos (Hidalgo-Sánchez et al., 2020). En el cultivo de maíz, tiene un gran efecto sobre el rendimiento de grano y las características agronómicas, ya que el rendimiento de grano aumenta con la densidad de población hasta que alcanza un máximo momento en el cual el rendimiento de grano disminuye cuando aumenta la densidad. La concentración inapropiada de plantas es uno de los factores que puede afectar la producción (Perez-Somarriba & Hernandez-Fernandez, 2022). A menudo se realizan mejoras para aumentar la obtención de cereales, pero no siempre se establece una densidad apropiada. Si los productores utilizan densidades de población superiores a las óptimas, aumenta la competencia por la luz, el agua y los nutrientes, lo que reduce el volumen de raíces, el número de mazorcas, la cantidad y calidad del grano por planta y aumenta la frecuencia de pudrición de raíces y tallos (López-Espíndola et al., 2020).

En Ecuador, el cultivo del maíz es uno de los cultivos más importantes debido a su superficie cultivada y su papel como parte esencial de la dieta de la población. La distribución de algunos de los tipos de maíz más cultivados

depende de los gustos y costumbres de los agricultores (Álvarez Morales et al., 2021). El país cuenta con una variedad de climas y altitudes, lo que influye en la producción de cultivos, incluido el maíz forrajero. En las provincias de Pichincha, Imbabura, Cotopaxi y Azuay, se ha cultivado maíz forrajero para la alimentación del ganado, especialmente en la ganadería lechera. La producción de forraje de maíz puede variar dependiendo de factores como las prácticas agrícolas locales, las condiciones climáticas y la tecnología utilizada, la cantidad de forraje que se produce por hectárea también puede fluctuar según el tipo de maíz forrajero cultivado y las prácticas de manejo (Velásquez et al., 2021). La producción nacional de maíz se lleva a cabo a través de diferentes sistemas de producción que involucran el momento de la siembra y los sistemas de cultivo, incluso de asociar e intercalar con otros cultivos (Ibarra-Velásquez et al., 2023). En cuanto a la época de cultivo, depende de la altitud en la que se encuentre la plantación. A nivel nacional, la mayor proporción de siembra (>80%) se encuentra bajo condiciones de temporada y varía según la altitud del terreno. Generalmente, estas siembras se realizan durante la época de lluvias y en otros lugares donde la siembra depende de la humedad residual observada en el suelo (Ramírez-Díaz et al., 2021).

En Ecuador la separación entre plantas cambian según la región, generalmente los agricultores siembran cultivares de maíz blando de polinización abierta a una distancia promedio de un metro entre hileras y cincuenta centímetros entre plantas, con dos a tres semillas, y esperan establecer densidades de siembra de 40 000 plantas/ha⁻¹ a 60 000 plantas/ha⁻¹, cuando estas dos o tres semillas germinen y crezcan, crecerán dos o tres plantas en cada sitio, y las plántulas germinadas competirán por los recursos, lo que dará como resultado que una sola planta crezca bien, mientras que el crecimiento de las otras plantas es limitado, por lo tanto hay mucho espacio en el medio que no es utilizado por ninguna planta, lo que reduce en gran medida la cantidad real de plantas en el campo (Alonso-Sánchez et al., 2023).

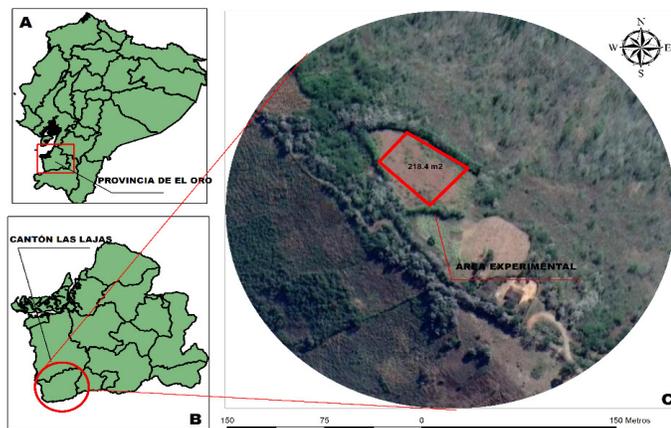
Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la densidad de población en parámetros agro-morfológicos en el cultivo de maíz, para la producción de forraje verde.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en la Parroquia La Libertad, perteneciente al cantón Las Lajas – Provincia de El Oro situada a 7 km de Las Lajas, dentro de los predios de la finca “Cañas” con las siguientes coordenadas, Latitud: 03° 45' 35" Sur, Longitud: 80° 04' 20" Oeste (Figura 1) con una altitud de 800 msnm.

La zona de estudio posee una temperatura media de 22.5°C, luminosidad entre 3–4 horas diarias y una precipitación de 1 450 mm anuales (INAMHI, 2022).

Figura 1. Mapa de ubicación de la investigación, A) mapa del Ecuador, B) provincia del Oro, C) vista satelital del área experimental



Diseño experimental

Para la realización del estudio se implementó un diseño cuadrado latino (DCL), el factor de estudio fueron las diferentes distancias de siembra empleado en el cultivo de maíz, con cuatro tratamientos y tres repeticiones; se delimitó la parcela total de 218.4 m² con un ancho de 15.6 m y largo de 14 m, luego se dividió en las 16 Unidades experimentales (UE), cada unidad experimental, contó con una dimensión 4.8 m² (2,40 m x 2 m) a 2 m de espaciamiento. Para cada UE, se seleccionaron 10 unidades de muestreo (UM), evitando efecto de borde, y se conservaron para mediciones posteriores, lo que resultó en un total de 160 plantas en toda la parcela de estudio. A continuación, se detalla las distancias tomadas como referencia:

Tabla 1. Tratamientos empleados para las diferentes densidades en el cultivo de maíz

Tratamientos		Distancias Empleadas	
N.º	Símbolo		
1	T1(testigo)	50 mil plantas/ha ⁻¹	0,80 x 0,25
2	T2	60 mil plantas/ha ⁻¹	0,80 x 0,21
3	T3	70 mil plantas/ha ⁻¹	0,80 x 0,18
4	T4	80 mil plantas/ha ⁻¹	0,80 x 0,15

Fuente: Elaboración propia

VARIABLES DE ESTUDIO Y MOMENTO DE EVALUACION

Los datos se recolectaron de acuerdo a la metodología descrita por Guamán (2020) el cual evaluó el rendimiento de híbridos con similares características al escogido para la investigación donde se modificó el tiempo de evaluación a 40, 60, 80 días respectivamente:

La altura de las plantas se midió cada 20 días y la primera medición fue a los 40 días después de la siembra. Para ello se seleccionaron al azar 10 plantas en cada unidad experimental y se midió la altura desde la base de la planta hasta el último foliolo durante los días anteriores utilizando una cinta métrica para tal fin. Los datos se

expresan (m); Largo de la hoja, se midió a partir de los 40 días de sembrado, y cada 20 días hasta el final de la investigación, se consideró la hoja central de la planta con ayuda de un metro. Los datos fueron expresados en (m); Ancho de la hoja (AH), la medición empezó a partir de los 40 días después de la siembra y continuado hasta el final de la investigación cada 20 días, la medición se realizó en la parte media de la hoja con ayuda de una regla. Los datos fueron expresados en (cm); Diámetro del tallo, se midió a partir de los 40 días de sembrado y cada 20 días con ayuda de un escalímetro, se consideró tomar el dato a una altura media de la planta seleccionada; Rendimiento (kg/ha), se recolectó la información a los 80 días al finalizar la investigación con ayuda de una balanza, se determinó al pesar todas las plantas por unidad experimental. La cosecha del cultivo se realizó cuando las plantas se encontraban en el estadio R3 a los 80 días después de la siembra.

Figura 2. Proceso de evaluación de variables. A) altura de planta, B) largo de hoja, C) ancho de hoja, D) diámetro del tallo, E) rendimiento



MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

Preparación de terreno. Es esencial para obtener un buen rendimiento de forraje al sembrar maíz, es por ello que primeramente se procedió a retirar la maleza, restos de cultivos anteriores que puedan interferir con el crecimiento del cultivo, en segunda instancia se realizó una labranza del suelo para aflojarlo y permitir que las raíces del

maíz puedan penetrar fácilmente. Esto también ayuda a mezclar materia orgánica y nutrientes en el suelo, luego se realizaron surcos para proceder con la siembra; esto facilita el drenaje del agua y mejora el crecimiento de las plantas. La distancia entre los surcos depende del tipo de tratamiento ubicado en cada unidad experimental. Finalmente se instaló un sistema de riego por aspersión con la finalidad de tener el suelo a capacidad de campo y de forma homogénea en toda el área experimental.

Siembra y fertilización. Se utilizaron semillas híbridas certificadas de maíz del cultivar Advanta 9735, obtenidas de la empresa “DEL MONTE AG” certificadas para un 85% de viabilidad, tal como las características descritas por Moreira (2019), el cual menciona que su periodo de senescencia es de 125 días, con una altura de planta de 240 cm y emergencia de 5-10 días dependiendo del clima, además se menciona su resistencia al acame en tallo y raíz, con una tolerancia media a enfermedades.

Fertilización edáfica: Se realizó fertilización nitrogenada (UREA 46%) dosificada en dos momentos; a los 15 días después de la siembra y a los 30 días proporcionalmente de forma homogénea en todas las unidades experimentales. **Fertilización foliar:** En la investigación se realizó fertilización foliar dosificada en tres momentos; a los 25, 35, 45 días después de sembrado el cultivo.

Control de plagas. En el control preventivo de insectos plaga se realizó fumigación para evitar mosca blanca (*Bemisia tabaci*), cogollero (*Spodoptera frugiperda*), minadores (*Liriomyza trifolii* L.) y dípteros; a los 15 días se aplicó insecticida orgánico de forma foliar descrito en la metodología de Díaz (2022) donde se emplea el uso de una base de ajo (*Allium sativum* L.) que contiene compuestos sulfurados y aceites esenciales que actúan como repelentes y pesticidas naturales, diluidos en un 1 L de agua, la aplicación fue de dos veces por semana durante todo el desarrollo de la investigación.

El control de arvenses durante las primeras fases de desarrollo del cultivo se realizó de manera manual, esto debido a la fragilidad y altas densidades de siembra que se estudiaron, seguidamente en etapa adulta el control se realizó de manera mecánica con el uso de bomba de mochila y herbicidas de origen orgánico para mantener el control de las mismas.

Análisis estadístico. Los datos recolectados se sometieron a ANOVA unidireccional entre grupos y las diferencias estadísticas entre medias se determinaron utilizando el software IBM SPSS 25 a un nivel de significancia del 5%, y las comparaciones post hoc se realizaron utilizando la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de la planta

Los resultados del ANOVA unidireccional entre grupos, muestran las variables evaluadas durante los 40, 60 y 80 días de desarrollo del cultivo, en donde se aprecia que

existen diferencias significativas en función del p-valor (0.05).

La evaluación de Duncan en la variable altura de planta, reveló que el subgrupo “a” tuvo un valor por debajo en su media con respecto a los subgrupos “b” y “ab”, lo que muestra que una densidad poblacional de 50 000 plantas/ha con un valor de altura 1,3775 m es superior a una densidad de 80 000 plantas/ha⁻¹.

A los 60 días de desarrollo muestra que en la variable altura de planta, el subgrupo “a” proporcionó un valor por debajo en su media con relación a los subgrupos “b” y “ab”, lo que muestra que una densidad poblacional de 60 000 plantas/ha⁻¹ con un valor de altura 2,525 m es superior a una densidad de 80 000 plantas/ha.

El análisis de Duncan realizado a los parámetros agronómicos del cultivo a los 80 días de desarrollo muestra que en la variable altura de planta, el subgrupo “a” tuvo un valor por debajo en su media con respecto a los subgrupos “b” y “ab”, lo que muestra que una densidad poblacional de 60 000 plantas/ha⁻¹ con un valor de altura 2,525 m es superior a una densidad de 80 000 y 50 000 plantas/ha⁻¹ correspondientemente (Tabla 2).

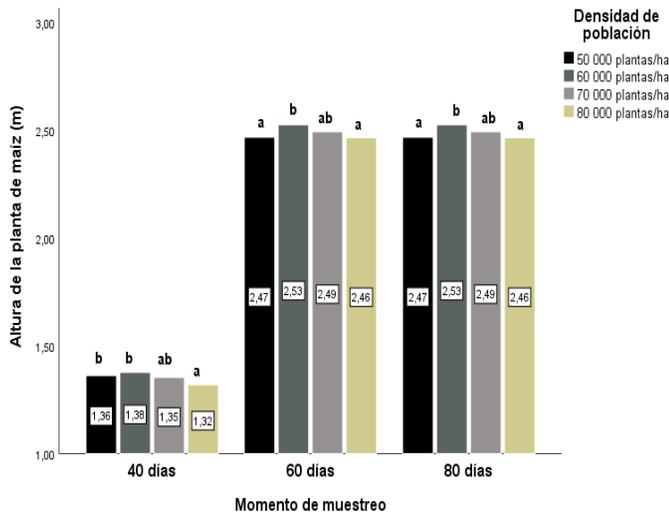
Tabla 2. Análisis de ANOVA y Duncan para altura de planta del cultivo en 40, 60 y 80 días de desarrollo

Plantas/ha ⁻¹	40 días	60 días	80 días
80000	1,3193 a	2,4643 a	2,4643 a
70000	1,3535 ab	2,4923 ab	2,4923 ab
60000	1,3623 b	2,5250 b	2,5250 b
50000	1,3775 b	2,4668 a	2,4668 a
F	3,596	5,272	5,272
Sig	0,015	0,002	0,002

Fuente: Elaboración propia

La densidad de 60 000 plantas/ha⁻¹ obtuvo los mejores resultados en esta variable, empezó desde los 1,38 m a los 40 días de evaluación y su culminación a los 80 días en 2,53 m (Figura 3). Medina-Hoyos et al. (2020) was originated in the Andean region and is grown in environments as high as 3000 m.a.s.l.; it is unique because of the purple color in the grain and other parts of the plant; the color is due to the presence of anthocyanin such as cyanidine-3-glucoside. The objective of this study was to evaluate the grain production and determine the anthocyanin content in the cob and husk of six purple maize cultivars. Anthocyanin content in cob and husk was obtained through the pigment absorbance determination by HPLC (High Performance Liquid Chromatography) en su investigación referente a cultivares de alto rendimiento mencionan que a menores densidades de siembra las plantas obtienen mayores longitudes, debido a que el proceso de fotosíntesis puede llevarse a cabo de una mejor manera la existencia de una mayor verticalidad de las hojas.

Figura 3. Altura de planta (m) tomados a los 40, 60 y 80, las letras manifiestan la disconformidad significativa por el análisis de Duncan ($p < 0.05$)



Largo de la hoja

En la variable largo de la hoja, todas las densidades evaluadas estuvieron dentro del subconjunto "a" donde la densidad de 50 000 plantas/ha⁻¹ fue la más alta con un valor de 1,1033 m y la densidad de 80 000 fue la más baja con 1,0848 m.

Durante los 60 días, se presentaron diferentes significativas entre las densidades evaluadas, la densidad de 80 000 plantas/ha⁻¹ correspondiente al subgrupo "ab" al igual que la densidad de 60 000 plantas/ha⁻¹ mostraron un valor significativamente similar, el subgrupo "a" con una densidad poblacional de 60 000 plantas/ha⁻¹ fue el de menor promedio con 1,07 m y finalmente el subgrupo "b" con una densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ fue el que mayor largo presentó con 1,1272 m.

Mientras a los 80 días, se presentaron diferencias significativas entre las densidades evaluadas, la densidad de 50 000 plantas/ha⁻¹ correspondiente al subgrupo "a" al igual que la densidad de 60 000 plantas/ha⁻¹ mostró un valor significativamente similar, el subgrupo "bc" y "c" en la densidad poblacional de 80 000 plantas/ha⁻¹ y 70 000 plantas/ha⁻¹ fueron los de mejor promedio con 1,1592 m y 1,1683 m correspondientemente (Tabla 3).

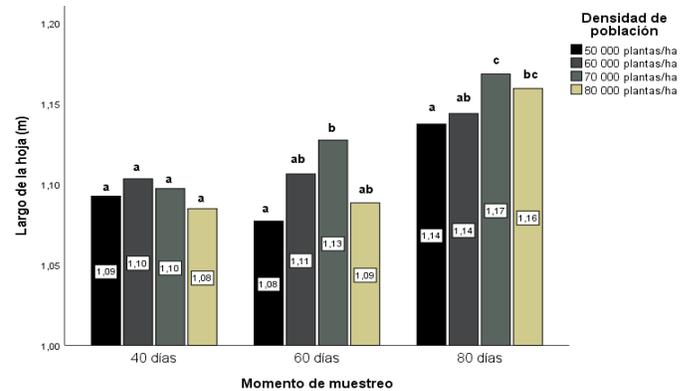
Tabla 3. Análisis de ANOVA y Duncan para largo de hoja del cultivo en 40, 60 y 80 días de desarrollo

Plantas/ha ⁻¹	40 días	60 días	80 días
80000	1,0848 a	1,0883 ab	1,1592 bc
70000	1,0925 a	1,1272 b	1,1683 c
60000	1,0972 a	1,1062 ab	1,1437ab
50000	1,1033 a	1,0770 a	1,1373 a
F	0,912	2,700	5,557
Sig	0,437	0,048	0,001

Fuente: Elaboración propia

Para esta variable, la densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ fue la que obtuvo el mejor promedio durante todo el desarrollo vegetativo del cultivo, con un valor final de 1,17 m (Figura 4), este crecimiento en una densidad superior se le atribuyó al hecho de que las plantas al ser expuestas bajo este fenómeno tratan de extender más hojas para lograr obtener energía de los rallo del sol (Medina-Hoyos et al., 2020) was originated in the Andean region and is grown in environments as high as 3000 m.a.s.l.; it is unique because of the purple color in the grain and other parts of the plant; the color is due to the presence of anthocyanin such as cyanidine-3-glucoside. The objective of this study was to evaluate the grain production and determine the anthocyanin content in the cob and husk of six purple maize cultivars. Anthocyanin content in cob and husk was obtained through the pigment absorbance determination by HPLC (High Performance Liquid Chromatography).

Figura 4. Largo de la hoja (m) tomados a los 40, 60 y 80, según la prueba de Duncan ($p < 0,05$) las letras indican la diferencia significativa

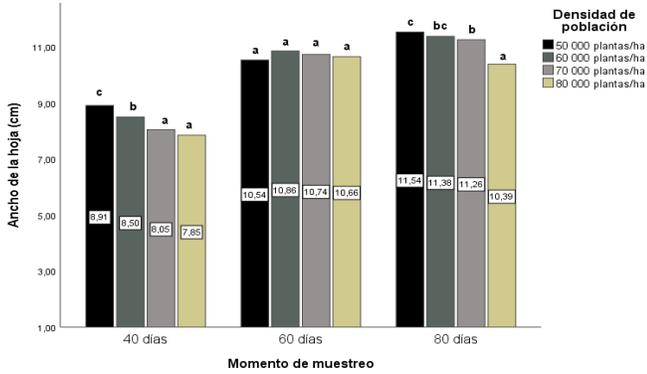


Ancho de la hoja

En esta variable se presentaron diferentes significativas la mayoría de las densidades estudiadas, la densidad de 80 000 plantas/ha⁻¹ correspondiente al subconjunto "a" al igual que la densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ mostró el valor más bajo con 7,85 cm, seguida del subgrupo "b" con una densidad poblacional de 60 000 plantas/ha con un promedio de 8,50 cm y finalmente el subconjunto "c" con una concentración de 50 000 plantas/ha⁻¹ fue el que mayor ancho presentó con 8,912 cm.

Mientras a los 60 días, todas las densidades estuvieron dentro del subgrupo "a" donde la densidad de 60 000 plantas/ha⁻¹ fue la más alta con un valor de 10,8625 cm y la densidad de 50 000 fue la más baja con 10,5375 cm. Sin embargo, a los 80 días de evaluación, se presentaron diferencias significativas en la mayoría de las densidades evaluadas donde el subgrupo "a" en la densidad de 80 000 plantas/ha⁻¹ fue la más baja con un valor de 10,385 cm y la densidad de 50 000 fue la más alta con 11,5375 cm (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de ANOVA y Duncan para ancho de hoja del cultivo en 40,60 y 80 días de desarrollo



Para el ancho de hoja, el mejor resultado durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo fue la densidad de 50 000 plantas/ha⁻¹ con un valor final de 11,54 cm, Medina-Hoyos et al. (2020) was originated in the Andean region and is grown in environments as high as 3000 m.a.s.l.; it is unique because of the purple color in the grain and other parts of the plant; the color is due to the presence of anthocyanin such as cyanidine-3-glucoside. The objective of this study was to evaluate the grain production and determine the anthocyanin content in the cob and husk of six purple maize cultivars. Anthocyanin content in cob and husk was obtained through the pigment absorbance determination by HPLC (High Performance Liquid Chromatography mencionan que cuando las hojas de la planta se elongan demasiado, estas pierden anchura y se vuelven más finas, premisa la cual concuerda con la variable evaluada ya que al tener una mayor densidad la planta tiende a elongar sus hojas y al tener una menor densidad esta tiene un mejor desarrollo ganando anchura (Figura 5).

Figura 5. Ancho de la hoja (cm) tomados a los 40, 60 y 80, las letras señalan la discrepancia demostrativa por la prueba de Duncan ($p < 0.05$)

Diámetro del tallo

En el diámetro del tallo se presentaron diferencias significativas a los 40 días en la mayoría de las densidades evaluadas, para el subconjunto "a" correspondiente a 80 000 plantas/ha⁻¹, se presentó un diámetro de 1,365 cm, el subconjunto "b", con una densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ presentó un diámetro de 1,48 cm y finalmente las densidades de 60 000 plantas/ha⁻¹ y 50 000 plantas/ha⁻¹ conformaron un solo subconjunto "c" con 1,662 cm y 1,73 cm. A los 60 días de evaluación el diámetro del tallo, se mostró discrepancias significativas para todas las densidades estudiadas, para el subgrupo "a" correspondiente a 80 000 plantas/ha⁻¹, presentó un diámetro de 2,2675 cm, el subconjunto "b", con una densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ presentó un diámetro de 2,5225 cm, para el subgrupo "c" se presentó un diámetro de 2,6323 cm y posteriormente la densidad de 50 000 presentó un grosor de 2,80 cm.

Sim embargo, a los 80 días, se observaron diferencias significativas en todas las densidades de plantación, el subconjunto "a" correspondiente a 80 000 plantas/ha⁻¹,

evidenció un menor diámetro de 2,3850 cm, el subgrupo "b", con una densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ presentó un diámetro de 2,680 cm, para el subgrupo "c" mostró un diámetro de 2,8275 cm y finalmente la densidad de 50 000 diámetro de 2,9863 cm (Tabla 5).

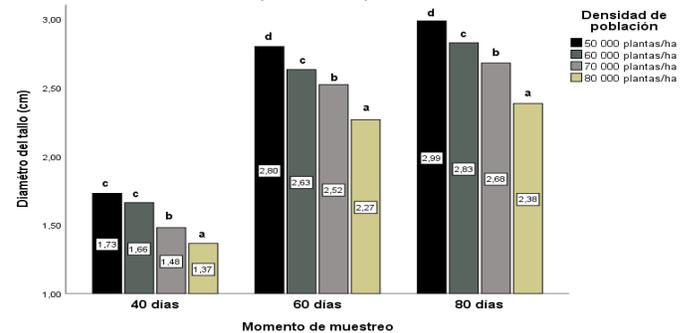
Tabla 5. Análisis de ANOVA y Duncan para diámetro del tallo del cultivo en 40,60 y 80 días de desarrollo

Plantas/ha ⁻¹	40 días	60 días	80 días
80000	1,3650 a	2,2675 a	2,3850 a
70000	1,4800 b	2,5225 b	2,6800 b
60000	1,6625 c	2,6323 c	2,8275 c
50000	1,7300 c	2,8000 d	2,9863 d
F	33,579	49,552	71,625
Sig	0,000	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia

El diámetro del tallo en la densidad de 50 000 plantas/ha⁻¹ tuvo un valor de 2,99 cm (Figura 6). Torres (2022) y Medina-Hoyos et al (2020) was originated in the Andean region and is grown in environments as high as 3000 m.a.s.l.; it is unique because of the purple color in the grain and other parts of the plant; the color is due to the presence of anthocyanin such as cyanidine-3-glucoside. The objective of this study was to evaluate the grain production and determine the anthocyanin content in the cob and husk of six purple maize cultivars. Anthocyanin content in cob and husk was obtained through the pigment absorbance determination by HPLC (High Performance Liquid Chromatography reportaron que el diámetro de la planta es mayor en densidades de siembra menores, debido al mejor aprovechamiento fotosintético de las mismas.

Figura 6. Diámetro del tallo (cm) tomados a los 40, 60 y 80, la prueba de Duncan ($p < 0.05$) señalan la diferencia significativa expresadas por las letras



Rendimiento

Es evidente que existe una relación compleja entre la densidad de plantación y el rendimiento obtenido, como lo indican los datos proporcionados. Para las densidades de siembra de 50 000 plantas/ha⁻¹ y 60 000 plantas/ha⁻¹, se observa cómo los rendimientos resultantes son prácticamente idénticos, con 69,48 t/ha⁻¹ y 68,57 t/ha⁻¹, respectivamente. Este patrón sugiere que, en este rango específico, la variación en densidad no conlleva cambios significativos en la producción, lo que podría tener

implicaciones prácticas en términos de costos y gestión de cultivos (Tabla 6).

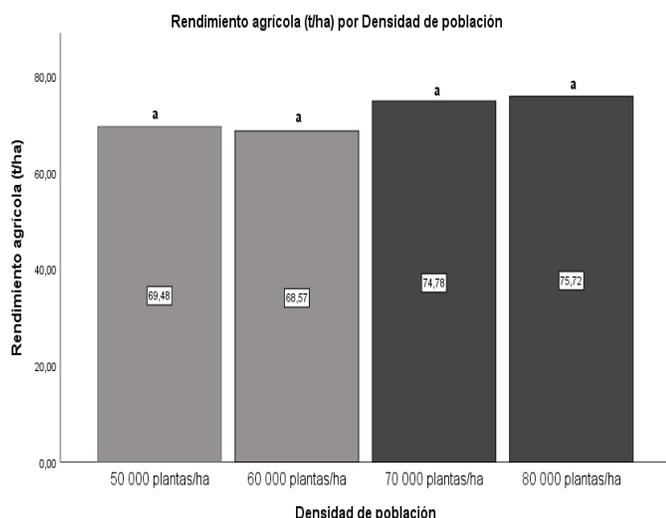
Tabla 6. Análisis de ANOVA y Duncan para el rendimiento final del cultivo

Plantas/ha ⁻¹	Rendimiento 80 días
80000	75,7208 a
70000	74,775 a
60000	68,5708 a
50000	69,4833 a
F	2,378
Sig	0,121

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, es interesante observar que a densidades de siembra de 70 000 plantas/ha⁻¹ y 80 000 plantas/ha⁻¹ se obtienen 74,78 t/ha⁻¹ y 75,72 t/ha⁻¹ respectivamente. Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas realizadas por Ramírez et al., (2020) y Quevedo et al., (2015), quienes también concluyeron que la siembra a densidades más altas resulta en una mayor rentabilidad en comparación con los métodos tradicionales. Estos resultados respaldan la noción de que la adopción de densidades de siembra más altas puede ser un enfoque prometedor para maximizar la producción agrícola.

Figura 7. Rendimiento agrícola en (tn/ha) obtenidos en función de las densidades poblacionales evaluadas en la investigación



Cabe destacar el estudio particular realizado por Ramírez et al., (2020), evaluaron una densidad alta de 100 000 plantas/ha⁻¹, donde se logró un rendimiento de 11,6 t/ha⁻¹. Estos datos respaldan aún más la idea de que la siembra a altas densidades puede ser altamente productiva y beneficiosa para los agricultores. En consecuencia, este enfoque podría ser considerado un sistema agrícola más eficiente y rentable en comparación con los métodos tradicionales (Figura 7).

CONCLUSIONES

Al evaluar la densidad de población en el cultivo de maíz para la obtención de forraje verde se concluye que la densidad de siembra de 80 000 plantas/ha⁻¹ demostró obtener los mejores rendimientos en la investigación alcanzando 74,78 t/ha⁻¹, a diferencia del tratamiento testigo 50 000 plantas/ha⁻¹ el cual obtuvo un rendimiento de 69,48 t/ha⁻¹, ante ello se denota la importancia de la densidad de siembra en la producción de maíz para forraje verde, ya que las altas densidades están directamente relacionadas con la productividad final.

Otro aspecto considerable fue la evaluación de la variable; grosor del tallo, en donde la mejor densidad durante el desarrollo del cultivo fue la de 50 000 plantas/ha⁻¹; se presentaron diferencias significativas para todas las densidades evaluadas, al finalizar la investigación a los 80 días se obtuvo los siguientes resultados: a 80 000 plantas/ha⁻¹ se presentó un diámetro de 2,3850 cm, con una densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ se obtuvo un diámetro de 2,680 cm, la densidad de 60 000 plantas/ha⁻¹ presentó un grosor de 2,8275 cm y finalmente la densidad de 50 000 tuvo mayor diámetro de 2,9863 cm, estos resultados demuestran que los diámetros de las plantas son mayores en densidades de siembra menores, gracias al mejor aprovechamiento fotosintético de las mismas. Importante mencionar que la densidad de siembra más baja favoreció en la variable ancho de la hoja pues al finalizar la investigación la densidad de 50 000 plantas/ha⁻¹ obtuvo un valor final de 11,54 cm, mayor a los resultados de las otras densidades. Sin embargo, la densidad de siembra del maíz tiene un impacto directo en la producción de forraje verde, la elección de la densidad óptima debe basarse en una comprensión profunda de las condiciones locales (clima-suelo), los objetivos de producción y las características nutricionales deseadas en el forraje resultante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso-Sánchez, H., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Zaragoza-Esparza, J., López-López, C., Zamudio-González, B., Monter-Santillán, A., Turrent-Fernández, A., Arteaga-Escamilla, I., & Mora-García, K. (2023). El Efecto de la densidad de población y la fertilización sobre la productividad del agua y rendimientos de híbridos de maíz en el Valle de México. *Revista Terra Latinoamericana*, 41, 1–15. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1577>
- Álvarez Morales, E. L., Álava Camacho, Y. D., Orellana Haro, J. A., & Tipan Tubay, T. S. (2021). Evaluación socioeconómica de la producción de maíz en la zona norte de la provincia de Los Ríos. *Centro Sur*, 4, 222–236. <https://doi.org/10.37955/cs.v4i2.79>

- Díaz-Chuquizuta, P., Hidalgo-Meléndez, E., Aguirre-Gil, O. J., & Valdés-Rodríguez, O. A. (2022). Abono líquido e insecticidas para el control de *Spodoptera frugiperda* y rendimiento de maíz. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3). <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3311>
- FAO. (2014). *Agricultura familiar en America Latina y el Caribe* (S. Salcedo & L. Guzman (eds.)). <https://www.fao.org/3/i3788s/i3788s.pdf>
- FAO. (2017). El futuro de la agricultura y la alimentación. In *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura* (Vol. 1, Issue 1). <http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf>
- FAOSTATS. (2022). *Producción de Maíz verde por país y años*. <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Ferreira, G., Alfonso, M., Depino, S., & Alessandri, E. (2014). Effect of planting density on nutritional quality of green-chopped corn for silage. *Journal of Dairy Science*, 97(9), 5918–5921. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8094>
- Guamán Guamán, R. N., Desiderio Vera, T. X., Villavicencio Abril, Á. F., Ulloa Cortázar, S. M., & Romero Salguero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 047–056. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>
- Hidalgo-Sánchez, M. G., González-Hernández, V. A., Mendoza-Onofre, L. E., Cruz-Huerta, N., & Ramírez-Ramírez, I. (2020). Performance of maize ideotypes (*Zea mays* L.) in two plant densities. *Agrociencia*, 54(4), 491–504.
- Ibarra-Velásquez, A. A., Ramírez-Flores, L. C., Molina-Villamar-John, & Zuñiga-Moreno, L. E. (2023). Análisis de la cadena agroalimentaria del maíz en Ecuador. *Polo Del Conocimiento*, 78(1), 1862–1873. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i1>
- López-Espíndola, M., Herrera-Corredor, J. A., Balderas-López, J. M., Argumedo-Macías, A., Hernández-Cázares, A. S., & Muñoz-Marquez Trujillo, R. A. (2020). Caracterización fisicoquímica de masas de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado: caso Córdoba, Veracruz, México. *Agro Productividad*, 13(2), 9–14. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1489>
- Medina-Hoyos, A., Narro-León, L. A., & Chávez-Cabrera, A. (2020). Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 291–299. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.01>
- Moreira, B. (2019). Evaluación agronómica de híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en la época lluviosa en el Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos. In *Repositorio Digital UTEQ*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7faa87de-005e-4ce7-ad79-7803738e44c9/content>
- Osorio-Santiago, V. J., Aguado-Rodríguez, G. J., Rodríguez-Martínez, N., Rodríguez-Ortega, L. T., Alviter-Aguilar, A., & Rodríguez Ortega, A. (2022). Corn (*Zea mays* L.) green matter production in different sowing densities. *Agro Productividad*, 113–118. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i4.2170>
- Perez-Somarriba, E. B., & Hernandez-Fernandez, G. (2022). Efecto de densidades de siembra en el desarrollo fenológico-productivo del Cultivo de Maíz (*Zea Mays*) en camas Biointensivas. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 8(15), 1876–1885. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i15.14332>
- Quevedo Amaya, Y., Barrgan Quijano, E., & Beltran Medina, J. (2015). Efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz (*Zea mays* L.) impacto. *Scientia Agroalimentaria*, 2(0), 18–24. <https://revistas.ut.edu.co/index.php/scientiaagro/article/view/741/577>
- Ramírez-Díaz, J. L., Alemán-de la Torre, I., Bautista-Ramírez, E., Vidal-Martínez, V. A., Salinas-Moreno, Y., & Ledesma-Miramontes, A. (2021). Respuesta De Híbridos Subtropicales De Maíz a La Densidad De Población. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(2), 173. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.2.173>
- Ramírez-Gómez, J. S., De la Rosa-Santamaría, R., Miranda-Colín, S., García-Zavala, J. J., Mejía-Contreras, J. A., García-Velázquez, A., & Vargas-Villamil, L. M. (2020). Comportamiento Agronómico Del Maíz Tropical Dosmesano Nativo De Tabasco, México Bajo Diferentes Densidades De Siembra. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(3), 251. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.251>
- Torres, K. (2022). Evaluación de la nutrición y densidades de siembra en la variedad de maíz iniap 543-QPM con fines forrajeros en el cantón la joya de los sachas. [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO]. <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/18639/1/01073.pdf>
- Velásquez, J., Zambrano, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Villacrés, E., Garcés, S., Ortíz, R., León, J., Campaña, D., López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Pintado, P., Yáñez, C., Racines, M., & Sanmartín G. (2021). Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana. https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5796/1/GUIA_CULTIVO_DE_MAIZ_2021-1.pdf
- INAMHI. (2022). Anuarios meteorológicos. <https://elyex.com/inamhi-anuarios-metereologicos-en-pdf/>