

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Compost de gallinaza y densidad de plantas en el rendimiento
de maíz morado (*Zea mays* L.) en Canaán, Ayacucho - 2023**

Para optar el título profesional de:
INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTADO POR:
Bach. Herminia LLAMOCCA CANCHO

ASESOR:
M.Sc. Fortunato ÁLVAREZ AQUISE

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A Dios, por ser la luz en mi camino, por cuidarme y por llenarme de fuerzas para no rendirme y vencer todos los obstáculos.

A mis padres: Claudio Llamocca flores y Maximina Cancho Huamaní, que iluminan mis pasos desde el cielo, aunque ya no están físicamente a mi lado, sus espíritus y amor siguen viviendo en lo más profundo de mi corazón.

A mis hermanos, Vilma, Edgar, Diana, Felicitas, Katherine Victoria y Angeline Yuliana, que siempre me alentaron para seguir luchando por mis sueños.

A Aitana, por ser mi fuente de fortaleza y motivación.

Herminia...

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma máter, fuente de sabiduría y enseñanza, por brindarme la oportunidad de asimilar en sus aulas los conocimientos para lograr mis objetivos.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y a la Escuela Profesional de Agronomía, en especial a la plana de docentes, por haber impartido sus conocimientos y por haberme formado profesionalmente.

Al M.Sc. Fortunato Álvarez Aquisé, por la valiosa orientación y asesoramiento para la concretización del presente trabajo de investigación.

A mis amigos, compañeros y demás personas que me brindaron su apoyo incondicional durante la ejecución del trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes de la investigación	4
1.1.1. <i>A nivel internacional</i>	4
1.1.2. <i>A nivel nacional</i>	6
1.1.3. <i>A nivel local</i>	8
1.2. El cultivo de maíz morado.....	11
1.2.1. <i>Origen del maíz morado</i>	11
1.2.2. <i>Ubicación taxonómica</i>	12
1.2.3. <i>Morfología del cultivo de maíz</i>	12
1.2.4. <i>Variedades de maíz morado en el Perú</i>	15
1.2.5. <i>Manejo agronómico</i>	17
1.2.6. <i>Estudio de la densidad de plantas</i>	24
1.2.7. <i>Estudio de los abonos orgánicos</i>	25
1.2.8. <i>Compost de gallinaza</i>	26
CAPÍTULO II.....	31
METODOLOGÍA.....	31
2.1. Del lugar del ensayo	31
2.1.1. <i>Ubicación geográfica</i>	31
2.1.2. <i>Características climatológicas del lugar de ensayo</i>	31
2.1.3. <i>Características físico químico del campo experimental</i>	34
2.2. Materiales, equipos e insumos para el trabajo de investigación.....	35
2.2.1. <i>Material genético (semilla de maíz morado)</i>	35
2.2.2. <i>Maquinaria agrícola</i>	35

2.2.3.	<i>Herramientas, instrumentos y equipos agrícolas</i>	35
2.2.4.	<i>Insumos utilizados</i>	35
2.3.	Metodología experimental.....	35
2.3.1.	<i>Problemática en estudio</i>	35
2.3.2.	<i>Metodología del trabajo experimental</i>	36
2.3.3.	<i>Instalación y conducción del experimento</i>	39
2.3.4.	<i>Variables evaluadas</i>	43
2.3.5.	<i>Pruebas estadísticas realizadas</i>	45
CAPÍTULO III.....		46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		46
3.1.	Variables de precocidad.....	46
3.1.1.	<i>Días a la emergencia</i>	47
3.1.2.	<i>Días a la floración masculina (dds)</i>	47
3.1.3.	<i>Días a la floración femenina (dds)</i>	48
3.1.4.	<i>Días a la madurez fisiológica (dds)</i>	48
3.1.5.	<i>Días a la madurez de cosecha (dds)</i>	49
3.2.	Variables de productividad	50
3.2.1.	<i>Altura de planta (m)</i>	50
3.2.2.	<i>Numero de mazorcas por planta</i>	52
3.2.3.	<i>Peso de mazorca</i>	53
3.2.4.	<i>Longitud de mazorcas</i>	55
3.2.5.	<i>Diámetro mazorcas</i>	56
3.2.6.	<i>Peso de 1000 semillas</i>	58
3.2.7.	<i>Rendimiento de mazorcas de primera calidad</i>	60
3.2.8.	<i>Rendimiento de mazorcas de segunda calidad</i>	62
3.2.9.	<i>Rendimiento total de mazorcas</i>	64
CONCLUSIONES		71
RECOMENDACIONES.....		72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		73
ANEXOS		77

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 <i>Contenido nutrimental del estiércol de bovino comparado con la gallinaza.</i>	29
Tabla 2.1 <i>Balance hídrico del Centro Experimental Canaán, correspondiente a la campaña agrícola 2022 y 2023, con datos climatológicos de la Estación Meteorológica del INIA-Canaán.</i>	32
Tabla 2.2 <i>Análisis físico- químico del suelo donde se condujo el experimento.</i>	34
Tabla 2.3 <i>Cantidad de nutrientes, expresado en N – P₂O₅ y K₂O, aplicados a en cada tratamiento, proveniente de la gallinaza compostada y fertilizantes químicos.</i>	40
Tabla 2.4 <i>Cálculo de las densidades de plantas y densidad de siembra en cada tratamiento.</i>	41
Tabla 3.1 <i>Etapas fenológicas del cultivo de maíz, por influencia de densidades de plantas y fuentes de abonamiento, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho, 2023.</i>	46
Tabla 3.2 <i>Análisis de varianza de la altura de planta, por influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.</i>	50
Tabla 3.3 <i>Análisis de varianza del número de mazorcas por planta, por influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.</i>	52
Tabla 3.4 <i>Análisis de varianza del peso de mazorcas, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.</i>	54
Tabla 3.5 <i>Análisis de varianza de la longitud de mazorcas, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.</i>	56
Tabla 3.6 <i>Análisis de varianza del diámetro de mazorcas, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.</i>	57
Tabla 3.7 <i>Análisis de varianza del peso de 1000 semillas, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.</i>	59

Tabla 3.8	<i>Análisis de varianza del rendimiento de mazorcas de primera calidad, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.</i>	60
Tabla 3.9	<i>Análisis de Varianza del rendimiento de mazorcas de segunda calidad, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.</i>	63
Tabla 3.10	<i>Análisis de varianza del rendimiento total de mazorcas, por influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.</i>	65

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 <i>Diagrama ombrotérmico y contenido de humedad en el campo de cultivo del Centro Experimental Canaán durante la campaña 2022 – 2023, según datos climatológicos de la Estación Meteorológica de Canaán – INIA. ..</i>	33
Figura 3.1 <i>Prueba de Tukey ($p=0.05$) de los promedios de la altura de planta, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.....</i>	51
Figura 3.2 <i>Prueba de Tukey ($p=0.05$) del número de mazorcas por planta en las densidades de plantas, correspondiente a las fuentes de abonamiento, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.</i>	53
Figura 3.3 <i>Prueba de Tukey ($p=0.05$) del peso de mazorcas por planta, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.....</i>	54
Figura 3.4 <i>Prueba de Tukey ($p=0.05$) del diámetro de mazorcas, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023..</i>	57
Figura 3.5 <i>Prueba de Tukey ($p=0.05$) del peso de mil semillas, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023..</i>	59
Figura 3.6 <i>Prueba de Tukey ($p=0.05$) del rendimiento de mazorcas de primera calidad, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.....</i>	61
Figura 3.7 <i>Prueba de Tukey ($p=0.05$) del rendimiento de mazorcas de primera calidad, correspondiente a fuentes de abonamiento, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.....</i>	62
Figura 3.8 <i>Prueba de Tukey ($p=0.05$) del rendimiento de mazorcas de segunda calidad, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2024.....</i>	64
Figura 3.9 <i>Prueba de Tukey ($p=0.05$) del rendimiento total de mazorcas, correspondiente a densidades de plantas en cada una de las fuentes de abonamiento, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.</i>	66
Figura 3.10 <i>Prueba de Tukey ($p=0.05$) del rendimiento total de mazorcas, correspondiente a fuentes de abonamiento en cada una de las densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.....</i>	67

Figura 3.11 *Regresión del rendimiento total de mazorcas en función de los efectos de niveles de compost de gallinaza en cada uno de las densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023. 68*

RESUMEN

La investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán – Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en las coordenadas 13°10'7.42" L.S; 74°12'14.09" L.O y a una altitud de 2743 msnm. El objetivo fue evaluar la influencia del compost de gallinaza y densidad de plantas en el rendimiento del maíz morado. El experimento se condujo en el Diseño de Bloque Completo al Azar – DBCA, con arreglo factorial, estudiándose 4 niveles de abonamiento (3.0, 4.0 y 5.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza y abonamiento químico: 280-160-00 de NPK) y 3 densidades (83 250, 62 500 y 50 000 plantas ha⁻¹). Para la instalación y conducción agronómica del cultivo, se utilizó parcelas de 12.8 m², realizando las evaluaciones de las variables de precocidad y rendimiento. Los resultados fueron: a) El abonamiento con 5.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza fue beneficioso para número de mazorcas por planta (1.46); sin embargo, no repercutió en las demás variables evaluadas; b) Con una densidad de 50 000 plantas ha⁻¹ se logró mazorcas de 170.37 g, con diámetro de 4.60 cm, el peso de 1000 semillas fue 445.23 g y produjo un rendimiento de 4 978.64 kg ha⁻¹ de mazorcas de primera calidad; una densidad de 83 250 plantas ha⁻¹ produjo plantas con altura de 2.83 cm y los rendimientos de mazorcas de segunda calidad fue 1941.48 kg ha⁻¹; c) Una densidad de 50 000 planta ha⁻¹ y con abonamiento de 5.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza, produjo rendimiento total de mazorcas de 7 184.70 kg ha⁻¹ de mazorcas. Así mismo, se determinó una regresión de tendencia polinomial $Y = -2\ 119.5 + 3\ 665x - 360.84x^2$, lográndose un rendimiento óptimo de 7 186.7 kg ha⁻¹, abonando con 5.07 t ha⁻¹ de compost de gallinaza.

Palabras clave: *maíz morado, densidad de plantas, compost de gallinaza, rendimiento.*

ABSTRACT

The research was carried out at the Canaán Experimental Center - National University of San Cristóbal de Huamanga, located at the coordinates 13°10'7.42" L.S; 74°12'14.09" L.W and at an altitude of 2743 meters above sea level. The objective was to evaluate the influence of chicken manure compost and plant density on the yield of purple corn. The experiment was conducted in the Random Complete Block Design – DBCA, with a factorial arrangement, studying 4 levels of fertilization (3.0, 4.0 and 5.0 t ha⁻¹ of chicken manure compost and chemical fertilizer: 280-160-00 of NPK) and 3 densities (83 250, 62 500 and 50 000 plants ha⁻¹). For the installation and agronomic management of the crop, plots of 12.8 m² were used, carrying out evaluations of the precocity and yield variables. The results were: a) Fertilization with 5.0 t ha⁻¹ of chicken manure compost was beneficial for the number of ears per plant (1.46); However, it did not impact the other variables evaluated; b) With a density of 50,000 plants ha⁻¹, ears of 170.37 g were achieved, with a diameter of 4.60 cm, the weight of 1000 seeds was 445.23 g and produced a yield of 4,978.64 kg ha⁻¹ of first quality ears; a density of 83,250 plants ha⁻¹ produced plants with a height of 2.83 cm and the yield of second quality ears was 1941.48 kg ha⁻¹; c) A density of 50,000 plants ha⁻¹ and with fertilization of 5.0 t ha⁻¹ of chicken manure compost, produced a total ear yield of 7,184.70 kg ha⁻¹ of ears. Likewise, a polynomial trend regression $Y = -2\,119.5 + 3\,665x - 360.84x^2$ was determined, achieving an optimal yield of 7 186.7 kg ha⁻¹, fertilizing with 5.07 t ha⁻¹ of chicken manure compost.

Keywords: *purple corn, plant density, chicken manure compost, yield.*

INTRODUCCIÓN

El maíz morado es una planta cuyas mazorcas adquieren color gracias a las antocianinas, un flavonoide complejo conocido por sus potentes propiedades antioxidantes que mejoran la circulación sanguínea, reducen los niveles de colesterol y favorecen la producción de colágeno. Además, retrasan el envejecimiento, reducen el riesgo de infarto y son excelentes preventivos del cáncer de colon.

De todas las variedades de maíz, sólo el maíz morado muestra un aumento modesto pero constante en la producción, una expansión del área cosechada y un aumento en el rendimiento, aunque los valores producidos por este cultivo siguen siendo bastante pequeños. Debido a las antocianinas que contiene, es el único grano en el mundo con granos, brácteas (panca) y corona (tusa) de color morado a negro (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2021, p. 16).

Sobre la producción de maíz morado en la región Ayacucho, los reportes de MIDAGRI (2021), Destacan que la región Ayacucho, históricamente conocida por la producción de maíz, tuvo una participación de apenas el 6% del total nacional hasta 2007; posteriormente, del 2008 al 2017, su presencia como zona productora creció al 9%, y se espera que alcance su capacidad máxima a una tasa promedio del 20% del 2018 al 2020. Ayacucho llenará el vacío cuando la producción de Lima caiga (5%), particularmente en 2020, cuando aumente su producción de 3,7 mil toneladas a 6 mil toneladas (un aumento del 62.6%). Cabe destacar que el aumento de la producción en la región de Ayacucho irá acompañado de una mayor asignación de tierras al cultivo de maíz morado. Cabe destacar que, entre 2000 y 2017, los rendimientos fueron mínimos, mostrando un crecimiento nulo. Sin embargo, a partir de 2018 y 2020, se observará un cambio notable que permitirá un aumento considerable en la producción y el rendimiento, que pasará de 4,7 a 5,4 mil kilogramos por hectárea (un incremento del 15.7 % entre estos dos años) (p. 30).

Según los informes estadísticos, en la campaña 2018 – 2019, a nivel nacional se sembró 4523 ha, con una producción de 23164 toneladas y un rendimiento promedio nacional de 5342 kg/ha; en la Región Ayacucho, se sembró 1036 ha, con una producción de 3697 toneladas y un rendimiento de 4698 kg/ha. Las regiones con la mayor superficie de siembra son: Lima, Ayacucho, Ancash, Arequipa y Cajamarca, seguidos muy de cerca por Huánuco (GERENCIA REGIONAL DE AGRICULTURA, 2020)

Por las características nutraceuticas del maíz morado, hay mucha expectativa para incrementar la superficie sembrada por los agricultores de la Región de Ayacucho, quienes tienen el propósito de aumentar sus áreas de cultivo, destinando sus cosechas hacia el mercado regional, nacional y para la exportación.

En la actualidad, la agricultura convencional cada vez más está cuestionada por los problemas medioambientales que causa, deteriorando el medio ambiente y los agroecosistemas, como consecuencia del uso de fertilizantes químicos y pesticidas. Una alternativa para resarcir esta situación es el uso de abonamientos orgánicos, muy beneficiosos para mantener la fertilidad del suelo y producir cosechas más inocuas y saludables.

Existen algunos estudios de investigación que demuestran el uso de abonamientos orgánicos en el cultivo de maíz, cuyo resultado es la obtención de mazorcas de maíz morado de calidad, inocuas, saludables y con alto grado de tinción.

En el presente trabajo experimental, se encontraron niveles de compost de gallinaza y densidades de plantas para maximizar los rendimientos en mazorcas. Los resultados del presente trabajo de investigación se difundirán en la comunidad científica, técnica y universitaria, como una contribución al conocimiento de la producción de maíz morado con abonamiento orgánico con una densidad de plantas que favorezcan los rendimientos.

Objetivo general

Evaluar la influencia del compost de gallinaza y densidad de plantas en el rendimiento del maíz morado en Canaán, Ayacucho.

Objetivos específicos

1. Determinar la influencia de los niveles de compost de gallinaza en el rendimiento del maíz morado en Canaán, Ayacucho.
2. Determinar la influencia de las densidades de plantas en el rendimiento del maíz morado en Canaán, Ayacucho.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

1.1.1. A nivel internacional

Barrera-Violeth; Cabrales-Herrera y Sáenz-Narváez (2017). Las conclusiones del trabajo de investigación “*Respuesta del maíz híbrido 4028 a la aplicación de enmiendas orgánicas en un suelo de Córdoba – Colombia*”, fueron:

Con el uso de abonos orgánicos en el cultivo de maíz en dosis de 2.0 t ha⁻¹ en suelos de Valle del Sinú Medio, los índices fisiológicos del cultivo (TAC, TRC y TAN) no se vieron afectados. El uso de abono orgánico tipo Bocashi en dosis de 2.0 t ha⁻¹ enriquecido con microorganismos eficientes nativos puede mejorar los rendimientos del cultivo del maíz en condiciones del Medio Sinú. Los abonos orgánicos tipo Bocashi y compost con volteos semanales o quincenales e inoculados con microorganismos eficientes (EM) nativos de estos suelos, puede ser una alternativa a tener en cuenta en los planes de manejos de suelos en el Valle del Sinú Medio. Si se tratase de escoger el mejor tipo de abono orgánico, Bocashi podría ser la mejor alternativa para el manejo de suelos en el Vale del Sinú Medio. Los abonos orgánicos podrían ser una alternativa para la sustitución parcial de la fertilización química (NPK) bajo las condiciones del Valle del Sinú Medio, en la medida que se enriquece el suelo biológicamente y eso puede mejorar la disponibilidad de nutrientes en el mismo. (p. 38)

Arrieché (2009), al evaluar el “*Efecto de la fertilización orgánica y química en suelos degradados cultivados con maíz (Zea mays L.) en el estado Yaracuy, Venezuela*”, llegó a las siguientes conclusiones:

En general las aplicaciones de las dosis combinadas con cachaza producen cambios positivos sobre la fertilidad del suelo; mejora la suplencia de algunos nutrientes como el fósforo, magnesio, cobre y zinc. Estos resultados fueron menos

apreciados en el suelo La Virgen como consecuencia de su condición ácida.

La materia orgánica elevó su concentración en los suelos degradados estudiados con dosis combinadas de nitrógeno y cachaza, y se produjo un aumento en los contenidos de nitrógeno en la planta, de igual forma se incrementaron los rendimientos del cultivo significativamente con las aplicaciones de cachaza en los dos suelos.

Las dosis óptima y económica de NPK y CA para el suelo El Rodeo, fue de: 200-190-80 y 3 350 kg ha⁻¹; y de 200-100-80 y 3 000 kg ha⁻¹ para el suelo La Virgen. Estos resultados sugieren una mayor demanda por parte de estos suelos, de los elementos nitrógeno, fósforo y de materia orgánica. En esta investigación se demostró que la cachaza de caña de azúcar combinada con fertilizantes químico NPK, mejora las características de fertilidad de los suelos e incrementa significativamente el rendimiento del cultivo del maíz a nivel experimental, por lo que se recomienda transferir esta tecnología a nivel comercial a los productores afectados por la degradación de los suelos. (p. 150)

Astudillo (2011) realizó la investigación sobre “*Efectos de la incorporación de materia orgánica al suelo, sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (Zea mays L.)*”, llegando a las siguientes conclusiones:

Los tratamientos Bocashi (2 000 kg ha⁻¹), (Humus 2 000 kg ha⁻¹) y Biabor (1 000 kg ha⁻¹), se comportaron superiores e iguales estadísticamente en los caracteres evaluados; difiriendo con los restantes tratamientos.

El mayor rendimiento de grano se obtuvo con el tratamiento Bocashi (2000 kg ha⁻¹), que produjo un rendimiento de 4 796 kg ha⁻¹, superando en un 3.81% al testigo químico carente de abono orgánico.

El tratamiento químico que incluye un nivel de abonamiento de 150-40-80-30-2-1 kg ha⁻¹, de N P K S Zn Bo, logró un rendimiento de grano de 4 620 kg ha⁻¹.

El tratamiento que incluye 92 – 23 -60 kg ha⁻¹ de N P K, utilizado por los agricultores, obtuvo el menor rendimiento de grano de 4 511 kg ha⁻¹.

El abono orgánico Pacha Mama no presentó efectos positivos en el rendimiento de grano, pues rindió menor que el testigo químico.

La mayor utilidad económica por hectárea, se obtuvo con el tratamiento Bocashi (2 000 kg ha⁻¹), con un valor de \$ 417.15. (p. 50 y 51)

1.1.2. A nivel nacional

López (2019) afirma que, en la investigación sobre “*Densidad de siembra y momentos de aplicación de fósforo en el rendimiento de maíz morado (Zea mays l.) bajo goteo*”, llegó a las siguientes conclusiones:

El mayor rendimiento comercial por efecto de las densidades de siembra se presenta en D3 = 80 000 plantas ha⁻¹ con 8 985 kg ha⁻¹ de mazorcas, con diferencias porcentuales de 26.6 % respecto a D1 = 60 000 plantas ha⁻¹ con 7 097 kg ha⁻¹. Para momentos de aplicación de fósforo, el rendimiento comercial de mazorcas presenta medias estadísticamente diferentes. El mayor valor caracteriza a la aplicación de fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), con un rendimiento de 8 222 kg ha⁻¹ de mazorcas, mostrando un incremento porcentual de 7.4 % respecto a la aplicación de fósforo, de emergencia hasta formación del grano pastoso (109 DDE) con 7 656 kg ha⁻¹ de mazorca. Las variables de crecimiento: altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, materia seca total, materia seca de hojas, tallos, panoja, panca y de mazorca, no presentan diferencias estadísticas por densidad de siembra y momentos de fósforo aplicado. La concentración de antocianinas en grano, no presenta diferencias estadísticas significativas para densidades y tampoco para momentos de aplicación de fósforo. Para la concentración de antocianinas en coronta se observan diferencias significativas para densidades, D1: 60 000 plantas ha⁻¹ (1,044 mg 100g⁻¹) presenta el mayor valor y difiere porcentualmente de D2: 70 000 plantas ha⁻¹ (696 mg 100g⁻¹) con 50.1%. Con un ciclo vegetativo de 151 días y un requerimiento de riego de 2 965 m³ ha⁻¹, la mayor eficiencia de uso de agua (EUA), para fósforo, se observó en M2: Aplicación de fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) con 2.77 kg m⁻². El mayor índice de cosecha (IC) de 52.2% en M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE). (p. 106, 107)

Chunhuay (2017) en la investigación sobre “*Evaluación del rendimiento de maíz amiláceo mediante la aplicación de guano de islas y trébol asociado al maíz en Allpas-Acobamba*”, concluye:

La aplicación de 10 ha⁻¹ de guano de islas como fuente de abonamiento (120-110-25 de NPK) aplicado vía suelo o vía foliar (3 %), promovieron mayor crecimiento en altura de planta y acumulación de materia seca del maíz, comparado con los tratamientos que no recibieron este insumo. La biomasa foliar del trébol en los

tratamientos T1, T3 y T5, aporta 4.77, 4.77 y 4.68 t ha⁻¹ de materia seca, respectivamente, con un contenido de N de 2,94 % en T1 y T3, y 3,29 % en T5. El empleo del trébol asociado al maíz como cultivo de cobertura, promueven a la preservación de la humedad y descenso de la temperatura del suelo a partir de los 80 días después de la emergencia del trébol. El abonamiento con 10 ha⁻¹ de guano de islas vía suelo aplicado a la siembra y al aporque y, el empleo del trébol en el segundo aporque como cultivo de cobertura, permitieron obtener el mayor rendimiento de grano seco (6.88 t ha⁻¹). En suelos de mediana fertilidad, la sola aplicación del guano de islas vía foliar (3 %), permite incrementar el rendimiento en 0.44 t ha⁻¹. En cambio, aplicaciones foliares de guano de islas más la adición del trébol permite incrementar 0.66 t ha⁻¹ y aportar 4.69 t ha⁻¹ de materia seca foliar del trébol. El nivel de 10 ha⁻¹ de guano de islas más el empleo del trébol asociado al maíz como cultivo de cobertura, incrementan el rendimiento en 2 515.58 kg, respecto al testigo (T6) en 4 371.76 kg ha⁻¹. Además, aporta 4.68 t ha⁻¹ de materia seca foliar. (p. 101)

Pedraza; Idrogo y Pedraza (2017) en la investigación “*Densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado (Zea mayz L.)*” señala:

El objetivo fue evaluar el efecto de tres densidades (40 cm x 60cm, 30 cm x 50 cm y 20 cm x 60 cm) de siembra en el comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado (*Zea mayz L.*), conformado por INIA-601, UNC-47 y PMV- 581. El área de terreno fue de 844.8 m² con dimensiones de 13.20 m ancho por 64 m de largo. El diseño estadístico fue factorial de 3 bloques (repeticiones) y 09 parcelas demostrativas (tratamientos), con separación de 1.0 m entre parcelas y 1.5 m entre bloques, además de 1 testigo (60 cm x 40 cm). Para la contrastación de la hipótesis (p<0.05) se utilizó el análisis de variancia de los factores y variables de estudio y su respectiva prueba de Tukey en SPSS (Versión 23.0). El mayor porcentaje de germinación de 96.80 se encontró en la variedad de maíz morado UNC - 47 a densidad de siembra de 1.5 m². A los 93 días se desarrolló la floración sin diferencia significativa entre tratamientos. La variedad INIA - 601 sobresalió en mayor altura de planta 202.6 cm (tratamiento 1) a densidad de 60 cm x 40 cm. Asimismo, 04 plantas/metro lineal, 1.43 mazorca/planta a densidad 50 cm x 30 cm y mayor peso de 100 semillas que fue 5.49 g. Del mismo modo, la variedad PVM - 581 sobresalió con 145 cm de

inserción de mazorca, es decir, a densidad de 60 cm x 20 cm. El mayor número de hileras por mazorca fue 11.83 y longitud de mazorca 20.76 cm a densidad de 60 cm x 40 cm. El mayor diámetro de mazorca se encontró en la variedad PVM – 581 (4.93 cm) a densidad de 50 cm x 30 cm. Se encontró un rendimiento promedio de maíz morado de 4 808.80 kg ha⁻¹ en la variedad INIA – 601 a densidad 60 cm x 40 cm, por consiguiente, menor diámetro de mazorca. Los menores rendimiento se encontraron en PVM – 581 que produjo 2745.50 kg ha⁻¹. (p. 20)

Duran (2019) en sus conclusiones de la investigación “*Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de maíz morado (Zea mays L.) en condiciones agroecológicas en el Distrito de Panao, 2019*”, fueron:

De acuerdo a los objetivos y resultados del presente trabajo de investigación permite llegar a las siguientes conclusiones: 1. En la altura de planta los tratamientos no influenciaron en la variable, pero los tratamientos T3 (Compost) y T4 (gallinaza + compost) obtuvieron la mayor altura con 2,01 y 2,03 m respectivamente. En el número de mazorcas por área neta de evaluación (ANE) los tratamientos no mostraron diferencia con el testigo, sin embargo, el tratamiento T4 (gallinaza + compost) el que obtuvo un mayor número de mazorcas por ANE con 25,55 mazorcas. 2. En el número de hileras por mazorcas y de granos por hileras los tratamientos no tuvieron efecto, pero el T4 (gallinaza + compost) el cual obtuvo 9.68 hileras por mazorca, y El tratamiento que expresó el mayor promedio es el tratamiento T3 (Compost) con 24.32 granos. 3. En la longitud y diámetro de mazorcas los tratamientos se comportaron de manera semejante, siendo el tratamiento T3 (Compost) quien obtuvo el mayor promedio con 24,33 cm y el tratamiento T4 (gallinaza + compost) el que obtuvo 5.05 cm. 4. En el peso de mazorcas los tratamientos T2 (gallinaza), T3 (Compost) y T4 (gallinaza + compost) fueron estadísticamente iguales en sus promedios, de estos se puede destacar al T3 ya obtuvo el mayor peso con 21,60 kg/ANE y 15,41 t ha⁻¹. En el peso de granos los tratamientos tuvieron un comportamiento similar en el peso de 100 granos y por ANE, el mayor peso lo obtuvo el tratamiento T2 (gallinaza) con 60,00 gramos y 2,41 t ha⁻¹ de grano. (p. 47)

1.1.3. A nivel local

Según Pinedo (2015), en su trabajo de investigación, titulada “*Niveles de*

fertilización en dos variedades de maíz morado (Zea mays L.) en la localidad de Canaán - Ayacucho", concluye:

Bajos las condiciones en que se llevó a cabo el presente trabajo de investigación y de acuerdo a los objetivos propuestos se concluye: El mejor rendimiento de mazorca y contenido de antocianina se alcanzó con la variedad INIA-615-Negro Canaán con 3,67 t ha⁻¹ y 1,82 en equivalentes de cianidina-3-glucósido mg/100g. Con el nivel de fertilización f₃ (120-11 0-80 de NPK) se encontró el mayor rendimiento de mazorcas 3,69 t ha⁻¹ y con el nivel de fertilización f₂ (120-110-80) se obtuvo el mejor contenido de antocianina en equivalentes de cianidina-3-glucósido mg 100g⁻¹ 2,21. No se halló interacción entre los factores variedad por nivel de fertilización, la no significancia indica que cada factor actuó de forma independiente. Se recomienda: 1. Replicar el experimento empleando la dosis de fertilización f₃ (120-110-80) y f₄ (120-120-100) bajo las mismas condiciones locales a fin de obtener resultados concluyentes. 2. Socializar los resultados del presente experimento recomendando a los productores el uso de la variedad INIA-615 Negro Canaán con el nivel de fertilización f₃ (120-11 0-80) por el mayor rendimiento y contenido de antocianina logrado. 3. Realizar un comparativo de eficiencia de asimilación de fertilizantes en la variedad INIA-615 Negro Canaán y su influencia en el contenido final de antocianinas con dosis crecientes de P y K. con la incorporación complementaria de distintas enmiendas orgánicas. (pp. 76-77)

Mendoza (2017), en sus tesis "*Contenido de antocianina y rendimiento de seis variedades de maíz morada (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm – Ayacucho*", señala:

Bajo las condiciones en las que se condujo el experimento y de acuerdo a los resultados obtenidos, se arribó a las siguientes conclusiones: Las variedades INIA-615, Arequipeño, UNC-47, INIA-601, Canteño y PMV-581 resultaron ser semi precoces pues alcanzaron la madurez fisiológica a los 139.80, 140.30, 140.60, 140.80, 140.93 y 142.40 días después de la siembra, respectivamente. El mayor rendimiento comercial de mazorca, grano y tuza con 32% de humedad se obtuvo con la variedad INIA-615 con 12.18, 10.44 y 2.61 t ha⁻¹, respectivamente. El mayor contenido de antocianina en grano se obtuvo con la variedad Arequipeño con 192.07 mg 100g⁻¹ de muestra, seguido por la variedad INIA-601 con 191.00 mg 100g⁻¹. El mayor contenido de antocianina en 72 tuza se obtuvo con las

variedades Canteño y PMV-581 con 336.43 mg 100g⁻¹ y 336.40 mg 100g⁻¹, respectivamente. La variedad con mayor porcentaje de rentabilidad económica resultó el INIA-615 con 84.47%, seguido por la variedad Canteño con 68.02%. (pp. 71-72)

Pozo (2015), de la investigación "*Efecto del guano de islas y trébol (Medicago hispida G.) en el rendimiento del cultivo de maíz morado (Zea mays L.), en condiciones de Azángaro - Huanta - Ayacucho*", señala:

Con la finalidad de evaluar el efecto del guano de islas y trébol (*Medicago hispida G.*) en el rendimiento del cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*), se instaló un experimento en Azángaro - Huanta- Ayacucho, localizada a 2624 msnm. El experimento se condujo bajo el diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos: T1 (Guano de islas (80- 60-60)), T2 (Trébol - 800 kg de fruto/ha), T3 (Guano de islas (80-60-60) más trébol) y T4 (testigo). Se evaluaron altura de planta, % de Hg, temperatura del suelo y peso seco foliar del maíz a 30, 70, 110 DDS, el peso seco foliar del trébol se evaluó a los 110 DDS, porcentaje de emergencia de plantas a 15 DDS y el rendimiento del maíz morado a los 140 DDS. No presentaron diferencias significativas para % de emergencia plantas, peso seco foliar y altura de planta del maíz a 70 y 110 DDS, humedad del suelo a 30 DDS, temperatura del suelo a 30 y 70 DDS y rendimiento a 140 DDS. En cambio, para altura de planta y materia seca foliar a 30 DDS, temperatura del suelo 110 DDS, humedad del suelo a los 70 y 110 DDS, presentaron diferencias significativas. Se obtuvieron rendimientos de 8 224.60; 7 968.70; 7 789.54; y 7 535,35 kg ha⁻¹ en los tratamientos T3, T1, T2 y T4, respectivamente. Siembras de maíz asociada con trébol contribuye a conservar la humedad y a mejorar la fertilidad natural del suelo, mediante la producción de biomasa, fijación biológica del nitrógeno y el reciclaje de nutrientes, por lo que se recomienda su empleo. (p. 20)

Torres (2021) estudiando "*Abonos orgánicos y densidad de plantas en el rendimiento del maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm – Ayacucho*", resume la investigación en lo siguiente:

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia de la densidad de plantas y de las fuentes y niveles de abono orgánico, en el rendimiento de maíz morado. Para todos los tratamientos se utilizó una fertilización básica de 120 – 100 – 80 de

NPK, con abono sintético. El diseño del experimento obedece a un arreglo factorial $2D*(2A*2N+1T)$, donde: D, es la densidad de plantas (d_1 : 62 500 plantas ha^{-1} ; d_2 : 93 750 plantas ha^{-1}); A, es la fuente de abono orgánico (a_1 : abono mallki; a_2 : abono pezagro); N, es el nivel de abono orgánico: (n_1 : 1.0 t ha^{-1} ; n_2 : 2.0 t ha^{-1}) y T el testigo sin abono orgánico, conducido en el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 10 tratamientos y 3 repeticiones; efectuándose el análisis de varianza y prueba de Tukey ($\alpha=0,05$). Con la aplicación de 2.0 t ha^{-1} de abono mallki se obtuvo el mayor rendimiento total de mazorcas (9 031.3 kg ha^{-1}), superando estadísticamente al abono pezagro y al testigo (5 645.8 kg ha^{-1}); el mayor rendimiento total de mazorcas (7 562.50 kg ha^{-1}) corresponde a la densidad de 93 750 plantas ha^{-1} , diferenciándose estadísticamente de la densidad de 62 500 plantas ha^{-1} con el que se alcanzó 7 022.9 kg ha^{-1} . Los mejores índices de rentabilidad fueron: 72%, 71% y 69% con un beneficio neto de S/. 4 089.73; S/. 3 540.72 y S/. 3 961.47 obtenidos con los tratamientos T5 (62 500 plantas ha^{-1} , abono mallki 2.0 t ha^{-1}), T4 (93 750 plantas ha^{-1} , abono mallki 1.0 t ha^{-1}) y T6 (93 750 plantas ha^{-1} , abono mallki 2.0 t ha^{-1}), respectivamente. (p. 9)

1.2. El cultivo de maíz morado

1.2.1. Origen del maíz morado

Muchos estudios y reportes de diversas investigaciones, corroborado por descubrimientos arqueológicos, determinaron que el maíz morado es del tipo amiláceo. Sus orígenes se remontan a la domesticación de los primeros pobladores que habitaron en los andes centrales de Sudamérica y posiblemente sea heredera de la raza Kculli, caracterizado por ser contener un pigmento morado, la antocianina, considerado como una variedad de maíz única.

Existen varias teorías del origen de maíz, MINAGRI (2021) afirma lo siguiente a cerca de ello que se describe a continuación:

El maíz (*Zea mays* L.), es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teosinte y las especies del género *Tripsacum* conocidas como arrocillo o maicillo son formas salvajes parientes de *Zea mays*. Se les clasifica como del “Nuevo Mundo” porque su centro de origen está en América.

Evidencias arqueológicas de la diversificación del maíz en el Perú, muestran que hace aproximadamente 7000 años ya se cultivaban varias razas de maíz en el valle de Chicama, lo que confirma los descubrimientos de Los Gavilanes, en la provincia de Huarney en la costa norte del Perú. Esto le permitió al autor principal del descubrimiento de Chicama describir la diversidad del maíz, representada aproximadamente hace 4000 años por tres razas: Después, la diversificación se aceleró por la variedad ecológica del territorio peruano y por la forma de consumo. A diferencia de países vecinos, donde se consume maíz como harinas para hacer tortillas o arepas, en la Región Andina, el maíz se consume directamente sin mayor transformación. (p. 6 y 7)

1.2.2. Ubicación taxonómica

La taxonomía del maíz, señalado por MINAM (2018), es:

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Clase: Monocotyledoneae

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays*

Fuente: APG III, 2009; APG iv, 2016, Tropicos Org. 2013. (MINAM, 2018, p. 29).

1.2.3. Morfología del cultivo de maíz

a. Sistema radicular

El sistema radicular del maíz es fibrosa fasciculada, que se origina en la radícula del embrión. Presenta raíces temporales, llamada raíz embrionaria, también presenta raíces permanentes, llamados sancos que son raíces adventicias.

Las raíces de maíz son de tipo fasciculada, por ello, Medina (2022), tiene las siguientes aseveraciones:

Son de dos tipos: (i) seminales y (ii) adventicias. Las seminales nacen de la semilla

en la germinación, y consiste en la radícula, que es la primera estructura seminal en romper el pericarpio, y de un número variable de raíces laterales que se forman en la base del primer entrenudo, encima del nudo escutelar. El crecimiento inicial es horizontal a la superficie del suelo para luego dirigirse hacia abajo. Este sistema de raíces es muy importante durante los primeros estados de crecimiento de la plántula, hasta que se establece plenamente el sistema de raíces adventicias permanentes. En los primeros entrenudos se forman las raíces adventicias que adoptan la forma de cono invertido. De la base de cada entrenudo se forma una especie de corona formada por 4 a 5 raíces; su número aumenta en cada entrenudo superior hasta el séptimo u octavo entrenudo bajo la superficie del suelo. Las coronas de raíces adventicias continúan formándose hasta los primeros entrenudos sobre la superficie del terreno proporcionando a la planta un anclaje al suelo. (p. 8)

b. Tallo del maíz

El tallo del maíz es del tipo caña, que es típico en las *Poaceas* de la clase monocotiledóneas; se caracteriza por la ausencia de ramificaciones y por tener una medula compacta. Los nudos son circulares, con entrenudos más largos en la parte basal que van acortándose en longitud cuando llega al ápice.

El tallo de maíz es generalmente variable en cuanto a sus coloraciones, Ortigoza et al. (2019), con relación al tallo, refiere:

El tallo central del maíz es un eje formado por nudos y entrenudos, cuyo número y longitud varían notablemente. La parte inferior y subterránea del tallo tiene entrenudos muy cortos de los que salen las raíces principales y los brotes laterales. Los entrenudos superiores son cilíndricos; en corte transversal se observa que la epidermis se forma de paredes gruesas y haces vasculares cuya función principal es la conducción de agua y sustancias nutritivas obtenidas del suelo o elaboradas en las hojas. (p. 18)

Sobre las funciones del tallo instituto Nacional de Innovación Agraria (2020, como se citó en Medina, 2022) señala:

Cumple una triple función: (i) dar soporte a la planta, (ii) transportar nutrientes y (iii) almacenar carbohidratos. El número de nudos y entrenudos que forman el

tallo varía entre 20 a 30, según la variedad y el ambiente en que se desarrolla la planta. Su formación ocurre en el estado de plántula, durante las etapas tempranas. El crecimiento se produce por el alargamiento de las células de los entrenudos; por esta razón, en ambientes desfavorables este alargamiento es limitado, reduciendo el tamaño final de la planta. (p. 33)

c. Hojas del maíz

Las hojas del maíz son simples alargados, laminares y envainadoras; se caracteriza por la presencia de nervaduras paralelas.

INIA (2020, como se citó en Medina, 2022), afirma lo siguiente a cerca de las características anatómicas de las hojas de maíz:

Se ubican de manera alterna en el tallo. Cada una posee: (i) la lámina foliar alargada y lanceolada con nervadura central y venas delgadas paralelas; (ii) vaina foliar que rodea el entrenudo; y (iii) lígula o cuello que une a la lámina y la vaina. (p. 34)

d. Órganos reproductivos

El maíz es una planta monoica que se caracteriza por presentar dos tipos de inflorescencias que se ubican en distintas partes del mismo individuo. La inflorescencia masculina, constituido por flores estaminados (órgano sexual masculino) conocido como panoja, borla o penacho, se encuentra en la parte terminal del tallo. En el tercio superior del tallo esta la inflorescencia femenina (órgano sexual femenino) formado por flores pistiladas, conocido también como mazorca o elote. Es en la mazorca que se forman los frutos.

Sobre la panoja del cultivo de maíz, INIA (2020, como se citó en Medina, 2022), se describe la siguiente:

Inicia su crecimiento –y posterior formación de los granos de polen– al terminar la emisión de las hojas. Al emerger la panoja, se libera el polen, que se inicia en la parte inferior del tercio medio superior del eje principal de la panoja y continuando hacia ambos extremos. Según la variedad, una panoja produce entre 15 a 50 millones de granos de polen que son dispersados por el viento para la polinización. (p. 36)

Respecto a la mazorca, INIA (2020, como se citó en Medina, 2022), se describe características siguientes:

Crece en función de las condiciones ambientales en que se desarrolla la planta; su tamaño está en función a la densidad de plantas cultivadas: mientras más plantas existan en el campo, menor tamaño de mazorca. Dependiendo de la variedad, las hileras son entre 8 y 24. El fruto del maíz es seco e indehiscente, del tipo cariósido, caracterizado por la adhesión del pericarpo a la semilla. A este tipo de estructuras se le conoce también como “grano”. (p. 37)

Respecto a la mazorca, INIA (2020, como se citó en Medina, 2022), se describe características siguientes:

Es un fruto llamado cariósido o cariopse, donde el inter tegumento –o pared del saco embrionario– se ha unido a la semilla formada, a su vez, por el pericarpio, endospermo y embrión. El pericarpio, o cáscara, es la parte exterior del grano que protege las partes interiores; es traslucido y se constituye en el remanente del saco embrionario, por lo que es tejido maternal. En la parte superior se puede notar una especie de cicatriz que es el punto donde estuvo el estilo de la flor, o barba del choclo, mientras que en la parte basal está el pedicelo, o tallo floral. (p. 40)

1.2.4. Variedades de maíz morado en el Perú

En el Perú, existen ecotipos de maíz morado, algunos prevalecen desde tiempos remotos, constituyéndose en ecotipos locales.

En el Perú existen muchas variedades de maíz, por lo que MINAGRI (2021), describe sobre la diversidad de maíz morado en Perú lo siguiente:

Cuzco Morado: Es una variedad relacionada a la raza Cuzco Gigante. Esta es tardía, de granos grandes, dispuestos en mazorcas de 8 hileras muy bien definidas. Se cultiva en diferentes lugares en zonas intermedias en altitud, en los departamentos de Cuzco y Apurímac.

Morado Canteño: Es derivada de la raza Cuzco, con características de mazorca muy similares a la raza Cuzco Morado, aunque de menores dimensiones. Es más precoz. Se cultiva en muchos lugares en la Sierra del Perú, pero especialmente en las partes altas del valle del Chillón, en el departamento de Lima, hasta los 2,500 m.s.n.m. Es la variedad que más se consume en el mercado de Lima.

Morado de Caraz: Es una variedad derivada de las razas Ancashino y Alazán. Recibe este nombre porque se cultiva en la localidad de Caraz, en el Callejón de Huaylas, en extensiones relativamente grandes. El maíz es más chico que las variedades de origen cuzqueño. Es de precocidad intermedia y tiene la ventaja que puede adaptarse también a la Costa. Entre las variedades tradicionales es la que muestra mayor capacidad de rendimiento, y la que presenta la coronta más pigmentada.

Arequipeño: En las alturas de los departamentos de Arequipa, se encuentra una variedad de granos morados dispuestos en hileras regulares en la mazorca. La forma de la mazorca es similar al Cuzco, pero más chica. El color de la tusa no es tan intenso como en otras variedades, pero en la colección hecha en Arequipa se encuentra mucha variabilidad para esta característica, por lo que puede ser mejorada. Es más precoz que las variedades previamente citadas.

Negro de Junín: Se denomina así a una variedad precoz de granos negros, grandes, dispuestos irregularmente en una mazorca corta y redondeada. Es similar en forma a la raza San Jerónimo.

Huancavelicano: Se le encuentra en la Sierra Centro y Sur, hasta Arequipa, ocupando alturas mayores que otras variedades. (p. 18)

Por otra parte, sobre las variedades mejoradas de maíz morado, MINAGRI (2021) menciona a los siguientes:

PMV - 581: Es una variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, obtenida a través de la variedad Morado de Caraz, adaptada a la costa y sierra baja, con resistencia a roya y cercospora. Su periodo vegetativo es intermedio, con mazorcas medianas de 15 a 20 cm, alargadas con alto contenido de pigmento y un potencial de rendimiento de 6 t/ha (Manrique, 1997).

PMV - 582: Es una variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, adaptada a la sierra alta. Las plantas son de tamaño intermedio, mazorcas medianas, con alto contenido de antocianinas y un potencial de rendimiento de 4 t/ha (Manrique, 1997).

INIA - 601 (INIA Negro Cajamarca): Fue liberado en el año 2000 y desarrollada por el Ing. Pedro Infante y su equipo de especialistas. Asimismo, fue perfeccionada en la Subestación Experimental Cajabamba del INIA. La población “NEGRO” se formó con 256 progenies en 1990: 108 de la variedad Morado Caraz

y 148 progenies de la variedad local Negro de Parubamba.

INIA- 615 Negro Canaán: Es una variedad mejorada por el INIA, liberado en el 2007, producto del trabajo de mejoramiento por selección recurrente de medios hermanos a partir de 36 colecciones de cultivares de la raza Kulli, realizados durante nueve ciclos. Los progenitores 21 femeninos fueron las variedades locales Negro Kully y Morado y los progenitores masculinos un compuesto balanceado de tres variedades (Negro, Kully y Morado). Fue desarrollado por el equipo de científicos y técnicos del Programa Nacional de Investigación en Maíz de la Estación Experimental Agraria Canaán - Ayacucho del Instituto Nacional de Investigación Agraria. (p. 18)

1.2.5. Manejo agronómico

a. Época de siembra

El sistema productivo del maíz morado, comprende distintas etapas de manejo agronómico, desde la elección de la zona agrologica, donde se evalúa las condiciones edáficas y climáticas del lugar, la elección del terreno, sistemas de siembra y abonamiento, labores culturales, hasta la cosecha del cultivo.

Las épocas de siembra son variables y depende de las condiciones geográficas que pueda tener una región, Medina (2022), refiriéndose a la época de siembra, señala:

La época de siembra del maíz morado en la sierra es variable, depende del ciclo vegetativo de la variedad, de la región y la altitud. En las laderas la época es diferente a los valles; en general, es influenciada por la disponibilidad de agua suministrada por precipitaciones pluviales y, en menor área, por agua de riego. En la sierra norte, con el cambio del clima, se ha acortado el periodo de lluvias y ha aumentado su intensidad. De continuar este fenómeno en los próximos años, será necesario modificar la época de siembra. En los valles interandinos el maíz morado se puede sembrar entre 2000 y 3000 msnm las épocas más apropiadas son en campaña chica si se cuenta con agua de riego—en el mes de julio; y en campaña grande, en octubre y noviembre. (p. 59)

La semilla a utilizar en el cultivo de maíz morada, debe ser de calidad certificada y de una variedad adaptada a las condiciones del lugar donde se va a producir. Sobre la calidad de semilla, Medina (2022), señala:

En lo posible se debe utilizar semilla certificada que producen los multiplicadores de semilla como el INIA, inscritos ante la Autoridad en Semillas. Si es semilla propia, se recomienda utilizar de buena calidad, libre de enfermedades, de tamaño uniforme, de las mejores mazorcas típicas de la variedad proveniente de plantas marcadas. La semilla de calidad tiene alto poder de germinación y, sembrada a una misma profundidad, tiene alto porcentaje de emergencia de plántulas vigorosas en forma uniforme, lo que garantiza una densidad poblacional planificada y mayor tolerancia al ataque de plagas. (p. 60)

b. Preparación del terreno para la siembra

La preparación del suelo es una actividad que se debe realizar con mucha anticipación a las labores de siembra, porque el terreno de cultivo debe estar en condiciones adecuadas, libre de malezas, bien mullido y nivelado. Medina (2022), refiriéndose a las labores preparatorias, señala las siguientes:

La preparación del suelo con yunta se adecúa mejor en terrenos pequeños con fuertes pendientes como los que predominan en la sierra; además, los costos son menores y adecuados a la condición económica familiar de los agricultores. En suelos mecanizables aplicar un riego profundo o de machaco y cuando el suelo esté con la humedad a punto— arar, cruzar y rastrar adecuadamente, utilizando tractor o yunta para que el suelo quede mullido y nivelado. Esto permitirá que en la siembra la semilla sea colocada a una misma profundidad y la emergencia de plántulas sea uniforme, además que las plantas tengan un adecuado crecimiento y desarrollo. Al realizar el tapado de la semilla en la siembra, debemos dejar los campos nivelados; esto permitirá que la humedad del suelo facilite la germinación de las semillas, la emergencia y el crecimiento de las plántulas hasta el momento del deshierbo. (p. 65)

c. Sistema y densidad de siembra

El maíz se cultiva en el sistema directo y la forma de siembra es en surcos. Manrique (2000), refiriéndose a la siembra del maíz morado, señala:

El maíz morado, es una planta de porte bajo y el objetivo del cultivo es obtener mayor número de mazorcas con tuzas completamente pigmentadas; por lo tanto, la densidad de siembra es muy importante. Se recomienda conseguir altas densidades, con siembras en surcos separados en 80 cm, y siembras a 45 cm entre

golpes con cinco semillas cada una para dejar al aporque tres plantas por golpe. También se puede sembrar a surco corrido, poniendo dos semillas cada 15 cm para dejar una planta al aporque. En ambos casos se consigue una población de 82 000 plantas por hectáreas. La cantidad de semilla requerida, es de aproximadamente 50 kilos por hectárea. Antes de efectuar la siembra, se recomienda impregnar la semilla con insecticidas que protejan a las plántulas después de su germinación. Proteger contra los gusanos perforadores (*Elasmopalpus lignosellus*) y gusanos cortadores (*Feltia experta*, *Agrostis ypsilon*), los cuales causan numerosas pérdidas de plántulas, llegando a la destrucción del cultivo. (pp. 11-12)

d. Abonamiento del cultivo de maíz morado

El abonamiento es muy importante, para cubrir las necesidades nutricionales del cultivo y está en función a la fertilidad del suelo y la extracción de macro y microelementos que son necesarios para la nutrición vegetal. Con estos antecedentes se determina un nivel de abonamiento para el cultivo. Manrique (2000), refiriéndose al abonamiento del maíz, señala:

Siendo un cultivo con alta densidad de plantas, es conveniente aplicar fuertes dosis de nitrógeno, fósforo y potasio. Se recomienda contar con el análisis de suelo. En general aplicar la fórmula: 180-80-60 (NPK).

Primer abonamiento: Aplicar a la siembra o inmediatamente después:

90 kilos de nitrógeno, correspondiente a 275 kg ha⁻¹ de nitrato de amonio, o 200 kg ha⁻¹ de urea.

80 kilos de fósforo, correspondiente a 175 kg ha⁻¹ de superfosfato triple de calcio.

60 kilos de potasio, correspondiente a 125 kg ha⁻¹ de sulfato de potasio.

Segundo abonamiento: Aplicar antes del aporque: 90 kilos de nitrógeno, correspondiente a 275 kg ha⁻¹ de nitrato de amonio, o 200 kg ha⁻¹ de urea. (pp. 12, 13)

Los abonos orgánicos cumplen rol muy importante relacionado a aporte de nutrientes, por lo que Medina (2022), señala:

Es posible producir maíz morado aplicando solamente abonos orgánicos; por ejemplo, 8 a 10 t/ha de guano de corral adecuadamente descompuesto. Los abonos orgánicos contienen diferentes cantidades de nutrientes. Es conveniente aplicar estiércol bien descompuesto –tanto de vacunos, ovinos, equinos, cuyes, aves y

otros, o compost entre 8 a 10 t ha⁻¹; asimismo, humus de lombriz de 3 a 5 t ha⁻¹, y guano de las islas de 0,75 a 1,0 t ha⁻¹. Cuando se dispone de cantidades menores de estiércol descompuesto, hay que aplicarlo en la siembra en forma corrida o localizada sobre cada golpe.

Cuando se aplica a la siembra solo abonos orgánicos, una alternativa para incrementar la productividad es aplicar fertilizante nitrogenado en el primer aporque. (p. 88)

e. Aporque en el maíz morado

Con labores del aporcado se permite el desarrollo de las raíces adventicias, llamados zancos, permitiendo mayor sujeción y estabilidad de la planta al suelo; así mismo, se mejora la capacidad de absorción de agua y nutrientes del suelo.

Esta labor se debe realizar a los 30 o 40 días después de la siembra, o cuando las plantas alcancen una altura de 30 a 50 cm. Manrique (2000), señala “Realizar el aporque después del segundo abonamiento, cuando las plantas no pasen los 60 cm de altura” (p. 13).

f. Control de malezas

El control de arvenses, considerado como plantas de crecimiento espontáneo, es fundamental en todo cultivo porque su presencia en el campo cultivado ocasiona competencias en agua, luz, nutrientes y espacio, perjudicando el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas. Medina (2022), refiriéndose al control de malezas, señala:

El cultivo debe mantenerse libre de malezas, sobre todo los primeros 60 días, lapso donde se define el tamaño y número de mazorcas, así como el número de granos por hilera y mazorca. Esta labor debe realizarse oportunamente, así se evitará pérdidas de rendimiento por competencia, luz, humedad y nutrientes. El control se efectúa en forma manual utilizando segadera, lampas o azadones, o aplicando herbicidas específicos en dosis comercial. Al realizar los aporques también se eliminan las malezas. Hasta el momento de la cosecha se debe realizar, por lo menos, dos deshierbos complementarios. (p. 114)

g. Riegos

La dotación hídrica en el cultivo de maíz debe ser oportuno y en la cantidad

adecuada, según estado de crecimiento y desarrollo, de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo.

El método de riego a realizar depende de muchos factores: disponibilidad hídrica, infraestructura de riego, calidad de agua, disponibilidad económica, personal especializado, etc. Como menciona Manrique (2000):

Manejar los riegos cuidadosamente. Preparar el suelo con humedad de remojo, para efectuar la siembra adecuadamente. Luego no descuidar los riegos antes del segundo abonamiento para efectuar el aporque. El riego de floración y madurez del grano no deben dejarse de aplicar. El consumo de agua requerido, es de 5 000 m³ ha⁻¹ aproximadamente hectárea – campaña. (p. 13)

h. Principales plagas y enfermedades del maíz morado y formas de control fitosanitario

Las labores de protección de cultivos son muy necesario para prevenir, controlar o erradicar la presencia de plagas y enfermedades que dañan al cultivo. Por lo que Manrique (2000), manifiesta lo siguiente:

El cultivo de maíz morado, por tratarse de un maíz amiláceo y de origen de sierra, es susceptible al ataque de plagas y enfermedades durante todo su período vegetativo, de siembra a cosecha y aún en almacenamiento. Por lo tanto, es recomendable estar en contacto permanente con profesionales especializados en control de plagas (entomólogos) y enfermedades (fitopatólogos), a fin de hacer las consultas necesarias. (p. 14)

Requis (2012), sobre las principales plagas y sus formas de control en el maíz morado, reporta que las plagas más importantes en el cultivo de maíz:

Gusano de tierra o cortador (*Agrotis ipsilon*). El adulto de *Agrotis ipsilon*, es una mariposa generalmente de color marrón oscuro, con el primer par de alas de coloración clara. Las larvas desarrolladas miden cerca de 4 cm son robustas, cilíndricas, lisas y de coloración variable, generalmente ceniza oscura; cuando se le toca se enrolla tomando la forma de una rosca de allí su nombre gusano rosca. La práctica cultural de riego de machaco, permite el ahogamiento de las larvas antes de la preparación del suelo; la rotación de cultivos es otra práctica que permite disminuir la población de estos insectos. La aplicación de cebos

envenenados al pie de la planta preparados en base afrechillo, melaza Carbaryl controla el ataque de los gusanos.

Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Las larvas causan daños foliares, las larvas de los primeros estadios producen raspado de hojas y cuando alcanzan mayor tamaño estos producen perforaciones y pueden causar muerte de plantas cuando daña el punto de crecimiento. Se controla mediante la aplicación de Dípterex 2,5 G a razón de 10 kg ha⁻¹, aplicación de cipermetrinas a razón de 150 a 200 ml por cilindro de 200 litros de agua, cuando las larvas están raspando las hojas. En estudio preliminar se ha observado que la aplicación de extracto de tarwi produce mortalidad de larvas de primeros estadios. Esta tecnología será comprobada y demostrada para su difusión a los pequeños agricultores.

Gusano mazorquero (*Heliothis zea = Helicoverpa zea*). El insecto adulto es una mariposa de hábitos nocturnos, sus alas anteriores son de coloración parda amarillenta, cuando se extienden mide hasta 4 cm. Las hembras ponen sus huevos en los estilos-estigmas (pelos) de la flor femenina de la mazorca. Cada hembra pone en promedio mil huevos durante su vida los cuales eclosionan de 4 a 6 días; los primeros 3 a 4 días las larvas se alimentan de los pelos de la mazorca y luego penetran a la mazorca y atacan a los granos en formación. El control recomendado por el INIA, es la aplicación de 3 gotas de aceite de consumo humano en la parte apical de la mazorca cuando se observan posturas o larvas del primer estadio en el 10 % de plantas. La cantidad necesaria de aceite es de 6 litros ha⁻¹, aplicando 2 litros en el primer tercio de floración, 2 litros en el segundo tercio de floración y 2 litros en el último tercio de floración.

Gusano de carne (*Euxesta sp*). El adulto es una mosquita pequeña con franjas negras en sus alas transparentes, denominada en algunos lugares mosca cebra, es una plaga importante para el maíz amiláceo, su ataque lo realiza en forma independiente o junto con el gusano mazorquero. Las hembras ponen sus huevos en grupos y en aquellas mazorcas que tienen las barbas algo secas, es decir un poco más tarde que la del gusano mazorquero, después de 6 días de la postura de cada huevo sale una larva o gusano de 6 mm de color crema sucio, no tiene patas se puede encontrar muchas larvas por mazorca. Las larvas se alimentan de los

granos lechosos, siendo este daño no muy perjudicial. Pero su acción favorece la presencia de hongos como *Fusarium* y *Diplodia*, que suelen provocar grandes pudriciones de la mazorca. Una forma de control sencilla y barata para estos gusanos es el uso de aceite de consumo humano. Si se controló el gusano de la mazorca con aceite, la mosca cebra *Euxesta sp*, ya no pone sus huevos en los pelos de la mazorca. (pp. 13-18)

Sobre las enfermedades comunes en el maíz morado y los métodos de control, Requis, (2012), señala que las enfermedades de importancia en el cultivo de maíz morado son:

Carbón del maíz (*Ustilago maydis*). La mejor práctica para disminuir su incidencia es sacar las mazorcas con agallas en estado verde para enterrarlas junto con guano de corral para compost. También la rotación de cultivos es una práctica que permite disminuir la incidencia de esta enfermedad.

Pudrición de mazorcas. Es producida por hongos (*Fusarium moniliforme*, *Fusarium tursicum* y *Diplodia maydis*). El control de gusanos de la mazorca, impiden el ingreso de hongos y el uso de variedades tolerantes con buena cobertura de mazorcas son las mejores alternativas de control.

Achaparramiento (Puka poncho). Síntomas típicos en caso de espiroplasma son la presencia de franjas blanquecinas en la base de las hojas próximas a la inserción con el tallo, que se prolongan hacia el ápice. En general las plantas presentan entrenudos cortos, presencia de enanismo de plantas y no producen granos si la infección ocurre antes de la floración, cuando hay producción de granos su llenado es sumamente perjudicado, las mazorcas presentan granos flojos, pequeños, descoloridos o manchados. En caso de fitoplasma los síntomas foliares típicos son enrojecimiento de los márgenes de las hojas pudiendo más adelante cubrir toda su extensión, otros síntomas son la proliferación de mazorcas, enanismo, el tamaño de mazorcas y el llenado de granos es perjudicado. Para el control de esta enfermedad causada por *fitoplasmas* y *espiroplasmas*, es el uso de variedades tolerantes y la siembra temprana son las mejores alternativas para garantizar mejor producción de mazorcas. En los valles interandinos de la sierra, a partir del mes de noviembre se eleva la temperatura ambiental lo cual condiciona un rápido

incremento de la población del insecto vector *Dalbulus maidis* conocido como “cigarrita”; también la elevación de la temperatura favorece el desarrollo de la enfermedad en la planta infectada. Las variedades mejoradas de maíz morado se muestran tolerantes a la enfermedad. (pp. 19, 20)

i. Cosecha del maíz morado

Es la última fase del proceso productivo del maíz morado, cuya labor debe realizarse en forma oportuna y adecuada para evitar pérdidas por el ataque de plagas o enfermedades. Una de los indicadores para la cosecha, es la presencia de la “capa negra” en el pedicelo del grano, cuyo desarrollo indica la madurez de cosecha de los granos. Al respecto, Manrique (2000), refiriéndose a la cosecha señala:

Después de la floración aproximadamente 40 días, se presenta la madurez fisiológica, es decir la conversión de los azúcares en almidones; por lo tanto, los granos pasan del estado lechoso a pastoso y finalmente a duro. Un grano duro indica que está completamente formado morfológica y fisiológicamente y se inicia el secado de la mazorca y grano. En este período se concentra y estabilizan los pigmentos antocianínicos del color morado. Por lo tanto, las mazorcas están listas para ser cosechadas, cuando los granos presentan aproximadamente 30 por ciento de humedad. (p. 14)

1.2.6. Estudio de la densidad de plantas

La densidad de plantas en el manejo de los cultivos, es muy importante porque define la población de plantas que se va a conducir en un área determinado, sin causar competencias intraespecíficas. Una densidad óptima, es garantía para lograr buenos rendimientos, si las prácticas agrícolas son oportunas. Yuste (1998, como se citó en Mendoza, 2017) sobre el cálculo de la densidad de siembra, señala:

Existen en la agricultura una norma importante a tener en cuenta. Si se siembra el cultivo demasiado denso, la producción son menores a los esperados (competencia entre plantas), por otro lado, si la densidad de siembra es baja, la productividad por planta es elevada, pero la productividad total por parcela no es compensada, debido a la falta de plantas. La densidad de siembra es una cuestión varietal, así existen variedades que toleran altas densidades. (p. 22)

Por otra parte, Reyes (1990, como se citó en Mendoza, N., 2017) refiere las siguientes consideraciones de la densidad:

La densidad de siembra es el número óptimo de las plantas por hectárea, para obtener una mejor producción, esta densidad se determina por experiencia y varía según el clima, la fertilidad del suelo, caracteres agronómicos de la variedad, época de siembra y objetivos del cultivo, en general el número de plantas varía desde 15 000 a 80 000 plantas. (p. 23)

Manrique (1999, como se citó en Mendoza, 2017), menciona:

El maíz morado es una planta de porte bajo y el objetivo del cultivo es obtener mayor número de mazorcas con tusas completamente pigmentadas; por lo tanto, la densidad de siembra es muy importante. Se recomienda conseguir altas densidades, con siembras en surcos separados en 80 cm y 45 cm entre golpes con cinco semillas cada una para dejar al aporque tres plantas por golpe. También se puede sembrar a surco corrido, poniendo dos semillas cada 15 cm para dejar una planta al aporque. En ambos casos se consigue una plantación de 82 000 plantas ha^{-1} . Además, la densidad está directamente relacionada con la fertilidad natural del suelo, utilizándose altas densidades en suelos fértiles y densidades bajas en suelos de fertilidad baja. (pp. 23 y 24)

1.2.7. Estudio de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son compuestos conformados por las deyecciones de los animales domésticos mezclados con rastrojos de cosecha, los cuales son sometidos a un proceso de descomposición hasta convertirse en humus. En dicho proceso actúan los microorganismos saprofitos, regulados por la temperatura y la humedad.

La materia orgánica, una vez descompuestos son fuente de nutrientes para las plantas y tienen acción directa sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. Referente a ello Garro (2016), señala:

La materia orgánica es toda sustancia de origen vegetal o animal que se encuentra en el suelo, cuando proviene de plantas estará conformada por hojas, troncos y raíces, o bien al originarse de animales e incluso microorganismos, por lo que estará formada por cuerpos muertos y sus excretas. Es importante entender que la materia orgánica no solo aporta nutrientes, sino que el humus, producto final de

la degradación y capaz de mejorar la estructura y fertilidad del suelo, solo se produce a partir de materiales ricos en carbono y de lenta degradación, no se origina a partir de los estiércoles y leguminosas, materias que principalmente actúan como abono en el corto plazo. En la producción orgánica es deseable que la mayor parte de estas materias primas provengan de la finca para promover la sostenibilidad de los sistemas de producción, y que, en caso de requerir de fuentes externas, que estas sean las menos posibles y libres de contaminantes. (p. 20)

Por otra parte, García y Félix (2014), afirma que los abonos orgánicos tienen múltiples propiedades y beneficios:

La incorporación de materia orgánica al suelo, mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas (como la estructura y permeabilidad, la capacidad de retención de agua) forma agregados más estables, y da capacidad de intercambio catiónico, facilitando la absorción de nutrimentos por la raíz, estimulando el desarrollo de la planta; en suelos arenosos mejora la cohesión de las partículas, la microflora nativa de la composta ayuda a controlar patógenos del suelo. Desde el punto de vista de la biorremediación esta flora microbiana también favorece la inactivación de sustancias tóxicas como trinitrotolueno (TNT), fenilciclidina (PCP), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), gasolinas, aceites, entre otros. Al haber una mayor actividad microbiana se mejora la movilización de nutrimentos, y los organismos que van muriendo son rápidamente incorporados al suelo. Físicamente, la materia orgánica mejora la estructura del suelo al favorecer la permeabilidad, por lo que las raíces pueden penetrar con mayor facilidad; las sustancias húmicas incrementan la micorrización de las raíces, además forman complejos fosfo-húmicos haciendo más disponible este nutrimento para la planta, también contribuyen a mejorar las cadenas tróficas del suelo. (p. 10)

1.2.8. *Compost de gallinaza*

La gallinaza se utiliza tradicionalmente como abono, por lo que Estrada (2006), sobre la utilización de la gallinaza, señala:

Su composición depende principalmente de la dieta y del sistema de alojamiento de las aves. La gallinaza obtenida de explotaciones en piso, se compone de una mezcla de deyecciones y de un material absorbente que puede ser viruta, pasto seco, cascarillas, entre otros y este material se conoce con el nombre de cama; esta

mezcla permanece en el galpón durante todo el ciclo productivo. La gallinaza obtenida de las explotaciones de jaula, resulta de las deyecciones, plumas, residuo de alimento y huevos rotos, que caen al piso y se mezclan. Este tipo de gallinaza tiene un alto contenido de humedad y altos niveles de nitrógeno, que se volatiliza rápidamente, creando malos y fuertes olores, perdiendo calidad como fertilizante. Para solucionar este problema es necesario someter la gallinaza a secado, que además facilita su manejo. Al ser deshidratada, se produce un proceso de fermentación aeróbica que genera nitrógeno orgánico, siendo mucho más estable, (p. 43).

La industria avícola, debido a su producción intensiva tiene el potencial de proveer además de huevo y carne, materiales de desecho orgánico y de calidad como la gallinaza. INTAGRI (2015), refiriéndose a la importancia de la gallinaza, señala:

Este material tiene grandes ventajas para incrementar la producción de los cultivos, entre las más importantes están: el aporte de nutrientes como N, P y K, e incremento de la materia orgánica del suelo. Debe aclararse que en este artículo se habla de gallinaza y no de pollinaza (no son sinónimos), por lo que es conveniente definir las:

Gallinaza. Excretas de gallinas ponedoras que se acumulan durante la etapa de producción de huevo o bien durante periodos de desarrollo de este tipo de aves, mezclado con desperdicios de alimento y plumas. Puede o no considerarse la mezcla con los materiales de la cama.

Pollinaza. Excretas de aves de engorda (carne), desde su inicio hasta su salida a mercado, mezclado con desperdicio de alimento, plumas y materiales usados como cama. (p. 1)

INTAGRI (2015), señala que la cantidad y calidad de la gallinaza está influenciada por los siguientes factores:

Edad de las aves. - La cantidad de excretas está relacionada con el tamaño del ave, al ser un ave pequeña, la cantidad de excretas disminuye, contrario a lo que pasaría con aves de mayor edad, donde la cantidad de excretas será mayor:

Línea de producción. Según la línea de producción que se siga el manejo es distinto, particularmente en la composición del alimento, lo que finalmente se refleja en la calidad y cantidad de las excretas de las aves (contenido nutrimental).

Es importante tener como referencia que aproximadamente por cada kilogramo de alimento consumido, las aves producen de 1.1 a 1.2 kg de excretas frescas (70 – 80 % de humedad en gallinaza).

Consumo de alimento. La cantidad de excretas depende de la cantidad de alimento consumido, tomando en cuenta su digestibilidad.

Cantidad de alimento desperdiciado. La composición química del alimento utilizado en la industria avícola se encuentra relacionada con la calidad de la gallinaza. Al desperdiciar alimento y ser depositado en la superficie donde se encuentran las excretas, enriquecerá a la gallinaza (principalmente nitrógeno), dependiendo de la cantidad desaprovechada.

Cantidad de plumas. Las plumas en su estructura química contienen queratina, dicha proteína tiene como componente principal el nitrógeno por lo cual, a medida que existe más cantidad de plumas la gallinaza mejora su calidad nutrimental.

Temperatura. Alta temperatura y humedad generan gases, principalmente amoníaco, resultado de la fermentación anaeróbica, perdiendo de esta forma grandes cantidades de nitrógeno (gallinaza de baja calidad).

Ventilación. El flujo de aire en la gallinaza reduce la pérdida de N causada por su volatilización en forma de amoníaco. (p. 3)

La gallinaza es un excelente fertilizante si se utiliza de manera correcta. INTAGRI (2015), sobre sus bondades de la gallinaza, señala:

Es un material con buen aporte de nitrógeno, además de fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y algunos micronutrientes. Su aplicación al suelo también aumenta la materia orgánica, fertilidad y calidad del suelo. Como ya se ha indicado, la calidad de la gallinaza y su potencial en el aporte de nutrientes depende de varios factores. Lo ideal es que antes de utilizar la gallinaza como fuente de nutrientes, se procure analizarla en un laboratorio de confianza. Al contar con un análisis químico robusto se puede conocer el aporte real esperado de un material en particular, además es una guía para definir la dosis de aplicación. La gallinaza en comparación con otros abonos orgánicos tiene un mayor aporte nutrimental, en el siguiente cuadro puede observarse un ejemplo (p. 4).

Tabla 1.1*Contenido nutrimental del estiércol de bovino comparado con la gallinaza.*

Nutriente	Estiércol de bovino (Kg/T)	Gallinaza (Kg/T)
Nitrógeno	14.2	34.7
Fósforo (P ₂ O ₅)	14.6	30.8
Potasio (K ₂ O)	34.1	20.9
Calcio	36.8	61.2
Magnesio	7.1	8.3
Sodio	5.1	5.6
Sales solubles	50	56
Materia orgánica	510	700

Fuente: INTAGRI (2015) Castellanos (1980)

Por otra parte, ABONOS BIORMIN (2020), sobre la gallinaza compostada, cuyo producto comercial es “TERRASUR”, señala:

Se produce a partir de gallinaza de jaula, mezclada con aserrín, cascarilla de arroz o café y bagacillo de caña. La gallinaza compostada es usada como acondicionador orgánico para aplicación al suelo.

Repone la materia orgánica agotada debido a la explotación intensiva del suelo permitiéndose recuperar los niveles de productividad.

Los beneficios de la gallinaza compostada son: Acondicionador orgánico de suelos, Mejora la estructura del suelo, dándole una mayor resistencia contra la erosión y una mejor permeabilidad, aireación y capacidad para almacenar y suministrar agua a las plantas, mejora la porosidad del suelo, lo cual facilita la circulación del agua y del aire a través del perfil del suelo, estimula y fortalece el desarrollo radicular permitiendo a las plantas explorar un mayor volumen de suelo para satisfacer sus necesidades de nutrientes y agua, propicia la liberación de nutrientes esenciales para las plantas, aumenta la carga microbial, la cual se encarga de la mineralización de los compuestos orgánicos y de la liberación de los nutrientes para las plantas, libre de patógenos y malezas, el modo de empleo vendrá determinado según el tipo cultivo para el que se vaya a utilizar, sin embargo, se aplica mecánicamente de forma directa al suelo. Se debe manipular de forma cuidadosa (Ficha técnica del compost de gallinaza). (p. 20)

El contenido químico del compost de gallinaza, es:

pH	: 7.6
Conductividad eléctrica	: 33.2 dS/m
Cenizas	: 39.8%
Perdidas por volatilización	: 38.5%
Carbono orgánico oxidable total COOx	: 20.0%
Relación carbono/nitrógeno	: 12.1
Nitrógeno total	: 1.60%
Fósforo total (P ₂ O ₅)	: 3.60%
Potasio soluble en agua (K ₂ O)	: 2.80%
Calcio total (CaO)	: 16.2%
Magnesio total (MgO)	: 1.09%
Azufre total (S)	: 0.422%
Hierro total (Fe)	: 0.401%
Manganeso total (Mn)	: 412 mg/kg
Cobre total (Cu)	: 53.2 mg/kg
Zinc total (Zn)	: 366 mg/kg
Boro total (B)	: 35.6 mg/kg
Sodio total (Na)	: 0.356%
Silicio (Soluble en HF) (SiO ₂)	: 6.31%
Residuos insolubles en ácido	: 13.7%

Fuente: https://www.abonosconagricola.com/pdf/documentos-pagina-WEB/productos/gallinaza-compostada/ficha-tecnica-gallinaza-compostada.pdf?_t=1599491004

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Del lugar del ensayo

2.1.1. Ubicación geográfica

Este estudio se realizó en los campos del Centro Experimental Canaán, perteneciente a la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrícolas - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, durante la campaña agrícola 2022-2023. Está situado a una altura de 2743 m s n m y en las coordenadas geográficas 13°10'7.42" S y 74°12'14.09" W. Desde una perspectiva política, está situado en el Distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray dentro de la Provincia de Huamanga y la Región de Ayacucho.

2.1.2. Características climatológicas del lugar de ensayo

La tabla 2.1, reporta el comportamiento climático registrado durante la campaña agrícola 2022 y 2023, observándose las siguientes características:

- La temperatura máxima media mensual fluctuó entre 22.8 y 28.0°C, correspondiendo a los meses de marzo y noviembre, respectivamente; la temperatura mínima media mensual osciló entre 6.50 y 11.50°C, registrados durante los meses de julio y marzo, respectivamente. La temperatura media anual fue de 17.29°C.
- La precipitación pluvial total fue 541.30 mm.

Según el Balance Hídrico, figura 2.1, se registró déficit de humedad en los suelos durante los meses de octubre y noviembre 2022, así como durante los meses de mayo a setiembre del 2023. En los meses de diciembre de 2022 y durante los meses de enero a marzo de 2023, se registró alta humedad, demostrando buena disponibilidad de agua para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos.

Tabla 2.1

Balance hídrico del Centro Experimental Canaán, correspondiente a la campaña agrícola 2022 y 2023, con datos climatológicos de la Estación Meteorológica del INIA-Canaán.

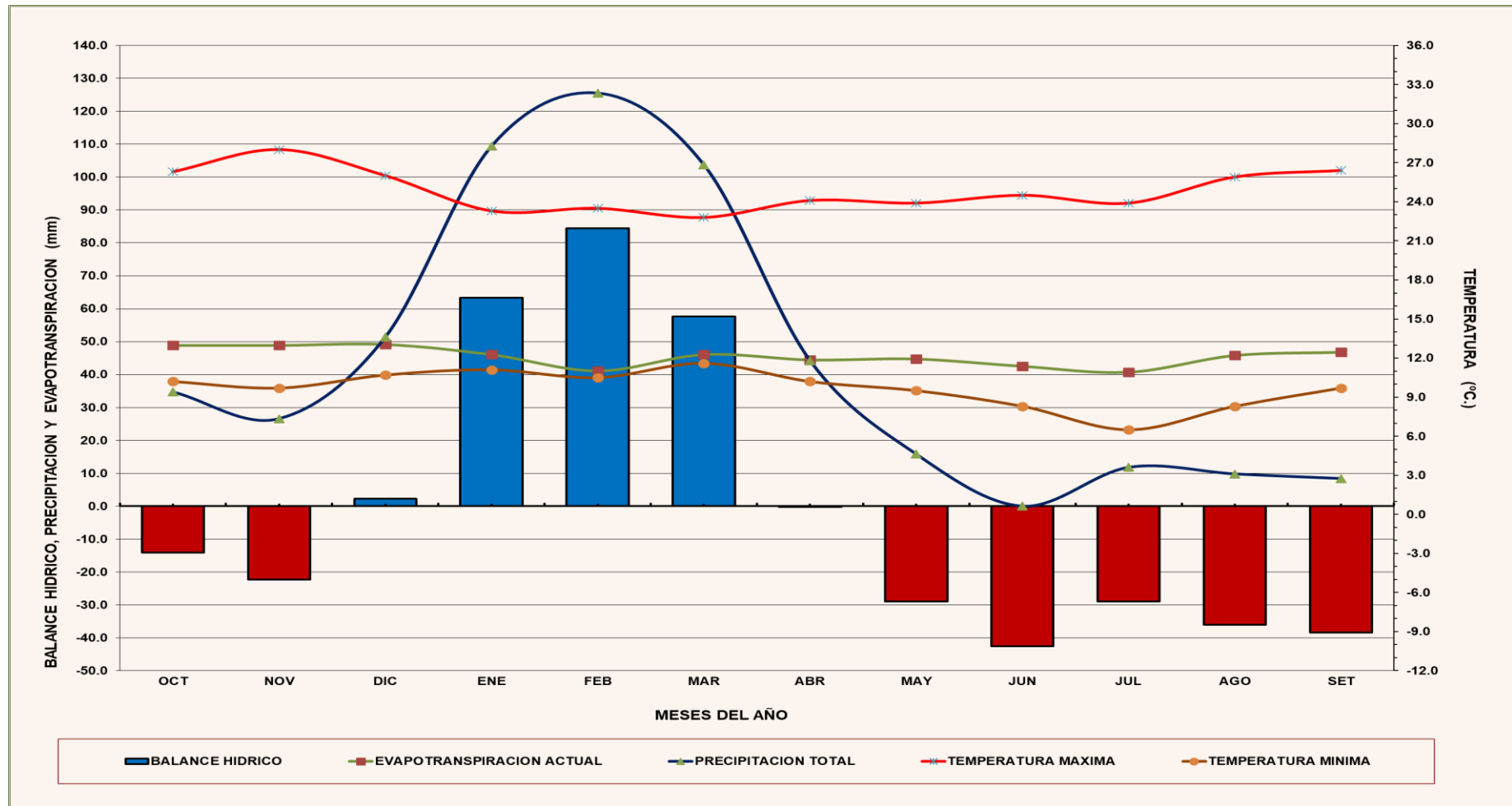
DATOS CLIMÁTICOS	2022			2023									Total anual	T° Media anual (°C)
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set		
Número de días del mes	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30		
T° max med-men (°C.)	26.30	28.00	26.00	23.30	23.50	22.80	24.10	23.90	24.50	23.90	25.90	26.40		24.88
T° min med-men (°C.)	10.20	9.70	10.70	11.10	10.50	11.60	10.20	9.50	8.30	6.50	8.30	9.70		9.69
T° med-men (°C.)	18.25	18.85	18.35	17.20	17.00	17.20	17.15	16.70	16.40	15.20	17.10	18.05		17.29
Precipitación total (mm)	34.70	26.60	51.40	109.40	125.50	103.70	44.20	15.80	0.00	11.80	9.80	8.40	541.30	
Factor de ETP (*)	4.96	4.80	4.96	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80		
Evapotran. potencial (mm)	90.52	90.48	91.02	85.31	76.16	85.31	82.32	82.83	78.72	75.39	84.82	86.64	1009.52	
F.C (Pt/ETP) (**)	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54		
Evapotran poten ajust (mm)	48.88	48.86	49.15	46.07	41.13	46.07	44.45	44.73	42.51	40.71	45.80	46.79		
Humedad del suelo (mm)	-14.18	-22.26	2.25	63.33	84.37	57.63	-0.25	-28.93	-42.51	-28.91	-36.00	-38.39		
Exceso de humedad (mm)			2.25	63.33	84.37	57.63								
Déficit de Humedad (mm)	14.18	22.26					0.25	28.93	42.51	28.91	36.00	38.39		

(*) Para el valor del factor de la ETP, se considera que 1.0 °C. provoca 0.155 mm de evapotranspiración y se multiplica por el número de días del mes (ONER, 1976)

(**) Cuando la Evapotranspiración potencial (ETP) es mayor a la precipitación total (Pt), se calcula el factor de corrección para ajustar la ETP. (Pt/ETP)

Figura 2.1

Diagrama ombrotérmico y contenido de humedad en el campo de cultivo del Centro Experimental Canaán durante la campaña 2022 – 2023, según datos climatológicos de la Estación Meteorológica de Canaán – INIA.



- Los registros climatológicos, entre los meses de noviembre a mayo, fueron muy adecuados para el cultivo de maíz, denotándose que la humedad del suelo fue adecuada para cubrir las necesidades hídricas del cultivo; sin embargo, en algunas semanas donde no hubo precipitación fue necesario realizar dotación hídrica, mediante riego por goteo, según necesidad hídrica del cultivo.
- Durante los meses del periodo vegetativo del maíz, el comportamiento ombrotérmico fue muy adecuado, permitiendo un normal crecimiento y desarrollo, desde la siembra hasta la cosecha.

2.1.3. Características físico químico del campo experimental

Tabla 2.2

Análisis físico- químico del suelo donde se condujo el experimento.

Tipo de análisis	Valor	Método	Interpretación
Análisis físico			
Arena (%)	39.00		
Limo (%)	29.00	Bouyoucos	Franco arcilloso
Arcilla (%)	29.00		
Análisis químico			
pH	7.45	Potenciometría	Median básico
Conductividad eléctrica (dSm ⁻¹)	0.63	Conductimetría	Suelo normal
Materia orgánica (%)	2.38	Walkey y Black	Medio
Nitrógeno total (%)	0.12	Semi- micro Kjeldahl	Medio
P-disponible (ppm)	38.18	Olsen modificado	Muy alto
K-disponible (ppm)	270.0	Absorción atómica	Muy alto
CIC (Cmol ⁽⁺⁾ .kg ⁻¹)	28.5	Extr. Acetato de amonio	Alto
Magnesio (Mg ++)	5.03	Absorción atómica	Bajo
% Sat. De bases	100		Alto

Fuente: Multiservicios AGROLAB – 2023.

De acuerdo a los resultados del análisis de suelo y su correspondiente interpretación, se trata de un suelo medianamente básico (pH = 7.45), con un contenido medio en materia orgánica (2.38%), contenido medio en nitrógeno total (0.12%), muy alto en fósforo disponible (38.18 ppm) y contenido muy alto en potasio (270 ppm). La clase textural del suelo resulto franco arcilloso-arenoso.

Los resultados señalan que el campo de cultivo, donde se realizó el presente experimento, presentó una fertilidad media; por tanto, se justifica el abonamiento con niveles de gallinaza compostada, con el fin de encontrar un óptimo que maximice la producción y productividad del cultivo de maíz morado.

2.2. Materiales, equipos e insumos para el trabajo de investigación

2.2.1. Material genético (semilla de maíz morado)

El material genético utilizado fue semilla de maíz morado asegurado, variedad INIA 615 – Negro Canaán, proveniente del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias INIA – Canaán, el cual posee las siguientes características principales: Altura de la planta: 228 cm; altura a la mazorca: 125 cm; forma de la mazorca, tubular; color del grano: negro; fase vegetativa, 150 días post-siembra; rendimiento posible, 9.6 t/ha; rendimiento comercial 7.8 t/ha.

2.2.2. Maquinaria agrícola

Para las labores de preparación del campo de cultivo, se utilizó tractor agrícola “Shangay-50” con sus respectivos implementos agrícolas (arado, rastra y surcadora).

2.2.3. Herramientas, instrumentos y equipos agrícolas

- Herramientas agrícolas: Picos, lampas, rastrillos
- Equipos agrícolas: Mochila de fumigar de 15 litros de capacidad
- Diversos materiales: estacas de madera, costales, rafia, yeso agrícola, cinta métrica (30 m), flexómetro, balanzas de precisión, etc.

2.2.4. Insumos utilizados

- Compost de gallinaza; se utilizó el producto comercial “TERRASUR” cuya presentación es en sacos de 40 kg. Según su Ficha Técnica, la composición química del producto es: Nitrógeno total (N), 1.60%; Fosforo total (P₂O₅), 3.60% y Potasio (K₂O), 2.80%.
- Insecticidas, Cyperklin (Cypermctrina) y Tifon (Clorpyrifos).

2.3. Metodología experimental

2.3.1. Problemática en estudio

Todas las plantas necesitan nutrientes para su normal crecimiento y desarrollo;

para ello existen diversos tipos de nutrientes, entre macro y micronutrientes, que son adicionados al suelo para suplir las necesidades nutricionales. Estos elementos minerales son adicionados al suelo, mediante fertilizantes inorgánicos y/o orgánicos. Los fertilizantes inorgánicos, por sus componentes químicos secundarios y sus reacciones acidas o básicas, ocasionan un desequilibrio en sus componentes físicos, químicos y biológicos del suelo.

Una de las alternativas para la producción alimentos inocuos, es la práctica de la agricultura orgánica, con la aplicación de abonos orgánicos procesados que contienen micronutrientes para cubrir las necesidades de la nutrición vegetal de los cultivos; así mismo, son muy beneficiosos para los microorganismos presentes en el suelo y en la biosfera incrementando la actividad microbiana de la rizosfera y de esta manera mantiene la fertilidad del suelo.

En la región Ayacucho, la producción de maíz morado se ha convertido en un cultivo de alto valor económico, presentando creciente demanda por sus cualidades nutraceuticas por contener antocianinas en su mazorca, muy recomendables para control de la presión arterial en humanos. Son estas las razones que permitieron plantear la siguiente problemática:

Problema general

¿Cuál es la influencia del compost de gallinaza y densidad de siembra en el rendimiento del maíz morado en Canaán, Ayacucho?

Problemas específicos

1. ¿Cómo influye los niveles de compost de gallinaza en el rendimiento del maíz morado en Canaán, Ayacucho?
2. ¿Cómo influye la densidad de plantas en el rendimiento del maíz morado en Canaán, Ayacucho?

2.3.2. Metodología del trabajo experimental

a. Diseño experimental

El trabajo de investigación fue conducido dentro de un Diseño Bloque Completo al Azar – DBCA, estudiándose 3 niveles de compost de gallinaza, un testigo (abonamiento

químico), y 3 densidades de siembra. De la combinación de los factores en estudio, se formó 12 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones. En total se condujo 36 unidades experimentales.

El Modelo Aditivo Lineal (MAL) del diseño experimental se resume en lo siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \delta_j + \alpha\delta_{(ij)} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la observación del i-ésimo nivel de compost de gallinaza en la j-ésima densidad de plantas y en la k-ésima repetición.

μ = Es la media general

β_k = Es la observación de la i-ésima repetición o bloque.

α_i = Es la observación del i-ésimo nivel de compost de gallinaza.

δ_j = Es la observación de la j-ésima densidad de plantas.

$\alpha\delta_{(ij)}$ = Es la observación de la interacción entre el i-ésimo nivel de compost de gallinaza con la j-ésima densidad de plantas.

ϵ_{ijk} = Es el error o efecto aleatorio de las observaciones.

b. Factores en estudio

Niveles de compost de gallinaza, sus indicadores son:

$$g_1 = 3.0 \text{ t ha}^{-1}$$

$$g_2 = 4.0 \text{ t ha}^{-1}$$

$$g_3 = 5.0 \text{ t ha}^{-1}$$

$$g_4 = \text{Testigo (280-160-00 de N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O)}$$

Densidad de plantas, sus indicadores son:

$$d_1 = 83\ 250 \text{ plantas ha}^{-1} \text{ (D/S = 0.8 m; D/G = 0.3 m; 2.0 plantas por golpe)}$$

$$d_2 = 62\ 500 \text{ plantas ha}^{-1} \text{ (D/S = 0.8 m; D/G = 0.4 m; 2.0 plantas por golpe)}$$

$$d_3 = 50\ 000 \text{ plantas ha}^{-1} \text{ (D/S = 0.8 m; D/G = 0.5 m; 2.0 plantas por golpe)}$$

c. Tratamientos a evaluar

Los tratamientos se configuraron combinando los factores en estudio para evaluar la interacción de las variables independientes, añadiendo al mismo tiempo un control para las respectivas comparaciones.

Tratamiento	Combinación de factores
T – 1	3.0 t ha ⁻¹ de gallinaza compostada y 83 250 plantas ha ⁻¹
T – 2	3.0 t ha ⁻¹ de gallinaza compostada y 62 500 plantas ha ⁻¹
T – 3	3.0 t ha ⁻¹ de gallinaza compostada y 50 000 plantas ha ⁻¹
T – 4	4.0 t ha ⁻¹ de gallinaza compostada y 83 250 plantas ha ⁻¹
T – 5	4.0 t ha ⁻¹ de gallinaza compostada y 62 500 plantas ha ⁻¹
T – 6	4.0 t ha ⁻¹ de gallinaza compostada y 50 000 plantas ha ⁻¹
T – 7	5.0 t ha ⁻¹ de gallinaza compostada y 83 250 plantas ha ⁻¹
T – 8	5.0 t ha ⁻¹ de gallinaza compostada y 62 500 plantas ha ⁻¹
T – 9	5.0 t ha ⁻¹ de gallinaza compostada y 50 000 plantas ha ⁻¹
T – 10	Testigo (Abon. Químico 280-160-00 NPK) y 83 250 plantas ha ⁻¹
T – 11	Testigo (Abon. Químico 280-160-00 NPK) y 62 500 plantas ha ⁻¹
T – 12	Testigo (Abon. Químico 280-160-00 NPK) y 50 000 plantas ha ⁻¹

d. Características del campo experimental

Las dimensiones de campo experimental fueron:

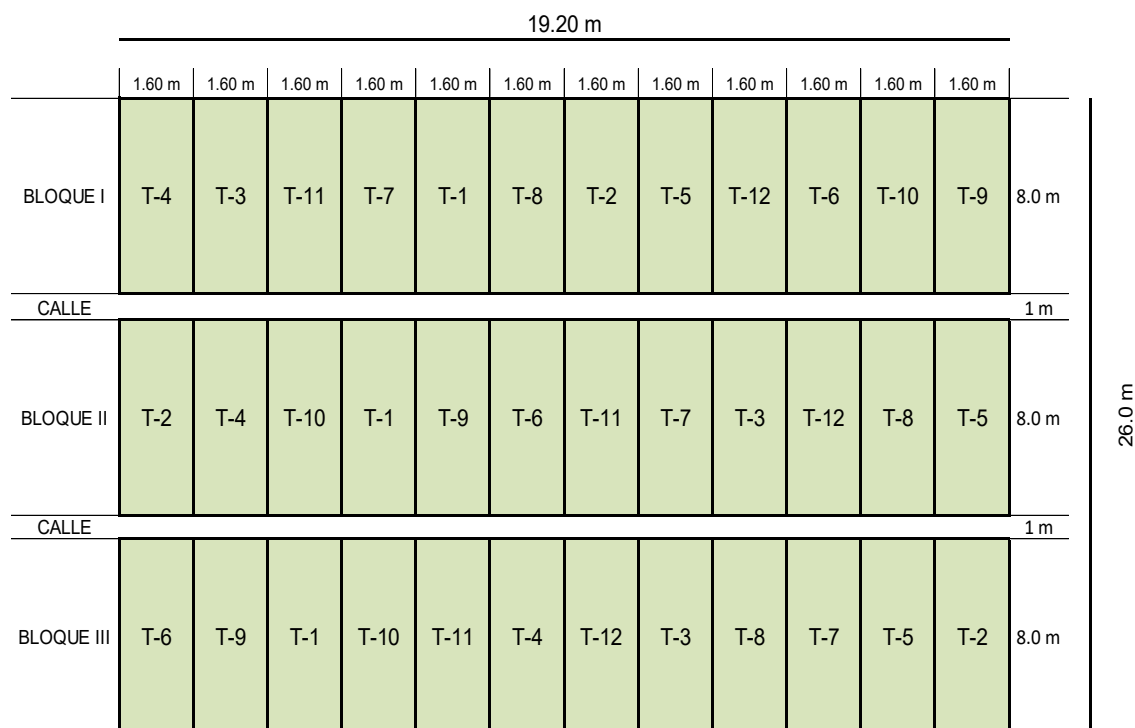
De las parcelas experimentales

- Ancho de parcela : 1.6 m.
- Largo de parcela : 8.0 m
- Área de parcela : 12.8 m²
- Distanciamiento entre surcos : 0.8 m
- Distanciamiento entre golpes : (0.3, 0.4 y 0.5 m, según tratamiento)
- Número de plantas por golpe : 2.0
- Número de parcelas : 36.0 unidades

De los bloques

- Ancho del bloque : 8.0 m.
- Largo del bloque : 19.2 m
- Área de cada bloque : 153.6 m²
- Número de bloques : 3.0 unidades
- Número de parcela por bloque : 12.0 unidades
- Área total del experimento : 499.2 m²

e. Croquis y randomización del campo experimental



2.3.3. Instalación y conducción del experimento

a. Preparación del campo experimental, demarcación y apertura de surcos

Las labores preparatorias del campo de cultivo se hicieron con tractor agrícola; las labores de volteo de terreno se hicieron mediante dos pasadas de arado de discos en forma cruzada; el desterronado y mullido, mediante dos pasadas de rastra. La nivelación de todo el campo de cultivo se hizo manualmente con picos y rastrillo. Finalmente, se hizo la apertura de surcos con tractor agrícola, utilizando un distanciamiento entre surcos a 80 cm, de acuerdo a las características del campo experimental. Estas labores se efectuaron la segunda semana de noviembre del 2022.

b. Cálculo del nivel de abonamiento para el cultivo de maíz

Para cubrir las necesidades nutricionales del cultivo de maíz, se hizo el cálculo de NPK, según las fuentes de abonamiento, para cada tratamiento. El nivel de abonamiento del maíz, se determinó considerando el contenido de nutrientes disponibles en el suelo, según análisis de suelo (Tabla 2.2), la extracción del cultivo (25, 11 y 25 kg ha⁻¹, de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, para una producción de 1.0 t ha⁻¹ de grano seco), y un rendimiento esperado de 7000 kg ha⁻¹ de grano seco; de igual manera, se consideraron

algunos parámetros edáficos y climáticos de la zona de estudio. Como resultado, el Nivel de abonamiento calculado fue: 280-160-00 de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, expresado en kg ha⁻¹.

Tabla 2.3

Cantidad de nutrientes, expresado en N – P₂O₅ y K₂O, aplicados a en cada tratamiento, proveniente de la gallinaza compostada y fertilizantes químicos.

Trat.	t ha ⁻¹	Gallinaza compostada			Abonamiento químico (kg ha ⁻¹)		
		N (1.6%) kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ (3.6%) kg ha ⁻¹	K ₂ O (2.8%) kg ha ⁻¹	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T-1	3.0	48	108	84			
T-2	3.0	48	108	84			
T-3	3.0	48	108	84			
T-4	4.0	64	144	112			
T-5	4.0	64	144	112			
T-6	4.0	64	144	112			
T-7	5.0	80	180	140			
T-8	5.0	80	180	140			
T-9	5.0	80	180	140			
T-10					280	160	00
T-11					280	160	00
T-12					280	160	00

c. Siembra y abonamiento del cultivo

La siembra del maíz morado se hizo el 16 de noviembre de 2022 en las unidades experimentales utilizando un distanciamiento entre surcos a 80 cm, y entre golpes a 30, 40 y 50 cm, para conducir 2 plantas por cada golpe, según los tratamientos establecidos.

Las semillas fueron colocadas en el fondo del surco, debidamente desinfectadas y cubiertas con 8 cm de tierra para protegerlas de agentes extraños que pudieran impactar las semillas.

La densidad de siembra se calculó considerando el valor de uso (98% de pureza y 95% de germinación), peso de 1000 semillas (445 g) del lote y el número de plantas a conducir por ha, según tratamientos establecidos; se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 2.4

Cálculo de las densidades de plantas y densidad de siembra en cada tratamiento.

Tratamientos	Nº planta ha ⁻¹	Dens. teórica (kg ha ⁻¹)	Valor de uso	Dens. de siembra (kg ha ⁻¹)
T1, T4, T7 y T10	83 000	36.94	93.1	40
T2, T5, T8 y T11	62 500	27.81	93.1	30
T3, T6, T9, T12	50 000	22.25	93.1	24

Una vez que las plantas crecieron completamente (30 cm de altura), se estandarizó su número por impacto y se ajustó según el tratamiento.

La fertilización se realizó simultáneamente a la siembra, utilizando gallinaza compostada y fertilizantes químicos aplicados en franjas entre cada siembra. La cantidad de gallinaza compostada y fertilizante se determinó según el tratamiento. La fertilización nitrogenada se realizó en dos fases: el 50 % del nitrógeno se aplicó en la siembra y el 50 % restante durante el aporque. La fuente de nitrógeno utilizada fue urea agrícola (46 %), mientras que la fuente de fósforo fue fosfato de calcio triple super (46 %).

d. Instalación del suministro de riego tecnificado

Tras la siembra, se instalaron cintas de riego para suministrar agua por goteo. El primer riego se realizó el 21 de noviembre, seis días después de la siembra, para humedecer adecuadamente el suelo y favorecer la emergencia de las plántulas. El 28 de noviembre de 2022, se realizó otro riego para asegurar el correcto asentamiento de las plantas en el suelo.

En total se hicieron hasta 8 riegos en diferentes fechas, según las necesidades hídricas del cultivo y las condiciones de humedad del suelo. El último riego se hizo el 4 de abril de 2022, a los 140 días después de la siembra, con el fin de ayudar en el llenado de los granos.

e. Labores culturales en el manejo del cultivo

La escarda del cultivo, Esta acción se llevó a cabo el 15 de diciembre de 2022, 30 días después de la siembra, para eliminar ciertas malezas de rápido crecimiento, como el atacco (*Amaranthus* sp.), el nabo silvestre (*Brassica* sp.) y otras. Este trabajo se realizó

manualmente con azadas, con el objetivo de mantener el campo de cultivo libre de malezas y obtener una tierra suelta, ideal para que el agua de riego llegue a las raíces.

El objetivo del aporque era eliminar las malezas de hoja ancha y de hoja estrecha en el campo de cultivo, evitando así la competencia de las plantas que crecen espontáneamente por nutrientes, luz, espacio y humedad; así como mantener alejadas las plagas y enfermedades, ya que ciertas malezas pueden albergarlas. El primer aporque se hizo el 30 de diciembre de 2022, a los 45 días después de la siembra; esta labor también fue aprovechada para el suministro de la segunda dosis de abonamiento nitrogenado, en aquellos tratamientos con abonamiento químico. El segundo aporque se hizo el 14 de enero del 2022, a los 60 días después de la siembra. Estas labores se hicieron en forma manual con la ayuda de azadones, tratando de juntar una buena cantidad de tierra en la base de las plantas con el fin de ayudar en el desarrollo del sistema radicular y favorecer el su anclaje en el suelo.

Respecto al control fitosanitario, se observó la presencia del cogollero (*Spodoptera frugiperda* S.), el cual fue controlado el día 31 de diciembre de 2022, a los 46 días después de la siembra, con aplicación de Ciperklin (Cipermetrina), en una dosis de 30 ml por mochila de 15 litros de capacidad. El segundo control fitosanitario se realizó el 17 de enero de 2023, a los 63 dds, para el control de afidos y el “lorito verde”. Así mismo, se tuvo la presencia esporádica del mazorquero (*Heliothis zea*), aplicando aceite agrícola a los estigmas de las mazorcas en forma individual, el 23 de febrero de 2023, a los 100 dds.

f. Cosecha

Este proceso es crucial para la realización del experimento, ya que marca la culminación del proyecto y proporciona los datos utilizados en los análisis estadísticos que permitieron extraer las conclusiones finales. Los análisis se realizaron el 3 y el 4 de mayo de 2023, a los 170 días poscosecha. El criterio de cosecha fue que las mazorcas de maíz morado estuvieran maduras para la cosecha, presentando granos secos que se pudieran raspar con la uña (con un contenido de humedad de entre el 20 % y el 22 %).

Para las evaluaciones correspondientes se recolectaron mazorcas de las hileras centrales de cada unidad experimental y se colocaron en contenedores apropiados (sacos

de rafia) que fueron debidamente etiquetados de acuerdo a cada unidad experimental.

Poscosecha, las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Recursos Fitogenéticos del Programa de Investigación en Cultivos Alimentarios – PICAL para sus respectivas evaluaciones.

2.3.4. Variables evaluadas

Etapas de precocidad del maíz morado

a. Días a la floración masculina (dds)

Esta evaluación se hizo en cada unidad experimental, observando la presencia del 80% de la población de plantas presentaron apertura de flores masculinas, llamadas panojas o penachos.

b. Días a la floración femenina (dds)

Se evaluaron cuando más del 80% de las plantas presentaron mazorcas bien formadas por unidad experimental. La observación de la emergencia de pistilos (barbas) en las mazorcas de maíz fue esencial para evaluar esta etapa fenológica, ya que brindó una oportunidad adecuada para verificar la formación de las mazorcas.

c. Días a la madurez fisiológica (dds)

La madurez fisiológica se identificó cuando los granos de la mazorca de maíz presentaron un endospermo blando. La evaluación de este estado fenológico se realizó cuando más del 80% de las mazorcas contenían granos con las características especificadas.

d. Días a la madurez de cosecha (dds)

La última etapa fenológica del maíz es la madurez de cosecha, caracterizada por mazorcas con brácteas secas, marchitas y pajizas, y granos con un contenido promedio de humedad del 20 al 22 %. Se registró el número de días hasta la madurez de cosecha cuando los granos exhibieron signos típicos de granos maduros y se pudieron raspar con la uña.

Factores de productividad del maíz morado

Para determinar la productividad, se evaluaron los siguientes parámetros:

a. Altura de planta

Poco antes de la cosecha, se registró la altura de 20 plantas seleccionadas al azar de cada unidad experimental. Las medidas, desde la base hasta el ápice de la planta, se tomaron con una cinta métrica y se registraron en centímetros.

b. Número de mazorcas por planta

De igual manera, antes de la cosecha, se contaron el número de mazorcas por cada planta en 20 muestras por unidad experimental, elegidas al azar.

c. Peso de cada mazorca

Tras despalillar 20 mazorcas de maíz de cada unidad experimental durante la cosecha, se pesó con una báscula de precisión. Los datos se registraron en gramos (g).

d. Longitud y diámetro de mazorca

Se utilizó un calibrador vernier para medir la longitud de las mismas orejas, específicamente la distancia desde la base hasta la punta de cada oreja. El diámetro se midió desde la parte más ancha de la base, en el tercio inferior de la oreja. Las medidas se tomaron en centímetros.

e. Peso de 1000 semillas

De las mazorcas evaluadas, se desgranaron sus granos para formar una muestra de trabajo de aproximadamente 2 kg de semillas, por cada unidad experimental. De las muestras, se hizo el conteo de 100 semillas y se pesó en una balanza analítica, registrándolos en gramos. Los datos obtenidos se infirieron al peso de 1000 semillas.

f. Rendimiento de mazorcas

Se cosecharon todas las mazorcas de cada unidad experimental y se almacenaron en un secadero para bajar la humedad de las mazorcas hasta un 13% aproximadamente. Luego se seleccionaron según peso, aspecto y sanidad, estableciéndose en mazorcas de primera (longitud, mayor a 13 cm; peso, mayor a 95 g.); mazorcas de segunda (longitud, entre 11 a 13 cm; peso, de 80 a 95 g) y mazorcas de descarte, conformado por aquellas de menor peso, deformes o con ataques de plagas y/o enfermedades. Las mazorcas seleccionadas se pesaron en una balanza de precisión y los datos obtenidos por cada unidad experimental, se infirieron a 1.0 ha para expresar en kg ha^{-1} .

2.3.5. Pruebas estadísticas realizadas

Se calculó el análisis de varianza (ANVA) según el Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA) con arreglo factorial (4A x 3D). Se utilizaron las pruebas de Fisher con $p = 0,01$ y $p = 0,05$ para determinar la importancia de las fuentes de variación. Para identificar diferencias estadísticas en las medias de los efectos principales y simples, se empleó la prueba de Tukey ($p = 0,05$). Las pruebas estadísticas se realizaron con el paquete estadístico SAS, versión 9.0 para Windows.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables de precocidad

En la tabla 3.1 se observa la duración de las etapas fenológicas del cultivo de maíz, desde el momento de la siembra hasta la madurez de cosecha, registrado en días después de la siembra (dds)

Tabla 3.1

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

TRATAMIENTO	Fuentes de abonamiento	Densidad de plantas (plantas ha ⁻¹)	ETAPAS FENOLÓGICAS DEL MAÍZ (días después de la siembra - dds)									
			Emergencia		Floración Masculina		Floración Femenina		Madurez Fisiológica		Madurez de cosecha	
			Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio
T-1	3.0 t ha ⁻¹ CG	83 250	9-11	10	68-76	74	92-101	98	132-140	138	158-165	164
T-2	3.0 t ha ⁻¹ CG	62 500	9-12	10	71-75	73	92-102	99	132-138	136	158-164	163
T-3	3.0 t ha ⁻¹ CG	50 000	8-10	9	69-75	72	88-98	97	134-140	138	160-165	163
T-4	4.0 t ha ⁻¹ CG	83 250	8-11	9	68-76	75	88-99	96	130-138	136	162-168	166
T-5	4.0 t ha ⁻¹ CG	62 500	9-11	10	70-78	76	91-98	96	131-136	135	161-166	165
T-6	4.0 t ha ⁻¹ CG	50 000	9-10	10	72-82	75	92-98	96	132-138	135	162-166	165
T-7	5.0 t ha ⁻¹ CG	83 250	8-10	9	72-78	75	92-99	96	131-137	136	160-167	166
T-8	5.0 t ha ⁻¹ CG	62 500	8-10	10	72-79	76	92-98	96	132-139	136	160-166	164
T-9	5.0 t ha ⁻¹ CG	50 000	8-11	10	71-76	74	90-97	95	133-137	136	162-166	165
T-10	280-160-00 NPK	83 250	10-12	11	72-78	75	92-98	95	132-139	137	162-167	166
T-11	280-160-00 NPK	62 500	9-11	10	72-80	78	93-100	97	130-137	135	163-168	166
T-12	280-160-00 NPK	50 000	9-12	11	74-78	75	94-101	99	131-136	134	161-168	167
Promedio (etapas fenológicas)			8 - 12	10	68-85	76	88-102	97	131-140	136	158-168	165

3.1.1. *Días a la emergencia*

La emergencia de las semillas se registró desde los 8 hasta 12 dds, observándose en los tratamientos con abonamientos orgánicos (compost de gallinaza) menor tiempo de germinación, frente a los tratamientos con abonos químicos que emergieron hasta en 12 dds.

Pinedo (2015), evaluando niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado, bajo condiciones del C. E. Canaán, reporta un tiempo de germinación a los 8 días después de la siembra (dds), para el 50% de la población de plantas del cultivo de maíz morado. Los datos que se reportan el presente ensayo son concordantes porque la evaluación se hizo al 80% de plantas emergidas.

Justiniano (2010), para las condiciones de La Molina (Lima), reporta que el 50% de la población de plantas de maíz morada emerge a los 7 días después de la siembra.

Los resultados del tiempo de emergencia en el presente trabajo, se produjo a los 10 dds, en promedio, con diferencias mínimas de los reportes de otras investigaciones, posiblemente por factores medioambientales distintos al lugar de la investigación.

3.1.2. *Días a la floración masculina (dds)*

El panojamiento (floración masculina), ocurrió entre 68 a 85 días, constatándose que los tratamientos abonados con menor nivel de compost de gallinaza (3.0 t ha^{-1}), el panojamiento fue entre 72 a 74 dds. En los tratamientos con niveles altos de compost de gallinaza y el abonamiento químico, el panojamiento fue en mayor tiempo (72 a 80 dds).

El trabajo de investigación sobre niveles de fertilización y variedades de maíz morado, realizado por Pinedo (2015), reporta que la floración masculina se produjo a los 90 dds, en promedio, demostrando mayor tiempo de floración masculina en comparación con los resultados del presente trabajo.

Justiniano (2010), para las condiciones de la costa central (La Molina, Lima), refiere que la floración masculina se alcanzó a los 96 días promedios después de la siembra tomando en cuenta 50% de plantas que presentaban estas características.

Los resultados que se obtuvieron en la presente investigación, señalan que la floración masculina se presentó a los 76 dds, en promedio, demostrando cierta precocidad con los reportes de las otras investigaciones.

3.1.3. *Días a la floración femenina (dds)*

Al abonar con menor nivel de compost de gallinaza (3.0 t ha^{-1}), la etapa de floración femenina se registró entre 97 a 99 dds. Los tratamientos con niveles altos de compost de gallinaza y abonamiento químico, produjeron la floración femenina entre 95 a 98 dds.

En forma general, la etapa de floración femenina se produjo a los 97 dds.

Según la Ficha técnica del maíz morado Vd. INIA 615-Negro Canaán, la floración femenina se presenta entre 84 a 92 dds, en condiciones de valles interandinos de la sierra. Los reportes de Pinedo, R. E. (2015), señala que la Vd. INIA 615-Negro Canaán, inicia con la floración femenina a los 97 dds.

Justiniano (2010), señala que la etapa de la floración femenina se considera cuando los estigmas están visibles fuera de las mazorcas, estas características se presentaron a los 102 días después de la siembra.

Mendoza (2017), para las condiciones del C. E. Canaán, reporta que la floración femenina entre las variedades de maíz morado varía entre 90.37 (INIA-615) y 96.37 (UNC-47) dds. En las variedades UNC-47, Arequipeño, Canteño, INIA-601 y PMV-58, la floración femenina se produjo en 96.37, 95.80, 95.50, 94.77 y 94.60 dds, respectivamente.

En el presente trabajo de investigación, la etapa de floración femenina se registró a 97 dds, en promedio, concordantes con los reportes referidos.

3.1.4. *Días a la madurez fisiológica (dds)*

La madurez fisiológica, evidenciado por presentar granos en estado pastoso (40% de humedad), se presentó entre 136 a 138 dds, cuando el abonamiento fue con 3.0 t ha^{-1} de compost de gallinaza. En los tratamientos con mayor nivel de compost de gallinaza y

con abonamiento químico, la madurez fisiológica se presentó en menor tiempo, entre 134 a 136 dds.

Según Justiniano (2010), la madurez fisiológica se indica cuando los granos de la mazorca están dentados o en dentición; en esta etapa, la cáscara del grano es casi totalmente morada y los granos comienzan a secarse desde la parte superior, creando una pequeña capa dura. Afirma que el cultivo de maíz morado alcanzó el 50% de plantas con estas características a los 48 días después de la floración femenina, lo que corresponde a 150 días después de la siembra.

Mendoza (2017), reporta que la madurez fisiológica en las variedades de maíz morado INIA-615, se presentó a los 139.80 dds; en la variedad PMV-581, a los 142.4 dds. En las variedades Canteño, INIA-601 y UNC-47, se registró a los 140.93, 140.80 y 140.60 dds, respectivamente.

Los reportes señalados, no difieren a los resultados del presente trabajo, porque la madurez fisiológica se produjo a los 136 dds.

3.1.5. Días a la madurez de cosecha (dds)

En la madurez de cosecha, los granos están totalmente formados y con las características morfológicas bien definidas, según la variedad y con un contenido de humedad entre 18 a 20%. Esta etapa, se presentó a los 163 a 164 dds en los tratamientos con 3.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza. En los tratamientos con mayor nivel de compost de gallinaza y con abonamiento químico, la madurez de cosechas ocurrió entre 165 a 167 dds.

Según Justiniano (2010), en el contexto de las condiciones de la costa central (La Molina, Lima), la madurez de la cosecha comienza cuando la capa dura de almidón envuelve completamente los granos de la mazorca y cuando la capa de abscisión del grano muestra una coloración marrón o negra en su base. Durante el ensayo, el cultivo alcanzó el 50% de plantas con estas características a los 77 días después de la floración femenina (179 días).

Por su parte Caballero (2013), reporta que la madurez de cosecha del maíz morado se presentó a los 146 dds; así mismo, señala a Huamán (2007) que registró la madurez de cosecha a los 164.7 días después de la siembra. En el presente ensayo, la madurez de cosecha se registró a los 165 dds, concordantes con los reportes de las investigaciones mencionadas.

3.2. Variables de productividad

3.2.1. *Altura de planta (m)*

Los cálculos realizados en el ANVA de la tabla 3.2, se denota que las fuentes de abonamiento y la interacción entre fuentes de abonamiento y la densidad de plantas no presentan significación estadística; para densidades de plantas, presento alta significación estadística, demostrando influencia en la altura de planta del cultivo de maíz.

El coeficiente de variación fue 3.46% estableciéndose que los datos obtenidos para el procesamiento estadístico, fueron adecuados.

Tabla 3.2

Análisis de varianza de la altura de planta, por influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.

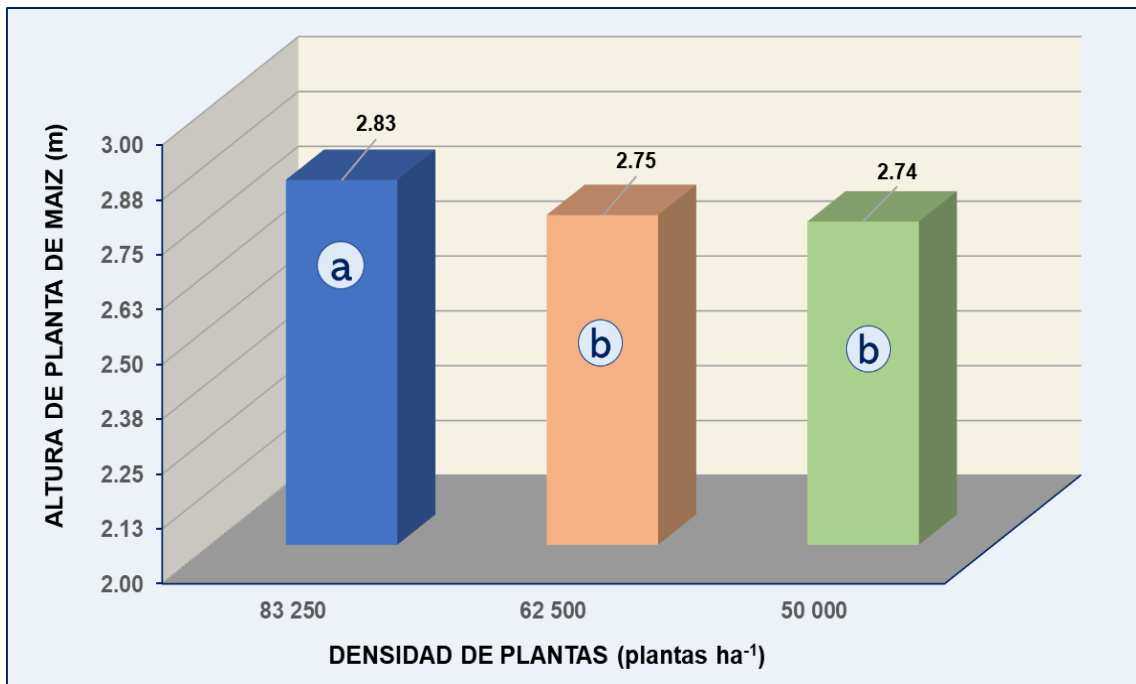
Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	0.03451667	0.01725833	1.86	0.1787	N.S
Tratamiento	11	0.19360000	0.01760000	1.90	0.0962	N.S
Fuentes de abonamiento (A)	3	0.02422222	0.00807407	0.87	0.4705	N.S
Densidades de plantas (D)	2	0.06260000	0.03130000	3.38	0.0524	**
A x D	6	0.10677778	0.01779630	1.92	0.1220	N.S
Error	22	0.20368333	0.00925833			
Total	35	0.43180000				

Coeficiente de Variabilidad = 3.46 %

La prueba de Tukey ($p=0.05$), graficado en la figura 3.1, señala que la mayor densidad de plantas ($83\ 250$ plantas ha^{-1}) produjo plantas con una altura de 2.83 m, presentando diferencias estadísticas de 2.75 y 2.74 m que se obtuvo con $62\ 500$ y $50\ 000$ plantas ha^{-1} , respectivamente, sin diferencias estadísticas entre estos valores.

Figura 3.1

Prueba de Tukey ($p=0.05$) de los promedios de la altura de planta, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.



Los resultados de la presente evaluación, demuestran que la mayor densidad de plantas en las parcelas, incrementa la altura de planta como consecuencia de la menor luminosidad entre los cultivos.

López, S. C. (2019), reporta una altura de planta de 195.5 cm, manejando una densidad de 60 000 plantas ha⁻¹; manejando una densidad de 70 000 plantas ha⁻¹ se registró una altura de 197.7 cm; y conduciendo 80 000 plantas ha⁻¹, la altura fue 185.16 cm.

Caballero, M. A. (2013) reporta que, la diferencia de la altura de planta es por el efecto de los niveles crecientes del abonamiento con guano de isla; con una aplicación de 3.0 y 4.0 t ha⁻¹ y con abonamiento químico, la altura de planta fue 2.88, 2.90 y 2.90 m.

3.2.2. *Numero de mazorcas por planta*

El ANVA, calculado en la tabla 3.3, muestra que la fuente de abonamiento presentó alta significación estadística, denotando influencia en el número de mazorcas por planta; mientras tanto, la fuente de variación densidades de plantas y la interacción de fuentes de abonamientos con densidades de plantas no presentaron significación estadística. El coeficiente de variabilidad de la prueba estadística fue 9.97%, considerado un valor adecuado.

Tabla 3.3

Análisis de varianza del número de mazorcas por planta, por influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.

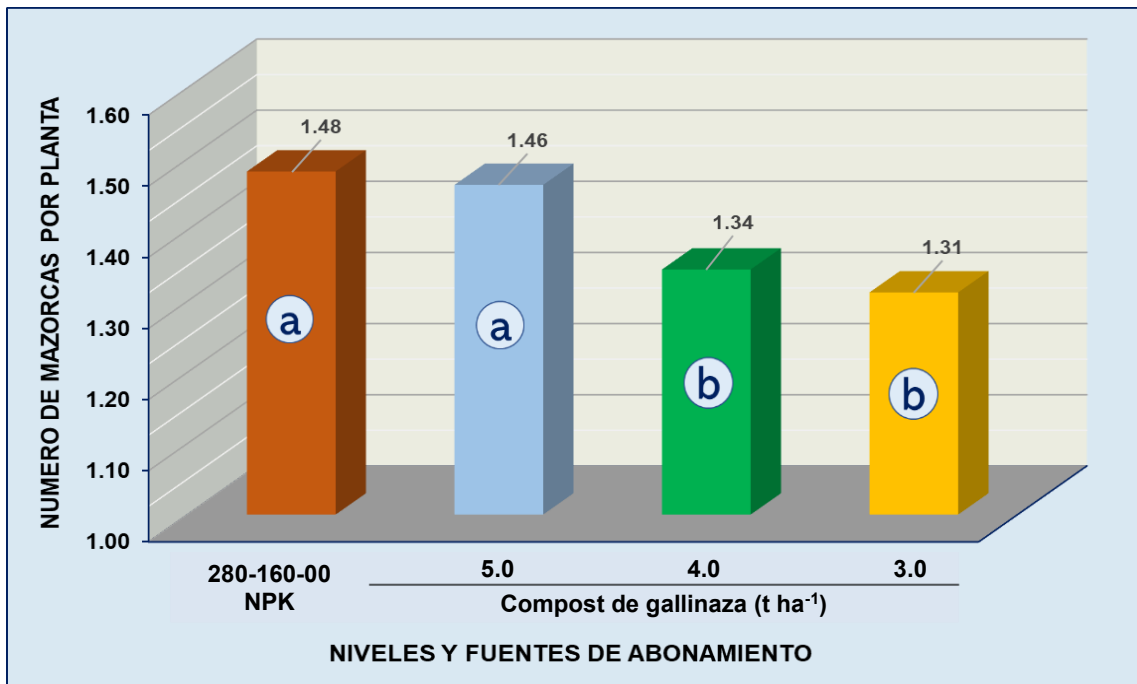
Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	0.01340556	0.00670278	0.34	0.7130	N.S
Tratamiento	11	0.27718889	0.02519899	1.29	0.2921	N.S
Fuentes de abonamiento (A)	3	0.19405556	0.06468519	3.32	0.0387	*
Densidades de plantas (D)	2	0.01300556	0.00650278	0.33	0.7201	N.S
A x D	6	0.07012778	0.01168796	0.60	0.7279	N.S
Error	22	0.42919444	0.01950884			
Total	35	0.71978889				

Coeficiente de Variabilidad = 9.97 %

Según la Prueba de Tukey ($p=0.05$), graficado en la figura 3.2, reporta que aplicando un nivel de abonamiento químico (280-160-00 de NPK) y 5.0 t ha^{-1} de compost de gallinaza, se obtiene 1.48 y 1.46 mazorcas por planta, respectivamente, sin denotar diferencias estadísticas. Utilizando un nivel de 4.0 y 3.0 t ha^{-1} de compost de gallinaza, produce 1.34 y 1.31 mazorcas por planta, respectivamente, sin diferencias estadísticas.

Figura 3.2

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del número de mazorcas por planta en las densidades de plantas, correspondiente a las fuentes de abonamiento, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.



Caballero (2013), al evaluar niveles de guano de islas y densidad de plantas en el cultivo de maíz morado, señala que el número de mazorcas por planta no tiene influencia de los factores en estudio, reporta un promedio de 1.3 mazorcas por planta.

Los resultados obtenidos en el presente ensayo son concordantes con los reportes mencionados.

3.2.3. *Peso de mazorca*

Los reportes del ANVA, según la tabla 3.4, señala alta significación estadísticas para la fuente de variación densidades de plantas; sin embargo, para fuentes de abonamiento y para la interacción fuentes de abonamientos con densidades de plantas no presentaron significación estadística. Según estos resultados el peso de mazorcas en el maíz morado esta influenciado por las densidades de plantas. El coeficiente de variabilidad de la prueba estadística fue 8.79%, considerado un valor adecuado.

Tabla 3.4

Análisis de varianza del peso de mazorcas, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.

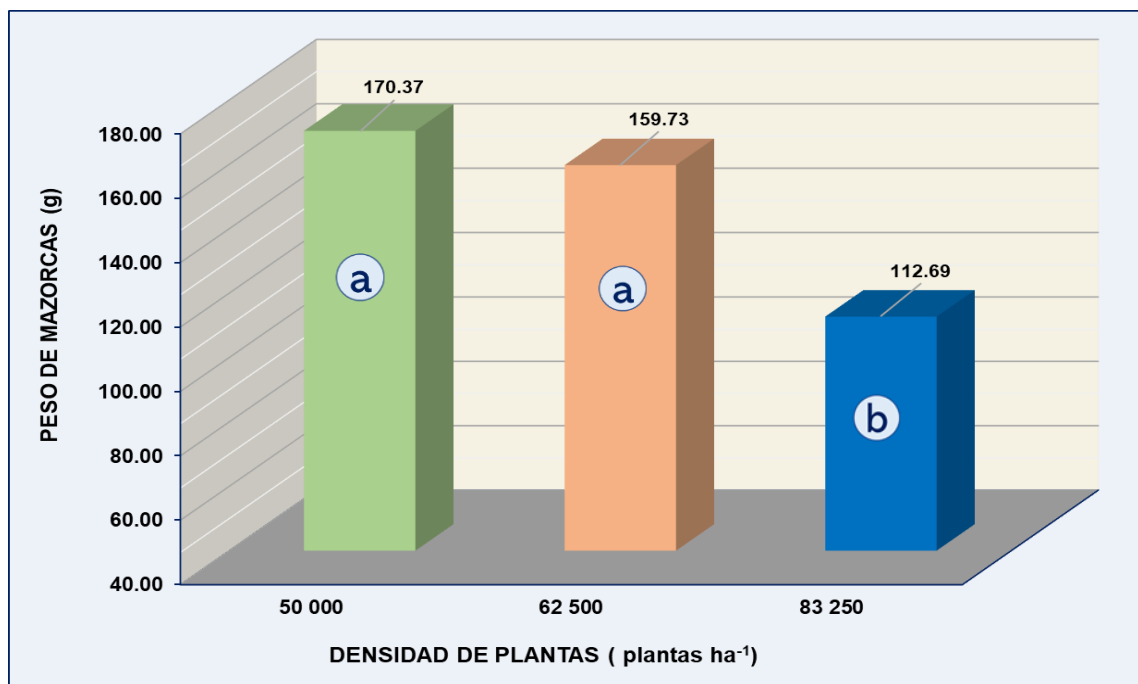
Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	85.883939	42.941969	0.22	0.8068	N.S
Tratamiento	11	4555.933989	414.175817	2.09	0.0679	N.S
Fuentes de abonamiento (A)	3	668.234056	222.744685	1.12	0.3607	N.S
Densidades de plantas (D)	2	2503.947372	1251.973686	6.32	0.0068	**
A x D	6	1383.752561	230.625427	1.16	0.3605	N.S
Error	22	4358.172728	198.098760			
Total	35	8999.990656				

Coefficiente de Variabilidad = 8.79 %

Los promedios del peso de mazorcas, calculadas según la prueba de Tukey ($p=0.05$), de la figura 3.3, reportan que 50 000 y 62 500 plantas ha^{-1} produjeron mazorcas con un peso de 170.37 y 159.73 g, respectivamente, sin diferencias estadísticas. Manejando 83 250 plantas ha^{-1} se obtuvo solo mazorcas con un peso de 112.69 g.

Figura 3.3

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del peso de mazorcas por planta, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.



Caballero, M. A. (2013), al evaluar niveles de guano de islas y densidades de plantas por ha, reporta una tendencia del aumento del peso de la mazorca cuando los niveles de guano de isla se incrementan; con la aplicación de 4.0 y 3.0 t ha⁻¹, y con una densidad de 93 750 plantas ha⁻¹, obtuvo mazorcas con un peso de 241.0 y 242.0 g, respectivamente.

López, S. C. (2019), en su trabajo de investigación sobre “densidad de siembra y momentos de aplicación de fosforo en el cultivo de maíz morado”, reporta un peso promedio de mazorcas de 126.9 g con una densidad de 60 000 plantas ha⁻¹, 117.0 g con una densidad de 80 000 plantas ha⁻¹ y 110.1 g con una densidad de 70 000 plantas ha⁻¹.

Los resultados del presente trabajo, denotan que la densidad de siembra influye en el peso de mazorcas por planta; observándose que, el peso de mazorcas es mayor cuando se maneja menor densidad de plantas, porque las plantas tienen mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo para incrementar su capacidad productiva, corroborado por los resultados de los reportes señalados.

3.2.4. Longitud de mazorcas

Los cálculos realizados en el ANVA de la tabla 3.5, denotan que las fuentes de variación de los efectos principales y la interacción de fuentes de abonamiento con densidades de plantas no presentaron significación estadística. Por los resultados de la prueba estadística, se deduce que las fuentes de abonamiento y las densidades de plantas no tuvieron influencias en la longitud de mazorcas en el cultivo de maíz morado. El coeficiente de variabilidad de 7.10 %, muy adecuado para la prueba estadística.

Aun, cuando la comparación de promedios de la longitud de mazorcas no muestra diferencias estadísticas, se obtuvo una longitud de 13.47 cm como promedio general, con tendencia a incrementar, con mayor nivel de gallinaza y con menor densidad de plantas.

Tabla 3.5

Análisis de varianza de la longitud de mazorcas, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.

Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	0.96905000	0.48452500	0.53	0.5966	N.S
Tratamiento	11	9.81940000	0.89267273	0.97	0.4961	N.S
Fuentes de abonamiento (A)	3	0.49793333	0.16597778	0.18	0.9080	N.S
Densidades de plantas (D)	2	3.51421667	1.75710833	1.92	0.1707	N.S
A x D	6	5.80725000	0.96787500	1.06	0.4174	N.S
Error	22	20.15495000	0.91613409			
Total	35	30.94340000				

Coefficiente de Variabilidad = 7.10 %

Caballero, M. A. (2013), conduciendo una densidad de 93 750 plantas ha⁻¹ y con abonamientos de 3.0 y 4.0 t ha⁻¹ de guano de islas y con fertilización química (180-180-120 de NPK), la longitud de mazorcas fue 17.0, 16.9 y 17.0 cm, respectivamente; con una densidad de 66 667 plantas ha⁻¹, aplicando los mismos niveles y clases de abonamiento, produjo mazorcas de mayor tamaño, reportando 17.2, 17.2 y 17.3 cm respectivamente.

López, S. C. (2019), reporta que una densidad de 60 000, 80 000 y 70 000 plantas ha⁻¹, produjo una longitud de mazorcas de 15.31, 14.73 y 14.48 cm, respectivamente.

Los valores de la longitud de mazorcas del presente ensayo son casi similares por los reportados por otros autores.

3.2.5. *Diámetro mazorcas*

Según la tabla 3.6, los cálculos del ANVA, reportaron que las fuentes de variación fuentes de abonamiento y la interacción entre fuentes de abonamiento y densidades de plantas no presentaron significación estadística; para densidades de plantas se encontró alta significación estadísticas, evidenciando que las densidades de siembra influyen en el diámetro de las mazorcas de maíz. El Coeficiente de variabilidad fue 2.40%.

Tabla 3.6

Análisis de varianza del diámetro de mazorcas, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.

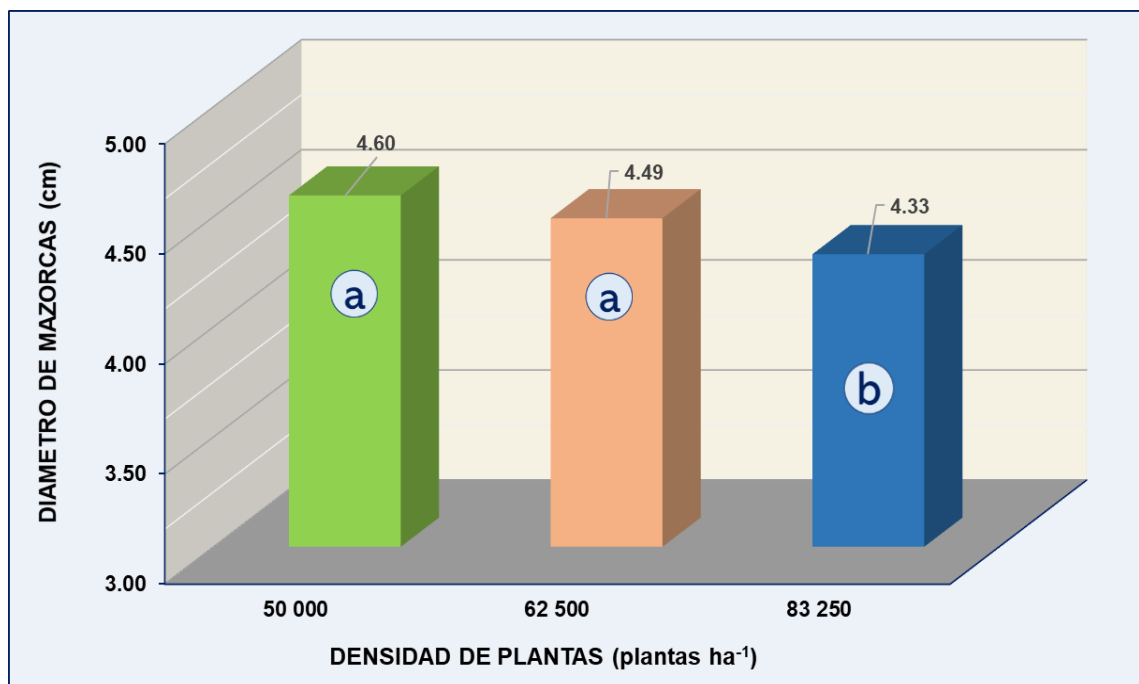
Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	0.00101667	0.00050833	0.04	0.9571	N.S
Tratamiento	11	0.65716667	0.05974242	5.17	0.0005	**
Fuentes de abonamiento (A)	3	0.07790000	0.02596667	2.25	0.1113	N.S
Densidades de plantas (D)	2	0.43386667	0.21693333	18.77	<.0001	**
A x D	6	0.14540000	0.02423333	2.10	0.0950	N.S
Error	22	0.25431667	0.01155985			
Total	35	0.91250000				

Coefficiente de Variabilidad = 2.40 %

La tabla de Tukey ($p=0.05$), de la figura 3.4, muestra un diámetro de mazorcas de 4.60 y 4.49 cm cuando se manejan 50 000 y 62 500 plantas ha^{-1} , respectivamente, sin demostrar diferencias estadísticas; cuando se maneja 83 250 plantas ha^{-1} , se logra solo 4.33 cm como diámetro de mazorcas.

Figura 3.4

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del diámetro de mazorcas, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.



Los resultados obtenidos demuestran que, a mayor densidad de plantas, hay mayor competencia por nutrientes, espacio, humedad y luminosidad, causando que el desarrollo de las plantas se ven disminuidos; por tanto, hay poco desarrollo de las mazorcas.

Caballero, M. A. (2013), reporta una tendencia del aumento del diámetro de mazorca cuando los niveles de guano de islas se incrementan, señalando que 93 750 plantas ha⁻¹, y aplicando 3.0 y 4.0 t ha⁻¹ de guano de las islas y con fertilización química (200-200-180 de NPK), el diámetro de mazorcas fue de 4.5 cm, respectivamente. Con una densidad de 66 667 plantas ha⁻¹ y con los niveles y clases de abonamiento, el diámetro de mazorca fue mayor con 4.6, 4.7 y 4.6 cm, respectivamente.

López, S. C. (2019), estudiando las densidades de plantas en el cultivo de maíz morado, reporta que una densidad de 80 000, 60 000 y 70 000 plantas ha⁻¹, produjo mazorcas con un diámetro de 4.69, 4.67 y 4.64 cm, respectivamente.

Los resultados obtenidos, concordantes con los reportes de las investigaciones mencionadas, demuestran que mayores densidades de plantas, presentan competencias intraespecíficas por nutrientes, espacio, humedad y luminosidad, causando que el desarrollo de las plantas se ven disminuidos; por tanto, hay poco desarrollo de las mazorcas.

3.2.6. *Peso de 1000 semillas*

Los informes de ANVA que se muestran en la Tabla 3.7 indican que la fuente de variación (densidades de plantas) presenta un alto nivel de significancia estadística. No se encontró significancia estadística para las fuentes de fertilizantes ni para la interacción entre estas y las densidades de plantas. El coeficiente de variabilidad fue del 7,62 %, lo cual se considera muy adecuado para las pruebas estadísticas.

Tabla 3.7

Análisis de varianza del peso de 1000 semillas, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.

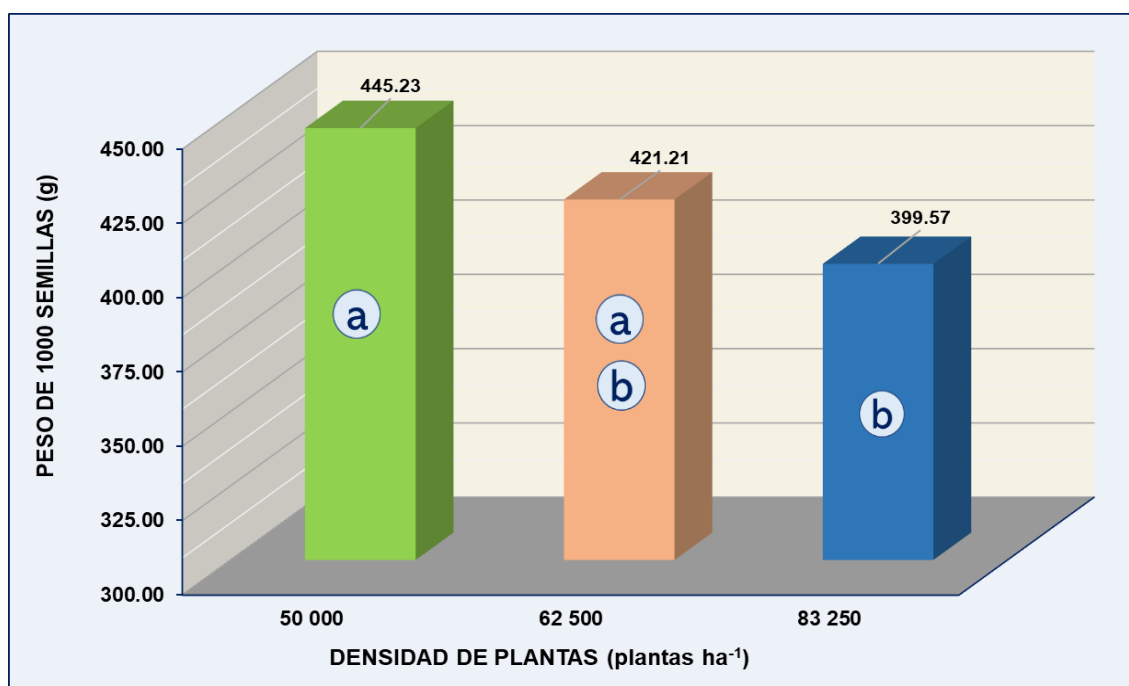
Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	1742.63536	871.31768	0.84	0.4441	N.S
Tratamiento	11	20527.99116	1866.18101	1.80	0.1150	N.S
Fuentes de abonamiento (A)	3	1638.58614	546.19538	0.53	0.6677	N.S
Densidades de plantas (D)	2	12519.92551	6259.96275	6.05	0.0080	**
A x D	6	6369.47952	1061.57992	1.03	0.4346	N.S
Error	22	22755.24838	1034.32947			
Total	35	45025.87490				

Coefficiente de Variabilidad = 7.62 %

Al comparar los promedios obtenidos en la Prueba de Tukey ($p=0.05$), figura 3.5, se observa un peso de 1000 semillas de 445.23 y 421.21 g con densidades 50 000 y 62 500 plantas ha^{-1} , respectivamente, sin diferencias estadísticas. Con 83 250 plantas ha^{-1} se logró 399.57 gr, constituyendo el menor peso de 1000 semillas.

Figura 3.5

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del peso de mil semillas, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.



Torres (2021) reporta que el peso de mil semillas, varía de 489.3 a 487.8 gr, con 62500 y 93750 plantas ha⁻¹, respectivamente, sin diferencias estadísticas; con abonamientos orgánicos (1.0 y 2.0 t ha⁻¹), el peso de 1000 semillas fluctúa entre 489.3 a 500.3 g.

Según Álvarez (2020), quien examinó los efectos de la fertilización y la época de siembra en el rendimiento del maíz morado, el peso de 1000 semillas fue de 453.40 g, 449.38 g y 446.95 g al utilizar fertilizante químico (84-140-110 NPK) y guano de isla en dosis de 2.0 y 1.5 t ha⁻¹, respectivamente, sin observarse diferencias estadísticas; mientras que, con 1.0 t ha⁻¹ de guano de isla, presentó 371.57 gr.

3.2.7. Rendimiento de mazorcas de primera calidad

Al realizar el ANVA la tabla 3.8, señala una alta significación estadística para la fuente de variación densidades de plantas y para densidades de plantas; para la interacción entre fuentes de abonamiento y densidades de plantas, no se encontró significación estadística. El coeficiente de variabilidad fue 14.71%, considerado muy adecuado para las pruebas estadísticas.

Tabla 3.8

Análisis de varianza del rendimiento de mazorcas de primera calidad, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.

Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	421115.58	210557.79	0.72	0.4964	N.S
Tratamiento	11	72627809.17	6602528.11	22.67	<.0001	**
Fuentes de abonamiento (A)	3	30332140.04	10110713.35	34.72	<.0001	**
Densidades de plantas (D)	2	38823014.88	19411507.44	66.66	<.0001	**
A x D	6	3472654.25	578775.71	1.99	0.1111	N.S
Error	22	6406386.84	291199.40			
Total	35	79455311.59				

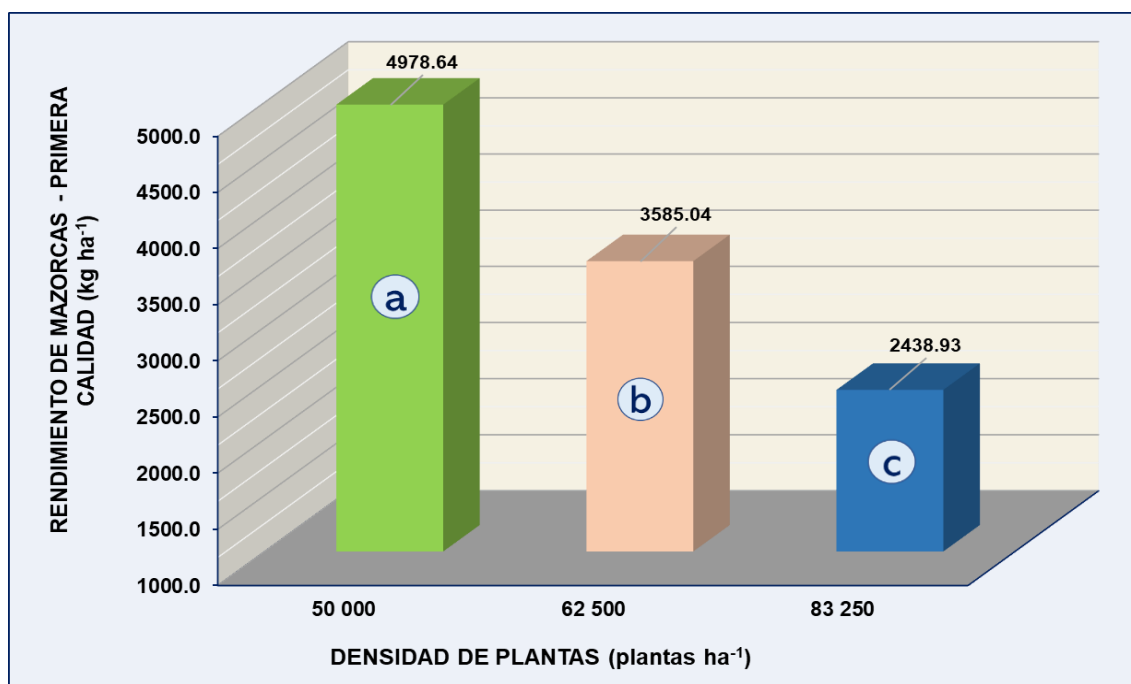
Coeficiente de Variabilidad = 14.71 %

La prueba de Tukey (p=0.05), graficado en la figura 3.6, señala que conduciendo 50 000 plantas ha⁻¹, se logra un rendimiento de 4 978.64 kg ha⁻¹ de mazorcas de primera

calidad, con diferencias estadísticas de 3 585.04 kg ha⁻¹ que se obtuvo con una densidad de plantas de 62 500 plantas ha⁻¹; así mismo, con una densidad de plantas de 83 250 plantas ha⁻¹, solo se logró un rendimiento de 2 438.93 kg ha⁻¹ de mazorcas de primera calidad.

Figura 3.6

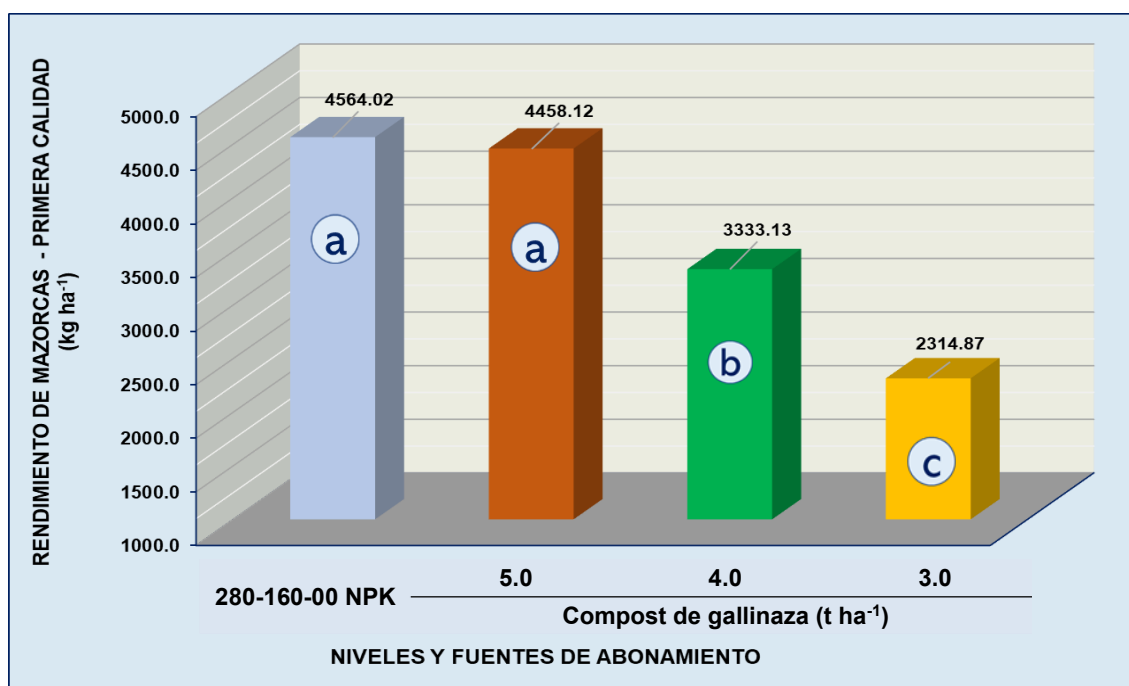
Prueba de Tukey (p=0.05) del rendimiento de mazorcas de primera calidad, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.



La comparación de promedios, según la prueba de Tukey (p=0.05), figura 3.7, reporta que utilizando un nivel de abonamiento químico de 280-160-00 de NPK y 5.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza, produce rendimientos de 4 564.02 y 4 458.12 kg ha⁻¹, respectivamente, sin denotar diferencias estadísticas. Con niveles de 4.0 y 3.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza, se logró rendimientos menores de 3 333.13 y 2 314.87 kg ha⁻¹, respectivamente, con diferencias estadísticas entre estos valores.

Figura 3.7

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del rendimiento de mazorcas de primera calidad, correspondiente a fuentes de abonamiento, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.



Los resultados de la investigación de López (2019), reporta que manejando una densidad de 80 000 plantas ha⁻¹, produjo un rendimiento de 7 147 kg ha⁻¹ de mazorcas de primera calidad; con 70 000 plantas ha⁻¹, logro 60027 kg ha⁻¹; conduciendo 60 000 plantas ha⁻¹, logro un menor rendimiento de 5 625 kg ha⁻¹.

Torres (2021) bajo las mismas condiciones del lugar de ensayo, reporta un rendimiento de mazorcas de primera calidad de 9 031.3 kg ha⁻¹ con un nivel de 2.0 t ha⁻¹ de abono orgánico “mallki” complementado con abonamiento químico (120-100-80 de NPK).

Los resultados obtenidos son menores, porque se utilizó un terreno de poca fertilidad y con fuentes de abonamiento menores; MIDAGRI (2021), señala los terrenos destinados al maíz deben ser fértiles y con buen contenido de materia orgánica (más de 2,5 %), no ácido, no muy pendiente y con buen drenaje, justificando los menores rendimientos del presente ensayo.

3.2.8. Rendimiento de mazorcas de segunda calidad

Según los resultados de los cálculos estadísticos del ANVA, tabla 3.9, la fuente

de variación densidades de plantas, resulto con significación estadísticas; mientras tanto, fuentes de abonamiento y la interacción entre fuentes de abonamiento y densidades de plantas no presentaron significación estadística. El coeficiente de variabilidad fue 15.39%, cuyo valor es aceptable. La comparación de promedios efectuados mediante la prueba de Tukey ($p=0.05$), figura 3.8, presentaron rendimientos de mazorcas de segunda calidad de 1941.48 y 1831.38 kg ha⁻¹, conduciendo 83 250 y 62 500 plantas ha⁻¹, respectivamente, sin demostrar diferencias estadísticas. El menor rendimiento de mazorcas de segunda calidad, se produjo con una densidad de 50 000 plantas ha⁻¹.

Tabla 3.9

Análisis de Varianza del rendimiento de mazorcas de segunda calidad, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.

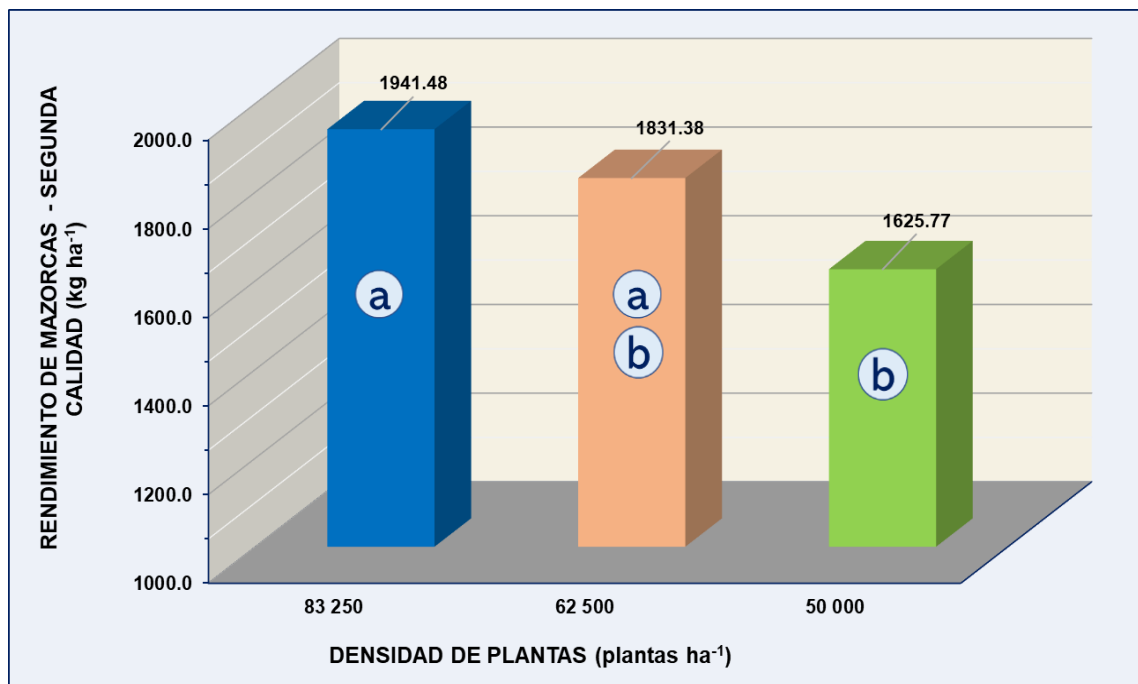
Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	317894.634	158947.317	2.07	0.1499	N.S
Tratamiento	11	2005501.081	182318.280	2.38	0.0405	*
Fuentes de abonamiento (A)	3	225854.020	75284.673	0.98	0.4197	N.S
Densidades de plantas (D)	2	616268.516	308134.258	4.02	0.0326	*
A x D	6	1163378.545	193896.424	2.53	0.0516	N.S
Error	22	1688209.951	76736.816			
Total	35	4011605.666				

Coeficiente de Variabilidad = 15.39 %

López, S. C. (2019), reporta un rendimiento de mazorcas de segunda en 1 838 kg ha⁻¹ con 80 000 plantas ha⁻¹; con una densidad de 70 000 plantas ha⁻¹, logro 1 588 kg ha⁻¹; y con 60 000 plantas ha⁻¹, el rendimiento de mazorcas de segunda calidad, fue de 1 471 kg ha⁻¹.

Figura 3.8

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del rendimiento de mazorcas de segunda calidad, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2024.



Torres (2021), sobre la producción de maíz morado de segunda calidad, reporta un rendimiento de 1 588.1 kg ha⁻¹ con una densidad de 93 750 planta ha⁻¹, mientras 62 500 plantas ha⁻¹ produjo 983.2 kg ha⁻¹. Los reportes de las investigaciones mencionadas y los datos que se logró en el presente trabajo de investigación, corroboran que, a mayor densidad de plantas, los rendimientos de mazorcas de segunda calidad son mayores, frente a menores densidades de plantas, demostrando que la competencia intraespecífica influye negativamente en la producción del cultivo.

3.2.9. Rendimiento total de mazorcas

El ANVA, calculado en la tabla 3.10, señala que las fuentes de variación de los efectos principales y la interacción de las fuentes de abonamiento y densidades de plantas, presentaron alta significación estadística; por tanto, es necesario realizar un ANVA de los efectos simples para determinar la influencia de las fuentes de abonamiento en cada uno de las densidades de plantas; así como, las densidades de plantas en cada uno de las fuentes de abonamiento que influyeron en el rendimiento total de mazorcas en el cultivo de maíz morado. El coeficiente de variabilidad fue 8.40%, valor adecuado para la validez de los datos procesados.

Tabla 3.10

Análisis de varianza del rendimiento total de mazorcas, por influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.

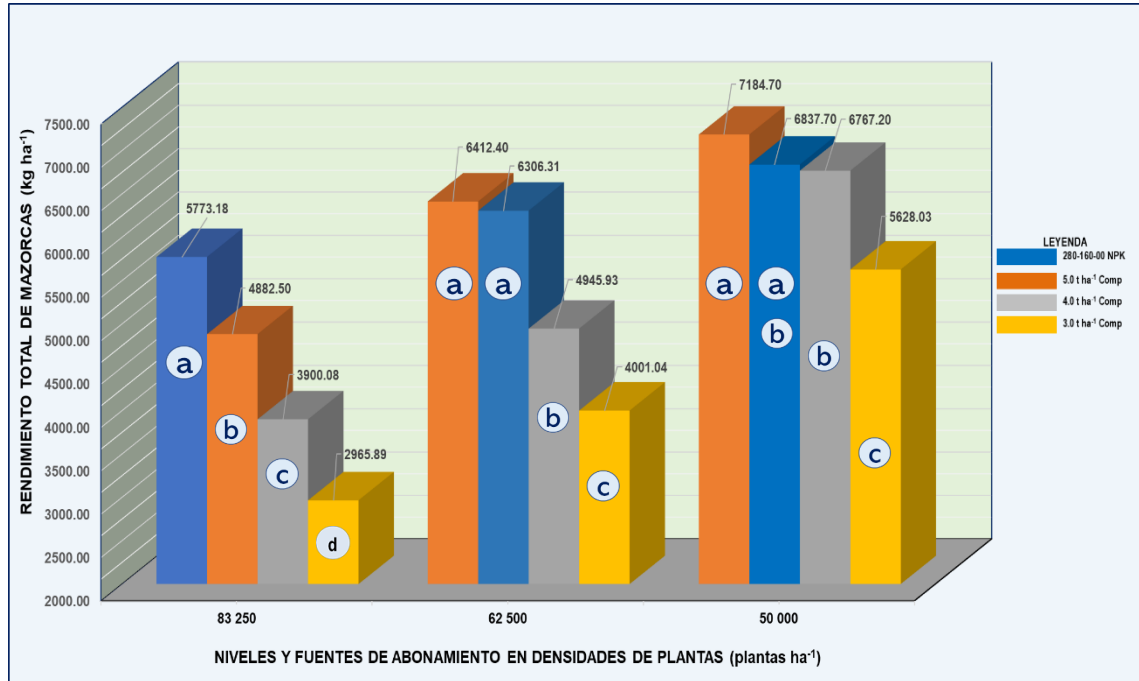
Fuente de variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	516126.08	258063.04	1.22	0.3136	N.S
Tratamiento	11	59132102.07	5375645.64	25.47	<.0001	**
Fuentes de abonamiento (A)	3	25758271.65	8586090.55	40.69	<.0001	**
Densidades de plantas (D)	2	29723143.17	14861571.59	70.42	<.0001	**
A x D	6	3650687.24	608447.87	2.88	0.0315	*
Fuentes abonam. en 83 250 plant ha ⁻¹	3	24493189.50	12246594.75	58.03	<.0001	**
Fuentes abonam. en 62 500 plant ha ⁻¹	3	4717658.75	2358829.38	11.18	0.0004	**
Fuentes abonam. en 50 000 plant ha ⁻¹	3	1970188.74	985094.37	4.67	0.0204	**
Densidad en Abonamiento químico	2	8237191.69	4118595.84	19.52	<.0001	**
Densidad 1 en niveles de GI						
R. lineal	1	10630484.07	10630484.07	50.37	<0.0001	**
R. cuadrático	1	175145.18	175145.18	0.83	0.3722	NS
Densidad 2 en niveles de GI						
R. lineal	1	6036.32	6036.32	0.03	0.8672	NS
R. cuadrático	1	6867131.53	6867131.53	32.54	<0.0001	**
Densidad 3 en niveles de GI						
R. lineal	1	1157362.27	1157362.27	5.48	0.0286	*
R. cuadrático	1	1890825.33	1890825.33	8.96	0.0067	**
Error	22	4642759.52	211034.52			
Total	35	64290987.67				

Coefficiente de Variabilidad = 8.40 %

La prueba de Tukey (p=0.05), graficado en la figura 3.9, reporta que conduciendo una densidad de 83 250 plantas ha⁻¹, produjo rendimientos de 5 773.18; 4 882.50; 3 900.08 y 2965.89 kg ha⁻¹, con abonamiento químico (280-160-00 NPK), 5.0; 4.0; y 3.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza, respectivamente, demostrando diferencias estadísticas entre estos valores.

Figura 3.9

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del rendimiento total de mazorcas, correspondiente a densidades de plantas en cada una de las fuentes de abonamiento, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.

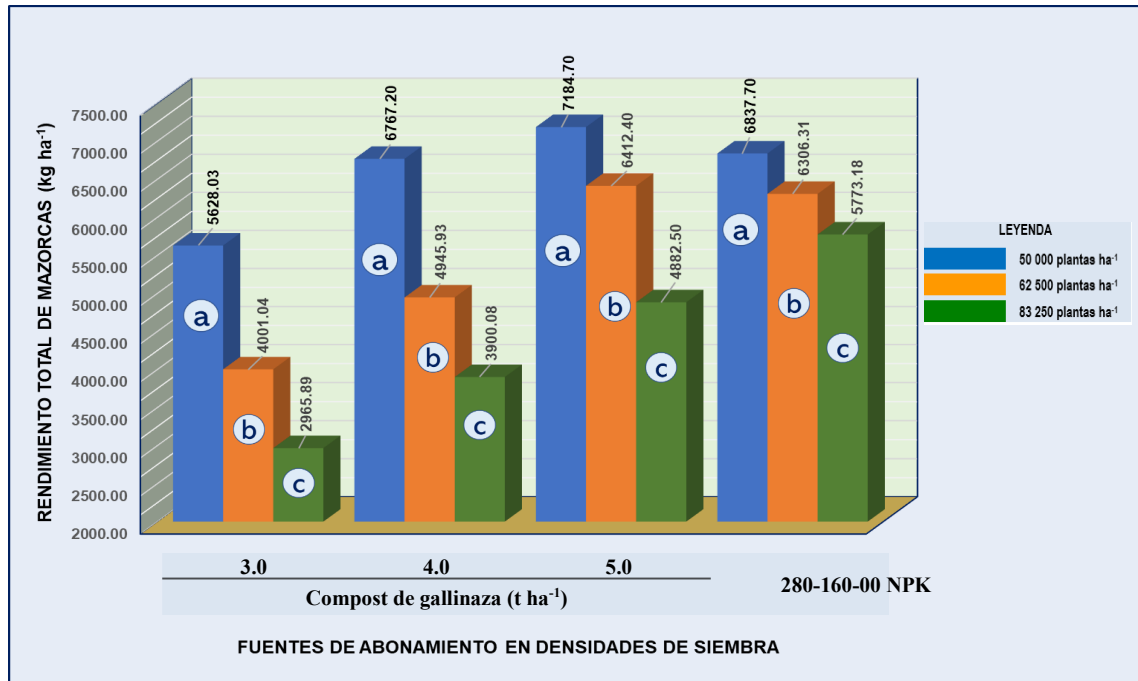


Al conducir 62 500 plantas ha⁻¹, se logró un rendimiento de 6 412.40 y 6 306.31 kg ha⁻¹, empleando 5.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza y abonamiento químico (280-160-00 de NPK), respectivamente, sin diferencias estadísticas; con 4.0 y 3.0 t ha⁻¹, se logró un rendimiento de 4 945.93 y 4001.04 kg ha⁻¹, respectivamente, denotando diferencias estadísticas entre estos valores.

De igual manera, conduciendo 50 000 plantas ha⁻¹, produjo rendimientos de 7 184.70 y 6 837.70, empleando 5.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza y abonamiento químico (280-160-00 NPK), respectivamente, sin denotar diferencias estadísticas; con 4.0 y 3.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza, se obtuvo rendimientos de 6 767.20 y 5 628.03 kg ha⁻¹, respectivamente presentado diferencias estadísticas.

Figura 3.10

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del rendimiento total de mazorcas, correspondiente a fuentes de abonamiento en cada una de las densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.



La comparación de promedios del rendimiento total de mazorcas en el cultivo de maíz morado, comparado con la prueba de Tukey ($p=0.05$) en la figura 3.10, reporta que un nivel de 3.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza produce rendimientos de 5 628.03, 4 001.04 y 2 965.89 kg ha⁻¹, conduciendo 50 000, 62 500 y 83 250 plantas ha⁻¹, respectivamente, demostrando diferencias estadísticas entre estos valores.

Con un nivel de 4.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza se obtuvo rendimientos de 6 767.20, 4 945.93 y 3 900.08 kg ha⁻¹, conduciendo 50 000, 62 500 y 83 250 plantas ha⁻¹, respectivamente, demostrando diferencias estadísticas entre estos valores.

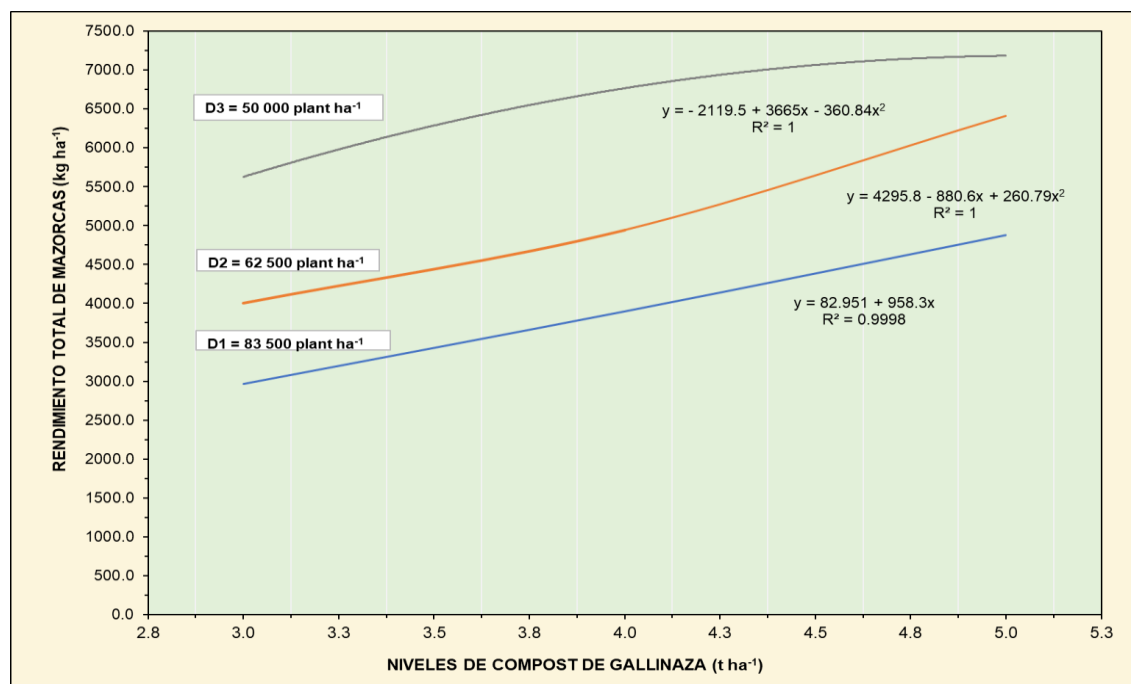
De igual forma un nivel de 5.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza, presento rendimientos de 7 184.70, 6412.40 y 4882.50 kg ha⁻¹, conduciendo 50 000, 62 500 y 83 250 plantas ha⁻¹, respectivamente, demostrando diferencias estadísticas entre estos valores.

Con abonamiento químico (280-160-00 NPK), los rendimientos fueron: 6 837.7, 6 306.31 y 5 773.18 kg ha⁻¹, conduciendo 50 000, 62 500 y 83 250 plantas ha⁻¹, respectivamente, demostrando diferencias estadísticas entre estos valores.

Los resultados de la interacción de las fuentes de abonamiento en cada uno de las densidades de siembra y de las densidades de siembra en cada uno de las fuentes de abonamiento, demostraron que a menor densidad (50 000 plantas ha⁻¹) el rendimiento total de mazorcas es mayor; así mismo, la mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo con altos niveles de abonamiento orgánico y con abonamientos químicos, se incrementa los rendimientos.

Figura 3.11

Regresión del rendimiento total de mazorcas en función de los efectos de niveles de compost de gallinaza en cada uno de las densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.



En la Figura 3.11 se muestran los modelos de regresión del rendimiento total de mazorcas en cada una de las densidades de plantas, observándose que con una densidad de 83 500 planta ha⁻¹, la tendencia es una regresión lineal con un modelo matemático correspondiente a $Y = 82.951 + 958.3x$, denotando que el incremento del rendimiento total de mazorcas es directamente proporcional al incremento de niveles de compost de gallinaza.

Con una densidad de 62 500 plantas ha⁻¹, el rendimiento total de mazorcas presentó una tendencia correspondiente a una regresión polinomial, cuyo modelo matemático es $Y = 4\ 295.8 - 880.6x + 260.79x^2$. Al realizar los cálculos del modelo matemático, se determinó un rendimiento óptimo de 3 552.43 kg ha⁻¹, al utilizar un nivel de 1.69 t ha⁻¹ de compost de gallinaza.

Así mismo, con una densidad de 50 000 plantas ha⁻¹, la tendencia de la regresión fue polinomial con un modelo matemático $Y = -2\ 119.5 + 3\ 665x - 360.84x^2$. De acuerdo a la fórmula matemática, se determinó un rendimiento óptimo de 7 186.7 kg ha⁻¹, abonando con 5.07 t ha⁻¹ de compost de gallinaza.

Uno de los pocos cultivos andinos que se fertiliza de forma constante es el maíz morado. Generalmente, se utiliza abundante estiércol (guano de corral), junto con fertilizantes como urea y fósforo, que se aplican en cantidades variables según el tipo de suelo; en algunos casos, estos fertilizantes se utilizan en mayores cantidades (MIDAGRI, 2021).

Los resultados de Torres (2021), para las condiciones edáficas y climáticas del Centro Experimental Canaán, señala que manejando 93 750 plantas ha⁻¹, alcanza un rendimiento total de 7 562.5 kg ha⁻¹; mientras con 62 500 plantas ha⁻¹ produjo 7 022.9 kg ha⁻¹; Así mismo, señala que aplicando 2.0 t ha⁻¹ del abono orgánico “Mallki”, complementado con abonamiento químico (120-100-80 de NPK) se logró un rendimiento total de 9 031.3 kg ha⁻¹; con niveles de “Mallki” en 1.0 t ha⁻¹, 2.0 y 1.0 t ha⁻¹ del abono “Pezagro”, se logró 7 645.87, 7 463.6 y 6 677.1 kg ha⁻¹, respectivamente, sin denotar diferencias estadísticas.

Por su parte, López (2019), reporta un rendimiento total de mazorcas de 9 380 kg ha⁻¹, con una densidad de 80 000 plantas ha⁻¹; con una densidad de 70 000 plantas ha⁻¹, obtuvo 7 935 kg ha⁻¹; y manejando 60 000 plantas ha⁻¹, alcanza 7 392 kg ha⁻¹.

Pinedo (2015), al evaluar los niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado bajo las condiciones de Canaán, reportó que el mayor rendimiento obtenido fue de 3,69 t ha⁻¹ con el nivel de fertilización 120-110-80 de NPK, seguido por los niveles 120-120-100 y 120-90-60, que alcanzaron rendimientos de 3,35 y 3,09 t ha⁻¹,

respectivamente. Estos valores difieren en cierta medida de los obtenidos en el presente ensayo, posiblemente debido a las diferentes condiciones en que se desarrollaron ambos estudios.

CONCLUSIONES

1. El abonamiento con 5.0 t ha^{-1} de compost de gallinaza fue muy beneficioso para el número de mazorcas por planta (1.46); sin embargo, no repercutió en las demás variables evaluadas.
2. Con una densidad de $50\,000 \text{ plantas ha}^{-1}$ se logró mazorcas con un peso de 170.37 g , con diámetro de 4.60 cm , el peso de 1000 semillas fue 445.23 g y produjo un rendimiento de $4\,978.64 \text{ kg ha}^{-1}$ de mazorcas de primera calidad; sin embargo, una densidad de $83\,250 \text{ plantas ha}^{-1}$ produjo plantas con una altura de 2.83 cm y los rendimientos de mazorcas de segunda calidad fue $1941.48 \text{ kg ha}^{-1}$.
3. Con la combinación de una densidad de $50\,000 \text{ planta ha}^{-1}$ y un abonamiento de 5.0 t ha^{-1} de compost de gallinaza, se consiguió un rendimiento total de mazorcas de $7\,184.70 \text{ kg ha}^{-1}$ de mazorcas. Así mismo, se determinó una regresión de tendencia polinomial $Y = -2\,119.5 + 3\,665x - 360.84x^2$, lográndose un rendimiento óptimo de $7\,186.7 \text{ kg ha}^{-1}$, abonando con 5.07 t ha^{-1} de compost de gallinaza.

RECOMENDACIONES

- Para lograr altos rendimientos en el cultivo de maíz morado, conducir 50 000 plantas ha^{-1} , aplicando 5.0 t ha^{-1} de compost de gallinaza.
- Continuar con las investigaciones sobre densidades de plantas y otras fuentes de abonamiento orgánico en distintos lugares y épocas de siembra, para establecer niveles óptimos de abonamiento orgánico en el cultivo de maíz morado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. ISSN En línea: 2709-877X <https://doi.org/10.51440/unsch.revistainvestigacion.29.1.2021.280>
- Barrera-Violeth, J. L.; Cabrales-Herrera, E. M. y Sáenz-Narváez, E. P. (2017). *Respuesta del maíz híbrido 4028 a la aplicación de enmiendas orgánicas en un suelo de Córdoba – Colombia*. Artículo Original. *Orinoquia* [online]. 2017, Vol. 21, N° 2, pp.38-45. ISSN 0121-3709. <https://doi.org/10.22579/20112629.416>.
- ABONOS BIORMIN (2020). Ficha técnica de la gallinaza compostada. <https://www.abonosconagricola.com/PDF/DOCUMENTOS-PAGINA-WEB/PRODUCTOS/GALLINAZA-COMPOSTADA/FICHA-TECNICA-GALLINAZA-COMPOSTADA.pdf?t=1599491004>.
- 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, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/86c4dbfc-c1b6-43ce-9b37-0a6545118099>
- Chunhuay, Y. (2017). *Evaluación del rendimiento de maíz amiláceo mediante la aplicación de guano de islas y trébol asociado al maíz en Allpas-Acobamba*. [Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1247>
- Duran, 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 para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Hermilio Valdizan – Huánuco]. <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. Artículo de Revisión. *Revista Lasallista de Investigación – Vol 2 No. 1*. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/88-gallinaza.pdf
- García, C. y Félix, J. A (2014). Manual para la producción de abonos orgánicos y

- biorracionales. Primera edición. Fundación Produce Sinaloa. Colección: Tecnologías para el productor. ISBN 978-607-8347-33-9. https://www.ciaorganico.net/documypublic/271_Manual_para_la_produccion_de_abonos_organicos_y_biorracionales.pdf
- Garro, J. (2016). El suelo y los abonos orgánicos. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria – INTA. Costa Rica. ISBN 978-9968-586-26-9. 106 p.
- GERENCIA REGIONAL DE AGRICULTURA (2020). Maíz morado en cifras. Boletín de información agraria. Región La Libertad. Disponible en: <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/BOLET%C3%8DN%20MA%C3%8DZ%20MORADO.pdf>
- Granados, E. (2015). *Efecto de bioestimulantes foliares en el rendimiento del cultivo de berenjena; Ocos, San Marcos*. [Tesis de Grado, Universidad Rafael Landívar. Facultad de ciencias Ambientales y Agrícolas, Guatemala]. <https://pdfslide.net/documents/universidad-rafael-landivar-facultad-de-efecto-de-bioestimulantes-foliares.html>.
- GRUPO FAGRO (2018). AMINOFISH. Fertilizante Líquido. Ficha Técnico. Disponible en: [https://fagro.mx/fichas-tecnicas/FT%20AMINOFISH%20\(MEX\)%202018.pdf](https://fagro.mx/fichas-tecnicas/FT%20AMINOFISH%20(MEX)%202018.pdf)
- INTAGRI (2015). La Gallinaza como fertilizante. Serie Agricultura Orgánica. Núm. 5. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinaza-como-fertilizante#:~:text=La%20gallinaza%20es%20un%20excelente,fertilidad%20y%20calidad%20del%20suelo>.
- Justiniano, E. (2010). *Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (Zea mayz L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina*. [Tesis de Magister Scientiae. Escuela de Post Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1716>
- López Mtz., José Dimas; Díaz Estrada, Antonio; Martínez Rubín, Enrique; Valdez Cepeda, Ricardo D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra Latinoamericana [en línea]. 19(4), 293-299 [fecha de Consulta 15 de diciembre de 2022]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319401>
- Lopez, S. C. (2019). *Densidad de siembra y momentos de aplicación de fósforo en el*

rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) bajo goteo. [Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina].

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/16/browse?type=subject&value=Maiz+Morado>

Manrique, A. (2000). Maíz Morado Peruano. Serie: Folleto R.I N° 04-00. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Ministerio de Agricultura. Lima – Perú.

Medina, A. E. (2022). Guía de Manejo del Cultivo de Maíz Morado (*Zea mays L.*). Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. Primera edición. Lima, Perú. 158 pp.

Medina, A. E. et al (2016). Guía de Producción Comercial de Maíz Morado. Proyecto IEPARC. MINAGRI – INIA. 1ra Edición. <http://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 Agronomo, Facultad de Ciencias Agrarias, 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, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2658>

MIDAGRI (2021). El maíz Morado Peruano. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Dirección General de Políticas Agrarias. 69 pp. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3531000/%20El%20Ma%C3%A9Dz%20Morado%20Peruano.pdf>

MINAM (2018). Línea de Base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Primera Edición. 146 p. <https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/Linea-de-base-ma%C3%ADz-LowRes.pdf>

Ortigoza, J.; López, C. A.; y González, J. D. (2019) Guía Técnico: Cultivo de Maíz. Proyecto Paquetes Tecnológicos. JICA. San lorenzo, Paraguay, 48 p. https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf

Pedraza, M; Idrogo, G. y Pedraza, S. (2017). *Densidad de siembra y comportamiento*

- agronómico de tres variedades de maíz morado (Zea mays L.)*. Revista ECI Peru. Vol. 14 N° 1. Julio 2017. DOI: <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 postgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/952>.
- Pozo, M. R. (2015). *Efecto del guano de islas y trébol (Medicago hispida G.) en el rendimiento del cultivo de maíz morado (Zea mays L.), en condiciones de Azángaro - Huanta - Ayacucho*. [Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/212>
- Requis, F. V. (2012) Manejo agronómico del maíz morado en los valles interandinos del Perú. Serie Folleto N° 1-12. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Estación Experimental Agraria Canaán – Ayacucho. <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, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/083be901-4665-48c9-84c4-147f402bab49/content>
- Valera, P. O. (2019). *Efecto de la altitud en el rendimiento y en el contenido de antocianinas de maíz morado (Zea mays L.) En el distrito de Ichocán*. [Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3698/TEISIS%20-%20PIERRE%20OMAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Panel fotográfico



Foto 1. Demarcación del campo experimental



Foto 2. Siembra y abonamiento



Foto 3. Colocación de cintas para riego por goteo



Foto 4. Emergencia de plantas de maíz.



Foto 5. Crecimiento y desarrollo



Foto 6. Control de malezas y aporque



Foto 7. Letrero de identificación de la parcela



Foto 8. Evaluación del número de mazorcas



Foto 9. Evaluación del estado de madurez de cosecha



Foto 10. Evaluación de la altura de planta



Foto 11. Evaluación de las mazorcas



Foto 12. Evaluación de la longitud de mazorcas



Foto 13. Evaluación del peso de mazorcas



Foto 14. Evaluación del peso de cada mazorca



Foto 15. Evaluación del peso de semillas / mazorca



Foto 16. Determinación del peso de 1000 semillas

MULTISERVICIOS AGROLAB
INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:
 - EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS
 - INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA
 - USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
 - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
 - AGRICULTURA SUSTENTABLE

Solicitante	Sr. Ismael Achallma Ccorilahui			Fecha	25/03/2023
Nombre de proyecto	N/A				
Departamento	Ayacucho	Provincia	Huamanga	Distrito	San Juan Bautista
Sector	N/A	Altitud	N/A	Coordenadas	N/A
Uso del suelo					

Lab	N° Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS.m-1	CaCO ₃ (%)	Nt (%)	MO (%)	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes cambiabiles				% Sat de Bases	
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺		Al ⁺⁺⁺ + H ⁺
12209	Canaan	7.45	0.63	0.55	0.12	2.38	38.18	270	39	29	32	Fr.Ar.	28.5	20.20	5.75	1.51	1.03	0.00	100

Dr. D. MARCELO CENDE GÓMEZ
 Responsable de Laboratorio

A = arena, A.Fr = Arena franca; Fr.A. = Franco arenoso; Fr = Franco; Fr.L = Franco limoso; L = Limoso; Fr.A.A = Franco arcillo arenoso; Fr.Ar = Franco arcilloso; Fr.ArL = Franco arcillo limoso; ArA = Arcillo arenoso; ArL = Arcillo limoso; Ar = Arcilloso.

Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / ☎ (066) 312049 - 📞 966938028 - 966631889 / 📠 982781298 / ✉ agrolab01@yahoo.es - agrolab107@gmail.com

Foto 16. Resultados del Análisis químicos de suelos

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**
Bach. HERMINIA LLAMOCCA CANCHO**R.D. N° 090-2025-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los veinticinco días del mes de junio del año dos mil veinticinco, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por la Dr. José Antonio Quispe Tenorio, M.Sc. Fortunato Álvarez Aquisé como asesor, Mg. Alex Lázaro Tineo Bermúdez y el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Compost de gallinaza y densidad de plantas en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) en Canaán, Ayacucho - 2023**, para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agrónoma, presentado por la Bachiller **HERMINIA LLAMOCCA CANCHO**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	15	14	15	15
M.Sc. Fortunato Álvarez Aquisé	15	16	16	16
Mg. Alex Lázaro Tineo Bermúdez	13	13	13	13
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza	13	14	13	13
PROMEDIO GENERAL				14

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.

Dr. José Antonio Quispe Tenorio
Presidente

M.Sc. Fortunato Álvarez Aquisé
Asesor

Mg. Alex Lázaro Tineo Bermúdez
Jurado

Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Jurado

Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por R.D. N° 226-2025-UNSCH-FCA-D, de fecha 19 de agosto de 2025; hace constar que el trabajo titulado;

Compost de gallinaza y densidad de plantas en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) en Canaán, Ayacucho - 2023

Autor : Herminia LLAMOCCA CANCHO

Asesor : Fortunato ÁLVAREZ AQUISE

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de Tesis, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de dieciocho por ciento (**18 %**) de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2735264196

Ayacucho, 25 de agosto de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de investigación y tesis - FCA

Compost de gallinaza y densidad de plantas en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) en Canaán, Ayacucho - 2023

por Herminia Llamocca Cancho

Fecha de entrega: 25-ago-2025 06:37p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2735264196

Nombre del archivo: TESIS_HERMINIA_LLAMOCCA_CANCHO_EPA_1_.docx (21.23M)

Total de palabras: 23110

Total de caracteres: 120679

Compost de gallinaza y densidad de plantas en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) en Canaán, Ayacucho - 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	6%
3	revistas.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	revistaeciperu.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
7	vsip.info Fuente de Internet	<1%
8	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1%
9	1library.co Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1%

12 eprints.uanl.mx <1 %
Fuente de Internet

13 www.scribd.com <1 %
Fuente de Internet

14 nanopdf.com <1 %
Fuente de Internet

15 repositorio.unh.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía Activo

Compost de gallinaza y densidad de plantas en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) en Canaán, Ayacucho - 2023

Llamocca Cancho, Herminia
herminia.llamocca.01@unsch.edu.pe

Álvarez Aquisé, Fortunato
fortunato.alvarez@unsch.edu.pe

Área de investigación: Medio ambiente
Línea de investigación: Sistema de producción agrícola

RESUMEN

La investigación se condujo durante la campaña agrícola 2023 en el Centro Experimental Canaán, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; está ubicada a 13°10'7.42" L.S; 74°12'14.09" L.O y una altitud de 2743 m.s.n.m. El objetivo fue evaluar la influencia de niveles de compost de gallinaza y densidad de plantas en el rendimiento del maíz morado. Se instaló en un Diseño de Bloque Completo al Azar – DBCA, con arreglo factorial, estudiándose 4 niveles de abonamiento (3.0, 4.0 y 5.0 t.ha⁻¹ de compost de gallinaza y con abonamiento químico) y 3 densidades de plantas (83 250, 62 500 y 50 000 plantas ha⁻¹); de la combinación factorial resultó 12 tratamientos, instalándose en parcelas de 12.8 m²; se evaluaron variables de precocidad y rendimiento. Concluyendo que el abonamiento con 5.0 t.ha⁻¹ de compost de gallinaza favoreció el número de mazorcas por planta (1.46), sin influencias en otras variables. La densidad de 50 000 plantas ha⁻¹ produjo mazorcas de 170.37 g con diámetro de 4.60 cm, un peso de 1000 semillas de 445.23 g y un rendimiento de 4 978.64 kg.ha⁻¹ de mazorcas de primera calidad; mientras que la densidad de 83 250 plantas ha⁻¹ generó plantas de 2.83 m de altura y un rendimiento de 1 941.48 kg.ha⁻¹ de mazorcas de segunda calidad. Con 50 000 plantas ha⁻¹ y 5.0 t.ha⁻¹ de compost de gallinaza se produjo un rendimiento total de mazorcas de 7 184.70 kg.ha⁻¹. El rendimiento total presentó una regresión polinomial, cuyo modelo matemático fue $Y = -2\ 119.5 + 3\ 665x - 360.84x^2$, estimando un rendimiento óptimo de 7 186.7 kg.ha⁻¹ con una dosis de 5.07 t.ha⁻¹ de compost de gallinaza.

Palabras clave: Maíz morado, densidad de plantas, compost de gallinaza, rendimiento.

Chicken manure compost and plant density in the yield of purple corn (*Zea mays* L.) in Canaán, Ayacucho - 2023

Llamocca Cancho, Herminia
herminia.llamocca.01@unsch.edu.pe

Álvarez Aquisé, Fortunato
fortunato.alvarez@unsch.edu.pe

Research area: Environment
Research line: Agricultural production system

ABSTRACT

The research was conducted during the 2023 agricultural campaign at the Canaán Experimental Center, National University of San Cristóbal de Huamanga; It is located at 13°10'7.42" L.S; 74°12'14.09" L.W and an altitude of 2743 m.a.s.l. The objective was to evaluate the influence of chicken manure compost levels and plant density on the yield of purple corn. It was installed in a Randomized Complete Block Design – DBCA, with a factorial arrangement, studying 4 levels of fertilization (3.0, 4.0 and 5.0 t.ha⁻¹ of chicken manure compost and with chemical fertilization) and 3 plant densities (83,250, 62,500 and 50,000 plants ha⁻¹); The factorial combination resulted in 12 treatments, installed in plots of 12.8 m²; Precocity and performance variables were evaluated. Concluding that fertilization with 5.0 t.ha⁻¹ of chicken manure compost favored the number of ears per plant (1.46), without influences on other variables. The density of 50 000 plants ha⁻¹ produced ears of 170.37 g with a diameter of 4.60 cm, a weight of 1000 seeds of 445.23 g and a yield of 4 978.64 kg.ha⁻¹ of first quality ears; while the density of 83 250 plants ha⁻¹ generated plants 2.83 m high and a yield of 1 941.48 kg.ha⁻¹ of second quality ears. With 50,000 plants ha⁻¹ and 5.0 t.ha⁻¹ of poultry manure compost, a total ear yield of 7,184.70 kg.ha⁻¹ was produced. The total yield presented a polynomial regression, whose mathematical model was $Y = -2\ 119.5 + 3\ 665x - 360.84x^2$, estimating an optimal yield of 7 186.7 kg.ha⁻¹ with a dose of 5.07 t.ha⁻¹ of chicken manure compost.

Keywords: Purple corn, plant density, chicken manure compost, yield.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz morado (*Zea mays* L.) es un cultivo de gran relevancia económica, social y cultural en el Perú, reconocido por su alto contenido de antocianinas, compuestos con propiedades antioxidantes de interés para la industria alimentaria y farmacéutica (Manrique, 2000; Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2021). En la región de Ayacucho, su cultivo constituye una alternativa productiva rentable para pequeños y medianos agricultores, quienes requieren optimizar su manejo agronómico para mejorar los rendimientos y la calidad del producto (Requis, 2012; Medina, 2022). En este contexto, 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. La gallinaza compostada presenta altos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio, así como materia orgánica, contribuyendo a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Estrada, 2006; INTAGRI, 2015; Álvarez, 2020). Su aplicación ha demostrado efectos positivos en el crecimiento y rendimiento de maíz, al favorecer la disponibilidad de nutrientes y estimular la actividad microbiana (Barrera-Violeth et al., 2017; López Mtz. et al., 2001). Por otro lado, la densidad de siembra es un factor determinante en la productividad del maíz morado, ya que influye en la competencia por luz, agua y nutrientes, así como en el tamaño y calidad de las mazorcas (Mendieta, 2015; Pedraza et al., 2017). Una densidad óptima permite maximizar la interceptación de radiación y el rendimiento por unidad de superficie, mientras que densidades muy altas o bajas pueden reducir la producción total (Caballero, 2013).

En estudios realizados en Ayacucho, la interacción entre prácticas de fertilización orgánica y manejo de densidad de plantas ha evidenciado que ambos factores pueden actuar de forma complementaria, incrementando significativamente el rendimiento y la calidad del maíz morado (Pinedo, 2015). Sin embargo, la información disponible aún es limitada para las condiciones específicas de Canaán, lo que justifica la realización de investigaciones orientadas a determinar las combinaciones más eficientes de compost de gallinaza y densidad de plantas para este cultivo.

Objetivo general

Evaluar la influencia del compost de gallinaza y densidad de plantas en el rendimiento del maíz morado en Canaán, Ayacucho.

Objetivos específicos

1. Determinar la influencia de los niveles de compost de gallinaza en el rendimiento del maíz morado en Canaán, Ayacucho.
2. Determinar la influencia de las densidades de plantas en el rendimiento del maíz morado en Canaán, Ayacucho.

II. METODOLOGÍA

Este trabajo se realizó durante la campaña agrícola 2022-2023 en el Centro Experimental Canaán, perteneciente a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Geográficamente está a una altitud de 2 743 m.s.n.m. dentro de las coordenadas 13°10'7.42" LS y 74°12'14.09" LO.

Los factores de estudios fueron el compost de gallinaza en niveles de 3.0, 4.0, 5.0 t ha⁻¹ adicionando un testigo (280-160-00 de N-P₂O₅-K₂O) y densidades de plantas (83 250; 62 500; y 50 000 plantas ha⁻¹), utilizándose el Diseño de Bloques Completamente Randomizado (DBCR); de la combinación de los factores en estudio, resultó 12 tratamientos con 3 repeticiones, manejando en total 36 unidades experimentales. Cada unidad experimental fue de 12.8 m² (1.6 m x 8.0 m), conduciendo dos surcos distanciados a 80 cm por U.E.

En la conducción del experimento, se utilizó semilla de maíz morado de la variedad INIA 615 – Negro Canaán. La siembra del maíz fue por golpes distanciados a 30, 40 y 50 cm, según tratamientos; luego de la emergencia de las plantas, se mantuvo 2 plantas por cada golpe. Durante el manejo agronómico del cultivo se hizo labores agrícolas consistentes en la dotación de agua, según necesidades hídricas del cultivo, control de malezas, aporques y el control fitosanitario. La cosecha se realizó a los 170 días después de la siembra, en estado de madurez de cosecha (grano seco, con 20% de humedad), verificada mediante pruebas mecánicas con la uña.

Las variables evaluadas correspondiente a la precocidad fueron: Días a la floración masculina (dds), Días a la floración femenina (dds); Días a la madurez fisiológica (dds) y Días a la madurez de cosecha (dds); mientras que las variables de productividad fueron: Altura de planta, Número de mazorcas por planta, Peso de cada mazorca, Longitud y diámetro de mazorca, Peso de 1000 semillas y Rendimiento de mazorcas.

Los datos del estudio fueron procesados mediante análisis de varianza (ANVA), prueba de comparación de Tukey ($\alpha = 0,05$) y la tendencia de regresión del rendimiento. Los análisis estadísticos se efectuaron utilizando los programas SAS y Excel.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables de precocidad

Tabla 1

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

Tratamientos	Fuentes de abonamiento	Densidad de plantas (plantas ha ⁻¹)	ETAPAS FENOLÓGICAS DEL MAÍZ (días después de la siembra - dds)									
			Emergencia		Floración Masculina		Floración Femenina		Madurez Fisiológica		Madurez de cosecha	
			Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio
T-1	3.0 t ha ⁻¹ CG	83 250	9-11	10	68-76	74	92-101	98	132-140	138	158-165	164
T-2	3.0 t ha ⁻¹ CG	62 500	9-12	10	71-75	73	92-102	99	132-138	136	158-164	163
T-3	3.0 t ha ⁻¹ CG	50 000	8-10	9	69-75	72	88-98	97	134-140	138	160-165	163
T-4	4.0 t ha ⁻¹ CG	83 250	8-11	9	68-76	75	88-99	96	130-138	136	162-168	166
T-5	4.0 t ha ⁻¹ CG	62 500	9-11	10	70-78	76	91-98	96	131-136	135	161-166	165
T-6	4.0 t ha ⁻¹ CG	50 000	9-10	10	72-82	75	92-98	96	132-138	135	162-166	165
T-7	5.0 t ha ⁻¹ CG	83 250	8-10	9	72-78	75	92-99	96	131-137	136	160-167	166
T-8	5.0 t ha ⁻¹ CG	62 500	8-10	10	72-79	76	92-98	96	132-139	136	160-166	164
T-9	5.0 t ha ⁻¹ CG	50 000	8-11	10	71-76	74	90-97	95	133-137	136	162-166	165
T-10	280-160-00 NPK	83 250	10-12	11	72-78	75	92-98	95	132-139	137	162-167	166
T-11	280-160-00 NPK	62 500	9-11	10	72-80	78	93-100	97	130-137	135	163-168	166
T-12	280-160-00 NPK	50 000	9-12	11	74-78	75	94-101	99	131-136	134	161-168	167
Promedio (etapas fenológicas)			8-12	10	68-85	76	88-102	97	131-140	136	158-168	165

La emergencia de las semillas ocurrió entre los 8 y 12 días después de la siembra (dds), observándose una germinación rápida en los tratamientos con compost de gallinaza frente a los abonos químicos, que alcanzaron el 80% de emergencia a los 12 dds. Estos resultados concuerdan parcialmente con Pinedo (2015), quien registró un 50% de germinación a los 8 dds en maíz morado, mientras que Justiniano (2010) reportó 7 dds en condiciones de La Molina, sugiriendo que las diferencias podrían deberse a factores ambientales o metodológicos. En cuanto al 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 (testigo).

Estos resultados contrastan con los de Pinedo (2015) y Justiniano (2010), quienes reportaron floración masculina a los 90 y 96 dds, respectivamente, lo que podría atribuirse a variaciones genéticas, climáticas o de manejo agronómico. 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).

Pinedo (2015), quien registró 97 dds, pero difieren de Justiniano (2010) y Mendoza (2017), quienes reportaron 102 dds y rangos entre 90.37–96.37 dds según la variedad, respectivamente. La madurez fisiológica (granos pastosos, 40% humedad) se alcanzó

entre 134–138 dds, siendo más rápida con altas dosis de compost o fertilizantes químicos (134–136 dds) frente a las bajas dosis (136–138 dds). Justiniano (2010) la registró a los 150 dds, mientras que Mendoza (2017) observó variaciones entre 139.80–142.4 dds según la variedad, destacando influencias genéticas. Finalmente, la madurez de cosecha (18–20% humedad) ocurrió entre 163–167 dds, siendo más temprana con bajas dosis de compost (163–164 dds) y más tardía con altas dosis o fertilización química (165–167 dds). Justiniano (2010) reportó esta etapa a los 179 dds, mientras que Caballero (2013) la situó a los 146 dds, evidenciando discrepancias posiblemente asociadas a condiciones ambientales o genéticas. En conjunto, los resultados reflejan que el compost de gallinaza acelera ciertas etapas fenológicas frente a los abonos químicos, aunque con variaciones respecto a estudios previos, lo que subraya la importancia de factores locales y genéticos en el desarrollo del cultivo.

3.2. Variables de rendimiento

3.2.1. Altura de la planta

Los cálculos realizados en el ANVA de la tabla 2, denota que las fuentes de abonamiento y la interacción entre fuentes de abonamiento y la densidad de plantas no presentan significación estadística; para densidades de plantas, presentó alta significación estadística, demostrando influencia en la altura de planta del cultivo de maíz. El coeficiente de variación fue 3.46% estableciéndose que los datos obtenidos para el procesamiento estadístico, fueron adecuados.

Tabla 2

Análisis de Varianza de la altura de planta, por influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023

Fuente de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	0.03451667	0.01725833	1.86	0.1787	N.S
Tratamiento	11	0.19360000	0.01760000	1.90	0.0962	N.S
Fuentes de abonamiento (A)	3	0.02422222	0.00807407	0.87	0.4705	N.S
Densidades de plantas (D)	2	0.06260000	0.03130000	3.38	0.0524	**
A x D	6	0.10677778	0.01779630	1.92	0.1220	N.S
Error	22	0.20368333	0.00925833			
Total	35	0.43180000				

Coefficiente de Variabilidad = 3.46%

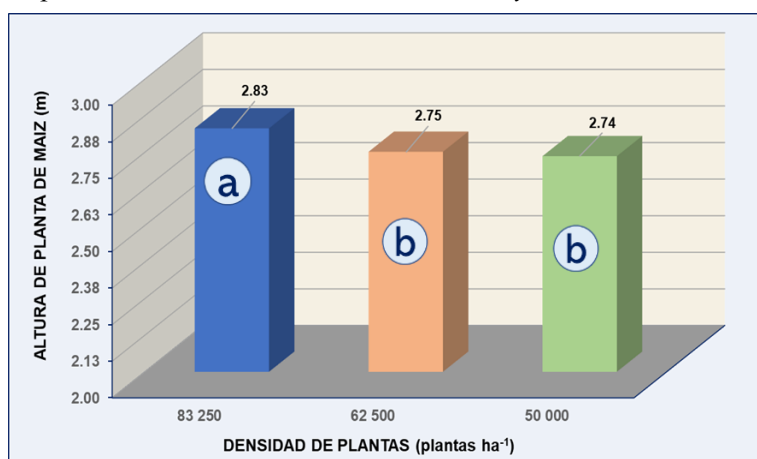
La prueba de Tukey ($p=0.05$), figura 1, señala que la mayor densidad de plantas (83 250 plantas ha^{-1}) produjo plantas con una altura de 2.83 m, presentando diferencias estadísticas de 2.75 y 2.74 m en comparación de los obtenidos con 62 500 y 50 000 plantas ha^{-1} , respectivamente.

López (2019) reportó alturas de planta de 195.5, 197.7 y 185.16 cm al manejar densidades

de 60,000, 70,000 y 80,000 plantas ha⁻¹, respectivamente, evidenciando que la altura no siempre aumenta con la densidad. Por otro lado, Caballero (2013) atribuyó las diferencias en altura al efecto del abonamiento, registrando 2.88, 2.90 y 2.90 m con aplicaciones de 3.0 y 4.0 t ha⁻¹ de guano de isla y abono químico

Figura 1

Prueba de Tukey (p=0.05) de los promedios de la altura de planta, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023



En este estudio, la prueba de Tukey (p=0.05) reveló que la mayor densidad (83 250 plantas ha⁻¹) produjo plantas significativamente más altas (2.83 m) en comparación con 62 500 y 50 000 plantas ha⁻¹ (2.75 y 2.74 m, respectivamente), lo que sugiere que, bajo las condiciones evaluadas, el incremento en densidad favorece el crecimiento en altura hasta un umbral específico, coincidiendo parcialmente con los hallazgos previos pero destacando la influencia de otros factores como el manejo nutricional.

3.2.2. Numero de mazorcas por planta

Tabla 3

Análisis de Varianza del número de mazorcas por planta, por influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023

Fuente de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	0.01340556	0.00670278	0.34	0.7130	N.S
Tratamiento	11	0.27718889	0.02519899	1.29	0.2921	N.S
Fuentes de abonamiento (A)	3	0.19405556	0.06468519	3.32	0.0387	*
Densidades de plantas (D)	2	0.01300556	0.00650278	0.33	0.7201	N.S
A x D	6	0.07012778	0.01168796	0.60	0.7279	N.S
Error	22	0.42919444	0.01950884			
Total	35	0.71978889				

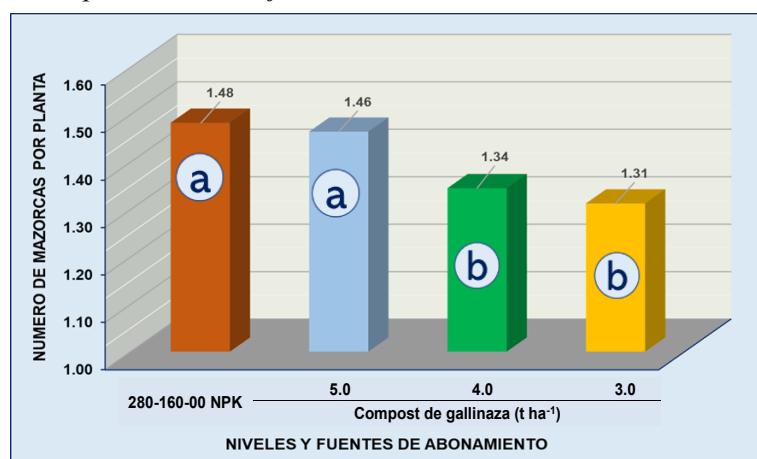
Coefficiente de Variabilidad = 9.97 %

El ANVA, calculado en la tabla 3, muestra que la fuente de abonamiento presentó alta significación estadística, denotando influencia en el número de mazorcas por planta;

mientras tanto, la fuente de variación densidades de plantas y la interacción de fuentes de abonamientos con densidades de plantas no presentaron significación estadística. El coeficiente de variabilidad de la prueba estadística fue 9.97%, considerado un valor adecuado.

Figura 2

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del número de mazorcas por planta en las densidades de plantas, correspondiente a las fuentes de abonamiento, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.



Según la Prueba de Tukey ($p=0.05$), graficado en la figura 2, reporta que aplicando un nivel de abonamiento químico (280-160-00 de NPK) y 5.0 t ha^{-1} de compost de gallinaza, se obtiene 1.48 y 1.46 mazorcas por planta, respectivamente, sin denotar diferencias estadísticas. Utilizando un nivel de 4.0 y 3.0 t ha^{-1} de compost de gallinaza, produce 1.34 y 1.31 mazorcas por planta, respectivamente, sin diferencias estadísticas.

Caballero (2013), al evaluar niveles de guano de islas y densidad de plantas en el cultivo de maíz morado, señala que el número de mazorcas por planta no tiene influencia de los factores en estudio, reporta un promedio de 1.3 mazorcas por planta.

3.2.3. Peso de mazorca

Tabla 4

Análisis de Varianza del peso de mazorcas, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023

Fuente de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	85.883939	42.941969	0.22	0.8068	N.S
Tratamiento	11	4555.933989	414.175817	2.09	0.0679	N.S
Fuentes de abonamiento (A)	3	668.234056	222.744685	1.12	0.3607	N.S
Densidades de plantas (D)	2	2503.947372	1251.973686	6.32	0.0068	**
A x D	6	1383.752561	230.625427	1.16	0.3605	N.S
Error	22	4358.172728	198.098760			
Total	35	8999.990656				

Coefficiente de Variabilidad = 8.79 %

Los reportes del ANVA, según la tabla 4, señala alta significación estadísticas para la fuente de variación densidades de plantas; sin embargo, para fuentes de abonamiento y para la interacción fuentes de abonamientos con densidades de plantas no presentaron significación estadística. Según estos resultados el peso de mazorcas en el maíz morado esta influenciado por las densidades de plantas.

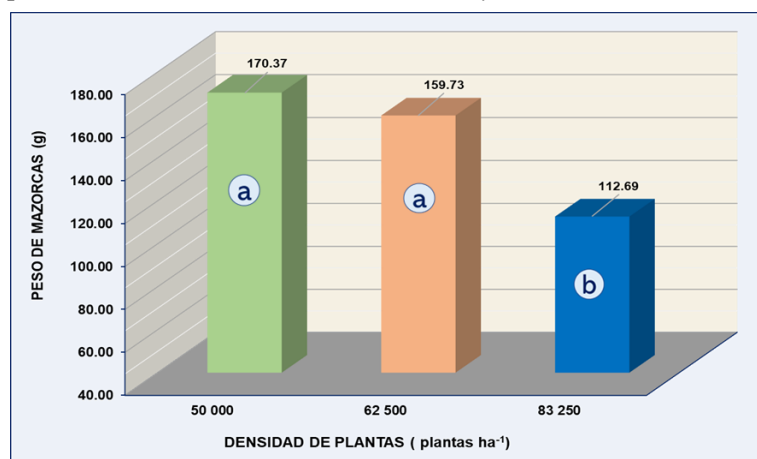
Los promedios del peso de mazorcas, calculadas según la prueba de Tukey ($p=0.05$), de la figura 3, reportan que 50 000 y 62 500 plantas ha^{-1} produjeron mazorcas con un peso de 170.37 y 159.73 g, respectivamente, sin diferencias estadísticas. Manejando 83 250 plantas ha^{-1} se obtuvo solo mazorcas con un peso de 112.69 g.

Caballero, M. A. (2013), al evaluar niveles de guano de islas y densidades de plantas por ha, reporta una tendencia del aumento del peso de la mazorca cuando los niveles de guano de isla se incrementan; con la aplicación de 4.0 y 3.0 $t\ ha^{-1}$, y con una densidad de 93 750 plantas ha^{-1} , obtuvo mazorcas con un peso de 241.0 y 242.0 g, respectivamente.

López, S. C. (2019), en su trabajo de investigación sobre “densidad de siembra y momentos de aplicación de fosforo en el cultivo de maíz morado”, reporta un peso promedio de mazorcas de 126.9 g con una densidad de 60 000 plantas ha^{-1} , 117.0 g con una densidad de 80 000 plantas ha^{-1} y 110.1 g con una densidad de 70 000 plantas ha^{-1} .

Figura 3

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del peso de mazorcas por planta, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023



Los resultados del presente trabajo, denotan que la densidad de siembra influye en el peso de mazorcas por planta; observándose que, el peso de mazorcas es mayor cuando se maneja menor densidad de plantas, porque las plantas tienen mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo para incrementar su capacidad productiva, corroborado por los resultados de los reportes señalados.

3.2.4. Longitud de mazorcas

Los cálculos realizados en el ANVA de la tabla 5, denotan que las fuentes de variación de los efectos principales y la interacción de fuentes de abonamiento con densidades de

plantas no presentaron significación estadística. Por los resultados de la prueba estadística, se deduce que las fuentes de abonamiento y las densidades de plantas no tuvieron influencias en la longitud de mazorcas en el cultivo de maíz morado.

Tabla 5

Análisis de Varianza de la longitud de mazorcas, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023

Fuente de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	0.96905000	0.48452500	0.53	0.5966	N.S
Tratamiento	11	9.81940000	0.89267273	0.97	0.4961	N.S
Fuentes de abonamiento (A)	3	0.49793333	0.16597778	0.18	0.9080	N.S
Densidades de plantas (D)	2	3.51421667	1.75710833	1.92	0.1707	N.S
A x D	6	5.80725000	0.96787500	1.06	0.4174	N.S
Error	22	20.15495000	0.91613409			
Total	35	30.94340000				

Coefficiente de Variabilidad = 7.10 %

Aun, cuando la comparación de promedios de la longitud de mazorcas no muestra diferencias estadísticas, se obtuvo una longitud de 13.47 cm como promedio general, con tendencia a incrementar, con mayor nivel de gallinaza y con menor densidad de plantas. Caballero, M. A. (2013), conduciendo una densidad de 93 750 plantas ha⁻¹ y con abonamientos de 3.0 y 4.0 t ha⁻¹ de guano de islas y con fertilización química (180-180-120 de NPK), la longitud de mazorcas fue 17.0, 16.9 y 17.0 cm, respectivamente; con una densidad de 66 667 plantas ha⁻¹, aplicando los mismos niveles y clases de abonamiento, produjo mazorcas de mayor tamaño, reportando 17.2, 17.2 y 17.3 cm respectivamente. López, S. C. (2019), reporta que una densidad de 60 000, 80 000 y 70 000 plantas ha⁻¹, produjo una longitud de mazorcas de 15.31, 14.73 y 14.48 cm, respectivamente.

3.2.5. Diámetro mazorcas

Tabla 6

Análisis de Varianza del diámetro de mazorcas, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023

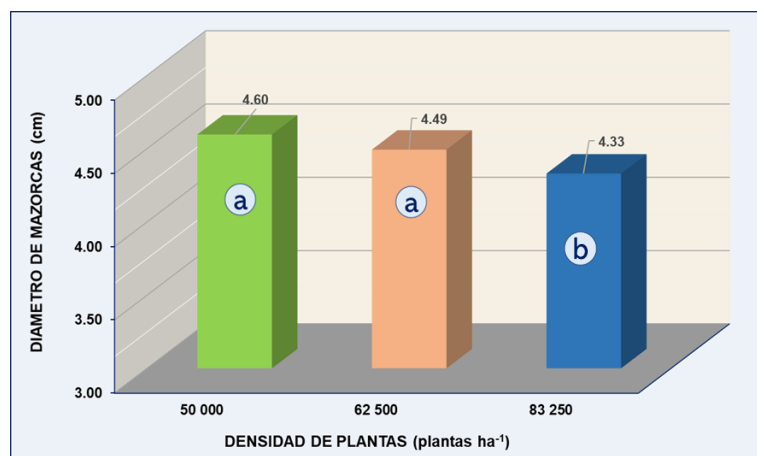
Fuente de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	0.00101667	0.00050833	0.04	0.9571	N.S
Tratamiento	11	0.65716667	0.05974242	5.17	0.0005	**
Fuentes de abonamiento (A)	3	0.07790000	0.02596667	2.25	0.1113	N.S
Densidades de plantas (D)	2	0.43386667	0.21693333	18.77	<.0001	**
A x D	6	0.14540000	0.02423333	2.10	0.0950	N.S
Error	22	0.25431667	0.01155985			
Total	35	0.91250000				

Coefficiente de Variabilidad = 2.40 %

Según la tabla 6, los cálculos del ANVA, reportaron que las fuentes de variación fuentes de abonamiento y la interacción entre fuentes de abonamiento y densidades de plantas no presentaron significación estadística; para densidades de plantas se encontró alta significación estadísticas, evidenciando que las densidades de siembra influyen en el diámetro de las mazorcas de maíz. El Coeficiente de variabilidad fue 2.40%.

Figura 4

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del diámetro de mazorcas, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023



La tabla de Tukey ($p=0.05$), de la figura 4, muestra un diámetro de mazorcas de 4.60 y 4.49 cm cuando se manejan 50 000 y 62 500 plantas ha⁻¹, respectivamente, sin demostrar diferencias estadísticas; cuando se maneja 83 250 plantas ha⁻¹, se logra solo 4.33 cm como diámetro de mazorcas.

Los resultados obtenidos demuestran que, a mayor densidad de plantas, hay mayor competencia por nutrientes, espacio, humedad y luminosidad, causando que el desarrollo de las plantas se ven disminuidos; por tanto, hay poco desarrollo de las mazorcas.

Caballero, M. A. (2013), reporta una tendencia del aumento del diámetro de mazorca cuando los niveles de guano de islas se incrementan, señalando que 93 750 plantas ha⁻¹, y aplicando 3.0 y 4.0 t ha⁻¹ de guano de las islas y con fertilización química (200-200-180 de NPK), el diámetro de mazorcas fue de 4.5 cm, respectivamente. Con una densidad de 66 667 plantas ha⁻¹ y con los niveles y clases de abonamiento, el diámetro de mazorca fue mayor con 4.6, 4.7 y 4.6 cm, respectivamente.

López, S. C. (2019), estudiando las densidades de plantas en el cultivo de maíz morado, reporta que una densidad de 80 000, 60 000 y 70 000 plantas ha⁻¹, produjo mazorcas con un diámetro de 4.69, 4.67 y 4.64 cm, respectivamente.

3.2.6. Peso de 1000 semillas

Los reportes del ANVA, calculados en la tabla 7, demuestran una alta significación estadística para la fuente de variación densidades de plantas; para fuentes de abonamiento y para la interacción entre fuentes de abonamiento y densidades de plantas, no se encontró

significación estadística. El coeficiente de variabilidad fue 7.62%, considerado muy adecuado para las pruebas estadísticas.

Al comparar los promedios obtenidos en la Prueba de Tukey ($p=0.05$), figura 5, se observa un peso de 1000 semillas de 445.23 y 421.21 g con densidades 50 000 y 62 500 plantas ha^{-1} , respectivamente, sin diferencias estadísticas. Con 83 250 plantas ha^{-1} se logró 399.57 gr, constituyendo el menor peso de 1000 semillas.

Tabla 7.

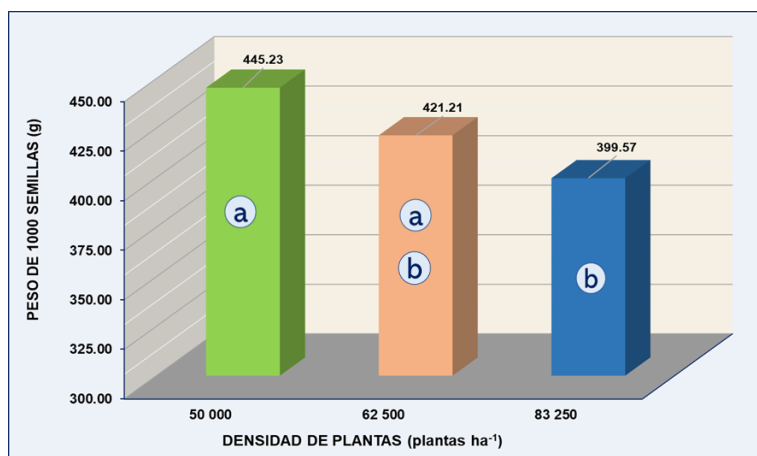
Análisis de Varianza del peso de 1000 semillas, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	1742.63536	871.31768	0.84	0.4441	N.S
Tratamiento	11	20527.99116	1866.18101	1.80	0.1150	N.S
Fuentes de abonamiento (A)	3	1638.58614	546.19538	0.53	0.6677	N.S
Densidades de plantas (D)	2	12519.92551	6259.96275	6.05	0.0080	**
A x D	6	6369.47952	1061.57992	1.03	0.4346	N.S
Error	22	22755.24838	1034.32947			
Total	35	45025.87490				

Coeficiente de Variabilidad = 7.62 %

Figura 5

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del peso de mil semillas, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023



Torres, K. I. (2021) reporta que el peso de mil semillas, varía de 489.3 a 487.8 gr, con 62500 y 93750 plantas ha^{-1} , respectivamente, sin diferencias estadísticas; con abonamientos orgánicos (1.0 y 2.0 $t ha^{-1}$), el peso de 1000 semillas fluctúa entre 489.3 a 500.3 gr.

Álvarez, F. (2020), estudiando abonamientos y época de siembra en el rendimiento de maíz morado, reporta un peso de 1000 semillas de 453.40; 449.38 y 446.95 g utilizando abonamiento químico (84-140-110 NPK), 2.0 y 1.5 $t ha^{-1}$ de guano de islas,

respectivamente, sin diferencias estadísticas; mientras, con 1.0 t ha⁻¹ de guano de isla presento 371.57 gr.

3.2.7. Rendimiento de mazorcas de primera calidad

Al realizar el ANVA la tabla 8, señala una alta significación estadística para la fuente de variación densidades de plantas y para densidades de plantas; para la interacción entre fuentes de abonamiento y densidades de plantas, no se encontró significación estadística. El coeficiente de variabilidad fue 14.71%, considerado muy adecuado para las pruebas estadísticas.

Tabla 8

Análisis de Varianza del rendimiento de mazorcas de primera calidad, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023

Fuente de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	421115.58	210557.79	0.72	0.4964	N.S
Tratamiento	11	72627809.17	6602528.11	22.67	<.0001	**
Fuentes de abonamiento (A)	3	30332140.04	10110713.35	34.72	<.0001	**
Densidades de plantas (D)	2	38823014.88	19411507.44	66.66	<.0001	**
A x D	6	3472654.25	578775.71	1.99	0.1111	N.S
Error	22	6406386.84	291199.40			
Total	35	79455311.59				

Coeficiente de Variabilidad = 14.71 %

La prueba de Tukey ($p=0.05$), graficado en la figura 6, señala que conduciendo 50 000 plantas ha⁻¹, se logra un rendimiento de 4 978.64 kg ha⁻¹ de mazorcas de primera calidad, con diferencias estadísticas de 3 585.04 kg ha⁻¹ que se obtuvo con una densidad de plantas de 62 500 plantas ha⁻¹; así mismo, con una densidad de plantas de 83 250 plantas ha⁻¹, solo se logró un rendimiento de 2 438.93 kg ha⁻¹ de mazorcas de primera calidad.

Figura 6

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del rendimiento de mazorcas de primera calidad, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023

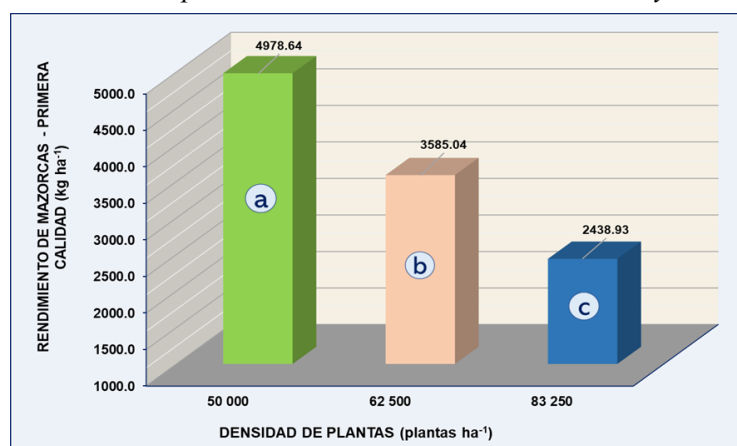
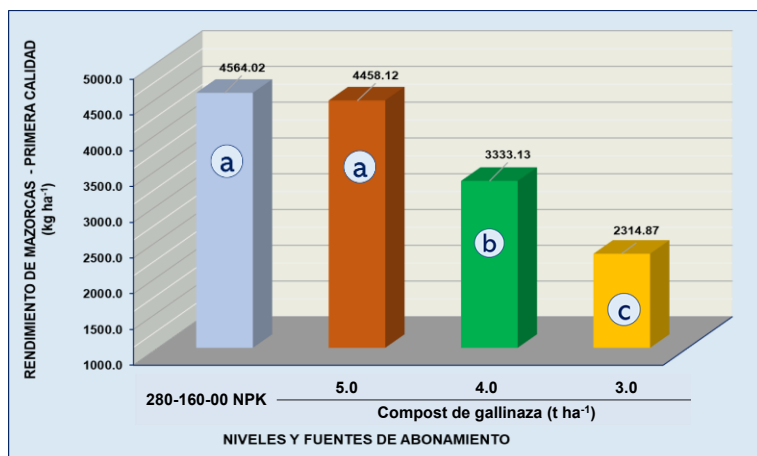


Figura 7

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del rendimiento de mazorcas de primera calidad, correspondiente a fuentes de abonamiento, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023



La comparación de promedios, según la prueba de Tukey ($p=0.05$), figura 7, reporta que utilizando un nivel de abonamiento químico de 280-160-00 de NPK y 5.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza, produce rendimientos de 4 564.02 y 4 458.12 kg ha⁻¹, respectivamente, sin denotar diferencias estadísticas. Con niveles de 4.0 y 3.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza, se logró rendimientos menores de 3 333.13 y 2 314.87 kg ha⁻¹, respectivamente, con diferencias estadísticas entre estos valores.

Los resultados de la investigación de López, S. C. (2019), reporta que manejando una densidad de 80 000 plantas ha⁻¹, produjo un rendimiento de 7 147 kg ha⁻¹ de mazorcas de primera calidad; con 70 000 plantas ha⁻¹, logro 60027 kg ha⁻¹; conduciendo 60 000 plantas ha⁻¹, logro un menor rendimiento de 5 625 kg ha⁻¹.

Torres, K. I. (2021) bajo las mismas condiciones del lugar de ensayo, reporta un rendimiento de mazorcas de primera calidad de 9 031.3 kg ha⁻¹ con un nivel de 2.0 t ha⁻¹ de abono orgánico “mallki” complementado con abonamiento químico (120-100-80 de NPK).

Los resultados obtenidos son menores, porque se utilizó un terreno de poca fertilidad y con fuentes de abonamiento menores; MIDAGRI (2021), señala los terrenos destinados al maíz deben ser fértiles y con buen contenido de materia orgánica (más de 2,5 %), no ácido, no muy pendiente y con buen drenaje, justificando los menores rendimientos del presente ensayo.

3.2.8. Rendimiento de mazorcas de segunda calidad

Según los resultados de los cálculos estadísticos del ANVA, tabla 9, la fuente de variación densidades de plantas, resulto con significación estadísticas; mientras tanto, fuentes de abonamiento y la interacción entre fuentes de abonamiento y densidades de plantas no presentaron significación estadística. El coeficiente de variabilidad fue 15.39%, cuyo valor es aceptable.

Tabla 9

Análisis de Varianza del rendimiento de mazorcas de segunda calidad, por influencia de bajo influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023

Fuente de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	317894.634	158947.317	2.07	0.1499	N.S
Tratamiento	11	2005501.081	182318.280	2.38	0.0405	*
Fuentes de abonamiento (A)	3	225854.020	75284.673	0.98	0.4197	N.S
Densidades de plantas (D)	2	616268.516	308134.258	4.02	0.0326	*
A x D	6	1163378.545	193896.424	2.53	0.0516	N.S
Error	22	1688209.951	76736.816			
Total	35	4011605.666				

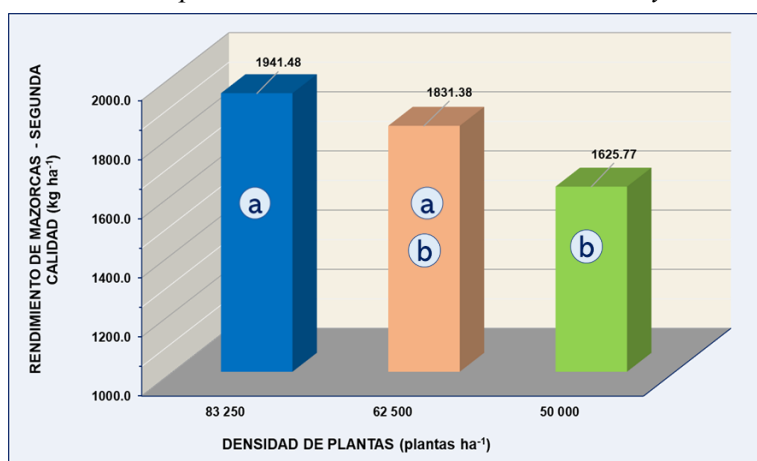
Coefficiente de Variabilidad = 15.39 %

La comparación de promedios efectuados mediante la prueba de Tukey ($p=0.05$), figura 8, presentaron rendimientos de mazorcas de segunda calidad de 1941.48 y 1831.38 kg ha^{-1} , conduciendo 83 250 y 62 500 plantas ha^{-1} , respectivamente, sin demostrar diferencias estadísticas. El menor rendimiento de mazorcas de segunda calidad, se produjo con una densidad de 50 000 plantas ha^{-1} .

Torres, K. I. (2021), sobre la producción de maíz morado de segunda calidad, reporta un rendimiento de 1 588.1 kg ha^{-1} con una densidad de 93 750 planta ha^{-1} , mientras 62 500 plantas ha^{-1} produjo 983.2 kg ha^{-1} . Los reportes de las investigaciones mencionadas y los datos que se logró en el presente trabajo de investigación, corroboran que, a mayor densidad de plantas, los rendimientos de mazorcas de segunda calidad son mayores, frente a menores densidades de plantas, demostrando que la competencia intraespecífica influye negativamente en la producción del cultivo.

Figura 8

Prueba de Tukey ($p=0.05$) del rendimiento de mazorcas de segunda calidad, correspondiente a densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2024



3.2.9. Rendimiento total de mazorcas

En la tabla 10, se reportan los resultados del 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 con compost de gallinaza, observándose una tendencia cuadrática cuando se evalúa 83 000 plantas ha⁻¹ sobre los niveles de compost de gallinaza; así mismo, la evaluación de 62 500 plantas ha⁻¹ sobre los niveles de compost de gallinaza, resultó una tendencia cuadrática; finalmente, la evaluación de 50 000 plantas ha⁻¹, sobre los niveles de compost de gallinaza, resultó una tendencia cuadrática. El coeficiente de variabilidad fue 8.40%, valor adecuado para la validez de los datos procesados.

En la figura 10 se muestran los modelos de regresión del rendimiento total de mazorcas en cada una de las densidades de plantas, observándose que con una densidad de 83 500 planta ha⁻¹, la tendencia es una regresión lineal con un modelo matemático correspondiente a $Y = 82.951 + 958.3x$, denotando que el incremento del rendimiento total de mazorcas es directamente proporcional al incremento de niveles de compost de gallinaza.

Con una densidad de 62 500 plantas ha⁻¹, el rendimiento total de mazorcas presentó una tendencia correspondiente a una regresión polinomial, cuyo modelo matemático es $Y = 4 295.8 - 880.6x + 260.79x^2$. Al realizar los cálculos del modelo matemático, se determinó un rendimiento óptimo de 3 552.43 kg ha⁻¹, al utilizar un nivel de 1.69 t ha⁻¹ de compost de gallinaza.

Así mismo, con una densidad de 50 000 plantas ha⁻¹, la tendencia de la regresión fue polinomial con un modelo matemático $Y = -2 119.5 + 3 665x - 360.84x^2$. De acuerdo a la fórmula matemática, se determinó un rendimiento óptimo de 7 186.7 kg ha⁻¹, abonando con 5.07 t ha⁻¹ de compost de gallinaza.

El maíz morado, es uno de los pocos cultivos andinos que siempre se fertiliza, generalmente con abundante estiércol (guano de corral) y se añaden fertilizantes como urea y fósforo a niveles muy variables, en algunos casos en cantidades mayores, según el tipo de suelo, (MIDAGRI, 2021).

Tabla 10

Análisis de Varianza del rendimiento total de mazorcas, por influencia de fuentes de abonamiento y densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023

Fuente de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - calculado	Pr > F	Sig
Repetición	2	516126.08	258063.04	1.22	0.3136	N.S
Tratamiento	11	59132102.07	5375645.64	25.47	<.0001	**
Fuentes de abonamiento (A)	3	25758271.65	8586090.55	40.69	<.0001	**
Densidades de plantas (D)	2	29723143.17	14861571.59	70.42	<.0001	**
A x D	6	3650687.24	608447.87	2.88	0.0315	*
Fuentes abonam. en 83 250 plant ha ⁻¹	3	24493189.50	12246594.75	58.03	<.0001	**
Fuentes abonam. en 62 500 plant ha ⁻¹	3	4717658.75	2358829.38	11.18	0.0004	**
Fuentes abonam. en 50 000 plant ha ⁻¹	3	1970188.74	985094.37	4.67	0.0204	**
Densidad en Abonamiento químico	2	8237191.69	4118595.84	19.52	<.0001	**
Densidad 1 en niveles de Comp G.						
R. lineal	1	10630484.07	10630484.07	50.37	<0.0001	**
R. cuadrático	1	175145.18	175145.18	0.83	0.3722	NS
Densidad 2 en niveles de Comp. G.						
R. lineal	1	6036.32	6036.32	0.03	0.8672	NS
R. cuadrático	1	6867131.53	6867131.53	32.54	<0.0001	**
Densidad 3 en niveles de Comp. G.						
R. lineal	1	1157362.27	1157362.27	5.48	0.0286	*
R. cuadrático	1	1890825.33	1890825.33	8.96	0.0067	**
Error	22	4642759.52	211034.52			
Total	35	64290987.67				

Coefficiente de Variabilidad = 8.40 %

Los resultados de Torres, K. I. (2021), para las condiciones edáficas y climáticas del Centro Experimental Canaán, señala que manejando 93 750 plantas ha⁻¹, alcanzo un rendimiento total de 7 562.5 kg ha⁻¹; mientras con 62 500 plantas ha⁻¹ produjo 7 022.9 kg ha⁻¹; Así mismo, señala que aplicando 2.0 t ha⁻¹ del abono orgánico “Mallki”, complementado con abonamiento químico (120-100-80 de NPK) se logró un rendimiento total de 9 031.3 kg ha⁻¹; con niveles de “Mallki” en 1.0 t ha⁻¹, 2.0 y 1.0 t ha⁻¹ del abono “Pezagro”, se logró 7 645.87, 7 463.6 y 6 677.1 kg ha⁻¹, respectivamente, sin denotar diferencias estadísticas.

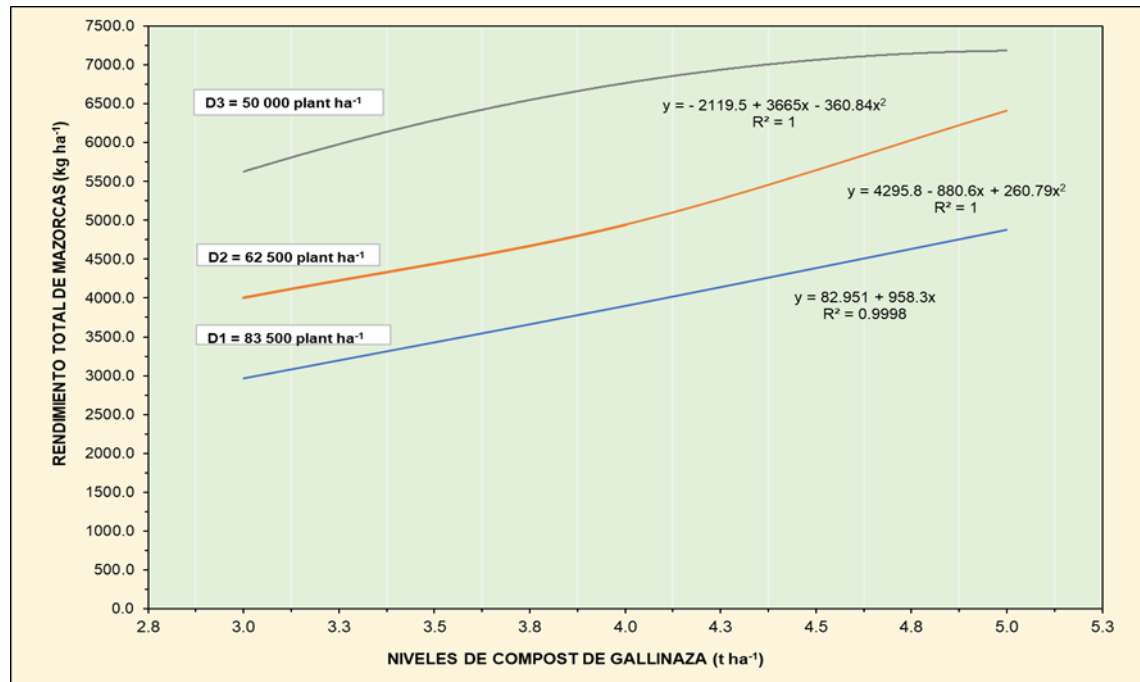
Por su parte, López, S. C. (2019), reporta un rendimiento total de mazorcas de 9 380 kg ha⁻¹, con una densidad de 80 000 plantas ha⁻¹; con una densidad de 70 000 plantas ha⁻¹, obtuvo 7 935 kg ha⁻¹; y manejando 60 000 plantas ha⁻¹, alcanzo 7 392 kg ha⁻¹.

Pinedo, R. E. (2015), al evaluar niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado, bajo las condiciones de Canaán, reporta que el rendimiento más alto obtenido fue 3.69 t ha⁻¹ con el nivel de fertilización de 120-110-80 de NPK, seguido por los niveles de

fertilización 120-120-100 y el nivel de 120-90-60 de NPK, que produjo un rendimiento de 3.35 y 3.09 t ha⁻¹, respectivamente.

Figura 11

Modelos de regresión del rendimiento total de mazorcas en función de los efectos de niveles de compost de gallinaza en cada uno de las densidades de plantas, en el cultivo de maíz morado. Ayacucho – 2023



CONCLUSIONES

1. El abonamiento con 5.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza fue muy beneficioso para el número de mazorcas por planta (1.46); sin embargo, no repercutió en las demás variables evaluadas.
2. Con una densidad de 50 000 plantas ha⁻¹ se logró mazorcas con un peso de 170.37 g, con diámetro de 4.60 cm, el peso de 1000 semillas fue 445.23 g y produjo un rendimiento de 4 978.64 kg ha⁻¹ de mazorcas de primera calidad; sin embargo, una densidad de 83 250 plantas ha⁻¹ produjo plantas con una altura de 2.83 cm y los rendimientos de mazorcas de segunda calidad fue 1941.48 kg ha⁻¹.
3. Con la combinación de una densidad de 50 000 planta ha⁻¹ y un abonamiento de 5.0 t ha⁻¹ de compost de gallinaza, se consiguió un rendimiento total de mazorcas de 7 184.70 kg ha⁻¹ de mazorcas. Así mismo, se determinó una regresión de tendencia polinomial $Y = -2\ 119.5 + 3\ 665x - 360.84x^2$, lográndose un rendimiento óptimo de 7 186.7 kg ha⁻¹, abonando con 5.07 t ha⁻¹ de compost de gallinaza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. ISSN En línea: 2709-877X <https://doi.org/10.51440/unsch.revistainvestigacion.29.1.2021.280>
- Barrera-Violeth, J. L.; Cabrales-Herrera, E. M. y Sáenz-Narváez, E. P. (2017). *Respuesta del maíz híbrido 4028 a la aplicación de enmiendas orgánicas en un suelo de Córdoba – Colombia*. Artículo Original. *Orinoquia* [online]. 2017, Vol. 21, N° 2, pp.38-45. ISSN 0121-3709. <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, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/86c4dbfc-c1b6-43ce-9b37-0a6545118099>
- Estrada, M. M. (2006). Manejo y procesamiento de la gallinaza. Artículo de Revisión. Revista Lasallista de Investigación – Vol 2 No. 1. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/88-gallinaza.pdf
- INTAGRI (2015). La Gallinaza como fertilizante. Serie Agricultura Orgánica. Núm. 5. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinaza-como-fertilizante#:~:text=La%20gallinaza%20es%20un%20excelente,fertilidad%20y%20calidad%20del%20suelo>.
- Justiniano. E. (2010). *Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (Zea mayz L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina*. [Tesis de Magister Scientiae. Escuela de Post Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1716>
- López, M., José Dimas; Díaz Estrada, Antonio; Martínez Rubín, Enrique; Valdez Cepeda, Ricardo D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana* [en línea]. 19(4), 293-299 [fecha de Consulta 15 de diciembre de 2022]. ISSN: Disponible en: <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 para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/16/browse?type=subject>

&value=Maiz+Morado

- Manrique, A. (2000). Maíz Morado Peruano. Serie: Folleto R.I N° 04-00. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Ministerio de Agricultura. Lima – Perú.
- MIDAGRI (2021). El maíz Morado Peruano. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Dirección General de Políticas Agrarias. 69 pp. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3531000/%20EI%20Ma%C3%A9Dz%20Morado%20Peruano.pdf>
- Medina, A. E. (2022). Guía de Manejo del Cultivo de Maíz Morado (*Zea mays* L.). Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. Primera edición. Lima, Perú. 158 pp.
- 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 Agronomo, Facultad de Ciencias Agrarias, 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, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2658>
- Pedraza, M; Idrogo, G. y Pedraza, S. (2017). *Densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado (Zea mayz L.)*. Revista ECI Peru. Vol. 14 N° 1. Julio 2017. DOI: <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 postgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú]. <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. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Estación Experimental Agraria Canaán – Ayacucho. <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, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/083be901-4665-48c9-84c4-147f402bab49/content>