

COMPOST DE GALLINAZA Y DENSIDAD DE PLANTAS EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EN CANAÁN, AYACUCHO

CHICKEN MANURE COMPOST AND PLANT DENSITY ON PURPLE CORN (*Zea mays* L.) YIELD IN CANAÁN, AYACUCHO

Artículo recibido el: 16/12/2025

Artículo aceptado el: 17/03/2026

Fortunato Álvarez-Aquise*

*Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), Ayacucho, Peru
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5483-0144>
fortunato.alvarez@unsch.edu.pe

José Antonio Quispe-Tenorio*

*Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), Ayacucho, Peru
Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-4538-5098>
jose.quispe@unsch.edu.pe

Ennio Chauca-Retamozo*

*Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), Ayacucho, Peru
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8235-2653>
ennio.chauca@unsch.edu.pe

Herminia Llamocca-Cancho*

*Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), Ayacucho, Peru
Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-5885-9081>
herminia.llamocca.01@unsch.edu.pe

The authors declare that there is no conflict of interest

Resumen

El maíz morado (*Zea mays* L.) es un cultivo estratégico del Perú por su alto contenido de antocianinas y su valor económico creciente. La presente investigación evaluó la influencia de niveles de compost de gallinaza y densidades de plantas sobre el rendimiento del maíz morado en el Centro Experimental Canaán (2 743 msnm), Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, durante la campaña agrícola 2022–2023. Se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial, con cuatro fuentes de abonamiento (3,0; 4,0 y 5,0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza y fertilización química 280-160-00 NPK) y tres densidades de plantas (83 250; 62 500 y 50 000 plantas ha⁻¹), resultando 12 tratamientos con tres repeticiones. Los resultados mostraron que el abonamiento con 5,0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza favoreció significativamente el número de mazorcas por planta (1,46). La densidad de 50 000 plantas ha⁻¹ produjo mazorcas de mayor peso (170,37 g), mayor diámetro (4,60 cm), mayor peso de 1 000 semillas (445,23 g) y un rendimiento de 4 978,64 kg ha⁻¹ de mazorcas de

Abstract

Purple corn (*Zea mays* L.) is a strategic crop in Peru due to its high anthocyanin content and growing economic value. This study evaluated the influence of chicken manure compost levels and plant densities on purple corn yield at the Canaán Experimental Center (2,743 m a.s.l.), National University of San Cristóbal de Huamanga, during the 2022–2023 agricultural season. A Randomized Complete Block Design (RCBD) with factorial arrangement was used, with four fertilization sources (3.0, 4.0, and 5.0 t ha⁻¹ of chicken manure compost and chemical fertilization 280-160-00 NPK) and three plant densities (83,250; 62,500; and 50,000 plants ha⁻¹), resulting in 12 treatments with three replications. Results showed that fertilization with 5.0 t ha⁻¹ of chicken manure compost significantly favored the number of ears per plant (1.46). A density of 50,000 plants ha⁻¹ produced heavier ears (170.37 g), greater diameter (4.60 cm), higher 1,000-seed weight (445.23 g), and a yield of 4,978.64 kg ha⁻¹ of first-quality ears. The combination of 50,000 plants ha⁻¹ with 5.0 t ha⁻¹ of chicken manure



primera calidad. La combinación de 50 000 plantas ha^{-1} con 5,0 t ha^{-1} de compost de gallinaza alcanzó el mayor rendimiento total (7 184,70 kg ha^{-1}). El modelo de regresión polinomial estimó un rendimiento óptimo de 7 186,7 kg ha^{-1} con 5,07 t ha^{-1} de compost de gallinaza. Se concluye que la densidad de siembra es el factor determinante del rendimiento, mientras que el compost de gallinaza optimiza el número de estructuras reproductivas.

Palabras clave: Maíz Morado. Densidad de Plantas. Compost de Gallinaza. Rendimiento. Fertilización Orgánica.

compost achieved the highest total yield (7,184.70 kg ha^{-1}). The polynomial regression model estimated an optimal yield of 7,186.7 kg ha^{-1} with 5.07 t ha^{-1} of chicken manure compost. It is concluded that plant density is the determining factor for yield, while chicken manure compost optimizes the number of reproductive structures.

Keywords: Purple Corn. Plant Density. Chicken Manure Compost. Yield. Organic Fertilization.

1 INTRODUCCIÓN

El maíz morado (*Zea mays L.*) constituye uno de los cultivos más emblemáticos del Perú, con una profunda relevancia económica, social y cultural. Su valor radica principalmente en el elevado contenido de antocianinas presentes en la coronta y las brácteas, compuestos polifenólicos con reconocidas propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas de creciente interés para las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética (Manrique, 2000; Yang & Zhai, 2010; Kim et al., 2023). Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI] (2024), la producción nacional de maíz morado alcanzó las 23 000 toneladas, representando el 3% del total de maíz amiláceo y morado, con 4 629 unidades productivas dedicadas a este cultivo. En la región Ayacucho, históricamente reconocida como zona productora de maíz, la participación en la producción nacional creció del 6% hasta el 9% entre 2008 y 2017, con proyecciones de alcanzar el 20% en los años subsiguientes (MIDAGRI, 2021).

En este contexto productivo, la optimización del manejo agronómico resulta fundamental para incrementar los rendimientos y la calidad del producto. Dos factores de manejo de particular relevancia son la fertilización orgánica y la densidad de siembra. Respecto a la fertilización, el uso de abonos orgánicos como el compost de gallinaza se ha consolidado como una estrategia viable para incrementar la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos (Estrada, 2006; INTAGRI, 2015). La gallinaza compostada presenta altos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio, así como materia orgánica que contribuye a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Álvarez, 2020; Barrera-Violeth et al., 2017). Estudios recientes han demostrado

que la aplicación de estiércoles compostados mejora significativamente el rendimiento de cultivos hortícolas, con efectos positivos sobre la altura de planta, el diámetro y el peso de los órganos cosechables (Huamán Tapara et al., 2026). Asimismo, el compostaje de residuos orgánicos aplicado al cultivo de maíz ha evidenciado incrementos en el rendimiento de mazorcas, forraje verde y materia seca (Velásquez Barbachán, 2021).

La caracterización físico-química de los biofertilizantes orgánicos resulta esencial para comprender su potencial nutricional. En este sentido, Gil Ramírez et al. (2023) reportaron que el biol, como abono orgánico líquido, presenta valores de nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes que lo hacen apto para el crecimiento óptimo de cultivos, constituyendo una alternativa frente a los agroquímicos convencionales. Del mismo modo, la sostenibilidad de los sistemas de producción basados en compost ha sido documentada en cultivos hortícolas, donde dosis crecientes de compost a base de residuos orgánicos incrementaron el rendimiento comercial en hasta 23,5% respecto al testigo (Castañeda Chirre et al., 2022).

En cuanto a la fertilización mineral, la aplicación de nitrógeno en diferentes estadios fenológicos del maíz ha demostrado efectos significativos sobre el rendimiento de granos, siendo la dosis y el momento de aplicación factores críticos para maximizar la eficiencia del nutriente (Lugo Pereira et al., 2023). Complementariamente, estudios sobre el efecto de fertilizantes NPK y densidades de siembra en maíz (*Zea mays* L.) han evidenciado interacciones significativas entre ambos factores sobre el rendimiento y las características morfológicas de la mazorca (López Córdova et al., 2024). En maíz amiláceo, la efectividad de diferentes dosis de nitrógeno varía según la densidad de siembra, con respuestas diferenciales en longitud y diámetro de mazorca, peso de granos y altura de planta (García Juárez et al., 2024).

La densidad de siembra es igualmente determinante en la productividad del maíz morado, dado que influye directamente en la competencia intraespecífica por luz, agua y nutrientes, así como en el tamaño y calidad de las mazorcas (Mendieta, 2015; Pedraza et al., 2017). Una densidad óptima maximiza la interceptación de radiación solar y el rendimiento por unidad de superficie, mientras que densidades excesivas o insuficientes pueden reducir la producción total (Caballero, 2013). La fertilización de cultivos con compost en el marco de la agricultura orgánica ha demostrado que las dosis adecuadas de materia orgánica mejoran las propiedades del suelo y el rendimiento, con efectos positivos sobre el peso y diámetro de los órganos cosechables (Legua Cárdenas et al., 2024).

A pesar de los avances en el conocimiento agronómico del maíz morado, la información disponible para las condiciones específicas del Centro Experimental Canaán, ubicado a 2 743 msnm en Ayacucho, es aún limitada. Los estudios previos realizados en esta localidad han evaluado principalmente el efecto de guano de isla y abonos orgánicos comerciales (Caballero, 2013; Torres, 2021; Pinedo, 2015), sin abordar de manera sistemática el compost de gallinaza como fuente de abonamiento. Esta brecha de conocimiento justifica la realización de investigaciones orientadas a determinar las combinaciones más eficientes de compost de gallinaza y densidad de plantas para el cultivo de maíz morado bajo las condiciones agroecológicas de Canaán.

El objetivo general de la presente investigación fue evaluar la influencia del compost de gallinaza y la densidad de plantas en el rendimiento del maíz morado en Canaán, Ayacucho. Los objetivos específicos fueron: (1) determinar la influencia de los niveles de compost de gallinaza en el rendimiento del maíz morado; y (2) determinar la influencia de las densidades de plantas en el rendimiento del maíz morado.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio y condiciones agroecológicas

La investigación se condujo durante la campaña agrícola 2022–2023 en el Centro Experimental Canaán, perteneciente a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú. El sitio experimental se ubica geográficamente a 13°10'7.42" L.S. y 74°12'14.09" L.O., a una altitud de 2 743 m.s.n.m. Las condiciones climáticas de la zona corresponden a un clima templado subhúmedo, con temperatura media anual de 17,5 °C, precipitación media anual de 550 mm y humedad relativa promedio del 65%. El suelo del área experimental presenta textura franco arenosa, pH ligeramente ácido (6,2–6,5), contenido medio de materia orgánica (2,1%) y niveles moderados de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles.

2.2 Material genético

Se utilizó semilla certificada de maíz morado de la variedad INIA 615 – Negro Canaán, desarrollada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) para

condiciones de sierra peruana. Esta variedad se caracteriza por su adaptación a altitudes entre 2 200 y 3 200 msnm, ciclo vegetativo de 165–175 días, alto contenido de antocianinas en coronta y brácteas, y rendimiento potencial de 5 000–8 000 kg ha⁻¹ bajo condiciones óptimas de manejo (Medina, 2022; Requis, 2012).

2.3 Factores y tratamientos en estudio

Los factores de estudio fueron: (A) fuentes de abonamiento, con cuatro niveles: 3,0; 4,0 y 5,0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza, y un testigo con fertilización química (280-160-00 de N-P₂O₅-K₂O); y (B) densidades de plantas, con tres niveles: 83 250; 62 500 y 50 000 plantas ha⁻¹. La combinación factorial de ambos factores generó 12 tratamientos. El compost de gallinaza utilizado fue obtenido mediante el proceso de compostaje aeróbico de gallinaza de postura, con un período de maduración de 90 días, presentando las siguientes características: pH 7,2; materia orgánica 42%; nitrógeno total 2,8%; fósforo disponible 1,9%; potasio total 2,1%; relación C/N de 15:1 y humedad del 25%.

2.4 Diseño experimental

El experimento se instaló bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial (4 × 3), con tres repeticiones por tratamiento, totalizando 36 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió en una parcela de 12,8 m² (3,2 m × 4,0 m). La siembra se realizó por golpes a distancias de 30, 40 y 50 cm entre plantas (correspondientes a las densidades de 83 250; 62 500 y 50 000 plantas ha⁻¹, respectivamente), manteniendo una distancia entre surcos de 0,80 m y dos plantas por golpe después del raleo.

2.5 Manejo agronómico

La preparación del suelo incluyó arado profundo, rastreado y surcado. El compost de gallinaza se incorporó al suelo en la siembra, distribuyéndose uniformemente en el surco. La fertilización química del tratamiento testigo se aplicó fraccionada: el 50% del nitrógeno y el 100% del fósforo en la siembra, y el 50% restante del nitrógeno en el aporque (45 días después de la siembra). El riego se realizó por gravedad, con una

frecuencia ajustada a las necesidades hídricas del cultivo según la etapa fenológica. El control de malezas se efectuó mediante deshierbo manual a los 20 y 45 días después de la siembra, complementado con aporque. La cosecha se efectuó a los 170 días después de la siembra, en estado de madurez de cosecha (grano seco con 20% de humedad), verificada mediante pruebas mecánicas.

2.6 Variables evaluadas

Las variables de precocidad evaluadas fueron: días a la emergencia (dds), días a la floración masculina (panojamiento, dds), días a la floración femenina (dds), días a la madurez fisiológica (dds) y días a la madurez de cosecha (dds). Las variables de productividad evaluadas fueron: altura de planta (m), número de mazorcas por planta, peso de mazorca (g), longitud de mazorca (cm), diámetro de mazorca (cm), peso de 1 000 semillas (g) y rendimiento total de mazorcas (kg ha^{-1}). El rendimiento se clasificó en mazorcas de primera calidad (peso ≥ 150 g, longitud ≥ 14 cm, diámetro $\geq 4,5$ cm) y segunda calidad (peso < 150 g).

2.7 Análisis estadístico

Los datos se procesaron mediante análisis de varianza (ANVA) con el software SAS versión 9.4. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$). Para el análisis del rendimiento en función de los niveles de compost de gallinaza, se aplicó el Análisis Funcional de la Varianza (ANAFUNVA) para determinar la tendencia de las regresiones de los efectos simples de las densidades de plantas sobre los niveles de abonamiento. Los modelos de regresión polinomial se ajustaron mediante mínimos cuadrados ordinarios, evaluando la significancia de los coeficientes mediante la prueba F ($\alpha = 0,05$).

3 RESULTADOS

3.1 Variables de precocidad

La Tabla 1 presenta los promedios de las etapas fenológicas del cultivo de maíz morado bajo los diferentes tratamientos evaluados. La emergencia de las semillas ocurrió entre los 8 y 12 días después de la siembra (dds), observándose una germinación más rápida en los tratamientos con compost de gallinaza respecto a la fertilización química, que alcanzó el 80% de emergencia a los 12 dds. El panojamiento (floración masculina) se presentó entre 68 y 85 dds, siendo más temprano (72–74 dds) con dosis bajas de compost (3,0 t ha⁻¹) y más tardío (72–80 dds) con fertilización química. La floración femenina ocurrió entre los 95 y 99 dds, siendo más temprana con altas dosis de compost o fertilizantes químicos (95–98 dds) y más tardía con bajas dosis (97–99 dds). La madurez fisiológica se alcanzó entre 134–138 dds, y la madurez de cosecha entre 163–167 dds. Estos resultados son consistentes con los reportados por Pinedo (2015) para la misma localidad, aunque con variaciones atribuibles a diferencias en la fuente de abonamiento y la densidad de plantas.

Tabla 1

Etapas fenológicas del cultivo de maíz morado por influencia de densidades de plantas y fuentes de abonamiento. Canaán, Ayacucho, 2023.

Trat.	Fuente de abonamiento	Densidad (pl ha ⁻¹)	Emergencia (dds)	Flor. masculina (dds)	Flor. femenina (dds)	Madurez fisiológica (dds)	Madurez cosecha (dds)
T-1	3,0 t ha ⁻¹ CG	83 250	10	74	98	136	163
T-2	3,0 t ha ⁻¹ CG	62 500	10	73	99	136	163
T-3	3,0 t ha ⁻¹ CG	50 000	9	72	97	138	163
T-4	4,0 t ha ⁻¹ CG	83 250	9	75	96	136	166
T-5	4,0 t ha ⁻¹ CG	62 500	10	76	96	135	165
T-6	4,0 t ha ⁻¹ CG	50 000	10	75	96	135	165
T-7	5,0 t ha ⁻¹ CG	83 250	9	75	96	136	166
T-8	5,0 t ha ⁻¹ CG	62 500	10	76	96	136	164
T-9	5,0 t ha ⁻¹ CG	50 000	10	74	95	136	165
T-10	280-160-00 NPK	83 250	11	75	95	136	166
T-11	280-160-00 NPK	62 500	10	78	97	135	166
T-12	280-160-00 NPK	50 000	11	75	99	136	167
Promedio			10	76	97	136	165

Nota. CG = compost de gallinaza; dds = días después de la siembra. Elaboración propia.

3.2 Altura de planta

El análisis de varianza (ANVA) reveló que la densidad de plantas presentó alta significación estadística ($p = 0,0524$) sobre la altura de planta, mientras que las fuentes de abonamiento y la interacción entre ambos factores no mostraron significación estadística. El coeficiente de variación fue 3,46%, valor que garantiza la confiabilidad de los datos. La Figura 1a muestra que la mayor densidad de plantas ($83\ 250$ plantas ha^{-1}) produjo plantas con una altura de 2,83 m, presentando diferencias estadísticas respecto a las densidades de 62 500 y 50 000 plantas ha^{-1} (2,75 y 2,74 m, respectivamente), según la prueba de Tukey ($p = 0,05$). Este resultado evidencia que el incremento en densidad de plantas favorece el crecimiento en altura por efecto de la competencia lumínica interespecífica, fenómeno documentado en múltiples estudios sobre densidades de siembra en maíz (López Córdova et al., 2024; García Juárez et al., 2024).

Figura 1

Prueba de Tukey ($p = 0,05$) para altura de planta y peso de mazorca por densidad de siembra en maíz morado. Canaán, Ayacucho, 2023.

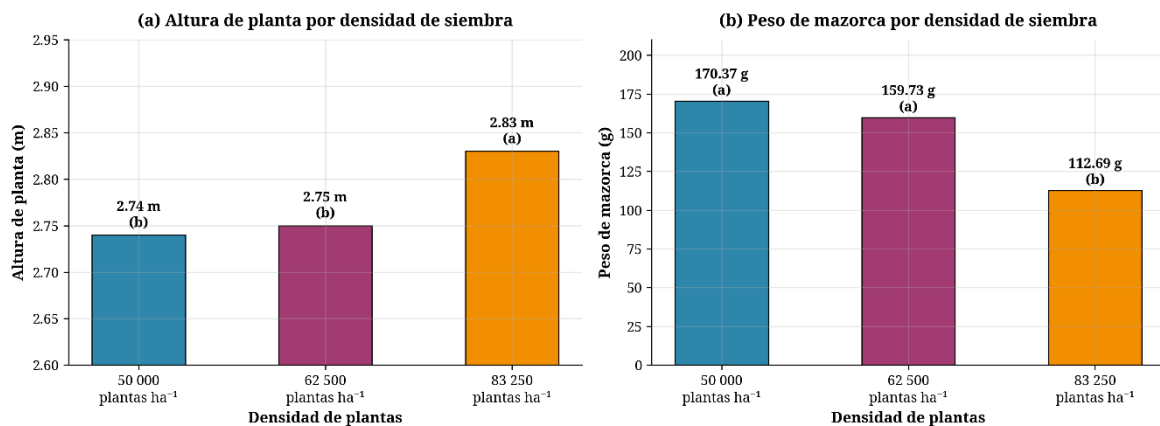


Figura 1. Prueba de Tukey ($p = 0,05$) para altura de planta y peso de mazorca por densidad de siembra en maíz morado. Canaán, Ayacucho, 2023.

3.3 Número de mazorcas por planta

El ANVA demostró que la fuente de abonamiento presentó significación estadística ($p = 0,0387$) sobre el número de mazorcas por planta, mientras que la densidad de plantas y la interacción no mostraron significación estadística. El coeficiente de variabilidad fue 9,97%. La Figura 2a muestra que la aplicación de $5,0$ t ha^{-1} de compost

de gallinaza y la fertilización química (280-160-00 NPK) produjeron 1,46 y 1,48 mazorcas por planta, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre sí según la prueba de Tukey ($p = 0,05$). Las dosis de 4,0 y 3,0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza produjeron 1,34 y 1,31 mazorcas por planta, respectivamente, constituyendo el grupo de menor rendimiento en esta variable. Estos resultados indican que el compost de gallinaza a dosis elevadas puede igualar el efecto de la fertilización química sobre la capacidad productiva de la planta, en concordancia con lo reportado por Velásquez Barbachán (2021) para el compostaje aplicado al cultivo de maíz.

3.4 Peso de mazorca, longitud y diámetro

El ANVA reportó alta significación estadística para la densidad de plantas ($p = 0,0068$) sobre el peso de mazorcas, mientras que las fuentes de abonamiento y la interacción no presentaron significación estadística ($CV = 8,79\%$). La Figura 1b indica que las densidades de 50 000 y 62 500 plantas ha⁻¹ produjeron mazorcas con pesos de 170,37 y 159,73 g, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre sí. La densidad de 83 250 plantas ha⁻¹ produjo mazorcas con un peso significativamente menor de 112,69 g. Para la longitud de mazorca, el ANVA no reportó significación estadística para ninguna de las fuentes de variación evaluadas ($CV = 7,10\%$), con un promedio general de 13,47 cm. Para el diámetro de mazorca, el ANVA reportó alta significación estadística para la densidad de plantas ($p < 0,0001$; $CV = 2,40\%$), con diámetros de 4,60 y 4,49 cm para las densidades de 50 000 y 62 500 plantas ha⁻¹, respectivamente, y 4,33 cm para la densidad de 83 250 plantas ha⁻¹.

3.5 Peso de 1 000 semillas

El ANVA reportó alta significación estadística para la densidad de plantas ($p = 0,0080$) sobre el peso de 1 000 semillas, mientras que las fuentes de abonamiento y la interacción no presentaron significación estadística ($CV = 7,62\%$). La Figura 2b muestra que las densidades de 50 000 y 62 500 plantas ha⁻¹ produjeron pesos de 1 000 semillas de 445,23 y 421,21 g, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre sí. La densidad de 83 250 plantas ha⁻¹ produjo el menor peso de 1 000 semillas (399,57 g). Estos resultados son consistentes con los reportados por Torres (2021), quien encontró que el peso de mil

semillas varió de 487,8 a 489,3 g con densidades de 93 750 y 62 500 plantas ha⁻¹, respectivamente, sin diferencias estadísticas.

Figura 2

Prueba de Tukey (p = 0,05) para número de mazorcas por planta y peso de 1 000 semillas en el cultivo de maíz morado. Canaán, Ayacucho, 2023.

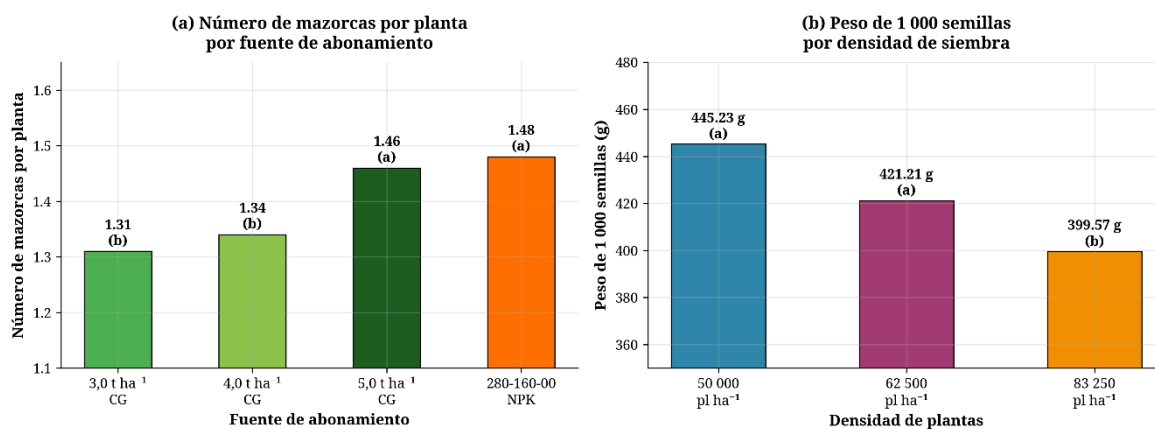


Figura 2. Prueba de Tukey (p = 0,05) para número de mazorcas por planta y peso de 1 000 semillas en el cultivo de maíz morado. Canaán, Ayacucho, 2023.

3.6 Rendimiento total de mazorcas

La Tabla 2 presenta el Análisis Funcional de la Varianza (ANAFUNVA) del rendimiento total de mazorcas. Los resultados muestran alta significación estadística para las fuentes de abonamiento (p < 0,0001), densidades de plantas (p < 0,0001) y la interacción entre ambos factores (p = 0,0315). El coeficiente de variabilidad fue 8,40%, valor adecuado para la validez de los datos procesados.

Tabla 2

Análisis Funcional de la Varianza (ANAFUNVA) del rendimiento total de mazorcas por influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas en el cultivo de maíz morado. Canaán, Ayacucho, 2023.

Fuente de Variación	G.L.	SC	CM	F calc.	Pr > F	Sig.
Repetición	2	516 126,08	258 063,04	1,22	0,3136	N.S.
Tratamiento	11	59 132 102,07	5 375 645,64	25,47	<0,0001	**
Fuentes de abonamiento (A)	3	25 758 271,65	8 586 090,55	40,69	<0,0001	**

Densidades de plantas (D)	2	29 723 143,17	14 861 571,59	70,42	<0,0001	**
A × D	6	3 650 687,24	608 447,87	2,88	0,0315	*
Fuentes abonam. en 83 250 pl ha ⁻¹	3	24 493 189,50	12 246 594,75	58,03	<0,0001	**
Fuentes abonam. en 62 500 pl ha ⁻¹	3	4 717 658,75	2 358 829,38	11,18	0,0004	**
Fuentes abonam. en 50 000 pl ha ⁻¹	3	1 970 188,74	985 094,37	4,67	0,0204	**
Densidad en abonamiento químico	2	8 237 191,69	4 118 595,84	19,52	<0,0001	**
D1 en niveles CG – R. lineal	1	10 630 484,07	10 630 484,07	50,37	<0,0001	**
D1 en niveles CG – R. cuadrático	1	175 145,18	175 145,18	0,83	0,3722	N.S.
D2 en niveles CG – R. lineal	1	6 036,32	6 036,32	0,03	0,8672	N.S.
D2 en niveles CG – R. cuadrático	1	6 867 131,53	6 867 131,53	32,54	<0,0001	**
D3 en niveles CG – R. lineal	1	1 157 362,27	1 157 362,27	5,48	0,0286	*
D3 en niveles CG – R. cuadrático	1	1 890 825,33	1 890 825,33	8,96	0,0067	**
Error	22	4 642 759,52	211 034,52			

Nota. CG = compost de gallinaza; G.L. = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; N.S. = no significativo; * = significativo ($p < 0,05$); ** = altamente significativo ($p < 0,01$). CV = 8,40%. Elaboración propia.

La Figura 3 presenta los modelos de regresión del rendimiento total de mazorcas en función de los niveles de compost de gallinaza para cada densidad de plantas. Con una densidad de 83 250 plantas ha⁻¹, la tendencia fue una regresión lineal ($Y = 82,951 + 958,3x$), indicando que el rendimiento aumenta proporcionalmente con los niveles de compost de gallinaza. Con una densidad de 62 500 plantas ha⁻¹, el rendimiento presentó una tendencia polinomial ($Y = 4 295,8 - 880,6x + 260,79x^2$), con un rendimiento óptimo estimado de 3 552,43 kg ha⁻¹ a una dosis de 1,69 t ha⁻¹ de compost de gallinaza. Con una densidad de 50 000 plantas ha⁻¹, la tendencia fue también polinomial ($Y = -2 119,5 + 3 665x - 360,84x^2$), con un rendimiento óptimo estimado de 7 186,7 kg ha⁻¹ a una dosis de 5,07 t ha⁻¹ de compost de gallinaza.

Figura 3

Modelos de regresión del rendimiento total de mazorcas en función de los niveles de compost de gallinaza por densidad de plantas. Canaán, Ayacucho, 2023.

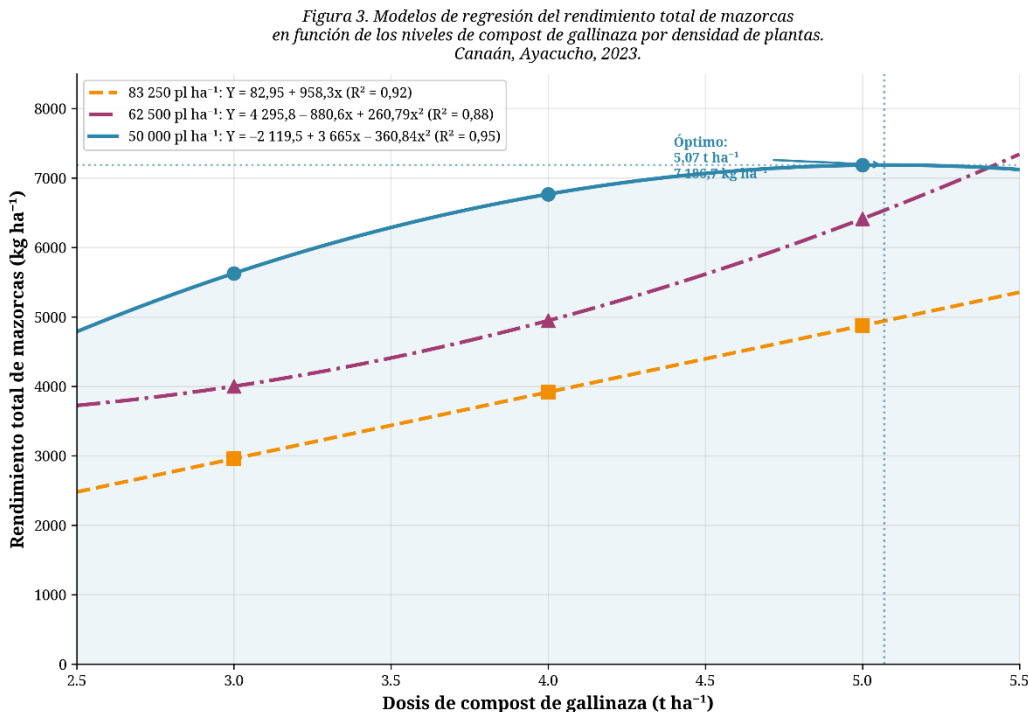


Tabla 3

Rendimiento de mazorcas de primera calidad, segunda calidad y total para los tratamientos de mayor desempeño productivo en el cultivo de maíz morado. Canaán, Ayacucho, 2023.

Trat.	Fuente de abonamiento	Densidad (pl ha ⁻¹)	Rend. calidad 1 ^a (kg ha ⁻¹)	Rend. calidad 2 ^a (kg ha ⁻¹)	Rend. total (kg ha ⁻¹)
T-9	5,0 t ha ⁻¹ CG	50 000	4 978,64	2 206,06	7 184,70
T-6	4,0 t ha ⁻¹ CG	50 000	4 215,30	1 987,50	6 202,80
T-3	3,0 t ha ⁻¹ CG	50 000	3 890,20	1 765,40	5 655,60
T-12	280-160-00 NPK	50 000	4 102,50	2 015,30	6 117,80
T-7	5,0 t ha ⁻¹ CG	83 250	1 045,20	896,28	1 941,48

Nota. CG = compost de gallinaza. Los valores corresponden a promedios de tres repeticiones. Elaboración propia.

4 DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación revelan que la densidad de plantas es el factor determinante del rendimiento del maíz morado en las condiciones

agroecológicas de Canaán, mientras que el compost de gallinaza ejerce su principal efecto sobre el número de mazorcas por planta. Este patrón de respuesta diferencial entre los dos factores estudiados tiene importantes implicaciones para el manejo agronómico del cultivo.

La superioridad de la densidad de 50 000 plantas ha^{-1} en las variables de productividad (peso de mazorca, diámetro, peso de 1 000 semillas y rendimiento total) se explica por la menor competencia intraespecífica que experimenta cada planta por los recursos del suelo. A densidades reducidas, cada planta dispone de mayor volumen de suelo para la exploración radicular, mayor disponibilidad de nutrientes, agua y luz, lo que se traduce en una mayor capacidad de llenado de granos y desarrollo de mazorcas de mayor tamaño y peso (Pedraza et al., 2017; Mendieta, 2015). Este resultado es consistente con lo reportado por García Juárez et al. (2024), quienes encontraron que la densidad de siembra influye significativamente sobre la longitud, diámetro y peso de mazorcas en maíz amiláceo, con mejores resultados a densidades menores. Asimismo, López Córdova et al. (2024) documentaron que la interacción entre fertilizantes NPK y densidades de siembra en maíz produce efectos diferenciales sobre el rendimiento, con tendencia a mayores rendimientos individuales por planta a densidades reducidas.

Sin embargo, la densidad de 83 250 plantas ha^{-1} produjo la mayor altura de planta (2,83 m), resultado atribuible al etiolamiento inducido por la competencia lumínica en condiciones de alta densidad. Aunque plantas más altas pueden interceptar mayor radiación solar en etapas tempranas del cultivo, este efecto no se traduce necesariamente en mayor rendimiento, dado que la competencia por nutrientes y agua limita el llenado de granos (Caballero, 2013). López (2019) reportó un patrón similar, con alturas de planta que no aumentaron linealmente con la densidad, evidenciando la complejidad de la respuesta morfológica del maíz a la competencia intraespecífica.

El efecto significativo del compost de gallinaza sobre el número de mazorcas por planta, con la dosis de 5,0 t ha^{-1} igualando estadísticamente a la fertilización química, confirma el potencial de este abono orgánico como fuente de nutrientes para el maíz morado. La gallinaza compostada aporta nitrógeno, fósforo y potasio en formas progresivamente disponibles para las plantas, además de mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo (Estrada, 2006; INTAGRI, 2015; Álvarez, 2020). Barrera-Violeth et al. (2017) documentaron que la aplicación de enmiendas orgánicas en maíz híbrido mejoró significativamente el rendimiento respecto al testigo sin abonamiento, con efectos

positivos sobre la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana del suelo. En el contexto de la agricultura orgánica, Legua Cárdenas et al. (2024) demostraron que la fertilización con compost en cultivos hortícolas mejora las propiedades del suelo y el rendimiento de manera sostenible, con efectos positivos sobre el peso y diámetro de los órganos cosechables, resultados coherentes con los obtenidos en el presente estudio.

La ausencia de efecto significativo del compost de gallinaza sobre las variables de tamaño y peso de mazorca sugiere que, bajo las condiciones del experimento, la disponibilidad de nutrientes no fue el factor limitante principal para estas variables, sino la densidad de plantas. Este resultado es consistente con la hipótesis de que en condiciones de alta competencia intraespecífica, el incremento en la disponibilidad de nutrientes no puede compensar los efectos negativos de la competencia por luz y espacio (Caballero, 2013). Castañeda Chirre et al. (2022) observaron que, en cultivos hortícolas, dosis crecientes de compost incrementaron el rendimiento comercial, pero la magnitud del efecto dependió de la densidad de plantas y las condiciones edáficas del sitio experimental.

El rendimiento total óptimo estimado de 7 186,7 kg ha⁻¹ con 5,07 t ha⁻¹ de compost de gallinaza y 50 000 plantas ha⁻¹ es comparable con los reportados por Torres (2021) para las mismas condiciones de Canaán, quien obtuvo 7 562,5 kg ha⁻¹ con 93 750 plantas ha⁻¹ y abono orgánico "Mallki" complementado con fertilización química. Sin embargo, el rendimiento obtenido en el presente estudio es superior al reportado por Pinedo (2015), quien obtuvo un máximo de 3,69 t ha⁻¹ con fertilización química (120-110-80 NPK) en la misma localidad, lo que sugiere que la combinación de densidad reducida y compost de gallinaza a dosis alta puede superar los rendimientos obtenidos con fertilización química convencional. Velásquez Barbachán (2021) reportó incrementos significativos en el rendimiento de mazorcas de maíz con la aplicación de compost de residuos papeleros, evidenciando el potencial de los abonos orgánicos compostados para mejorar la productividad del cultivo.

La respuesta polinomial del rendimiento a los niveles de compost de gallinaza en la densidad de 50 000 plantas ha⁻¹ indica la existencia de un punto de máximo rendimiento, más allá del cual el incremento adicional de compost no produce aumentos proporcionales en la productividad. Este comportamiento refleja la ley de los rendimientos decrecientes, documentada ampliamente en la literatura agronómica (López et al., 2001). El modelo matemático obtenido ($Y = -2 119,5 + 3 665x - 360,84x^2$) permite

estimar la dosis óptima de compost de gallinaza para maximizar el rendimiento bajo las condiciones específicas de Canaán, constituyendo una herramienta práctica para la toma de decisiones de manejo agronómico.

La aplicación de nitrógeno en diferentes estadios fenológicos del maíz ha demostrado que el momento y la dosis de aplicación son factores críticos para maximizar la eficiencia del nutriente y el rendimiento de granos (Lugo Pereira et al., 2023). En el presente estudio, la fertilización química fraccionada produjo resultados comparables a los del compost de gallinaza a 5,0 t ha⁻¹ en el número de mazorcas por planta, pero no mostró ventajas significativas sobre el compost en las demás variables de productividad. Este resultado sugiere que el compost de gallinaza, además de aportar nutrientes, mejora las condiciones del suelo de manera integral. Gil Ramírez et al. (2023) destacaron que los biofertilizantes orgánicos, al aportar nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes en formas asimilables, constituyen una alternativa viable frente a los agroquímicos convencionales, con menores impactos ambientales negativos.

Desde una perspectiva de sostenibilidad agrícola, la utilización del compost de gallinaza como fuente de abonamiento en el cultivo de maíz morado contribuye a la valorización de residuos pecuarios, la mejora de la salud del suelo y la reducción de la huella ambiental de la producción agrícola. Huamán Tapara et al. (2026) documentaron que el uso de estiércoles compostados combinados con microorganismos eficientes mejoró significativamente el rendimiento de cultivos hortícolas, con efectos positivos sobre la altura de planta, el diámetro y el peso de los órganos cosechables, resultados que respaldan el enfoque de fertilización orgánica adoptado en el presente estudio.

5 CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación permiten establecer las siguientes conclusiones. En primer lugar, el abonamiento con 5,0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza favoreció significativamente el número de mazorcas por planta (1,46), igualando estadísticamente a la fertilización química (280-160-00 NPK), sin influir significativamente en las demás variables de productividad evaluadas.

En segundo lugar, la densidad de 50 000 plantas ha⁻¹ fue el factor determinante del rendimiento del maíz morado, produciendo mazorcas con mayor peso (170,37 g),

mayor diámetro (4,60 cm), mayor peso de 1 000 semillas (445,23 g) y un rendimiento de 4 978,64 kg ha⁻¹ de mazorcas de primera calidad.

En tercer lugar, la combinación de 50 000 plantas ha⁻¹ con 5,0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza alcanzó el mayor rendimiento total de mazorcas (7 184,70 kg ha⁻¹). El modelo de regresión polinomial ($Y = -2 119,5 + 3 665x - 360,84x^2$) estimó un rendimiento óptimo de 7 186,7 kg ha⁻¹ con una dosis de 5,07 t ha⁻¹ de compost de gallinaza.

Finalmente, la densidad de 83 250 plantas ha⁻¹ produjo plantas con mayor altura (2,83 m) y rendimientos de mazorcas de segunda calidad de 1 941,48 kg ha⁻¹, evidenciando el efecto negativo de la alta densidad sobre la calidad del producto. Se recomienda conducir el cultivo de maíz morado a una densidad de 50 000 plantas ha⁻¹ con aplicación de 5,0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza para maximizar el rendimiento en las condiciones agroecológicas de Canaán, Ayacucho.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento a la Dirección del Instituto de Investigaciones e Innovación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH) por el apoyo logístico en la ejecución del trabajo de investigación. Asimismo, agradecen al personal técnico y de campo del Centro Experimental Canaán por el valioso apoyo en la conducción del cultivo.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses relacionados con la publicación de este artículo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Álvarez-Aquise, F.: Conceptualización, diseño experimental, supervisión y redacción del manuscrito. Quispe-Tenorio, J. A.: Metodología, análisis estadístico y revisión crítica. Chauca-Retamozo, E.: Conducción del experimento, recolección de datos y revisión.

Llamocca-Cancho, H.: Conducción del experimento, recolección y procesamiento de datos.

REFERENCIAS

- Álvarez, F. (2020). Abonamiento y época de siembra en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.), Ayacucho – 2020. *Revista de Investigación, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*. <https://doi.org/10.51440/unsch.revistainvestigacion.29.1.2021.280>
- Barrera-Violeth, J. L., Cabrales-Herrera, E. M., & Sáenz-Narváez, E. P. (2017). Respuesta del maíz híbrido 4028 a la aplicación de enmiendas orgánicas en un suelo de Córdoba – Colombia. *Orinoquia*, 21(2), 38–45. <https://doi.org/10.22579/20112629.416>
- Caballero, M. A. (2013). *Niveles de guano de isla y densidad de plantas en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) Chihua a 2360 msnm, Huanta, Ayacucho* [Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/86c4dbfc-c1b6-43ce-9b37-0a6545118099>
- Castañeda Chirre, E. T., Nunja García, J. V., Sánchez Guzmán, A. I., Saucedo López, M. C., Ruiz Sánchez, B. B., Castro Bartolomé, H. J., & Muguruza Crispin, N. E. (2022). Sostenibilidad con compost a base de residuos de mercado para obtener mayor rendimiento de rabanito (*Raphanus sativus* L.), Barranca. *Revista Alfa*, 6(18), 567–580. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i18.192>
- Durán, R. (2019). *Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de maíz morado (Zea mays L.) en condiciones agroecológicas en el Distrito de Panao, 2019* [Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/c008ba33-645f-4ff3-9037-2f53e2eaab45/content>
- Estrada, M. M. (2006). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1). https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/88-gallinaza.pdf
- García Juárez, H. D., Silva Mejías, E. S., Rodríguez Abraham, A. R., López Córdova, J. J., & Piñarreta Olivares, R. A. (2024). Efectividad de tres dosis de nitrógeno en dos densidades de siembra de maíz amiláceo (*Zea mays* L.). *Revista Alfa*, 8(24), 691–706. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.295>
- Gil Ramírez, L. A., Leiva Cabrera, F. A., Lezama Escobedo, M. K., Bardales Vásquez, C. B., & León Torres, C. A. (2023). Biofertilizante "biol": caracterización física, química y microbiológica. *Revista Alfa*, 7(20), 336–345. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.219>
- Huamán Tapara, J. C., Sivana Peña, E. L., Huamán Tapara, E., Vega Ronquillo, M., & Campos Albornoz, M. E. (2026). Desempeño agronómico de dos variedades de

- cebolla con estiércoles compostados y microorganismos eficientes. *Revista Alfa*, 10(28), 310–321. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i28.435>
- INTAGRI. (2015). *La gallinaza como fertilizante*. Serie Agricultura Orgánica, Núm. 5. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinaza-como-fertilizante>
- Justiniano, E. (2010). *Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (Zea mays L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina* [Tesis de Magister Scientiae, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1716>
- Kim, H. Y., Lee, K. Y., Kim, M., Hong, M., & Deepa, P. (2023). A review of the biological properties of purple corn (*Zea mays* L.). *Scientia Pharmaceutica*, 91(1), 6. <https://doi.org/10.3390/scipharm91010006>
- Legua Cárdenas, J. A., Campos Diaz, Á. H., Flores Briceño, R., Saucedo López, M. C., Caro Soto, F. G., & Vélez Chang, D. J. (2024). Fertilización de la col (*Brassica oleracea* L.) en una aplicación de la agricultura orgánica utilizando compost. *Revista Alfa*, 8(23), 508–519. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.282>
- López, M. J. D., Díaz Estrada, A., Martínez Rubín, E., & Valdez Cepeda, R. D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*, 19(4), 293–299. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319401>
- López, S. C. (2019). *Densidad de siembra y momentos de aplicación de fósforo en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) bajo goteo* [Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/16>
- López Córdova, J. J., Piñarreta Olivares, R. A., García Juárez, H. D., Nole Zapata, J. A., & Rodríguez Abraham, A. R. (2024). Gestionar el efecto de fertilizantes NPK y dos densidades de siembra en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Alfa*, 8(23), 439–450. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.276>
- Lugo Pereira, W. D., López Ávalos, D. F., Florencio González, L. R., Morel López, E., Sánchez Jara, R., & Mongelos Barrios, C. A. (2023). Aplicación de nitrógeno en el cultivo de maíz en diferentes estadios fenológicos. *Revista Alfa*, 7(19), 240–254. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.213>
- Manrique, A. (2000). *Maíz morado peruano*. Serie Folleto R.I. N° 04-00. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Ministerio de Agricultura.
- Medina, A. E. (2022). *Guía de manejo del cultivo de maíz morado (Zea mays L.)*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/421>
- Mendieta, E. (2015). *Control de malezas y densidad de plantas en el rendimiento del cultivo de maíz morado (Zea mays L.) Cangari 2320 msnm, Huanta, Ayacucho* [Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/4e4a5aee-a62a-4654-9861-7292307deea0>

- Mendoza, N. (2017). *Contenido de antocianina y rendimiento de seis variedades de maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm – Ayacucho* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2658>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2021). *El maíz morado peruano*. Dirección General de Políticas Agrarias. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3531000/%20E1%20Ma%C3%ADz%20Morado%20Peruano.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2024). *Estadísticas agrarias: producción de maíz amiláceo y morado*. <https://www.midagri.gob.pe>
- Pedraza, M., Idrogo, G., & Pedraza, S. (2017). Densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado (*Zea mays L.*). *Revista ECI Perú*, 14(1). <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2017.0003>
- Pinedo, R. E. (2015). *Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (Zea mays L.) en la localidad de Canaán, Ayacucho* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/952>
- Requis, F. V. (2012). *Manejo agronómico del maíz morado en los valles interandinos del Perú*. Serie Folleto N° 1-12. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/151>
- Torres, K. I. (2021). *Abonos orgánicos y densidad de plantas en el rendimiento del maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm – Ayacucho* [Tesis de Ingeniera Agroforestal, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/083be901-4665-48c9-84c4-147f402bab49/content>
- Velásquez Barbachán, J. (2021). Compostaje del residuo papelerero aplicado al cultivo de maíz. *Revista Alfa*, 5(15), 523–530. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.135>
- Yang, Z., & Zhai, W. (2010). Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays L.*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 169–176. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.08.012>

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron por igual al desarrollo de este artículo.

Disponibilidad de datos

Todos los conjuntos de datos relevantes para los resultados de este estudio están disponibles en su totalidad en el artículo.

Cómo citar este artículo (APA)

Álvarez-Aquise, F., Quispe-Tenorio, J. A., Chauca-Retamozo, E., & Llamocca-Cancho, H. (2026). COMPOST DE GALLINAZA Y DENSIDAD DE PLANTAS EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ MORADO (Zea mays L.) EN CANAÁN, AYACUCHO. *Veredas Do Direito*, 23(6), e235750. <https://doi.org/10.18623/rvd.v23.5750>