

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Densidad de plantas y dosis de guano de islas en el rendimiento
del cultivo de col (*Brassica oleracea* L.). Canaán,
2750 msnm - Ayacucho**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
Bach. Klimer De La Cruz Mejia**

**ASESOR:
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo**

Ayacucho - Perú

2023

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Daniel y Lidia por el apoyo incondicional y el sacrificio que mostraron por mi desarrollo como persona y como profesional.

A mis hermanas, Karina y Tatiana; por el apoyo constante y que fueron capaces de realizar mis sueños y cumplir mi meta de ser profesional.

A mi compañera de vida, por sus palabras de aliento y la valentía de afrontar diversas adversidades en el camino.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Alma Mater por su contribución en mi formación académica y por haberme brindado la oportunidad para conseguir mi objetivo.

A la Escuela Profesional de Agronomía en cuyas aulas adquirí las experiencias de los docentes para formarme profesionalmente.

Al M.Sc. Walter A. Mateu Mateo, asesor, que gracias a todo su conocimiento, sabiduría y experiencia profesional me guio e hizo posible la culminación de este proyecto tan anhelado.

A los miembros del Jurado, Dr. Rolando Bautista Gómez, M.Sc. Alex L. Tineo Bermúdez, Ing. Eduardo Robles García, por sus aportes en la realización de mi trabajo de investigación.

De igual manera, expreso mi gratitud, a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y colaboración incondicional en las diferentes etapas de desarrollo de mi trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras.....	vii
Índice de anexos.....	viii
Resumen.....	1
Introducción	2
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	4
1.1. ANTECEDENTES.....	4
1.2. DE LA COL	7
1.2.1. Taxonomía.....	7
1.2.2. Características botánicas.....	7
1.2.3. Variedades de la col.....	8
1.2.4. Clima y suelo	9
1.2.5. Cultivo	10
1.2.6. Plagas de la col	13
1.2.7. Enfermedades de la col.....	13
1.2.8. Cosecha y rendimientos.....	14
1.3. EL GUANO DE ISLAS	15
1.4. EFECTOS DE LA MATERIA ORGÁNICA SOBRE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	16
1.4.1. Efectos físicos.....	16
1.4.2. Efectos nutricionales y químicos.....	17
1.4.3. Efectos biológicos	17
1.5. DENSIDAD DE PLANTAS	19
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	22
2.1. UBICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	22
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	22
2.3. CARACTERÍSTICAS DEL GUANO DE ISLAS	23

2.4.	CARACTERÍSTICAS DEL CLIMA	24
2.5.	CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVAR ESTUDIADO.....	27
2.6.	VARIABLES INDEPENDIENTES E INDICADORES	27
2.6.1.	Densidad de plantas (D)	27
2.6.2.	Dosis de guano de islas (G)	27
2.7.	VARIABLES DEPENDIENTES E INDICADORES.....	27
2.8.	MÉTODO PROCEDIMENTAL	28
2.9.	CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	29
2.9.1.	Parcelas	29
2.9.2.	Bloques	29
2.9.3.	Campo experimental.....	29
2.10.	INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL ENSAYO	30
2.10.1.	Preparación del terreno.....	30
2.10.2.	Demarcación y estacado del campo experimental.....	30
2.10.3.	Trazado de surcos	30
2.10.4.	Abonamiento	30
2.10.5.	Trasplante	31
2.10.6.	Recalce.....	31
2.10.7.	Control de malezas	31
2.10.8.	Aporque	31
2.10.9.	Control de plagas	31
2.10.10.	Cosecha	31
	CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1.	DIÁMETRO ECUATORIAL DE REPOLLO	32
3.2.	DIÁMETRO POLAR DE REPOLLO	34
3.3.	PESO DE REPOLLO	36
3.4.	RENDIMIENTO DE REPOLLO	38
	CONCLUSIONES	44
	RECOMENDACIONES	45
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
	ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Extracción de nutrientes por el cultivo de col en kg ha ⁻¹	12
Tabla 1.2. Extracción de nutrientes por el cultivo de col	12
Tabla 2.1. Resultados de análisis del suelo del terreno experimental. Canaán, 2750 msnm	23
Tabla 2.2. Resultados del análisis de guano de islas	23
Tabla 2.3. Temperaturas máximas, media, mínima y precipitación correspondiente a la campaña agrícola 2018 – 2019, de la Estación Meteorológica del INIA – Canaán a 2750 m.s.n.m. Ayacucho.....	25
Tabla 2.4. Descripción de los tratamientos	29
Tabla 3.1. ANVA del diámetro ecuatorial de repollo de col con densidad de plantas y niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm	32
Tabla 3.2. Prueba del Tukey de diámetro ecuatorial de repollo del efecto principal densidad de plantas. Canaán, 2750 msnm	33
Tabla 3.3. Prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de repollo del efecto principal niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm	33
Tabla 3.4. ANVA del diámetro polar de repollo de col para densidad de plantas y dosis de guano de islas. Canaán, 2750 msnm	34
Tabla 3.5. Prueba de Tukey de diámetro polar de repollo del efecto principal niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm	35
Tabla 3.6. ANVA de peso de repollo de col para la densidad de plantas y niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm.....	36
Tabla 3.7. Prueba de Tukey de peso de repollo del efecto principal de densidad de plantas. Canaán, 2750 msnm.....	37
Tabla 3.8. Prueba de Tukey del peso de repollo del efecto principal niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm	37
Tabla 3.9. ANVA del rendimiento de repollo de col con densidad de plantas y dosis de guano de islas. Canaán, 2750 msnm	38

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Vista aérea de la parcela experimental	22
Figura 2.2. Temperaturas Ombrotérmicas y Balance Hídrico, correspondiente a la campaña agrícola 2018 - 2019. Estación Meteorológica de Canaán.....	26
Figura 2.3. Croquis del campo experimental y distribución de los tratamientos	30
Figura 3.1. Prueba de Tukey de rendimiento de repollo en el efecto principal de densidad de plantas. Canaán, 2750 msnm	39
Figura 3.2. Tendencia del rendimiento de repollo en el efecto principal de densidad de plantas. Canaán, 2750 msnm	40
Figura 3.3. Prueba de Tukey del rendimiento de repollo del efecto principal niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm.....	41
Figura 3.4. Regresión del rendimiento de repollo en el efecto principal de niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis del suelo de Canaán, 2750 msnm-Ayacucho	50
Anexo 2. Datos obtenidos del campo	51
Anexo 3. Panel fotográfico del experimento	52

RESUMEN

El trabajo experimental se desarrolló en el Centro Experimental Canaán, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicada de 2750 msnm del distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, con el objetivo de evaluar la influencia de la densidad de plantas y niveles de guano de isla en el rendimiento de Col (*Brassica oleracea* L. var. Capitata). El trabajo se desarrolló a partir del 16 de febrero de 2019 hasta el 27 de mayo del 2019. El suelo según el análisis químico tiene un nivel materia orgánica, nitrógeno total bajo, aunque fosforo y potasio disponible con nivel medio. Las variables independientes fueron: densidad de plantas (41,666, 31,250 y 25,000 plantas ha⁻¹), niveles de guano de islas (0 t ha⁻¹, 1.0 t ha⁻¹, 2.0 t ha⁻¹ y 3.0 t ha⁻¹). Se utilizó el diseño estadístico de Bloque Completo Randomizado (DBCR) con arreglo factorial de 3D*4G, 12 tratamientos, con 3 repeticiones. Los resultados indicaron que existe significación estadística en el efecto principal de densidad de plantas en el rendimiento de col, donde la d1 (41,666 a 0.30 m x 0.80 m) fue superior a d2 y d3 con 103,393 kg ha⁻¹, en promedio de los niveles de guano de islas; se halló significación estadística en el efecto principal de niveles de guano de islas aplicados al cultivo de col; los niveles 3 y 2 t ha⁻¹ de guano de islas alcanzaron los mayores rendimientos con 89,203.2 y 85,979.2 kg ha⁻¹, respectivamente, en promedio de la densidad de plantas. Se espera el mayor rendimiento de col con 3.16 t ha⁻¹ de guano de islas, que maximiza el rendimiento a 89,263.9 kg ha⁻¹ de col, en promedio de la densidad de plantas.

Palabras clave: *Brassica oleracea* var. Capitata, densidad de plantas, guano de islas.

INTRODUCCIÓN

La col (*Brassica oleracea* L.) es originario de Europa como planta silvestre, cultivada por los egipcios 2500 años a.C. posteriormente por los griegos.

En el Perú es considerado una de las hortalizas de gran importante en la alimentación, por el alto contenido de fibra, vitaminas A, C, E y también contiene cantidades de K y Ca.

Los rendimientos de la col en la región Ayacucho, son relativamente bajos; según INEI (2019) la producción total del cultivo de col alcanzó a 1,172 toneladas. La baja productividad de la col a nivel regional se debe a la baja densidad de plantas, deficiencias en el abonamiento, etc., a pesar de la demanda de este producto en el mercado. Los consumidores buscan consumir alimentos sanos, ello obliga a los productores a utilizar como abono de los cultivos las fuentes orgánicas que además de nutrir a las plantas también mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, además de disminuir la contaminación de este recurso. El uso de los abonos orgánicos en la horticultura constituye una alternativa viable para mejorar el rendimiento de col, conservar el suelo y el ambiente, sin embargo, es evidente que existe un desconocimiento acerca de la forma de uso, cantidades y fuentes de abono orgánico. Otro factor importante en la productividad de col, es una adecuada densidad de plantas, que bien manejada incrementa la producción significativamente, sin afectar el equilibrio ecológico y la economía del agricultor.

Tomando en cuenta lo mencionado y con fin de contribuir en la mejora del rendimiento del cultivo de col en la región se ha planteado la presente investigación en el Centro Experimental de Canaán buscando obtener respuesta de la col a la densidad de plantas y niveles de guano de islas. Los resultados servirán como referencia para posteriores investigaciones en esta hortaliza. Los objetivos del experimento son:

Objetivo general

Evaluar el efecto de la densidad de plantas y niveles de guano de islas en el rendimiento de col (*Brassica oleracea* L. variedad Capitata) en Ayacucho.

Objetivos específicos

1. Determinar la densidad de plantas que reporte el mayor rendimiento de col (*Brassica oleracea* L. variedad Capitata) en Canaán.
2. Determinar el nivel de guano de islas que maximice el rendimiento de col (*Brassica oleracea* L. variedad Capitata) en Canaán.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

Epiquien (2021) cuando aplicó dos tipos de fertilizantes y abonos en repollo Corazón de Buey evidenció que, “existen diferencias significativas para peso de cabeza, longitud de planta y diámetro de repollo, donde destaca T3 (Nutrifer papa sierra + gran guano), con mejores promedios. El rendimiento por parcela y hectárea fue de 17.07 kg y 105.35 t ha⁻¹, respectivamente, demostró que la fertilización orgánica en interacción con la fertilización mineral influye positivamente en el rendimiento del cultivo de col” (p. 13).

Nina (2014) utilizó dos tipos de compost en el cultivo de cuatro variedades de col, y reportó que,

no hubo diferencias estadísticas en rendimiento entre los dos tipos de compost (compost con microorganismos eficientes y compost normal), obtuvo 81.858 t ha⁻¹ y 76.424 t ha⁻¹, respectivamente; pero fueron superiores al testigo (sin compost) que rindió 63.858 t ha⁻¹. La variedad Brunswick con 99.442 t ha⁻¹ tuvo mayor rendimiento que las otras tres variedades probadas. En diámetro de repollo, no existen diferencias entre los tipos de compost; la variedad Brunswick con 22.745 cm, fue superior a las demás variedades, el menor diámetro se presentó en Charleston Wakefield con 20.163 cm. Las variedades Charleston Wakefield y Corazón de Buey con 117 y 123 días, respectivamente, fueron los más precoces, mientras que las más tardías fueron Brunswick y Savoy ambos con 144 días (p. 163).

Saire (2022) estudió tres densidades de siembra con cuatro niveles de fertilización en brócoli en Cusco, como resultado informó que,

la densidad de plantas influyó en el rendimiento total; la densidad d1 (40 cm x 80 cm) con 30,000 plantas ha⁻¹, reportó el mayor rendimiento con 12 t ha⁻¹, mientras

que la densidad d3 (60 cm x 80 cm) con 20,000 plantas ha⁻¹ tuvo el menor rendimiento con 8.96 t ha⁻¹. También informa que, en altura de planta, el tratamiento d3n1 (60 cm x 80 cm con 157-100-198 de NPK) con 49.37 cm, diámetro de pella de 14.77 cm, longitud de pella de 12.51 cm y diámetro de pedúnculo floral con 4.39 cm, fue superior a los otros tratamientos, asume que se debió al menor número de plantas (p. 146).

Gómez (2016) reportó en col que, “existe efecto significativo del tratamiento t2 (DS= 0.80 m, DP = 0.60 m) en altura de planta con 42.28 cm, diámetro de planta con 77.16 cm, peso de cabeza de col con 3.84 kg y rendimiento de col por parcela con 30.72 kg” (p. 7).

Lozano, et al. (2019) encontraron en lechuga que “El peso de las cabezas fue mayor cuando se trasplantó a 30 cm independientemente del híbrido; No detectó diferencias en rendimiento a las distancias comparadas (15 y 30 cm)” (p. 1).

Infante (2018) luego de estudiar el efecto de las densidades de siembra en coliflor de 40,000, 30,000, 25,000, 20,000 plantas ha⁻¹, encontró que, se presentaron diferencias significativas en el rendimiento total, entre la densidad 40,000 plantas ha⁻¹ (19.59 t ha⁻¹) y 20,000 plantas/ha (11.32 t ha⁻¹). También se presentaron diferencias en el diámetro de inflorescencia entre la densidad 20,000 plantas ha⁻¹ (14.38 cm) y 40,000 plantas ha⁻¹ (11.78 cm). A su vez, hubo diferencias significativas en altura de inflorescencia entre la densidad 20,000 plantas ha⁻¹ (12.70 cm) y las densidades de 25,000, 30,000 y 40,000 plantas ha⁻¹. En peso fresco, 20000 plantas ha⁻¹ (593.86 g) alcanzó mayor peso fresco (p. 10).

Oliva et al. (2017) cuando probó cuatro abonos orgánicos (testigo, bocashi, humus de lombriz y guano de islas) demostró que, “el guano de islas fue superior a los demás en todas las variables (altura de planta, peso de planta, diámetro de cabeza, peso de cabeza y rendimiento) con 25.55 cm, 718.95 g, 13.05 cm, 661.08 g y 44.95 t ha⁻¹, respectivamente, concluyendo que el guano de islas presentó mejores características nutricionales frente a los otros abonos probados” (p. 1).

Pichard (1985) en col forrajera estudio las densidades de plantación 20000 a 250000 plantas ha⁻¹) y niveles de nitrógeno de 0 a 192 kg de N ha⁻¹ y encontró que, el rendimiento aumenta con la densidad de plantas y se hace asintótico cerca de 75000 plantas/ha con 13 a 14 t de materia seca por ha. El porcentaje de hojas y diámetro de tallo estuvieron correlacionados negativamente con poblaciones de plantas, y variaron de 48 a 30 % y entre 3.9 y 1.7 cm, respectivamente. El rendimiento de hojas fue máximo en densidades de 120,000 plantas ha⁻¹, llegando a 7 t de M.S. ha⁻¹. La fertilización mostro leves incrementos en rendimiento al aplicar dosis crecientes de nitrógeno. Los niveles de 0, 64, 128 y 192 kg ha⁻¹ resultaron en rendimientos de 13.97, 14.51, 15.72 y 15.32 t de M.S. ha⁻¹ (p. 5).

Collazos et al. (2018) en el cultivo de col probó dos tipos de enmiendas (guano de islas y humus de lombriz) y tres dosis de abono foliar de fórmula 20-20-20, y encontró que, “el tratamiento guano de islas (7 t ha⁻¹) más tres aplicaciones de abono foliar en la dosis de 2 l/200l de agua fue superior a los demás tratamientos en las variables peso de repollo, diámetro de repollo y peso total de planta, con 1,091.6 g, 45.9 cm y 1,868.6 g, respectivamente, logrando incrementar el rendimiento hasta 57.2 %” (p. 1).

Rojas (2012) estudió en col dosis de humus de lombriz y densidades de siembra y encontró que,

la aplicación de densidades de siembra influyó significativamente en el rendimiento del cultivo, debido a la mayor cantidad de cabezas y peso de cada repollo. Las dosis de humus de lombriz aplicadas describieron un comportamiento lineal positivo sobre el desarrollo del cultivo, evidenciados en altura de planta, área foliar, número de hojas funcionales, peso y diámetro de cabeza y el rendimiento del cultivo. La dosis de 7,000 kg ha⁻¹ de humus de lombriz alcanzó los promedios más altos de altura (12.23 cm), área foliar (95.68 cm²), numero de hojas funcionales (11.21) diámetro de cabeza (11.07 cm) y el rendimiento del cultivo (31,185.67 kg ha⁻¹) (p. 64).

Pando (2020) estudió las labores culturales y la densidad de siembra en col y encontró que, “la mejor densidad de siembra fue d2 (0.40m x 0.70m) que favoreció mayor diámetro de cabeza, con 15 cm en diámetro ecuatorial y mayor diámetro polar, con 17.4

cm; mayor precocidad del cultivo, con 97.3 días a la cosecha, mayor peso de repollo, con 1.3 kg y mayor rendimiento, con 46.9 t ha⁻¹” (p. 6).

Vásquez (2019) probó el efecto del abonamiento con guano de isla en el rendimiento del cultivo de col en Huánuco y reportó que,

existe diferencia estadística en el rendimiento de col, donde tratamiento T3 (5 t ha⁻¹) produjo mayor rendimiento con 70 550,00 kg, superó estadísticamente a los tratamientos, T2 (4 t ha⁻¹), T1 (3 t ha⁻¹) y T4 (testigo). Al nivel de significancia (0,01 de probabilidad de error) los tratamientos T3 (5 t ha⁻¹) y T2 (4 t ha⁻¹) no difieren estadísticamente, sin embargo, el mayor rendimiento corresponde a T3 (5 t ha⁻¹) seguida por T2 (4 t ha⁻¹) respectivamente, ambos superan a los demás tratamientos (p. 36).

1.2. DE LA COL

1.2.1. Taxonomía

Con respecto a la taxonomía, Cronquist (2012) propuso las siguientes categorías taxonómicas:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Brassicales
Familia	: Brassicaceae – Crucífera
Género	: Brassica
Especie	: <i>Brassica olerácea</i>
Variedad botánica	: Capitata
Nombre común	: Col corazón.
Ploidía	: 2n = 18 cromosomas.

1.2.2. Características botánicas

a. Raíz

La col “es una planta bianual, con una raíz pivotante, provista de abundantes raicillas laterales” (Seymour, 1980); “la raíz principal es fusiforme con muchas raicillas, que pueden llegar a profundidades de 1.5 m a 1.05 m de crecimiento lateral, y que la mayor cantidad de raíces se encuentran a 0.46 m profundidad del suelo” (Maroto, 1983).

b. Tallo

“Cuando la planta adquiere su completo desarrollo, posee un tallo erguido de 0.50 a 1.00 m de altura y ramoso” (Tiscornia, 1989); “al principio de la base es pequeño, grueso y no se ramifica el tallo, siempre y cuando no se le quite la dominancia apical, que forma la parte comestible. Cuando pasa su desarrollo, el tallo principal puede alcanzar alturas de 1.20 m a 1.50 m” (Maroto, 1983).

c. Hojas

“Las hojas son sésiles o con pecíolo, son más anchos (60 cm) que largos (35 cm)” (Maroto, 1983).

“Las hojas pueden medir 1 m de diámetro, la forma es casi redonda, a comparación de brócoli y coliflor; tienen un color verde claro con nervaduras muy pronunciadas” Valadez (1994). Además, “pueden presentar varios colores desde verde glauco blanco a rojizas con bordes ligeramente aserrados, de forma oval, cogollos muy apretados en los que se acumulan las reservas nutritivas” (Maroto, 1983).

d. Flores

Las flores son amarillas agrupadas en racimos donde la polinización es alógama (Maroto, 1983). “La inflorescencia está dispuesto en racimos de flores amarillas o blancas, con el cáliz de cuatro sépalos, la corola de cuatro pétalos iguales, con seis estambres tetradínamos y el ovario con cuatro filas de óvulos” (Francis, 1985).

e. Frutos

“El fruto es una silicua y las semillas redondas; un gramo tiene 350-400 semillas” (Francis, 1985).

1.2.3. Variedades de la col

Maroto (1983), Sarli (1974), Casseres (1980) indican que,

los cultivares más importantes son menos de diez, aunque en número se llegó a nombrar que pasa los 200 de acuerdo a la forma, la precocidad, las estaciones, adaptación, según las características de las hojas y cabezas.

Una clasificación propuesta sería:

a. Tipo precoz o de hojas crespadas

Son cultivares de cabeza cónica como: Charlestone Jersey Wakefield, de hojas verdes oscuras de tamaño mediano, compacto y redondo, que han alcanzado gran popularidad y resistencia al *Fusarium*.

b. Tipo intermedio de hojas lisas

Son cultivares de época intermedia, como: Glory, Oftenkhuizen, y Marion Market que se distinguen por ser muy firmes, todas son de cabezas redondas, resistentes a la producción prematura de semillas.

c. Tipo tardío

Son cultivares como Danish y Ball head que se considera como los mejores de los tardíos variando de forma chata a redondeada. Otros tipos pueden ser los morados crespos y en términos generales, las variedades de recolección otoñal e invernal que son muy resistentes al frío y las de recolección primaveral - estival que son resistentes al calor.

1.2.4. Clima y suelo

a. Clima

López (1994) afirma que,

La col desarrolla en climas templados y frescos donde se produce todo el año y en regiones tropicales y sub tropicales durante el invierno. La col es la hortaliza dentro de las crucíferas que muestra mayor tolerancia a las heladas hasta - 9 °C, requiere para la germinación de 4.4 °C. La temperatura máxima es de 35 °C; siendo la óptima de 29.4 °C y en general, las mejores temperaturas se hallan entre 20 y 25 °C. Cuando la temperatura es de 4 a 7 °C por un periodo de 3 a 4 semanas después de la fase juvenil emite el vástago floral, y bajo condiciones de invernadero a temperatura de con un rango de 14 a 18 °C, la col puede ser "perenne" pudiendo producir tres veces al año.

Maroto (1983) menciona que, “las coles son de amplia adaptabilidad climática, generalmente se adapta mejor a ambientes húmedos y son sensibles a la sequía, en cuanto a temperaturas, vegetan en temperaturas diurnas de 13 a 18 °C y nocturnas de 10 a 12 °C; algunas variedades pueden resistir hasta temperaturas de -10 °C, mientras para el mejor

crecimiento y germinación se produce de 26 a 30 °C, donde normalmente la planta emerge de 03 a 04 días”.

b. Suelo

Maroto (1983) señalan los que la col, “se adapta bien a terreno ricos de textura media y arcillosa, poco tolerante a la salinidad (de 6,400 ppm - 0.10 mmhos) y a los encharcamientos, en cuanto al pH ligeramente tolerante a la acidez, con un rango de pH de 6.8 - 5.5 siendo el óptimo pH de 6.5 - 6.2”.

Sarly (1974) añade que, “requieren suelos desde los arenosos a los orgánicos y hasta suelos pesados y llanos que estén bien labrados dotados con anticipación de materias orgánicas muy descompuestos y agregados de oportunas fertilizaciones minerales, cuando hay deficiencia de N en el suelo el color es verde claro mientras que en caso de P o K el mejor aprovechamiento de P es con un pH de 5.5 a 6.5”.

1.2.5. Cultivo

a. Almacigo

“Se elige un terreno adecuado y sombreado, luego se siembra al boleto, poco espeso empleando 1.5 a 2 g de semilla por metro cuadrado, y se cubre la semilla con un mantillo viejo tamizado; luego es conveniente regar dos veces al día, logrando plantas buenas de 200 a 250 plantas/m²” (Tiscornia, 1989).

Maroto (1983) y Casseres (1980) mencionan que, “el almacigo se realiza tradicionalmente en semilleros o tablares donde se utiliza 1 a 3g de semillas por metro cuadrado se logra 300 a 400 plantas/m², 50g de semilla con 75% de germinación produce 5,000 plantas adecuadamente aclarando para evitar plantas ahiladas.”

b. Trasplante

Fersini (1979) y Seymour (1980) sostienen que, “se debe realizar el trasplante en suelo firme con un plantador, cuando las plántulas hayan echado la 4^a o 5^a hoja con una altura de 15 a 20 cm; agrega el último de los nombrados, para lograr mejores prendimientos, un hortelano untaba las raíces en una pasta preparada en un cubo de estiércol y un puñado de cal”.

c. Siembra

La época adecuada de siembra, en términos generales, podría establecer en el ciclo de otoño en octubre y noviembre y, aunque se pueden sembrarse todo al año, también se pueden sembrarse la col en forma directa, luego realizar el deshije dejando una planta. En cuanto al distanciamiento este va influir en el tamaño de la cabeza de la col y el peso. La siembra puede distanciarse a 0.7 m entre surcos y a 0.4 a 0.6 m entre plantas, según la variedad (Francis, 1985).

d. Riego

Israelsen (1975) menciona que “el riego es la aplicación artificial de agua al terreno, para suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para el desarrollo”.

López (1994) y Casseres (1980) explican que, “en el riego de la col, se debe aplicar el agua en forma adecuada sin caer en el exceso, que ésta varía de acuerdo a la época del año, textura del suelo y otros. Según reportes de campo, la col necesita un riego frecuente en los primeros estadios de su ciclo vegetativo, teniendo mucho cuidado cuando la planta ha formado la cabeza, un riego en exceso causa rompimientos o reventamiento, considerada en la col como la época crítica”.

e. Control de malezas

La maleza es una planta que crece en un campo de cultivo no deseado, tienen un rápido crecimiento, son prolíficos resisten mejor a las condiciones adversas climáticas, y principalmente son resistentes a los agentes patógenos. Principalmente entran en competencia con el cultivo por agua, luz, espacio y nutrientes.

Maroto (1983) menciona que, “el control de malezas se puede realizar con la escarda de forma frecuente durante el cultivo. El desyerbe químico se debe hacer con mucha precaución, ajustándose a las dosis del producto comercial, pues existe mucho riesgo de fitotoxicidad. Antes de realizar el trasplante se puede aplicar trifluralina a una dosis de 0.8 a 1 kg ha⁻¹; en caso de post - plantación, puede aplicarse Alacloro a la dosis de 2 a 3 kg ha⁻¹ o con desmetrina a la dosis de 0.25 a 0.31 kg ha⁻¹”.

Van Hawtt (1985) “enfatisa más en el control preventivo y mecánico de las malezas, las cuales consisten en realizar una labor adecuada cuando el terreno aún no está

sembrado, y con el control mecánico se pueden efectuar labranzas de cultivo con diferentes tipos de herramientas desde manuales hasta mecánicos”.

f. Fertilización

Maroto (1983) menciona que, “las extracciones de las coles son variables, según las variedades y los rendimientos obtenidos, pero principalmente necesitan grandes cantidades de nitrógeno, potasio o calcio”.

Tabla 1.1

Extracción de nutrientes por el cultivo de col en kg ha⁻¹

Rendimiento col t ha⁻¹	N	P₂O₅	K₂O	CaO	MgO	Variedad
50	250	85	250			Repollo verde-precoz
156	390	166	664	388	80	Repollo tardío

Nota: Maroto (1983)

Agrega que, “un abonado de tipo medio puede constar de un promedio de 30-40 t ha⁻¹ de estiércol, 100-150 UF ha⁻¹ de N, 65 - 85 UF ha⁻¹ de P₂O₅ y 150 - 200 UF ha⁻¹ de K₂O. Además, es recomendable la aportación de azufre, así como el Bórax, en el abonado de fondo. En general las variedades de invierno se deben fertilizarse con dosis más altas que las variedades de primavera”.

Valadez (1994) señala que, “la dosis aplicada de fertilizantes recomendados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) es de 100 - 50 - 00 o 200 - 100 - 00 de N - P - K” y la extracción se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1.2

Extracción de nutrientes por el cultivo de col

Rendimiento Col t ha⁻¹	N kg ha⁻¹	P kg ha⁻¹	K kg ha⁻¹	Ca kg ha⁻¹	MgO kg ha⁻¹
22.4	67.20	13.40	42.60	17.0	4.5
22.4	67.20	22.40	89.60	20.20	4.5
16.3	56.00	8.90	51.50	8.90	3.4
25.8	63.30	14.60	63.40	-	-

Nota: Valadez (1994)

UNALM (2000) “recomienda fertilizar con 140-60-60 de NPK y aplicar materia orgánica a la preparación del terreno o en bandas al cambio de surco”.

1.2.6. Plagas de la col

Messiaen (1979) y Seymour (1980) indican que, “el insecto más típico es el lepidóptero (*Pieris brassicae*) u oruga de la col cuyas las larvas viven en las hojas de todas las variedades de la col, que llegan a destruir por completo una plantación, y la mejor manera es un control mecánico o sea recogerlos”.

Casseres (1980) menciona que, “las otras plagas que afectan a la col son los áfidos, (*Aphis brassicae*), (*Aphis Pseudo brassicae*), (*Brevicoryne brassicae*), llamados pulgones, son pequeños chupadores recubiertos de un polvo seroso, causa gran daño cuando se deja multiplicar en grandes cantidades, transmiten enfermedades virósicas y la aparición de fumagina, bajan la calidad del producto donde chupan la savia de la planta. Otras de las plagas son: diabrótica (*Diabrótica spp*); gusano taladrador, es una mosca negra (*Hylemya brassicae*), son plagas que atacan al estado adulto y larval son cortadores de hojas y tallos”.

1.2.7. Enfermedades de la col

Bazán (1975) indica que,

las principales enfermedades de la col de importancia económica a nivel de la agricultura peruana son La chupadera fungosa es causada por el hongo (*Rhizoctonia solani*), que ataca a plantas jóvenes, que produce el estrangulamiento del cuello y ocasiona la muerte de ellos. En plantas mayores produce manchas brunas que pueden retardar su crecimiento, su control se hace con fungicidas de formalina y pentacloro nitrobenzeno al 75 %. Otra enfermedad es la hernia de la Col que ataca a todas las especies y variedades de la col, causada por el hongo (*Plasmodiophora brassicae*), produce a través del sistema radicular luego al cuello de la planta causando engrosamiento redondeadas o achuzados que llegan a ser muy grandes e irregulares que al cortar causan mal olor y los hongos al caer pueden estar vivos varios años, se puede hacer un control con la aplicación de cal al suelo o el polvo de cal hidratado 1.1 t ha⁻¹.

Otra enfermedad es la podredumbre negra, causada por una bacteria (*Xanthomonas campestris*), que es un bacilo de 0.7 a 3.0 micras con un sólo flagelo polar que ataca la planta en cualquier época de su desarrollo desde la germinación hasta la cosecha o los síntomas aparecen en las hojas que se vuelven amarillas progresando una clorosis que dé luego se va secando en forma

apergaminada. La forma más importante de luchar son las formas preventivas mediante la cuarentena, la desinfección de la semilla con tratamientos con agua caliente de 50 °C. Otra enfermedad es la producida por el hongo (*Sclerotinia sclerotium*), que causa una pudrición húmeda suave, que inicia del cuello de la planta hacia arriba forma de micelio blanco y algodonoso razón por la cual las hojas mueren violentamente; donde su control es muy difícil pero una serie de prácticas culturales ayudan solamente la disminución de sus efectos. Otra enfermedad es el “mildiu Velloso” causada por un hongo (*Peronospora parasítica*), a nivel de las plántulas, ocasiona jaspeados con manchas amarillas que pueden llegar a destruir; el tratamiento consiste en realizar una adecuada ventilación de plántulas; no estar muy amontonados, luego aplicación de fungicidas a base de cobre, zinc y utilización de algunas variedades resistentes.

“El amarillamiento por *Fusarium* es causado por el hongo (*Fusarium oxysporum*), que aparece en el campo dos meses después del trasplante causando una decoloración amarillenta, ataca fuertemente a temperaturas altas de 28 a 32°C, se recomienda el uso de variedades de coles con resistencia genética y que constituye el combate más efectivo” (Casseres, 1980).

Finalmente, varias especies de género *Meloidogyne* sp. afecta a las raicillas en forma de nudos, su control es con bromuro de metilo.

1.2.8. Cosecha y rendimientos

“Se empieza a realizar la cosecha cuando más del 40% de la plantación tiene formada la parte comestible (cabeza o repollo) siendo el único indicador el tiempo. La sobremaduración ocasiona rajaduras en la cabeza” (López, 1994).

“Se recomienda realizar la cosecha con un corte por debajo de la cabeza sin dejar una porción de tallo, pero se debe quedar hojas envolventes, para mandar al mercado y cuidar su preservación” (Casseres, 1980).

“El momento oportuno para efectuar la cosecha está relacionado con la variedad y las posibilidades de vender, aunque los repollos no hayan alcanzado su desarrollo máximo de acuerdo al precio de mercado” (Seymour, 1980).

La calidad de la col se reconoce por las cabezas firmes, hojas envolventes que cubren unos a otros, libres de daños de insectos, enfermedades o rajaduras, de buen tamaño; para uso casero debe ser de 1 a 3 kg y para la industria y restaurantes deben ser más grandes y turgentes.

1.3. EL GUANO DE ISLAS

PROABONOS (2007) menciona que,

es una mezcla de excrementos de aves (guanay, piquero, alcatraz o pelicano que habitan en la Costa en el Perú), plumas, restos de aves muertas y huevos de las especies que habitan el litoral y que pasan un proceso de fermentación lenta, lo cual permite mantener sus componentes al estado de sales. Es uno de los abonos naturales de mejor calidad por su contenido de nutrientes, así como por la facilidad de asimilación, existiendo diferentes calidades: guano rico (12-11-02); guano fosfatado (1,5-15-1,5) y guano de islas común (9-11-02). El guano de las islas es un recurso natural renovable, que se encuentra en las superficies de las islas y puntas del litoral peruano, lugares en donde se aposentan y se reproducen las aves guaneras. Es un poderoso fertilizante orgánico utilizado con gran éxito por los agricultores y ligado desde muchos años a nuestra historia; tiene un alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, además de muchos otros elementos nutritivos, que los convierten en el fertilizante orgánico más completo del mundo. Estos yacimientos son tan antiguos que ya los Incas los conocían y los empleaban en sus cultivos que de generación en generación han pasado hasta nuestros días. El guano de isla es la columna vertebral de nuestra agricultura, es el mejor fertilizante natural y el más barato del mundo. Su calidad es reconocida en el país y en el extranjero donde a raíz del cese de su exportación se le recuerda todavía como el “guano del Perú”. Sin embargo, no está lejos el día en que el guano de isla vuelva a ocupar el lugar que le corresponde en la agricultura nacional debido a que aporta todos los nutrientes para los cultivos y mejora los suelos del Perú.

Suquilanda (2001) indica que,

la adición de enmiendas orgánicas al suelo (composta, residuos de cosechas, estiércol, abonos verdes, etc.) contribuye al crecimiento de las plantas a través de los efectos que estos causan en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, esto debido a que la materia orgánica provoca un aumento en las

poblaciones de microorganismos, los cuales llevan a cabo procesos biológicos importantes como la degradación de la materia orgánica o la mineralización de nutrientes. Además, el aumento de las poblaciones de microorganismos causa una competencia natural con otros microorganismos patógenos para los cultivos impidiendo su desarrollo en el suelo. Las enmiendas orgánicas también mejoran las propiedades físicas de los suelos, ya que mejora la aireación, la retención de la humedad y promueven una mejor estructura del suelo. En general, todos los aportes dados por la acción de las enmiendas orgánicas al suelo causan un efecto positivo sobre la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de la planta.

Tineo (2007) afirma que,

el guano de isla es un abono orgánico producido por las aves guaneras (guanay, piquero, alcatraz o pelícano) en algunas islas de la costa peruana. El guano de isla es una mezcla de excrementos de aves, plumas, restos de aves muertas, huevos, etc. Los cuales experimentan un proceso de fermentación sumamente lento lo cual permite mantener sus componentes al estado de sales, así mismo, es uno de los abonos naturales de buena calidad en el mundo, por su alto contenido de nutrientes.

1.4. EFECTOS DE LA MATERIA ORGÁNICA SOBRE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Canet (2008) menciona que,

aunque la materia orgánica es sólo un pequeño porcentaje del peso de la mayoría de los suelos (generalmente de 1% al 6%), la cantidad y el tipo de materia orgánica influyen en casi todas las propiedades que contribuyen a la calidad del suelo. La cantidad y calidad de la materia orgánica puede cambiar las propiedades del suelo. Su estructura y disponibilidad de los nutrientes mejora. Las diversas funciones de la materia orgánica pueden agruparse por su efecto en las propiedades físicas, químicas o nutricionales y biológicas.

1.4.1. Efectos físicos

La unión de las partículas de arena, limo y arcilla conformando agregados estables, ayuda a mantener una buena labranza (condiciones físicas del suelo para el crecimiento de las plantas). Un suelo que tiene gran cantidad de materia orgánica tendrá

una mayor agregación y tenderá a ser menos denso, permitiendo un mejor desarrollo y penetración de las raíces. Además, el suelo tendrá una mayor infiltración debido a una estructura superficial más estable, siendo capaz de resistir la fuerza dispersiva del impacto de las gotas de lluvia. De igual modo, las actividades de organismos más grandes que viven en el suelo, tales como lombrices y hormigas, también ayudarán a mejorar la infiltración de agua. De manera que el suelo estará menos propenso a la erosión si existe una mayor infiltración de agua en vez de un escurrimiento superficial. Así también, los suelos arenosos con niveles más altos de materia orgánica tienen una mayor cantidad de pequeños poros para almacenar el agua disponible para las plantas y son menos propensos a la sequía. Por otro lado, los suelos más arcillosos tienen mejor drenaje interno cuando existen grandes cantidades de materia orgánica que cuando las cantidades son menores.

1.4.2. Efectos nutricionales y químicos

La materia es una fuente de nutrientes. Los organismos la descomponen y transforman las formas orgánicas de los elementos en formas que sirven a las plantas. Además, por ser la principal fuente de capacidad de intercambio catiónico (CIC), la materia orgánica ayuda a “*almacenar*” los nutrientes disponibles y los protege de la lixiviación que produce el agua. Las moléculas orgánicas ayudan a quelar un gran número de micronutrientes tales como el zinc (Zn) y el hierro (Fe), además los protege para evitar que sean convertidos en formas menos disponibles para las plantas. En muchos suelos la materia orgánica, debido a su naturaleza ácida débil, tiene un efecto de amortiguación frente a cambios en el pH. Esto también puede ayudar a proteger las plantas de los efectos nocivos de sustancias químicas como, por ejemplo, la toxicidad por aluminio.

1.4.3. Efectos biológicos

Los materiales húmicos en la materia orgánica estimulan el crecimiento de las raíces y del cultivo. Aunque no está claro lo que produce estos efectos, al parecer no es por influencia nutricional directa.

“Es una fuente de diversas actividades de crecimiento, contiene hormonas y fitohormonas y por ello ocurre un verdadero crecimiento en presencia de humus” (Fassbender, 1978).

Aunque la materia orgánica es sólo un pequeño porcentaje del peso de la mayoría de los suelos (generalmente de 1% al 6%), la cantidad y el tipo de materia orgánica influyen en casi todas las propiedades que contribuyen a la calidad del suelo. La cantidad y calidad de la materia orgánica puede cambiar las propiedades del suelo. Su estructura y disponibilidad de los nutrientes mejora. Las diversas funciones de la materia orgánica pueden agruparse por su efecto en las propiedades físicas, químicas o nutricionales y biológicas.

Debido a los efectos físicos, nutricionales y químicos indicados, las plantas que crecen en suelos ricos en materia orgánica tenderán a ser más sanas y menos susceptibles al daño de las plagas que aquellas que crecen en suelo con disminución parcial de materia orgánica. Además, la presencia de diversas poblaciones de organismos (cuando la materia orgánica del suelo es abundante) ayuda a asegurar un ambiente de plagas menos hostil para los cultivos.

No todos los nutrientes presentes en el suelo están disponibles para las plantas. Los nutrientes son tomados por éstas desde la solución del suelo generalmente en la forma de iones como el nitrato (NO_3), fosfato (H_2PO_4) y potasio (K^+), magnesio (Mg^{+2}), etc. Los nutrientes están disponibles para las plantas al ser solubilizados a partir de los minerales absorbidos por la capacidad de intercambio. Aún más, los organismos del suelo convierten muchos elementos de moléculas orgánicas a moléculas inorgánicas.

Durante este proceso de mineralización los elementos se transforman en formas disponibles que las plantas pueden usar. De esta manera la materia orgánica del suelo desempeña un papel clave en el ciclaje de nutrientes, tanto como una fuente de capacidad de intercambio de cationes como de depósito de nutrientes que se convertirán lentamente en formas disponibles mediante la actividad biológica. Como una gran mayoría de los organismos del suelo participan en el proceso de descomposición, ellos ayudan a dirigir el reciclaje de nutrientes. La mejor manera para desarrollar un suelo de alta calidad, incentivar la estructura y mantener altos niveles de materia orgánica es mantener una cantidad activa de materia orgánica. La cantidad de materia orgánica en un suelo en particular es el reflejo de variadas intervenciones en el tiempo, ya sean de origen natural y/o humano. El cambio de contenido de materia orgánica del suelo, después de transcurrido un año, es la diferencia entre lo que se ha agregado y lo que se ha perdido.

Esto se puede expresar mediante esta simple ecuación: Cuando lo agregado excede a lo perdido, la materia orgánica del suelo aumenta. En sentido contrario, si las pérdidas son mayores a lo agregado, ésta disminuye. Cuando un sistema de cultivo ha operado durante largo tiempo, se logra un equilibrio cuando lo agregado y lo perdido se igualan. Bajo estas condiciones no habrá cambios en los niveles de materia orgánica. Queda claro que sólo hay dos caminos principales para estructurar y mantener cantidades aceptables de materia orgánica en los suelos: 1. aumentar la tasa de incorporación de materia orgánica a los suelos, y 2. disminuir la tasa de pérdida de materia orgánica (Servicio Agrícola y Ganadero, 2023, p. 36-38).

1.5. DENSIDAD DE PLANTAS

La densidad de trasplanta depende de factores tales como: la variedad, las condiciones ambientales de temperatura, humedad y radiación solar, de las condiciones de fertilidad del suelo y del manejo agronómico. A pesar de ello en el país se utiliza en promedio 0.7 a 0.8 m entre hileras y 0.4 a 0.6 m entre plantas, utilizando solamente una planta por golpe.

La elección de una densidad de siembra adecuada es una decisión importante para optimizar la productividad de un cultivo, ya que, junto con la adecuación del espaciamiento entre hileras, permiten al productor la obtención de coberturas vegetales adecuadas previo a los momentos críticos para la determinación del rendimiento. La densidad de siembra óptima de cualquier cultivo, es aquella que: maximiza la intercepción de radiación fotosintéticamente activa durante el período crítico para la definición del rendimiento y permite alcanzar el índice de cosecha máximo (Vega y Andrade, 2000 citado por Ferraris, 2007).

Agriculture & Food Institute y Corporation (2008) reporta que,

el rendimiento de cultivos muchas veces se ve limitado por factores ajenos al control del agricultor (ausencia de lluvias, temperaturas frías) y otras veces el rendimiento es limitado por factores que el agricultor puede controlar (semilla apropiada, la disponibilidad adecuada de nutrientes para el suelo, población de plantas, y época de siembra). Si estos factores son óptimos para cada cultivo, el rendimiento será sustancialmente alto.

El objetivo del espaciamiento de siembra, es, el de obtener el máximo rendimiento en una unidad de área sin sacrificar la calidad. La frecuencia de siembra la dirige el objetivo final de qué clase de cultivo se quiere.

La población de plantas por hectárea depende de los siguientes factores:

- a. Fertilidad del suelo. En suelos de baja fertilidad, la población de las plantas debe ser más baja que los suelos con alta fertilidad.
- b. Estructura del suelo. Los cultivos rendirán mejor en tipos de suelos pesados o livianos.
- c. Disponibilidad de agua. En áreas donde el agua es un factor limitante la siembra se debe hacer a baja densidad.

Según Holle y Montes (1985), existen dos tipos de competencia:

La competencia intervegetal o efecto de la población vegetal por cada unidad de superficie, cuando la población se encuentra por debajo del nivel de competencia, el rendimiento por unidad de área se encuentra en razón directa al aumento del número de plantas, entre tanto que, por encima del nivel de competencia, el rendimiento por unidad de superficie está en función del cambio en rendimiento por planta.

La competencia intravegetal o efecto de la población de la planta misma, afecta a las distintas partes de la planta, generalmente afectado al tamaño de la flor y el fruto porque es necesario tener una densidad óptima para cada especie.

Vigliola (2007) indica que,

las distancias utilizadas pueden ser de 30x30 cm, 40x40 cm o 50-70 cm entre hileras y 20, 30 o 40 cm entre plantas. Si se desea una producción de cabezas centrales solamente, se justifica disminuir el espaciamiento.

El mismo autor, menciona que en general cuando se disminuye la distancia, los rendimientos de una sola cosecha aumenta y el peso de la inflorescencia se reduce, pero la inflorescencia no es la misma en todos los cultivares.

Ventajas de las altas densidades:

- Aumenta el rendimiento de semillas por unidad de superficie sin alterar la calidad del producto final.

- Modifica favorablemente el hábito de crecimiento.
- Se obtiene una mayor concentración de la maduración.
- Posibilita una mejor competencia con las malezas

Desventajas de altas densidades:

- Disminuye el rendimiento de semilla por planta, esto constituye una desventaja cuando se posee poco material madre.
- Dificulta las tareas de selección de plantas llegando a impedir las cuando se trata de especies que forman una roseta de hojas (cabeza) como ocurre en algunos cultivares.
- Dificulta las tareas de control de plaga y enfermedades.

CATIE (1990) reporta que, “los distanciamientos de 0.70 m x 0.60 m pueden llegar a manejarse hasta 24,000 plantas por hectárea. Los materiales genéticos de cabeza pequeña pueden ser trasplantados a distanciamientos de 0.60 m x 0.60 m con poblaciones de hasta 26,000 plantas por hectárea”.

UNALM (2000) recomienda distanciamientos de siembra entre surcos de 0.7 – 0.80 m y 0.40 – 0.60 m entre plantas y una hilera por surco.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el Jr. Abancay S/N, comprensión del distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia Huamanga, departamento Ayacucho.

La ubicación geográfica se detalla a continuación:

Latitud Sur : 13° 08' 05"
Longitud Oeste : 74° 32' 00"
Altitud : 2,750 msnm

Figura 2.1

Vista aérea de la parcela experimental



2.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Para conocer las características físicas y químicas del suelo utilizado, se tomaron 6 muestras de suelo de un kilogramo de una profundidad de 20 cm los cuales se

homogenizaron y de esta mezcla, se separó 1 kg de suelo que luego de identificar, se envió al Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería, de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para su análisis. El resultado del análisis reporta que el suelo presenta clase textural Franco arcilloso, pH de 7.84 (ligeramente alcalino), conductividad eléctrica de 2.26 dS/m (ligeramente salino) y carbonatos, bajo. La materia orgánica, 1.96% es baja, y el nitrógeno total 0.10% también es limitado. El reporte del análisis también indica: fósforo disponible, 21.2 ppm, contenido medio; contenido de potasio, 148.8 ppm, medio. De acuerdo a esta lectura, se determinó que es apropiado para el cultivo de col.

Tabla 2.1

Resultados de análisis del suelo del terreno experimental. Canaán, 2750 msnm

Componentes	Contenido	Interpretación
Nitrógeno total	0.10%	Bajo
Materia orgánica	1.96%	Bajo
P - disponible	21.2 ppm	Medio
K - disponible	148.8 ppm	Bajo
pH	7.84	Liger. alcalino
C.E.	2.26 dS/m	Liger. salino
Arena	39.4%	
Limo	27.2%	
Arcilla	33.4%	
Clase textural	Franco arcilloso	

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL GUANO DE ISLAS

Tabla 2.2

Resultados del análisis de guano de islas

Componente	Contenido	Interpretación
Humedad (%)	19.7	
pH	8.46	Alcalino
C.E. (1:1) mS/cm	75.5	Alto
M.O. total (%)	39.4	
N-total (%)	4.41	Medio
P ₂ O ₅ (%)	2.81	Medio
K ₂ O (%)	2.32	Medio
CaO (%)	6.87	
MgO (%)	2.42	
SO ₄ = (%)	0.38	

Nota: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería

El análisis físico y químico del guano de islas le otorga una calidad media por el contenido medio de los nutrientes principales.

2.4. CARACTERÍSTICAS DEL CLIMA

La ciudad de Ayacucho está ubicada en la región quechua, de acuerdo a la clasificación hecha por el geógrafo peruano Javier Pulgar Vidal; quien dividió el territorio del Perú en ocho regiones naturales. Esta región se caracteriza por tener quebradas amplias con fondos planos. El clima es templado y seco, con una temperatura promedio de 17.5 °C y una humedad relativa promedio de 56%. Puede considerarse como valle a mediana altura; en cuanto a la humedad es considerada como zona semiárida. La temporada de lluvias es entre noviembre y marzo. Desde el punto de vista ecológico corresponde a la formación vegetal denominada «Bosque seco montano bajo» dentro del sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (Wikipedia, 2023).

La precipitación total es de 400 mm a 700 mm y promedio anual que se alcanzó en la campaña 2018-2019 fue de 480.5 mm. El trabajo en col se instaló a mediados de febrero, casi al finalizar de lluvias, por lo que se tuvo que complementar con riego por goteo para cubrir las necesidades hídricas del cultivo.

Tabla 2.3

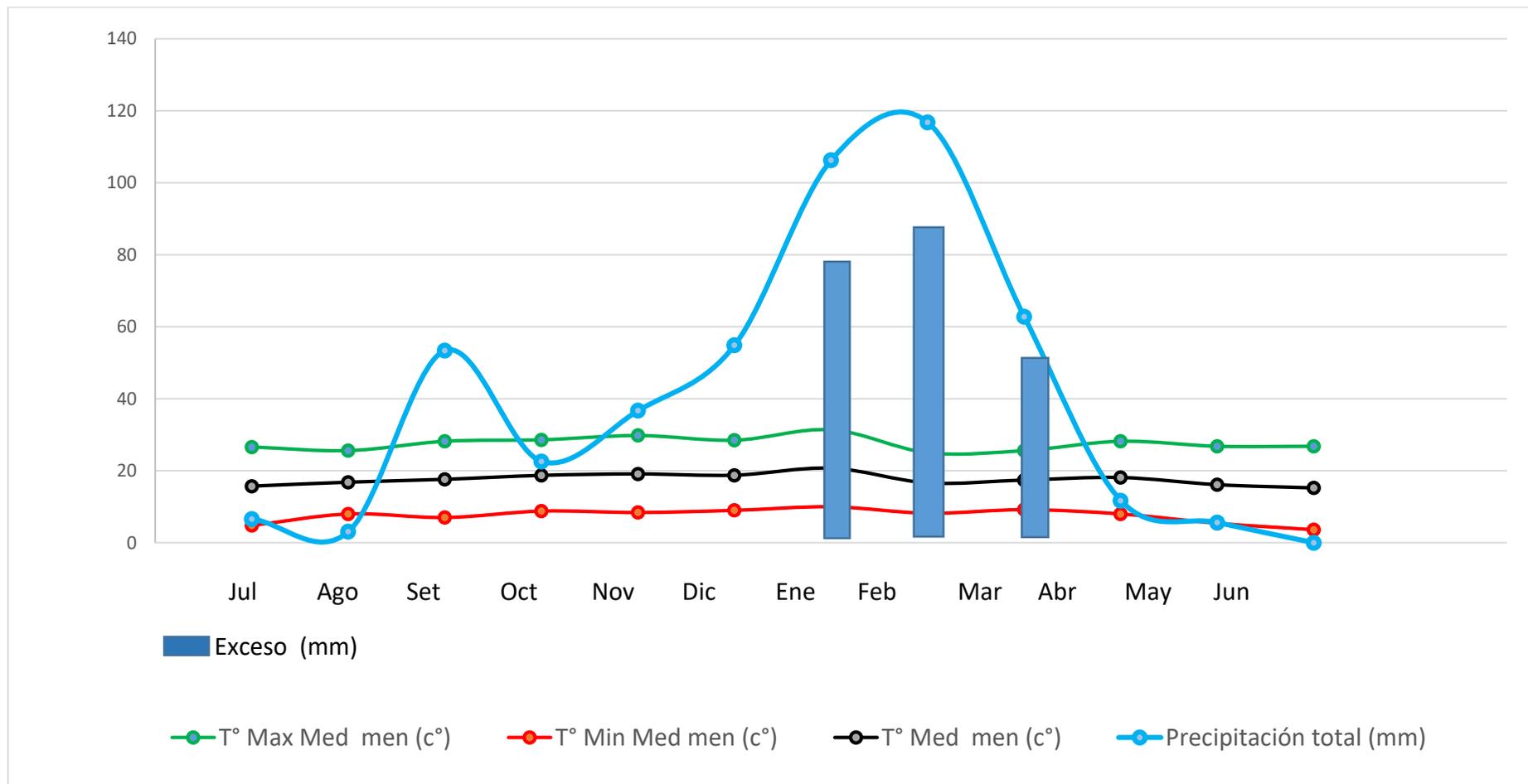
Temperaturas máximas, media, mínima y precipitación correspondiente a la campaña agrícola 2018 – 2019, de la Estación Meteorológica del INIA – Canaán a 2750 m.s.n.m. Ayacucho

Datos climáticos	Año 2018						Año 2019						Total anual	T° X (C°)
	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun		
N° días del mes	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30		
T° Max. m.m. (C°)	26.60	25.60	28.20	28.60	29.80	28.50	31.40	25.00	25.60	28.20	26.80	26.80		27.59
T° Min m.m (C°)	4.80	8.00	7.00	8.80	8.40	9.00	10.00	8.20	9.20	8.00	5.40	3.60		7.53
T° Med men (C°)	15.70	16.80	17.60	18.70	19.10	18.75	20.70	16.60	17.40	18.10	16.10	15.20		17.56
Pp total(mm)	6.60	3.10	53.40	22.60	36.70	54.90	106.30	116.80	62.80	11.70	5.60	0.00	480.50	

Nota: Estación Experimental de Canaán-INIA.

Figura 2.2

Temperaturas Ombrotérmicas y Balance Hídrico, correspondiente a la campaña agrícola 2018 - 2019. Estación Meteorológica de Canaán



Nota: Estación Experimental Canaán – INIA)

2.5. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVAR ESTUDIADO

En el experimento se probó el cultivar Charleston Wakefield conocido como col corazón. Según Bonanza (2023) las características principales son: la madurez que ocurre a los 70-75 días, de forma cónica, de 18 x 20 cm, peso promedio de 1.5 a 2 kg. Buena para sembrar en el hogar y mercado, precoz. Es uno de los favoritos en los mercados del sur. <https://www.bonanzaseeds.com/bonanza-cabbage-choux-repollo-es.php>

2.6. VARIABLES INDEPENDIENTES E INDICADORES

2.6.1. Densidad de plantas (D)

$$d^1 = 41,666 \text{ plantas ha}^{-1} (0.30 \text{ m} \times 0.80 \text{ m})$$

$$d^2 = 31,250 \text{ plantas ha}^{-1} (0.40 \text{ m} \times 0.80 \text{ m})$$

$$d^3 = 25,000 \text{ plantas ha}^{-1} (0.50 \text{ m} \times 0.80 \text{ m})$$

2.6.2. Dosis de guano de islas (G)

$$g_0 = 0.0 \text{ t ha}^{-1}$$

$$g_1 = 1.0 \text{ t ha}^{-1}$$

$$g_2 = 2.0 \text{ t ha}^{-1}$$

$$g_3 = 3.0 \text{ t ha}^{-1}$$

2.7. VARIABLE DEPENDIENTES E INDICADORES

En campo se evaluó la variable rendimiento con sus respectivos indicadores, cuyos criterios de evaluación fueron homogéneos.

Rendimiento

Se evaluó en plantas de los surcos centrales, dejando una planta en la base y cabecera de la unidad experimental, para evitar el efecto de borde.

a) Longitud de repollo (cm)

Previa a la cosecha, se tomó una muestra de 10 plantas de la parcela que se midió en cm la distancia desde la base del repollo hasta el ápice y luego se obtuvo el promedio.

b) Diámetro de repollo (cm)

En las mismas 10 plantas por parcela donde se evaluó la longitud, se midió en cm la distancia polar del repollo y luego se obtuvo el promedio.

c) Peso de repollo (kg)

También en las mismas 10 plantas cosechadas por parcela, se quitaron las hojas inferiores abiertas y luego se pesó en una balanza digital y luego se obtuvo el promedio.

d) Rendimiento de repollos (kg/ha)

Luego de cosechar todos los repollos comerciales de la parcela, se pesó en una balanza digital en kg, luego se infirió a 1 hectárea.

2.8. MÉTODO PROCEDIMENTAL

Se probó la influencia de tres densidades de plantas y cuatro niveles de guano de islas. La investigación es de tipo experimental aplicado. Las unidades experimentales se establecieron según el diseño de Bloque Completo Randomizado con arreglo factorial de 3 d * 4 g con 12 tratamientos, con 3 repeticiones. Se evaluó el rendimiento comercial del cultivo de col y sus componentes. La unidad experimental tuvo una dimensión de 3.20 m * 3.20 m, con 4 surcos. La distancia de siembra fue de 0.80 m entre surcos y entre plantas, según la densidad: 0.30, 0.40 y 0.50 m. El análisis estadístico consistió en realizar el ANVA y la prueba de Contraste de Tukey (0.05) y estudio de la regresión de los caracteres que resultaron significativos.

El modelo aditivo lineal fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \delta_j + \alpha_k + (\delta_j \alpha_k) + \epsilon_{ijk}$

Dónde:

Y_{ijk} : Variable de respuesta del i-ésimo nivel de a, j-ésimo nivel de b, en el k-ésimo bloque

μ : Media general

β_i : Efecto del i-ésimo bloque

δ_j : Efecto de la j-ésima densidad de plantas

α_k : Efecto de k-ésimo dosis de guano de islas

$(\delta_j \alpha_k)$: Efecto de la interacción de densidad de plantas x dosis de guano de islas

ϵ_{ijk} : Error

Tabla 2.4*Descripción de los tratamientos*

Código	Descripción
T ₁	d ₁ * 0.0 t GI ha ⁻¹
T ₂	d ₁ * 1.0 t GI ha ⁻¹
T ₃	d ₁ * 2.0 t GI ha ⁻¹
T ₄	d ₁ * 3.0 t GI ha ⁻¹
T ₅	d ₂ * 0.0 t GI ha ⁻¹
T ₆	d ₂ * 1.0 t GI ha ⁻¹
T ₇	d ₂ * 2.0 t GI ha ⁻¹
T ₈	d ₂ * 3.0 t GI ha ⁻¹
T ₉	d ₃ * 0.0 t GI ha ⁻¹
T ₁₀	d ₃ * 1.0 t GI ha ⁻¹
T ₁₁	d ₃ * 2.0 t GI ha ⁻¹
T ₁₂	d ₃ * 3.0 t GI ha ⁻¹

2.9. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

2.9.1. Parcelas

Ancho	: 2.40m
Largo	: 3.20 m
Área	: 7.68 m ²
Nº de Surcos	: 03

2.9.2. Bloques

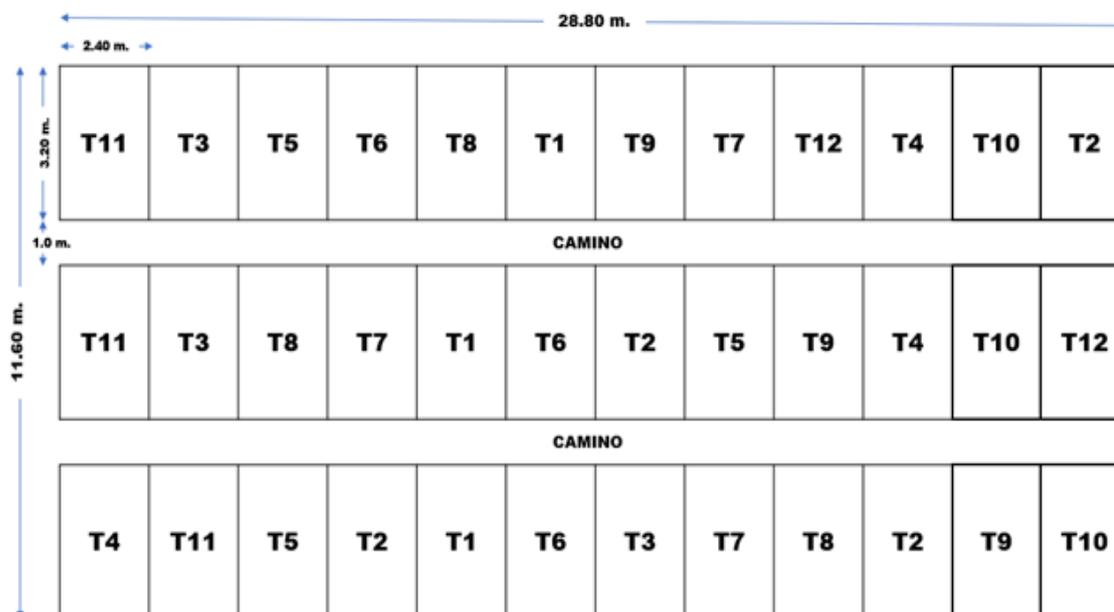
Nº de Bloques	: 3
Largo del bloque	: 28.8 m
Ancho del bloque	: 3.20 m
Área del bloque	: 92.16 m ²

2.9.3. Campo experimental

Largo	: 28.8 m
Ancho	: 11.6 m
Área total del experimento	: 334.08 m ²

Figura 2.3

Croquis del campo experimental y distribución de los tratamientos



2.10. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL ENSAYO

2.10.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó el 15 de diciembre de 2018 con tracción mecánica empleando el arado de discos y la rastra a una profundidad de 30 cm.

2.10.2. Demarcación y estacado del campo experimental

Para la demarcación del campo experimental se utilizó estacas, los trazos se realizaron con la ayuda de una wincha y cordel según el croquis experimental. Esta labor se realizó el 24 de enero de 2019.

2.10.3. Trazado de surcos

Se realizó en forma manual con zapapicos teniendo en cuenta el espaciamiento de 0.80 m. entre surcos. Esta labor se realizó el 24 y 25 de enero de 2019.

2.10.4. Abonamiento

La aplicación de una mezcla de NPK y guano de isla se efectuó al momento del trasplante por golpes en el fondo del surco. Esta labor se realizó el día 26 de enero de 2019.

2.10.5. Trasplante

El trasplante de las plántulas se llevó a cabo el 26 de enero de 2019. Se colocaron los plantines de col en los hoyos previamente abiertos luego se presionaron ligeramente el suelo para fijar bien el plantín. La distancia entre hoyos fue de 0.30, 0.40 y 0.50 m, según el tratamiento y en una sola línea.

2.10.6. Recalce

Luego de evaluar la pérdida de plantines de col en campo, se realizó el reemplazo a los cuatro días del trasplante (30/01/2019).

2.10.7. Control de malezas

Se ejecutó en forma manual utilizando azadones con el fin de evitar la competencia de las malezas con el cultivo. El primer deshierbo se realizó el 15 de febrero de 2019.

2.10.8. Aporque

El aporque se realizó aproximadamente a los 35 días después de la siembra cuando la planta alcanzó una altura de 15 cm. Un primer aporque y deshierbo se realizó el 02 de marzo de 2019. Un segundo aporque y segundo deshierbo se realizó el 04 de abril de 2019.

2.10.9. Control de plagas

Se efectuó durante el experimento, especialmente para controlar el ataque de pulgones, y larvas de polilla de la col. La aplicación de insecticidas, previa evaluación de las plagas se realizó el día 16 de febrero de 2019.

2.10.10. Cosecha

La cosecha de las plantas se realizó utilizando un cuchillo para realizar el corte del tallo cuando las plantas de col formaron el repollo y tomaron una consistencia adecuada a la presión con los dedos. La cosecha fue selectiva según la maduración comercial de la col. La labor de cosecha se inició el 11 de mayo de 2019. La segunda cosecha se realizó el 17 de mayo de 2019.

Para evitar el efecto de borde se dejaron de cosechar 1 planta de col, tanto al inicio como al final de la parcela experimental.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DIÁMETRO ECUATORIAL DE REPOLLO

Tabla 3.1

ANVA del diámetro ecuatorial de repollo de col con densidad de plantas y niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	5.99	2	3.00	2.83	0.0809ns
Densidad	7.09	2	3.54	3.34	0.0541*
Guano islas	14.86	3	4.95	4.67	0.0114*
Dens x GI	4.20	6	0.70	0.66	0.6818ns
Error	23.34	22	1.06		
Total	55.48	35			

C. V. = 5.21 %, R2 = 0.58

En el ANVA del diámetro ecuatorial de repollo de col (tabla 3.1) existe diferencia estadística en los efectos principales de densidad de plantas y dosis de guano de islas; no existe significación en la interacción de densidad de plantas por dosis de guano de islas.

Se interpreta, que por lo menos una de las densidades de plantas tiene un diámetro de repollo diferente de los demás; o una dosis de guano de islas tiene un diámetro de repollo diferente de los demás.

El coeficiente de variabilidad 5.21 % indica que existe buena confiabilidad de los datos obtenidos, mientras que el R2 0.58 significa que el 58 % de la respuesta en el diámetro de repollo está ligado a los dos factores estudiados (Calzada, 1970)

Tabla 3.2

Prueba del Tukey de diámetro ecuatorial de repollo del efecto principal densidad de plantas. Canaán, 2750 msnm

Densidad de plantas	Promedio(cm)	AES
d1 (41,666 plantas)	20.37	a
d2 (31,250 plantas)	19.67	ab
d3 (25,000 plantas)	19.30	b

La prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de repollo en las densidades de plantas expresa que el diámetro en d1 y d2, sin diferencias entre ellos, son superiores a d3, lo que significa que cuando la densidad de plantas es menor, las plantas tienen mayor espacio para desarrollar, menor competencia y por lo tanto tienen mayor diámetro ecuatorial de repollo.

Gómez (2016) señala que la densidad de plantas juega un rol importante en la altura de planta y diámetro de repollo de col. Infante encontró que con la densidad 20,000 plantas ha⁻¹ el diámetro de las inflorescencias fue mayor (14.38 cm) que con la densidad 40,000 plantas ha⁻¹ (11.78 cm). Pando (2020) encontró mayor diámetro de repollo (15 cm) con 0.40 m y 0.70 m entre plantas.

Tabla 3.3

Prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de repollo del efecto principal niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm

Guano de islas	Promedio (cm)	AES
3.0 t ha ⁻¹ (g ₃)	20.65	a
2.0 t ha ⁻¹ (g ₂)	20.10	ab
1.0 t ha ⁻¹ (g ₁)	19.37	ab
Sin guano de islas (g ₀)	19.00	b

En la prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de repollo con los niveles de guano de islas se corrobora lo encontrado en el ANVA, en este caso, los diámetros que alcanzó con g1, g2 y g3 no difieren entre sí, pero si difieren del testigo (sin guano de islas), lo que se interpreta como que las plantas al recibir macronutrientes y micronutrientes a través del guano de islas desarrollan mayor diámetro, esto tiene que ver con la mitosis y volumen de las células que conforman los tejidos.

Los resultados de Epiquien (2021) respaldan los resultados encontrados, quien señala que cuando aplicó fertilizantes y gran guano obtuvo los mejores promedios de diámetro y longitud de repollo de col, así como peso de repollo.

Rojas (2012) evidenció que las dosis de humus de lombriz aplicadas describieron un comportamiento lineal positivo sobre el desarrollo del cultivo, que se evidenció en el diámetro de cabeza, siendo el mejor 7 t ha⁻¹ de humus.

Collazos et al. (2018) obtuvo que el tratamiento con guano de islas (7 t ha⁻¹) más tres aplicaciones de abono foliar en la dosis de 2 l/200 l de agua fue superior a los demás tratamientos en la variable diámetro de repollo, con 45.9 cm.

Oliva et al. (2017) demostró que el guano de islas fue superior a bocashi y humus de lombriz en la variable diámetro de repollo, con 13.05 cm.

Gómez (2016) reportó en col que el tratamiento t2 (DS= 0.80 m, DP = 0.60 m) tuvo diámetro de repollo de 77.16 cm. Nina (2014) afirma que el diámetro de repollo no difiere con tipos de compost que aplicó.

Los resultados obtenidos en el estudio son similares al ser contrastados con Vázquez (2019) que obtuvo 23.73 cm con tratamiento T3 (5 t ha⁻¹) de guano de isla superando estadísticamente a los demás tratamientos, donde el T2 (4 t ha⁻¹) y T1 (3 t ha⁻¹) ocupan el segundo y tercer lugar con 20.94 y 18.95 cm.

3.2. DIÁMETRO POLAR DE REPOLLO

Tabla 3.4

ANVA del diámetro polar de repollo de col para densidad de plantas y dosis de guano de islas. Canaán, 2750 msnm

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	3.61	2	1.80	0.76	0.4798ns
Densidad	7.50	2	3.75	1.58	0.2287ns
Guano isla	22.98	3	7.66	3.23	0.0421*
Dens x GI	24.58	6	4.10	1.73	0.1621ns
Error	52.22	22	2.37		
Total	110.89	35			

C.V. = 5.49 %; R2 = 0.53

En el ANVA del diámetro polar del repollo (tabla 3.4) se muestra que no existen diferencias estadísticas en el efecto principal de densidades y en la interacción densidad por guanos de islas. Sin embargo, hubo diferencias significativas en los efectos principales de niveles de guano de islas, o sea hubo influencia del guano de islas en esta característica.

El coeficiente 5.49 % indica buena precisión y confiabilidad de los datos, mientras que el R^2 de 0.53, significa que la respuesta encontrada se atribuye en 53% a los factores aplicados.

Tabla 3.5

Prueba de Tukey de diámetro polar de repollo del efecto principal niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm

Guano de islas	Promedio (cm)	AES
3.0 t ha ⁻¹ (g ₃)	29.06	a
2.0 t ha ⁻¹ (g ₂)	28.30	ab
1.0 t ha ⁻¹ (g ₁)	28.12	ab
Sin guano de islas (g ₀)	26.84	b

La prueba de Tukey de diámetro polar de repollo en las dosis de guano de islas (tabla 3.5) como ocurre con el diámetro ecuatorial, que las plantas con aplicación de guano de islas g₃, g₂ y g₁ desarrollan mayor diámetro polar de repollo que las plantas donde no se aplicó el guano de islas (g₀), lo que se interpreta, que las plantas al tener mayor cantidad de macro y micronutrientes provenientes del guano de islas desarrollan mayor tamaño de planta, en este caso mayor diámetro polar, frente al testigo.

Los resultados alcanzados en la investigación, respecto al diámetro polar de col, muestran superioridad frente a lo reportado por Vázquez (2019) quien obtuvo diámetro promedio de 24.80 cm, bajo la aplicación de 5,000 kg ha⁻¹ de guano de isla; se demuestra que se puede incrementar el diámetro polar de col incrementando las dosis de guano de isla, sin causar fitotoxicidad en la planta.

Referente a este indicador, Epiquien (2021) señala que cuando aplicó dos tipos de fertilizantes y abonos en repollo corazón de buey hubo diferencias significativas para

longitud de planta y diámetro donde destaca T3 (Nutrifer papa sierra + gran guano) con mejores promedios. Así mismo, en brócoli, Saire (2022) obtuvo mayor altura de planta con el tratamiento d3n1 (60 cm x 80 cm con 157-100-198 de NPK) con 49.37 cm. Gómez (2016) obtuvo con 0.80 m y 0.60 m entre plantas de col, la mayor altura con 42.28 cm. Oliva et al. También demostró que el guano de islas fue superior a los demás abonos, en altura de planta, con 25.55 cm. Rojas (2012) demostró que las dosis de humus de lombriz aplicadas describieron un comportamiento lineal positivo sobre altura de planta (12.23 cm). Pando (2020), con la densidad 0.40 m x 0.70 m obtuvo un diámetro polar de 17.4 cm.

3.3. PESO DE REPOLLO

Tabla 3.6

ANVA de peso de repollo de col para la densidad de plantas y niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	0.22	2	0.11	2.18	0.1365ns
Densidad	0.46	2	0.23	4.48	0.0234*
Guano isla	3.40	3	1.13	22.03	<0.0001**
Dens x GL	0.17	6	0.03	0.55	0.7651ns
Error	1.13	22	0.05		
Total	5.39	35			

C.V. = 8.74 %; R² = 0.79

En el ANVA de peso de repollo de encontró significación en el efecto principal de densidades de planta, alta significación en el efecto principal de niveles de guano de islas y no hubo significación en la interacción de densidad de plantas por dosis de guano de islas. Quiere decir que una de las densidades de plantas es diferente de las demás, así como una de las dosis de guano de islas es diferente de las otras dosis probadas.

El coeficiente de variabilidad 8.74 % significa que los datos obtenidos tienen buena confiabilidad y el R² de 0.79, indica que el 79 % de la respuesta alcanzada en esta característica se atribuye a los factores estudiados.

La prueba de Tukey de peso de repollo con densidades de planta corrobora los resultados del ANVA, en este caso la densidad d1 (30 cm entre planta), con mayor número de plantas, alcanzo mayor peso de repollo que la densidad d2 (40 cm entre planta) y d3 (50 cm entre planta), que tienen menor densidad de plantas. Sin embargo, esta pequeña contradicción se debe a mayor distanciamiento de siembra que es una desventaja en el aprovechamiento del guano de islas en la planta.

Tabla 3.7

Prueba de Tukey de peso de repollo del efecto principal de densidad de plantas. Canaán, 2750 msnm

Densidad de plantas	Promedio (kg)	AES
d ₁ (41,666 plantas)	2.76	a
d ₂ (31,250 plantas)	2.52	b
d ₃ (25,000 plantas)	2.51	b

Este resultado se podría discernir a partir de la competencia intraespecífica, o sea menor competencia por espacio, luz, agua y nutrientes lo que avalaría un mayor desarrollo y peso de plantas de col.

Con relación a este resultado, Epiquien (2021) en col corazón de buey evidenció que existen diferencias significativas para peso de cabeza con T3 (Nutrifer papa sierra + gran guano) con mejores promedios. Gómez (2016) encontró efecto significativo del tratamiento T2 (DS= 0.80 m, DP = 0.60 m) peso de cabeza de col con 3.84 kg. Infante en coliflor encontró que la menor densidad o sea 20,000 plantas/ha con 593.86 g/planta alcanzó el mayor peso fresco. Pando (2020) encontró que la densidad de siembra d2 (0.40 m x 0.70 m) favoreció el mayor peso promedio de repollo con 1.3 kg/cabeza de repollo.

Tabla 3.8

Prueba de Tukey del peso de repollo del efecto principal niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm

Guano de Islas	Promedio (kg)	AES
3.0 t ha ⁻¹ (g ₃)	2.93	a
2.0 t ha ⁻¹ (g ₂)	2.80	ab
1.0 t ha ⁻¹ (g ₁)	2.54	b
Sin guano de islas (g ₀)	2.12	c

La prueba de Tukey del peso de repollo (tabla 3.8) evidencia que las dosis de guano de islas g3 y g2 tuvieron mayor peso de repollo que g1 y el testigo, sin embargo, entre ambos no hubo diferencia significativa. Se explica, porque las plantas al disponer de mayor cantidad de macro y micronutrientes provenientes del guano de islas alcanzaron mayor desarrollo y consecuentemente mayor peso de repollo frente a las dosis con menor cantidad de guano de islas aplicado y el testigo. Entonces el guano de islas resulta favorable para obtener repollos de mayor peso y tamaño.

Rojas (2012) reportó que las dosis de humus de lombriz describieron un comportamiento lineal positivo en el peso de repollo de col, siendo mayor con 7 t/ha de humus. Collazos et al. (2018) al estudiar en col el guano de islas y humus de lombriz con tres dosis de abono foliar de fórmula 20-20-20, obtuvo que el tratamiento guano de islas (7 t ha⁻¹) más tres aplicaciones de abono foliar fue superior a los demás tratamientos en la variable peso de repollo con 1091.6 g. Oliva et al. (2017) al estudiar bonos orgánicos (testigo, bocashi, humus de lombriz y guano de islas) demostró que el guano de islas fue superior a los demás en peso de planta 718.95 g/cabeza.

3.4. RENDIMIENTO DE REPOLLO

Tabla 3.9

ANVA del rendimiento de repollo de col con densidad de plantas y dosis de guano de islas. Canaán, 2750 msnm

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	266822812.19	2	133411406.10	2.70	0.089ns
Densidad	11332729406.61	2	5666364703.30	114.70	<0.0001**
Guano isla	3191399196.26	3	1063799732.09	21.53	<0.0001**
Dens x GI	297383162.95	6	49563860.49	1.00	0.448ns
Error	1086821630.51	22	49400983.20		
Total	16175156208.51	35			

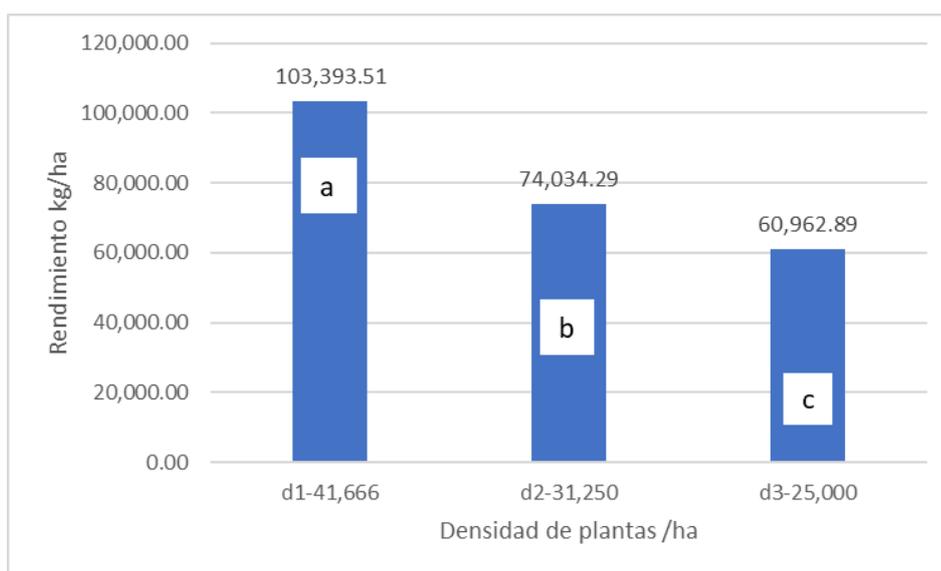
C.V. = 8.35%

El ANVA (tabla 3.9) muestra que existe alta significación en los efectos principales de densidad de plantas y el guano de isla, esto significa la independencia de estas variables. El coeficiente de variabilidad de 8.35 % expresa una buena precisión del experimento que indica buena confiabilidad de los resultados, puesto que los datos se encuentran ubicados dentro del margen permisible.

La prueba de Tukey de las densidades estudiadas en el rendimiento (figura 3.1) ratifica la diferencia significativa entre el cultivo de col en las diferentes densidades; la densidad d1 (30 cm entre plantas) con 103,391 kg ha⁻¹ es superior estadísticamente a toda las densidades de siembra en el rendimiento de col, en un segundo plano se encuentra el rendimiento de la densidad d2 (40 cm entre plantas) que alcanzó un rendimiento de 74,034.29 kg ha⁻¹ y finalmente la menor densidad d3 (50 cm entre plantas) cuyo rendimiento de col es de 60,962.89 kg ha⁻¹. Estos resultados indican que, a menor distanciamiento entre plantas, es mayor la población de plantas. En general los rendimientos son buenos, lo que expresa las buenas condiciones edafoclimáticas de Canaán para el cultivo de col.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de rendimiento de repollo en el efecto principal de densidad de plantas. Canaán, 2750 msnm



La mayor densidad de plantas en d1 provoca mayor rendimiento de col debido al mayor número de plantas en comparación con d3, que tienen menor densidad de plantas y menor número de plantas.

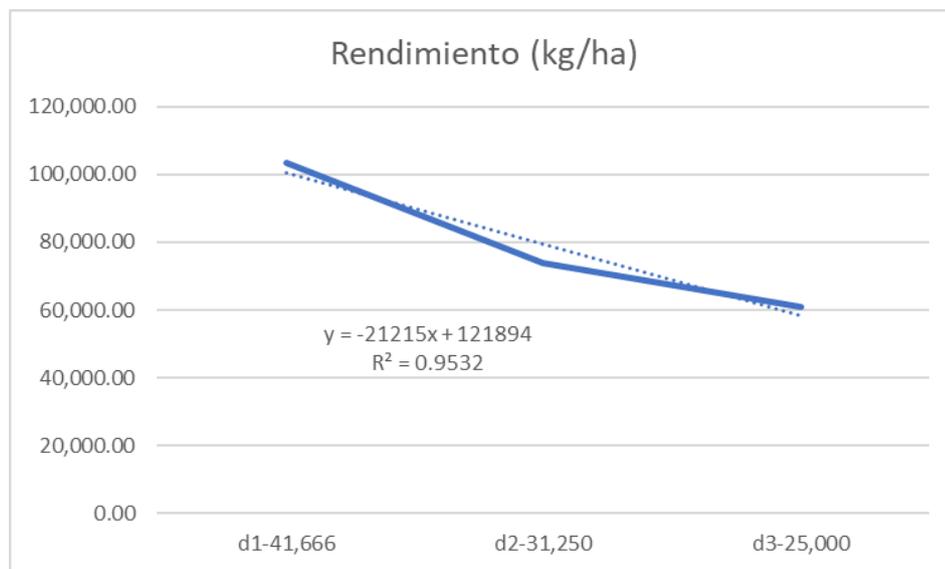
El resultado obtenido coincide con Saire (2022) que, en brócoli, obtuvo mayor rendimiento con 40,000 plantas ha⁻¹ (40 cm x 80 cm) con 12 t ha⁻¹ en comparación con 20,000 plantas ha⁻¹ (60 cm x 80 cm) con 8.96 t ha⁻¹. Gómez (2016) obtuvo mayor rendimiento de col con distanciamiento de 60 cm x 80 cm con 30.72 t ha⁻¹, que es menor al obtenido en nuestro ensayo.

Igualmente corroboran los resultados obtenidos, Infante (2018) que obtuvo en coliflor mayor rendimiento con densidad de plantas de 40,000 (19.59 t ha^{-1}), frente a 20,000 plantas/ha (11.32 t ha^{-1}). También Pichard (1985), cuando estudió la densidad de plantas concluye señalando que el rendimiento aumenta con la densidad de plantas. Rojas (2012) en la misma dirección, afirma que la aplicación de densidades de siembra influyó significativamente en el rendimiento de con debido a la mayor cantidad de cabezas y peso de cada repollo.

Sin embargo, Lozano (2019) no detectó diferencias en el rendimiento de lechuga, cuando trasplantó a 15 y 30 cm. en los híbridos que estudió. Pando (2020) encontró que la menor densidad de siembra fue d2 (0.40m x 0.70 m) con la que obtuvo rendimiento de 46.9 t ha^{-1} , y adecuados diámetros y precocidad de planta.

Figura 3.2

Tendencia del rendimiento de repollo en el efecto principal de densidad de plantas. Canaán, 2750 msnm



La tendencia del rendimiento de la col, en función de la densidad plantas (figura 3.2), muestra que a medida que se disminuye la densidad de plantas, el rendimiento disminuye proporcionalmente. La ecuación que predice el rendimiento es $= -21,215 X + 121,894$ con un $R^2 = 0.95$. En el distanciamiento de 30 cm entre plantas (mayor densidad de plantas) se tiene mayor rendimiento debido al mayor población de plantas, pero con menor peso de repollo de col, mientras que a 50 cm entre plantas (menor densidad de

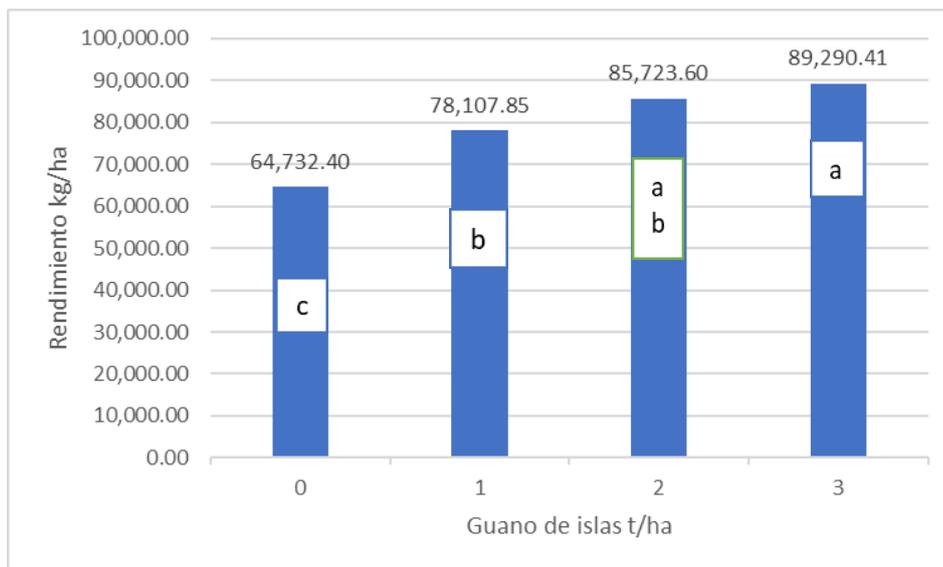
plantas) se tiene menor rendimiento con menor población de plantas, pero con repollos de col de mayor peso.

La prueba de Tukey de rendimiento de repollo con dosis de guano de islas indica que g3 y g2 con 89,290.41 kg ha⁻¹ y 85,723.60 kg ha⁻¹, estadísticamente similares, superan al testigo que alcanzó 64,732.40 kg ha⁻¹, y entre g2 y g1 tampoco existe diferencias.

Se demuestra que el rendimiento de la col es directamente proporcional al incremento de los niveles de guano de islas aplicado.

Figura 3.3

Prueba de Tukey del rendimiento de repollo del efecto principal niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm



El mayor rendimiento logrado con la dosis de 3 t ha⁻¹ de guano de islas se atribuye a que al suministrar este nivel de guano de islas al repollo se aporta la mayor cantidad de macronutrientes como el N, P, K y micro elementos diversos y también, el hecho de incorporar materia orgánica al suelo, significa también la mejora de las propiedades físicas de suelo (estructura, retención de humedad, temperatura del suelo), así como de las propiedades químicas (capacidad tampón, CIC) y propiedades biológicas (incremento de la población microbiana encargada de descomponer la materia orgánica del suelo, etc).

Con relación al resultado obtenido, Epiquien (2021) afirma que tanto la fertilización orgánica en interacción con la mineral influyó positivamente en el

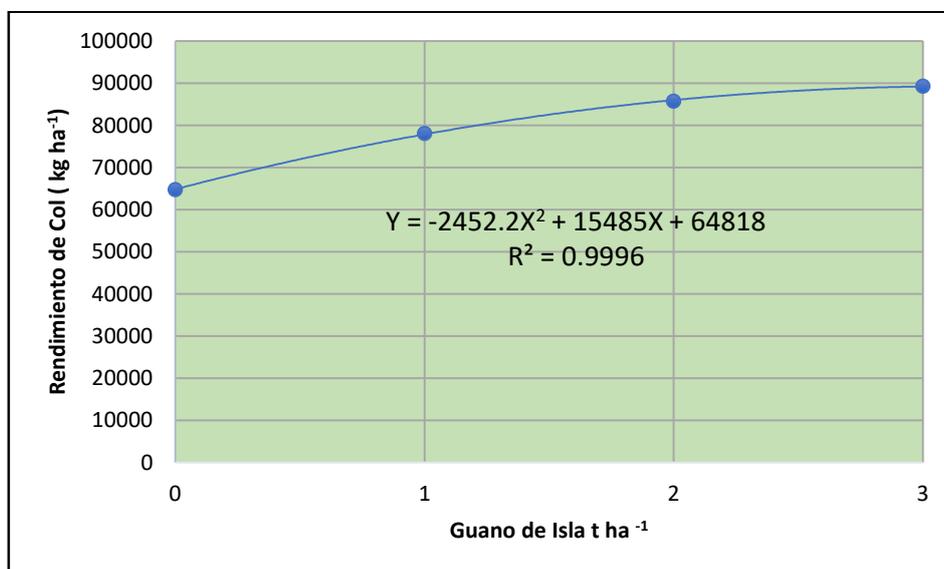
rendimiento de col, donde obtuvo 105.35 t ha⁻¹, resultado similar a lo reportado en nuestro experimento. De otro lado, Nina (2014) señala que no encontró diferencia de rendimiento en dos tipos de compost (81,858 t ha⁻¹ y 76,424 t ha⁻¹), pero si fueron superiores al testigo (sin compost) que tuvo rendimiento de 63,858 t ha⁻¹; y la variedad Brunswick reportó el mayor rendimiento 99,442 t ha⁻¹, muy cercano a lo obtenido en nuestro experimento.

Los resultados obtenidos superan a lo reportado por Vázquez (2019) quien registra el mejor donde el efecto del tratamiento (5 t ha⁻¹) T3 produjo un promedio mayor con 70,550.00 kg ha⁻¹, superando estadísticamente a los tratamientos de (4 t ha⁻¹) T2 con 59,075.00 y (3 t ha⁻¹) T1 con 42,075.00 respectivamente.

Por otro parte, Oliva et al (2017) demostró que el guano de islas fue superior al testigo, bocashi y humus de lombriz, donde alcanzó 44.95 t ha⁻¹, pero que es menor al alcanzado en nuestro experimento. Pichard (1985), encontró leves incrementos cuando aplicó dosis crecientes de nitrógeno (0, 64, 128 y 192 kg ha⁻¹). Collazos et al (2018) informo que el tratamiento 7 t ha⁻¹ de guano de islas con tres aplicaciones de abono foliar (20-20-20) alcanzó el mayor rendimiento de repollos, lo que significó un incremento de 57.2% en rendimiento. Rojas (2012) también encontró un comportamiento lineal positivo a la aplicación de dosis de humus siendo el más alto de 7,000 kg ha⁻¹ de humus, con 31,185.67 kg ha⁻¹.

Figura 3.4

Regresión del rendimiento de repollo en el efecto principal de niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm



En la figura 3.4 se muestra la regresión del rendimiento de la col (kg ha^{-1}) en función de los niveles de guano de isla, donde se observa que es una ecuación cuadrática. Al derivar la ecuación cuadrática, se obtuvo que 3.16 t ha^{-1} proporciona el rendimiento máximo con $89,263.9 \text{ kg ha}^{-1}$. En la regresión se visualiza que el nivel máximo de guano de islas en la práctica es de 3.16 t ha^{-1} , si se agregan mayores niveles, el rendimiento se estabiliza o disminuye.

CONCLUSIONES

En base a los resultados encontrados y para las condiciones donde se realizó el experimento se arribó a las siguientes conclusiones:

1. Existe significación estadística en el efecto principal de densidad de plantas en el rendimiento de col, donde la d1 (41,666 a 0.30 m x 0.80 m) fue superior a d2 y d3 con 103,393 kg ha⁻¹, en promedio de los niveles de guano de islas.
2. Se halló significación estadística en el efecto principal de niveles de guano de islas aplicados al cultivo de col; los niveles 3 y 2 t ha⁻¹ de guano de islas alcanzaron los mayores rendimientos con 89,203.2 y 85,979.2 kg ha⁻¹, respectivamente, en promedio de la densidad de plantas. Se espera el mayor rendimiento de col con 3.16 t ha⁻¹ de guano de islas, que maximiza el rendimiento a 89,263.9 kg ha⁻¹ de col, en promedio de la densidad de plantas.

RECOMENDACIONES

1. Para obtener buen rendimiento de col se recomienda aplicar la densidad de 41,666 plantas ha^{-1} (30 cm entre plantas y 80 cm entre surcos) con el nivel de guano de islas de 3.16 t ha^{-1} .
2. Se recomienda el cultivo de col bajo las condiciones de Canaán por tener excelentes rendimientos y de responder al abonamiento orgánico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arca, M. (1970). Manejo de suelos, Departamento de Suelos y Geología. Programa de Agronomía U.N.A. La Molina. Lima, Perú.
- Bazán, C. (1975). Enfermedades de cultivos hortícolas y frutícolas. Editorial Jurídica S.A. Lima, Perú.
- Bonanza Seeds. (2023). Semillas de repollo *Brassica oleracea* var. Capitata. Disponible en: <https://www.bonanzaseeds.com/bonanza-cabbage-choux-repollo-es.php>
- Calzada, J. (1979). Métodos estadísticos para la investigación. Editorial Jurídica. Lima, Perú. 646p.
- Canet, R. (2008). Uso de la materia orgánica en agricultura. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia, España.
- Casseres, E. (1980). Producción de hortalizas. Editorial IICA. San José, Costa Rica.
- Collazos, R., J. Arista, S. Oyarce y E. Huamán. (2018). Efecto de la aplicación de abonos foliares y enmiendas orgánicas sobre el rendimiento de repollo corazón de buey (*Brassica oleracea* L.), en Chachapoyas, Amazonas. Disponible en: <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/381>
- Cooke, G. W. (1979). Tratado de fertilización y sus usos. Editorial C.E.C.S.A. Bogotá, Colombia.
- Epiquien, N. (2021). Efecto de dos tipos de fertilizantes y abonos en el rendimiento del repollo Corazón de Buey (*Brassica oleracea*) en María, Luya, Amazonas. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Disponible en: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2323>
- Fassbender, H. (1978). Química de suelos. Editorial IICA, San José, Costa Rica. Disponible en: <file://repositorio.iica.int/handle/11324/6801>
- Ferrah, L. (1975). Horticultura actual de familiar a empresarial. Editorial Aedos. Madrid, España.
- Fersini, A. (1979). Horticultura práctica. Editorial Diana. Barcelona, España.
- Francis, C. (1985). Todo sobre repollo. Editorial Aedos. Madrid España.
- Gómez, M. (2015). Efecto de la densidad de siembra de la col Corazón de Buey (*Brassica oleracea* L.) en el rendimiento en condiciones edafológicas de San Nicolás – Ancash – 2014. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

- Disponible en:
<https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1610?show=full>
- Infantes, O. (2018). Rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea* var, Itálica) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en:
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3717>
- Israelsen, O. W. (1975). Principios y aplicaciones de riego. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España
- López, V. (1994). Producción de hortalizas. Editorial Limusa. México.
- Lozano, L., A. Tálamo y A. Artinian. (2019). Efecto de la distancia de plantación sobre la calidad de pella y el rendimiento de dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica Plenck) en el valle de Lerma (Salta). Disponible en:
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/95441>
- Maroto, J. V. (1983). Horticultura herbácea especial. Edición Mundi Prensa, Madrid, España.
- Messiaen, C. (1979). Las Hortalizas, Técnicas Agrícolas y Producción Tropical. Editorial Blume. México.
- Nina, O. (2014). Efecto del abonamiento con dos tipos de preparación de compost en el rendimiento de cuatro variedades de repollo (*Brassica oleracea* L. var. Capitata) en K'ayra – Cusco. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Disponible en:
<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/979>
- Oliva, M., Neri, J., Huamán, E., Oyarce, S., Collazos, R. (2017). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos sobre el rendimiento de repollo Corazón de Buey (*Brassica oleracea*) en Chachapoyas, Amazonas. Disponible en:
<https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/370>
- Pando, J. (2020). Efecto de prácticas culturales y densidad de siembra en la producción del cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L. var. Capitata) en Palma Real – Echarati, La convención – Cusco. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad nacional de San Antonio Abad del Cusco. Disponible en:
<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5466>
- Pichard, G., S. Reyes y E. Innocenti. (1985). Efecto de la densidad de población y de la fertilización nitrogenada sobre algunas características productivas de la col

- forrajera (*Brassica oleracea* L.). Disponible en: <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/8669>
- Rojas, C. (2012). Efecto de tres dosis de humus y roca fosfórica en tres densidades de siembra, en repollo (*Brassica oleracea* L.) en el fundo Aucaloma – UNSM-T. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de san Martín – Tarapoto. Disponible en: <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/1914/1/ITEM%4011458-64.pdf>
- Saire, D. (2022). Efecto de tres densidades de siembra con cuatro niveles de fertilización en el rendimiento de una variedad de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) en la comunidad de Caytupampa Provincia de Calca, región Cusco. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad nacional San Antonio Abad del Cusco. Disponible en: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6959?locale-attribute=en>
- Sarli, A. (1974). Tratado de horticultura. Edición Mundi - Prensa. Barcelona, España.
- Selke, W. (1981). Los abonos. Editorial Academia 4ta. Edición. España
- Servicio Agrícola y Ganadero (2023). Agricultura orgánica nacional. Bases técnicas y situación actual. Ministerio de Agricultura. Chile. Disponible en: https://www.sag.cl/sites/default/files/agricultura_org._nacional_bases_tecnicas_y_situacion_actual_2013.pdf
- Seymour, J. (1980). El Horticultor autosuficiente. Editorial Blume. Barcelona, España.
- Tiscornia, J. R. (1989). Manual de horticultura de hojas. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina.
- Valadez, L. A. (1996). Producción hortalizas. 5ta reimpresión. Edit. Limusa S.A. México D.F 298 p.p.
- Van Hawtt. (1985). Control preventivo y mecánico. México.
- Vásquez, N. (2019). Efecto del abonamiento con guano de isla en el rendimiento del cultivo de col (*Brassica oleracea* L) variedad lombarda (*Capitata* f. rubra) en condiciones agroecológicas de Colicocha 2018. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Disponible en: <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5383>
- Vigliola, I. (2007). Manual de horticultura. Editorial hemisferio sur. Argentina.
- Wikipedia. (2023). Ayacucho. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Ayacucho>.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis del suelo de Canaán, 2750 msnm-Ayacucho



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
 Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
 Ayacucho – Perú
 "Año del Dialogo y la Reconciliacion Nacional"

Región : Ayacucho HR. 0522
 Provincia : Huamanga
 Distrito : Andrés A. Cáceres Dorregaray
 Localidad : C. E. Canaán Bajo 2750msnm
 Proyecto : "TESIS"
 Solicitante : Sr. Klimer De La Cruz Mejía

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H ₂ O) 1:2.5	C. E. (dS/m.) 1:1	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. 18 (ppm)		Cationes cambiabiles (Cmol(+)/Kg)						C. I. C. (Cmol(+)/Kg)
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
01	39.4	27.2	33.4	Fr-Ar	7.84	2.26	0.5	1.96	0.10	21.2	148.8	9.82	4.32	0.78	0.92	0.0	0.0	22.8

Ayacucho, 18 de Diciembre del 2018

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
 PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
 RESPONSABLE

 Juan B. Girón Molina
 C.I.P. 77120

Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenosos; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrAr: Franco arcillosos; FrArL: Franco arcillo limoso; ArAo: Arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso

Anexo 2. Datos obtenidos del campo

Bloque	Densidad	Guano	Peso	Altura	Diámetro	Rendimiento
1	d1	g0	1.758	24.5	17.6	65905.195
1	d1	g1	2.68	28.35	19.2	100489.017
1	d1	g2	3.035	30.5	20.8	113810.679
1	d1	g3	3.069	29.86	21.71	115096.373
1	d2	g0	1.743	22.9	17.3	51197.687
1	d2	g1	2.235	26.25	17.81	65653.125
1	d2	g2	2.516	27.21	20.29	73899.107
1	d2	g3	2.417	28	20.5	70984.687
1	d3	g0	2.244	28.08	18.83	54410.937
1	d3	g1	2.589	29.93	20	62783.25
1	d3	g2	2.715	27.62	19.54	65838.75
1	d3	g3	2.992	28.6	20.8	72556
2	d1	g0	2.339	30.3	21.4	87711.096
2	d1	g1	2.809	26	18.42	105335.815
2	d1	g2	2.955	29.07	20.8	110798.227
2	d1	g3	3.014	30.07	19.93	113033.906
2	d2	g0	1.972	25.2	18.3	57927.5
2	d2	g1	2.469	27.82	19.27	72516.193
2	d2	g2	2.801	28.36	19.64	82276.704
2	d2	g3	2.871	30.14	19.5	84327.232
2	d3	g0	2.182	28.9	18.2	52913.5
2	d3	g1	2.273	28.15	18.38	55131.442
2	d3	g2	2.618	28.08	19	63494.583
2	d3	g3	2.887	28.76	20.59	70018.308
3	d1	g0	2.578	28.7	21.5	96673.453
3	d1	g1	2.938	29.93	21.07	110181.273
3	d1	g2	2.981	28.33	20.92	111795.086
3	d1	g3	2.931	28.2	21.1	109891.992
3	d2	g0	2.258	26.75	19.33	66326.302
3	d2	g1	2.622	27.54	20.92	77021.25
3	d2	g2	2.896	28.94	20.94	85070
3	d2	g3	3.446	31.3	22.2	101211.653
3	d3	g0	2.042	26.21	18.5	49525.961
3	d3	g1	2.221	29.12	19.24	53859.25
3	d3	g2	2.661	26.55	19	64529.25
3	d3	g3	2.742	26.62	19.54	66493.5

Anexo 3. Panel fotográfico del experimento



Figura 1. Surcado, abonamiento y trasplante



Figura 2. Cultivo de col a los 22 días después del trasplante



Figura 3. Control químico de pulgones, y larvas de polilla de la col



Figura 4. Primer aporque



Figura 5. Primera evaluación de plantas competitivas de los surcos centrales



Figura 6. Cosecha de col y la segunda evaluación



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. KLIMER DE LA CRUZ MEJIA

R.D. N° 313-2023-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los cinco días del mes de setiembre del año dos mil veintitrés, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del señor Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias Dr. Rolando Bautista Gómez, los miembros del jurado conformado por el Dr. Rolando Bautista Gómez, M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo como asesor, M.Sc. Álex Lázaro Tineo Bermúdez y el Ing. Eduardo Robles García; actuando como secretario de actas el Mtro. Ennio Chauca Retamozo, para recibir la sustentación de la Tesis titulada: **Densidad de plantas y dosis de guano de islas en el rendimiento del cultivo de col (*Brassica oleracea* L.) Canaán, 2750 msnm - Ayacucho.** para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por la Bachiller **KLIMER DE LA CRUZ MEJIA**.

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 deliberacion y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Rolando Bautista Gómez	15	13	14	14
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo	16	16	16	16
M.Sc. Álex Lázaro Tineo Bermúdez	14	14	16	15
Ing. Eduardo Robles García	14	14	14	14
PROMEDIO GENERAL				15

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


.....
Dr. Rolando Bautista Gómez
Presidente


.....
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo
Asesor


.....
M.Sc. Álex Lázaro Tineo Bermúdez
Jurado


.....
Ing. Eduardo Robles García
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, presidente 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 RR N° 294-2022-UNSCH-R; hace constar que el trabajo titulado;

Densidad de plantas y dosis de guano de islas en el rendimiento del cultivo de col (*Brassica oleracea* L.). Canaán, 2750 msnm – Ayacucho.

Autor : Klimer De La Cruz Mejía

Asesor : Walter Augusto Mateu Mateo

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **veintitres por ciento (23 %)** 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: 2202320136

Ayacucho, 20 de octubre de 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Walter A. Mateu Mateo
M. Sc. Walter A. Mateu Mateo
Pde. Comisión Turnitin - FCA

Densidad de plantas y dosis de guano de islas en el rendimiento del cultivo de col (*Brassica oleracea* L.). Canaán, 2750 msnm – Ayacucho

por Klimer De La Cruz Mejía

Fecha de entrega: 20-oct-2023 07:42p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2202320136

Nombre del archivo: Tesis_Col_Klimer_2023-revisado_201023.pdf (1.83M)

Total de palabras: 14870

Total de caracteres: 74991

Densidad de plantas y dosis de guano de islas en el rendimiento del cultivo de col (*Brassica oleracea* L.). Canaán, 2750 msnm – Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

17%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	11%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	9%
3	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
5	doaj.org Fuente de Internet	<1%
6	Mekhled Alenazi, Mahmoud Abady Wahb-Allah, Hesham Saleh Abdel-Razzak, Abdullah Anwar Ibrahim, Abdullah Alsadon. "Water Regimes and Humic Acid Application Influences Potato Growth, Yield, Tuber Quality and Water Use Efficiency", American Journal of Potato Research, 2016 Publicación	<1%

7

1library.co
Fuente de Internet

<1 %

8

revistas.untrm.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Densidad de plantas y dosis de guano de islas en el rendimiento del cultivo de col (*Brassica oleracea* L.). Canaán, 2750 msnm – Ayacucho

Bach. Klimer De La Cruz Mejía
pinotexkdm25@gmail.com

M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo
walter.mateu@unsch.edu.pe

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

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Centro Experimental de Canaán, propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado a 2750 msnm en el distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, con el objetivo de evaluar la influencia de la densidad de plantas y niveles de guano de islas en el rendimiento de Col (*Brassica oleracea* L. var. Capitata). El trabajo se desarrolló desde el 16 de febrero hasta el 27 de mayo del 2019. El suelo presenta un nivel de materia orgánica y nitrógeno total bajos, fósforo y potasio disponible con nivel medio. Las variables independientes fueron: densidad de plantas (41,666, 31,250 y 25,000 plantas ha⁻¹), niveles de guano de islas (0 t ha⁻¹, 1.0 t ha⁻¹, 2.0 t ha⁻¹ y 3.0 t ha⁻¹). Se utilizó el diseño estadístico de Bloque Completo Randomizado (DBCR) con arreglo factorial de 3D*4G, 12 tratamientos, con 3 repeticiones. Los resultados indicaron que existe significación estadística en el efecto principal de densidad de plantas en el rendimiento de col, donde la d1 (41,666 a 0.30 m x 0.80 m) fue superior a d2 y d3 con 103,393 kg ha⁻¹, en promedio de los niveles de guano de islas; asimismo, se encontró significación estadística en el efecto principal de niveles de guano de islas aplicados al cultivo de col; los niveles 3 y 2 t ha⁻¹ de guano de islas alcanzaron los mayores rendimientos con 89,203.2 y 85,979.2 kg ha⁻¹, respectivamente, en promedio de la densidad de plantas.

Palabras clave: *Brassica oleracea* var. Capitata, densidad de plantas, guano de islas.

ABSTRACT

The present research was carried out at the Canaán Experimental Center, property of the National University of San Cristóbal de Huamanga, located at 2750 meters above sea level in the Andrés Avelino Cáceres Dorregaray district, province of Huamanga, department of Ayacucho, with the aim of evaluating the influence of plant density and levels of guano from islands on the yield of Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. Capitata). The work was carried out from February 16, 2019 to May 27, 2019. According to the chemical analysis, the soil has a low level of organic matter and total nitrogen, and available phosphorus and potassium with a medium level. The independent variables were: plant density (41,666, 31,250 and 25,000 plants ha⁻¹), island guano levels (0 t ha⁻¹, 1.0 t ha⁻¹, 2.0 t ha⁻¹ and 3.0 t ha⁻¹). The Randomized Complete Block (DBCR) statistical design was used with a 3D*4G factorial arrangement, 12 treatments, with 3 repetitions. The results indicated that there is statistical significance in the main effect of plant density on cabbage yield, where d1 (41,666 at 0.30 m x 0.80 m) was higher than d2 and d3 with 103,393 kg ha⁻¹, on average of the levels. . of island guano; Statistical significance was found in the main effect of island guano levels applied to cabbage cultivation; Levels 3 and 2 t ha⁻¹ of island guano reached the highest yields with 89,203.2 and 85,979.2 kg ha⁻¹, respectively, in average plant density.

Keywords: *Brassica oleracea* var. Capitata, plant density, island guano.

INTRODUCCIÓN

La col (*Brassica oleracea* L.) es originaria de Europa como planta silvestre, cultivada por los egipcios 2500 años a.C. posteriormente por los griegos. En el Perú es considerada una de las hortalizas de gran importancia en la alimentación, por su alto contenido de fibra, vitaminas A, C, E, así como, por las cantidades de K y Ca.

Los rendimientos de la col en la región Ayacucho, son relativamente bajos; según INEI (2019) la producción total del cultivo de col alcanzó a 1,172 toneladas. La baja productividad de la col a nivel regional se debe a la baja densidad de plantas, deficiencias en el abonamiento, etc. Los consumidores buscan alimentos sanos, ello obliga a los productores a utilizar como abono de los cultivos las fuentes orgánicas que además de nutrir a las plantas también mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, además de disminuir la contaminación de este recurso. El uso de abonos orgánicos en col (testigo, bocashi, humus de lombriz y guano de islas) demostró que, “el guano de islas fue superior a los demás en todas las variables (altura de planta, peso de planta, diámetro de cabeza, peso de cabeza y rendimiento) con 25.55 cm, 718.95 g, 13.05 cm, 661.08 g y 44.95 t ha⁻¹, respectivamente, concluyendo que el guano de islas presentó mejores características nutricionales frente a los otros abonos probados” (Oliva et al., 2017. p. 1). Otro factor importante en la productividad de col, es una adecuada densidad de plantas, que bien manejada incrementa la producción significativamente, sin afectar el equilibrio ecológico y la economía del agricultor. Se ha demostrado la influencia de la densidad de siembra en col, donde “la mejor densidad de siembra fue d2 (0.40m x 0.70m) que favoreció mayor diámetro de cabeza, con 15 cm en diámetro ecuatorial y mayor diámetro polar, con 17.4 cm; mayor precocidad del cultivo, con 97.3 días a la cosecha, mayor peso de repollo, con 1.3 kg y mayor rendimiento, con 46.9 t ha⁻¹” (Pando, 2020, p. 6).

Tomando en cuenta lo mencionado y con el fin de contribuir en el incremento del rendimiento del cultivo de col en la región se realizó la presente investigación en el Centro Experimental de Canaán con el objetivo de evaluar el efecto de la densidad de plantas y niveles de guano de islas en el rendimiento de col (*Brassica oleracea* L. variedad Capitata) en Ayacucho.

METODOLOGÍA

Ubicación del trabajo de investigación

Se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el Jr. Abancay S/N, del distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia Huamanga, departamento Ayacucho. La ubicación geográfica es;

Latitud Sur : 13° 08' 05", Longitud Oeste : 74° 32' 00" y una altitud de 2,750 msnm

Características del suelo

El resultado del análisis de caracterización reporta que el suelo presenta clase textural Franco arcilloso, pH, 7.84 (ligeramente alcalino), conductividad eléctrica de 2.26 dS/m (ligeramente salino) y carbonatos, bajo. La materia orgánica es baja con 1.96% y el nitrógeno total 0.10% limitado, fósforo disponible es de nivel medio con 21.2 ppm; contenido medio de potasio con 148.8 ppm. Estos resultados señalan que el suelo es apropiado para el cultivo de col.

Tabla 1

Interpretación de los resultados de análisis del suelo. Centro experimental. Canaán, 2750 msnm.

Componentes	Contenido	Interpretación
Nitrógeno total	0.10%	Bajo
Materia orgánica	1.96%	Bajo
P - disponible	21.2 ppm	Medio
K - disponible	148.8 ppm	Bajo
pH	7.84	Liger. alcalino
C.E.	2.26 dS/m	Liger. salino
Arena	39.4%	
Limo	27.2%	
Arcilla	33.4%	
Clase textural	Franco arcilloso	

Nota: Fue realizado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería. UNSCH.

Características del guano de islas

Tabla 2

Resultados del análisis de guano de islas

Componente	Contenido	Interpretación
Humedad (%)	19.7	
pH	8.46	Alcalino
C.E. (1:1) mS/cm	75.5	Alto
M.O. total (%)	39.4	
N-total (%)	4.41	Medio
P ₂ O ₅ (%)	2.81	Medio
K ₂ O (%)	2.32	Medio
CaO (%)	6.87	
MgO (%)	2.42	
SO ₄ ⁼ (%)	0.38	

Nota: realizado en el laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería. UNSCH

El análisis físico y químico del guano de islas le otorga una calidad media por el contenido medio de los nutrientes principales.

Características del clima

Tabla 3

Temperaturas máximas, media, mínima y precipitación correspondiente a la campaña agrícola 2018 – 2019 de la Estación Meteorológica del INIA – Canaán a 2750 m.s.n.m. Ayacucho.

Datos climáticos	Año 2018 - 2019					
	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Número días del mes	31	31	28	31	30	31
T° Max med men (C°)	28.50	31.40	25.00	25.60	28.20	26.80
T° Min med men (C°)	9.00	10.00	8.20	9.20	8.00	5.40
T° Med men (C°)	18.75	20.70	16.60	17.40	18.10	16.10
Precipitación total(mm)	54.90	106.30	116.80	62.80	11.70	5.60

Nota: Datos obtenidos de la Estación Experimental de Canaán-INIA.

Factores estudiados

a. Densidad de plantas (D)

$$d_1 = 41,666 \text{ plantas ha}^{-1} (0.30 \text{ m} \times 0.80 \text{ m})$$

$$d_2 = 31,250 \text{ plantas ha}^{-1} (0.40 \text{ m} \times 0.80 \text{ m})$$

$$d_3 = 25,000 \text{ plantas ha}^{-1} (0.50 \text{ m} \times 0.80 \text{ m})$$

b. Dosis de guano de islas (G)

$$g_0 = 0.0 \text{ t ha}^{-1} \text{ sin guano de islas}$$

$$g_1 = 1.0 \text{ t ha}^{-1}$$

$$g_2 = 2.0 \text{ t ha}^{-1}$$

$$g_3 = 3.0 \text{ t ha}^{-1}$$

Diseño experimental

Se utilizó el diseño Bloque Completo Randomizado con arreglo factorial de 3 d * 4 g obteniéndose 12 tratamientos, con 3 repeticiones. El análisis estadístico consistió en realizar el ANVA y la prueba de Contraste de Tukey (0.05) y estudio de la regresión de los caracteres que resultaron significativos.

El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \delta_j + \alpha_k + (\delta_j \alpha_k) + \varepsilon_{ijk}$$

Se evaluó el rendimiento comercial del cultivo de col y sus componentes. La unidad experimental tuvo una dimensión de 3.20 m * 3.20 m, con 4 surcos. La distancia de siembra fue de 0.80 m entre surcos y entre plantas, según la densidad: 0.30, 0.40 y 0.50 m.

Tabla 4*Descripción de los tratamientos*

Código	Descripción
T ₁	d ₁ * 0.0 t GI ha ⁻¹
T ₂	d ₁ * 1.0 t GI ha ⁻¹
T ₃	d ₁ * 2.0 t GI ha ⁻¹
T ₄	d ₁ * 3.0 t GI ha ⁻¹
T ₅	d ₂ * 0.0 t GI ha ⁻¹
T ₆	d ₂ * 1.0 t GI ha ⁻¹
T ₇	d ₂ * 2.0 t GI ha ⁻¹
T ₈	d ₂ * 3.0 t GI ha ⁻¹
T ₉	d ₃ * 0.0 t GI ha ⁻¹
T ₁₀	d ₃ * 1.0 t GI ha ⁻¹
T ₁₁	d ₃ * 2.0 t GI ha ⁻¹
T ₁₂	d ₃ * 3.0 t GI ha ⁻¹

Variable dependiente evaluada e indicadores**Rendimiento**

Se evaluó en plantas de los surcos centrales, dejando una planta en la base y cabecera de la unidad experimental, para evitar el efecto de borde.

- Longitud de repollo (cm)
- Diámetro de repollo (cm)
- Peso de repollo (kg)
- Rendimiento de repollos (kg/ha)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN**Diámetro ecuatorial de repollo****Tabla 5**

ANVA del diámetro ecuatorial de repollo de col con densidad de plantas y niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	5.99	2	3.00	2.83	0.0809ns
Densidad	7.09	2	3.54	3.34	0.0541*
Guano islas	14.86	3	4.95	4.67	0.0114*
Dens x GI	4.20	6	0.70	0.66	0.6818ns
Error	23.34	22	1.06		
Total	55.48	35			

C. V. = 5.21 %, R² = 0.58

En el ANVA del diámetro ecuatorial de repollo de col (tabla 5) existe diferencia estadística en los efectos principales de densidad de plantas y dosis de guano de islas; no existe significación en la interacción de densidad de plantas por dosis de guano de islas. Esto significa que por lo menos una de las densidades de plantas tiene un diámetro de repollo diferente de los demás; o una dosis de guano de islas tiene un diámetro de repollo diferente de los demás.

El coeficiente de variabilidad 5.21 % indica que existe buena confiabilidad de los datos obtenidos, mientras que el R^2 0.58 significa que el 58 % de la respuesta en el diámetro de repollo está ligado a los dos factores estudiados (Calzada, 1970).

Tabla 6

Prueba del Tukey de diámetro ecuatorial de repollo del efecto principal densidad de plantas. Canaán, 2750 msnm.

Densidad de plantas	Promedio(cm)	AES
d1 (41,666 plantas)	20.37	a
d2 (31,250 plantas)	19.67	ab
d3 (25,000 plantas)	19.30	b

La prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de repollo en las densidades de plantas expresa que el diámetro en d1 y d2, son iguales estadísticamente, pero, superiores a d3, lo que significa que cuando la densidad de plantas es menor, las plantas tienen mayor espacio para desarrollar, menor competencia y por lo tanto tienen mayor diámetro ecuatorial de repollo.

Gómez (2016) señala que la densidad de plantas juega un rol importante en la altura de planta y diámetro de repollo de col. Asimismo, Infante (2018) encontró que con la densidad 20,000 plantas ha^{-1} el diámetro de las inflorescencias fue mayor (14.38 cm) que con la densidad 40,000 plantas ha^{-1} (11.78 cm). Pando (2020) encontró mayor diámetro de repollo (15 cm) con 0.40 m y 0.70 m entre plantas, valores inferiores a los obtenidos en el presente estudio.

Tabla 7

Prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de repollo del efecto principal niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm.

Guano de islas	Promedio (cm)	AES
3.0 t ha^{-1} (g3)	20.65	a
2.0 t ha^{-1} (g2)	20.10	ab
1.0 t ha^{-1} (g1)	19.37	ab
Sin guano de islas (g0)	19.00	b

En la prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de repollo con los niveles de guano de islas se corrobora lo encontrado en el ANVA, en este caso, los diámetros que alcanzaron con g1, g2 y g3 no difieren entre sí, pero superiores al testigo (sin guano de islas), lo que significa que las plantas al recibir macronutrientes y micronutrientes a través del guano de islas desarrollan mayor diámetro, esto tiene que ver con la mitosis y volumen de las células que conforman los tejidos.

Los resultados obtenidos por Epiquien (2021) respaldan a los encontrados en el presente ensayo, en el sentido que, cuando aplicó fertilizantes y gran guano obtuvo los mejores promedios de diámetro y longitud de repollo de col, así como peso de repollo.

Los resultados del presente estudio son similares al que obtuvo Vázquez (2019) es decir, 23.73 cm con tratamiento T3 (5 t ha⁻¹) de guano de isla superando estadísticamente a los demás tratamientos, donde el T2 (4 t ha⁻¹) y T1 (3 t ha⁻¹) ocupan el segundo y tercer lugar con 20.94 y 18.95 cm, respectivamente.

Diámetro polar de repollo

Tabla 8

ANVA del diámetro polar de repollo de col para densidad de plantas y dosis de guano de islas. Canaán, 2750 msnm.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	3.61	2	1.80	0.76	0.4798ns
Densidad	7.50	2	3.75	1.58	0.2287ns
Guano isla	22.98	3	7.66	3.23	0.0421*
Dens x GI	24.58	6	4.10	1.73	0.1621ns
Error	52.22	22	2.37		
Total	110.89	35			

C.V. = 5.49 %; R² = 0.53

En el ANVA del diámetro polar del repollo (tabla 8) se muestra que no existen diferencias estadísticas, el efecto principal de densidades y en la interacción de densidad por guanos de islas. Sin embargo, hubo diferencias significativas en los efectos principales de niveles de guano de islas, mostrando influencia del guano de islas en esta característica.

El coeficiente 5.49 % indica buena precisión y confiabilidad de los datos, mientras que el R² de 0.53, significa que la respuesta encontrada se atribuye en 53% a los factores aplicados.

En la tabla 9, se muestra la prueba de Tukey de diámetro polar de repollo en las dosis de guano de islas, donde se observa que, al igual con el diámetro ecuatorial, las plantas con aplicación de guano de islas g3, g2 y g1 desarrollan mayor diámetro polar de repollo que las

plantas donde no se aplicó el guano de islas (g0), las plantas al tener mayor cantidad de macro y micronutrientes provenientes del guano de islas desarrollan mayor tamaño de planta, en este caso mayor diámetro polar, frente al testigo.

Tabla 9

Prueba de Tukey de diámetro polar de repollo del efecto principal niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm.

Guano de islas	Promedio (cm)	AES
3.0 t ha ⁻¹ (g3)	29.06	a
2.0 t ha ⁻¹ (g2)	28.30	ab
1.0 t ha ⁻¹ (g1)	28.12	ab
Sin guano de islas (g0)	26.84	b

Los resultados alcanzados, respecto al diámetro polar de col, muestran superioridad frente a lo reportado por Vázquez (2019) quien obtuvo diámetro promedio de 24.80 cm, bajo la aplicación de 5,000 kg ha⁻¹ de guano de isla; se demuestra que se puede incrementar el diámetro polar de col incrementando las dosis de guano de isla, sin causar fitotoxicidad en la planta.

Referente a este indicador, Epiquein (2021) señala que cuando aplicó dos tipos de fertilizantes y abonos en repollo “corazón de buey” hubo diferencias significativas para longitud de planta y diámetro donde destaca T3 (Nutrifer papa sierra + gran guano) con mejores promedios. Así mismo, en brócoli, Saire (2022) obtuvo mayor altura de planta con el tratamiento d3n1 (60 cm x 80 cm con 157-100-198 de NPK) con 49.37 cm. Gómez (2016) obtuvo con 0.80 m y 0.60 m entre plantas de col, la mayor altura con 42.28 cm. Oliva et al. (2017) también demostró que el guano de islas fue superior a los demás abonos, en altura de planta, con 25.55 cm. Rojas (2012) demostró que las dosis de humus de lombriz aplicadas describieron un comportamiento lineal positivo sobre altura de planta (12.23 cm). Pando (2020), con la densidad 0.40 m x 0.70 m obtuvo un diámetro polar de 17.4 cm.

Peso de repollo

Tabla 10

ANVA de peso de repollo de col para la densidad de plantas y niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	0.22	2	0.11	2.18	0.1365ns
Densidad	0.46	2	0.23	4.48	0.0234*
Guano isla	3.40	3	1.13	22.03	<0.0001**
Dens x GI	0.17	6	0.03	0.55	0.7651ns
Error	1.13	22	0.05		
Total	5.39	35			

C.V. = 8.74 %; R² = 0.79

En el ANVA de peso de repollo se encontró significación en el efecto principal de densidades de planta, alta significación en el efecto principal de niveles de guano de islas y no hubo significación en la interacción de densidad de plantas por dosis de guano de islas. Lo que quiere decir, que una de las densidades de plantas es diferente de las demás, así como una de las dosis de guano de islas es diferente de las otras dosis probadas.

El coeficiente de variabilidad 8.74 % significa que los datos obtenidos tienen buena confiabilidad y el R^2 de 0.79, indica que el 79 % de la respuesta alcanzada en esta característica se atribuye a los factores estudiados.

La prueba de Tukey de peso de repollo con densidades de planta corrobora los resultados del ANVA, en este caso la densidad d1 (30 cm entre planta), con mayor número de plantas, alcanza mayor peso de repollo que la densidad d2 (40 cm entre planta) y d3 (50 cm entre planta), que tienen menor densidad de plantas. Sin embargo, esta pequeña contradicción se debe a mayor distanciamiento de siembra que es una desventaja en el aprovechamiento del guano de islas en la planta.

Tabla 11

Prueba de Tukey de peso de repollo del efecto principal de densidad de plantas. Canaán, 2750 msnm.

Densidad de plantas	Promedio (kg)	AES
d1 (41,666 plantas)	2.76	a
d2 (31,250 plantas)	2.52	b
d3 (25,000 plantas)	2.51	b

Este resultado se podría explicar a partir de la competencia intraespecífica, o sea, a menor competencia por espacio, luz, agua y nutrientes existe un mayor desarrollo y peso de plantas de col.

Con relación a este resultado, Epiquien (2021) en col “corazón de buey” evidenció que existen diferencias significativas para peso de cabeza con T3 (Nutrifer papa sierra + gran guano) con mejores promedios. Gómez (2016) encontró efecto significativo del tratamiento t2 (DS= 0.80 m, DP = 0.60 m) peso de cabeza de col con 3.84 kg. Infantes (2018) en coliflor encontró que la menor densidad o sea 20,000 plantas/ha con 593.86 g/planta alcanzó el mayor peso fresco. Pando (2020) encontró que la densidad de siembra d2 (0.40 m x 0.70 m) favoreció el mayor peso promedio de repollo con 1.3 kg/cabeza de repollo.

Tabla 12

Prueba de Tukey del peso de repollo del efecto principal niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm.

Guano de Islas	Promedio (kg)	AES
3.0 t ha ⁻¹ (g3)	2.93	a
2.0 t ha ⁻¹ (g2)	2.80	ab
1.0 t ha ⁻¹ (g1)	2.54	b
Sin guano de islas (g0)	2.12	c

La prueba de Tukey del peso de repollo (tabla 12) evidencia que las dosis de guano de islas g3 y g2 tuvieron mayor peso de repollo que g1 y el testigo, sin embargo, entre ambos no hubo diferencia significativa. Se explica, porque las plantas al disponer de mayor cantidad de macro y micronutrientes provenientes del guano de islas alcanzaron mayor desarrollo y consecuentemente mayor peso de repollo frente a las dosis con menor cantidad de guano de islas aplicado y el testigo. Entonces el guano de islas resulta favorable para obtener repollos de mayor peso y tamaño.

Rojas (2012) reportó que las dosis de humus de lombriz evidenciaron un comportamiento lineal positivo en el peso de repollo de col, siendo mayor con 7 t/ha de humus. Collazos et al. (2018) al estudiar en col el guano de islas y humus de lombriz con tres dosis de abono foliar de fórmula 20-20-20, obtuvo que el tratamiento guano de islas (7 t ha⁻¹) más tres aplicaciones de abono foliar fue superior a los demás tratamientos en la variable peso de repollo con 1091.6 g. Oliva et al. (2017) al estudiar bonos orgánicos (testigo, bocashi, humus de lombriz y guano de islas) demostró que el guano de islas fue superior a los demás en peso de planta 718.95 g/cabeza.

Rendimiento de repollo

Tabla 13

ANVA del rendimiento de repollo de col con densidad de plantas y dosis de guano de islas. Canaán, 2750 msnm.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	266822812.19	2	133411406.10	2.70	0.089ns
Densidad	11332729406.61	2	5666364703.30	114.70	<0.0001**
Guano isla	3191399196.26	3	1063799732.09	21.53	<0.0001**
Dens x GI	297383162.95	6	49563860.49	1.00	0.448ns
Error	1086821630.51	22	49400983.20		
Total	16175156208.51	35			

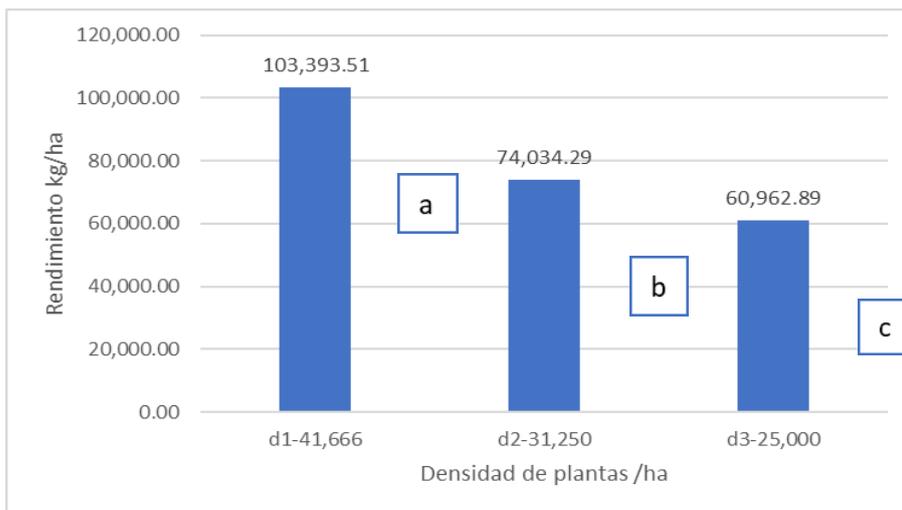
C.V. = 8.35%

En la tabla 13 se muestra el ANVA del rendimiento de repollo de col con densidad de plantas y dosis de guano de islas donde se observa que existe alta significación en los efectos principales de densidad de plantas y el guano de isla, esto significa la independencia de estas variables. El coeficiente de variabilidad de 8.35 % expresa una buena precisión del experimento que indica buena confiabilidad de los resultados, puesto que los datos se encuentran ubicados dentro del margen permisible.

La prueba de Tukey de las densidades estudiadas en el rendimiento (figura 1) ratifica la diferencia significativa entre el cultivo de col en las diferentes densidades; la densidad d1 (30 cm entre plantas) con 103,391 kg ha⁻¹ es superior estadísticamente a todas las densidades de siembra en el rendimiento de col, en un segundo plano se encuentra el rendimiento de la densidad d2 (40 cm entre plantas) que alcanzó un rendimiento de 74,034.29 kg ha⁻¹ y finalmente la menor densidad d3 (50 cm entre plantas) cuyo rendimiento de col es de 60,962.89 kg ha⁻¹. Estos resultados indican que, a menor distanciamiento entre plantas, es mayor la población de plantas. En general los rendimientos son buenos, lo que expresa las buenas condiciones edafoclimáticas de Canaán para el cultivo de col.

Figura 1

Prueba de Tukey de rendimiento de repollo en el efecto principal de densidad de plantas. Canaán, 2750 msnm.



La mayor densidad de plantas en d1 provoca mayor rendimiento de col debido al mayor número de plantas en comparación con d3, que tienen menor densidad de plantas y menor número de plantas.

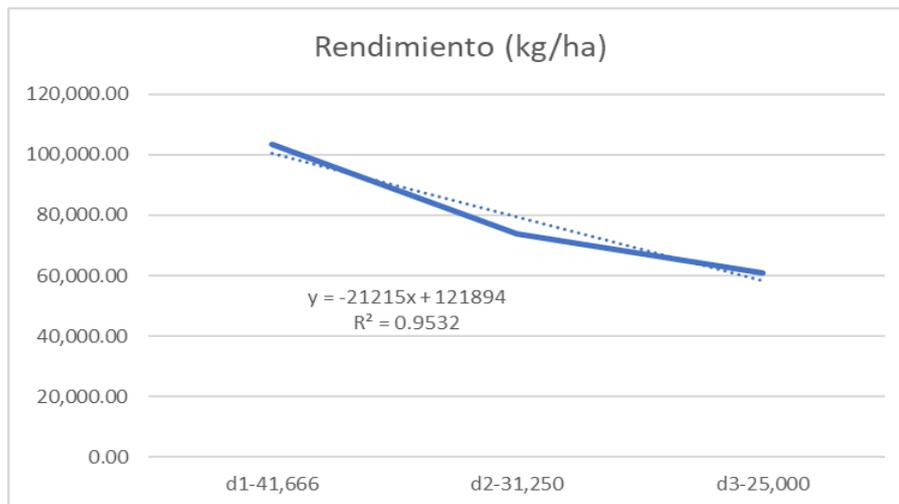
El resultado obtenido coincide con Saire (2022) que, en brócoli, obtuvo mayor rendimiento con 40,000 plantas ha⁻¹ (40 cm x 80 cm) con 12 t ha⁻¹ en comparación con 20,000 plantas ha⁻¹ (60 cm x 80 cm) con 8.96 t ha⁻¹. Gómez (2016) obtuvo mayor rendimiento de col con distanciamiento de 60 cm x 80 cm con 30.72 t ha⁻¹, que es menor al obtenido en nuestro ensayo.

Igualmente corroboran los resultados obtenidos por Infante (2018) quien obtuvo coliflor mayor rendimiento (19.59 t ha^{-1}) con una densidad de 40,000 plantas/ha frente a 20,000 plantas/ha (11.32 t ha^{-1}). También Pichard (1985), al estudiar la densidad de plantas concluye que el rendimiento aumenta con la densidad de plantas. Asimismo, Rojas (2012) afirma, que la aplicación de densidades de siembra influyó significativamente en el rendimiento de col con mayor cantidad de cabezas y peso de cada repollo.

Sin embargo, Lozano (2019) no observó diferencias en el rendimiento de lechuga híbrida, cuando trasplantó a 15 y 30 cm. Pando (2020) encontró que la menor densidad de siembra fue d2 ($0.40\text{m} \times 0.70 \text{ m}$) con la que obtuvo rendimiento de 46.9 t ha^{-1} , y adecuados diámetros y precocidad de planta.

Figura 2

Tendencia del rendimiento de repollo en el efecto principal de densidad de plantas. Canaán, 2750 msnm.



La tendencia del rendimiento de la col, en función de la densidad plantas (figura 2), muestra que a medida que se disminuye la densidad de plantas, el rendimiento disminuye proporcionalmente. La ecuación que predice el rendimiento es $= -21,215 X + 121,894$ con un $R^2 = 0.95$. En el distanciamiento de 30 cm entre plantas (mayor densidad de plantas) se tiene mayor rendimiento debido a la mayor población de plantas, pero con menor peso de repollo de col, mientras que a 50 cm entre plantas (menor densidad de plantas) se tiene menor rendimiento con menor población de plantas, pero con repollos de col de mayor peso.

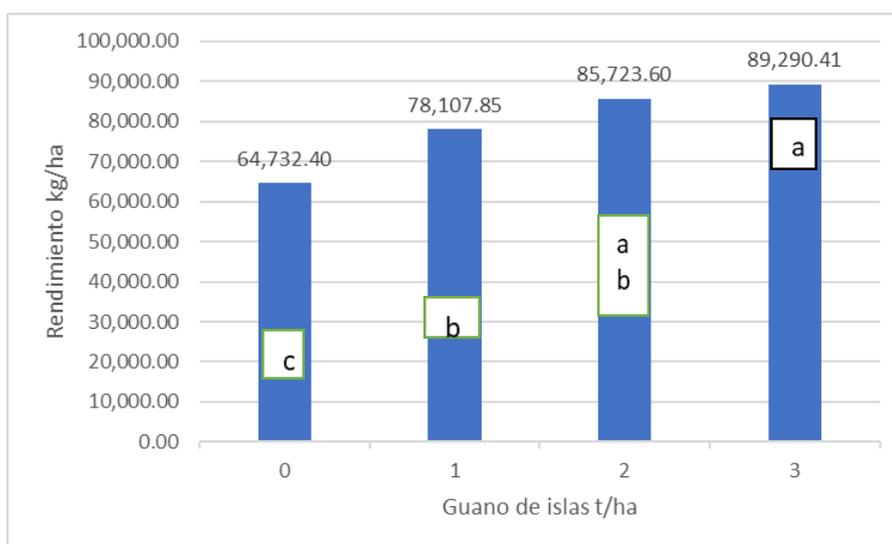
La prueba de Tukey de rendimiento de repollo con dosis de guano de islas indica que g3 y g2 con $89,290.41 \text{ kg ha}^{-1}$ y $85,723.60 \text{ kg ha}^{-1}$, señala que estadísticamente son similares, pero, superan al testigo que alcanzó $64,732.40 \text{ kg ha}^{-1}$, asimismo, se observa que entre g2 y g1 tampoco existe diferencias.

Se demuestra que el rendimiento de la col es directamente proporcional al incremento de los niveles de guano de islas aplicado.

El mayor rendimiento logrado con la dosis de 3 t ha⁻¹ de guano de islas se atribuye a que al suministrar este nivel de guano de islas al repollo se aporta la mayor cantidad de macronutrientes como el N, P, K y micro elementos diversos y también, el hecho de incorporar materia orgánica al suelo, significa también la mejora de las propiedades físicas de suelo (estructura, retención de humedad, temperatura del suelo), así como de las propiedades químicas (capacidad tampón, CIC) y propiedades biológicas (incremento de la población microbiana encargada de descomponer la materia orgánica del suelo, etc.).

Figura 3

Prueba de Tukey del rendimiento de repollo del efecto principal niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm.



Con relación al resultado obtenido, Epiquein (2021) afirma que tanto la fertilización orgánica en interacción con la mineral influyó positivamente en el rendimiento de col, donde obtuvo 105.35 t ha⁻¹, resultado similar a lo reportado en nuestro experimento. De otro lado, Nina (2014) señala que no encontró diferencia de rendimiento en dos tipos de compost (81,858 t ha⁻¹ y 76,424 t ha⁻¹), pero si fueron superiores al testigo (sin compost) que tuvo rendimiento de 63,858 t ha⁻¹; y la variedad Brunswick reportó el mayor rendimiento 99,442 t ha⁻¹, muy cercano a lo obtenido en nuestro experimento.

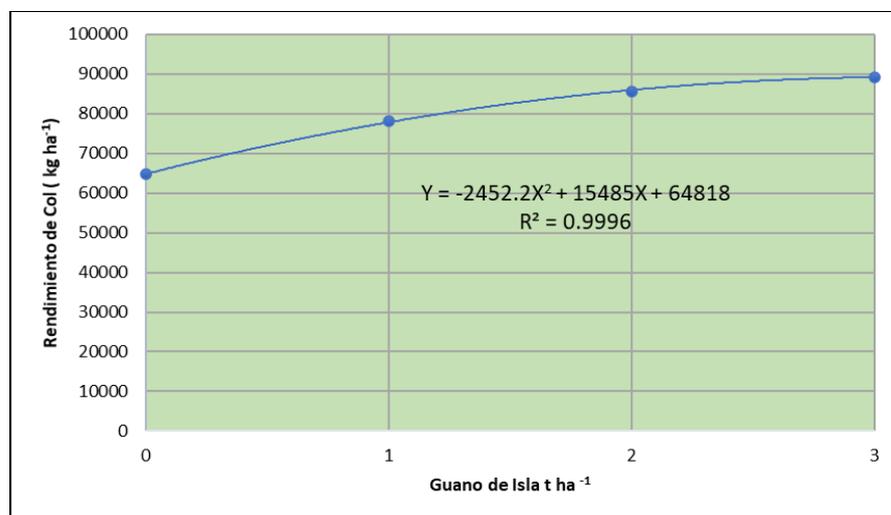
Los resultados obtenidos superan a lo reportado por Vázquez (2019) quien registra el mejor donde el efecto del tratamiento (5 t ha⁻¹) T3 produjo un promedio mayor con 70,550.00 kg ha⁻¹, superando estadísticamente a los tratamientos de (4 t ha⁻¹) T2 con 59,075.00 y (3 t ha⁻¹) T1 con 42,075.00 respectivamente.

Por otro parte, Oliva et al (2017) demostró que el guano de islas fue superior al testigo, bocashi y humus de lombriz, donde alcanzó 44.95 t ha⁻¹, pero que es menor al alcanzado en nuestro experimento. Pichard (1985), encontró leves incrementos cuando aplicó dosis crecientes

de nitrógeno (0, 64, 128 y 192 kg ha⁻¹). Collazos et al (2018) informo que el tratamiento 7 t ha⁻¹ de guano de islas con tres aplicaciones de abono foliar (20-20-20) alcanzó el mayor rendimiento de repollos, lo que significó un incremento de 57.2% en rendimiento. Rojas (2012) también encontró un comportamiento lineal positivo a la aplicación de dosis de humus siendo el más alto de 7,000 kg ha⁻¹ de humus, con 31,185.67 kg ha⁻¹.

Figura 4

Regresión del rendimiento de repollo en el efecto principal de niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm.



En la figura 4 se muestra la regresión del rendimiento de la col (kg ha⁻¹) en función de los niveles de guano de isla, donde se observa que es una ecuación cuadrática. Al derivar la ecuación cuadrática, se obtuvo que 3.16 t ha⁻¹ proporciona el rendimiento máximo con 89,263.9 kg ha⁻¹. En la regresión se observa que el nivel máximo de guano de islas en la práctica es de 3.16 t ha⁻¹, pues, si se agregan mayores niveles, el rendimiento se estabiliza o disminuye.

CONCLUSIONES

1. Existe significación estadística en el efecto principal de densidad de plantas en el rendimiento de col, donde la d1 (41,666 a 0.30 m x 0.80 m) fue superior a d2 y d3 con 103,393 kg ha⁻¹, en promedio de los niveles de guano de islas.
2. Se halló significación estadística en el efecto principal de niveles de guano de islas aplicados al cultivo de col; los niveles 3 y 2 t ha⁻¹ de guano de islas alcanzaron los mayores rendimientos con 89,203.2 y 85,979.2 kg ha⁻¹, respectivamente, en promedio de la densidad de plantas. Se espera el mayor rendimiento de col con 3.16 t ha⁻¹ de guano de islas, que maximiza el rendimiento a 89,263.9 kg ha⁻¹ de col, en promedio de la densidad de plantas.

REFERENCIAS

- Calzada, J. (1970). Métodos estadísticos para la investigación. Editorial Jurídica. Lima, Perú. 646p.
- Collazos, R., J. Arista, S. Oyarce y E. Huamán. (2018). Efecto de la aplicación de abonos foliares y enmiendas orgánicas sobre el rendimiento de repollo corazón de buey (*Brassica oleracea* L.), en Chachapoyas, Amazonas. Disponible en: <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/381>
- Epiquien, N. (2021). Efecto de dos tipos de fertilizantes y abonos en el rendimiento del repollo Corazón de Buey (*Brassica oleracea*) en María, Luya, Amazonas. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Disponible en: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2323>
- Gómez, M. (2016). Efecto de la densidad de siembra de la col Corazón de Buey (*Brassica oleracea* L.) en el rendimiento en condiciones edafológicas de San Nicolás – Ancash – 2014. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Disponible en: <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1610?show=full>
- Infantes, O. (2018). Rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3717>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2019). Estadística de Producción hortofrutícola. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1829/cap13/ind13.htm.
- Lozano, L., A. Tálamo y A. Artinian. (2019). Efecto de la distancia de plantación sobre la calidad de pella y el rendimiento de dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica Plenck) en el valle de Lerma (Salta). Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/95441>
- Nina, O. (2014). Efecto del abonamiento con dos tipos de preparación de compost en el rendimiento de cuatro variedades de repollo (*Brassica oleracea* L. var. Capitata) en K'ayra – Cusco. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Disponible en: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/979>
- Oliva, M., Neri, J., Huamán, E., Oyarce, S., Collazos, R. (2017). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos sobre el rendimiento de repollo Corazón de Buey (*Brassica oleracea*) en Chachapoyas, Amazonas. Disponible en: <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/370>
- Pando, J. (2020). Efecto de prácticas culturales y densidad de siembra en la producción del cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L. var. Capitata) en Palma Real – Echarati, La

- convención – Cusco. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad nacional de San Antonio Abad del Cusco. Disponible en: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5466>
- Pichard, G., S. Reyes y E. Innocenti. (1985). Efecto de la densidad de población y de la fertilización nitrogenada sobre algunas características productivas de la col forrajera (*Brassica oleracea* L.). Disponible en: <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/8669>
- Rojas, C. (2012). Efecto de tres dosis de humus y roca fosfórica en tres densidades de siembra, en repollo (*Brassica oleracea* L.) en el fundo Aucaloma – UNSM-T. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de san Martín – Tarapoto. Disponible en: <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/1914/1/ITEM%4011458-64.pdf>
- Saire, D. (2022). Efecto de tres densidades de siembra con cuatro niveles de fertilización en el rendimiento de una variedad de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) en la comunidad de Caytupampa Provincia de Calca, región Cusco. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad nacional San Antonio Abad del Cusco. Disponible en: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6959?locale-attribute=en>
- Vázquez, N. (2019). Efecto del abonamiento con guano de isla en el rendimiento del cultivo de col (*Brassica oleracea* L) variedad lombarda (*Capitata* f. *rubra*) en condiciones agroecológicas de Colicocha 2018. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Disponible en: <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5383>