

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Niveles de fertilización NPK y guano de islas en el
rendimiento de col (*Brassica oleraceae* L.)**

Canaán, 2750 msnm - Ayacucho

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Presentado por:

Bach. Luis Carlos Mendoza Huaman

Asesor:

M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo

Ayacucho - Perú

2024

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme salud y ser mi luz en el camino.

A mis padres Armando y Juana, por el gran amor y motivación incondicional que me brindaron para lograr con cada uno de mis objetivos.

A mis hermanos Kevin y Deyvis, por sus consejos y apoyo que me dan y sirven para ser una buena persona y profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por brindarme la oportunidad de ser parte de esta gran familia y asimilar en sus aulas el conocimiento para formarme profesionalmente y lograr mis grandes objetivos.

A la escuela profesional de Agronomía de la facultad de Ciencias Agrarias, a todos mis maestros por su apoyo incondicional de cada uno de ellos al brindarme sus conocimientos.

Al Ing. Walter Augusto Matéu Mateo por su valiosa colaboración y asesoramiento en todo el proceso que duro este trabajo de investigación.

Al Centro Experimental de Canaán – UNSCH, por brindarme el espacio y la ayuda necesaria para la instalación de trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice general	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Índice de anexos	ix
Resumen.....	1
Introduccion.....	2
 CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Origen e historia de la col	6
1.3. Taxonomía de la col	6
1.4. Descripción morfológica de la col	6
1.4.1. Sistema radicular	6
1.4.2. Tallo	7
1.4.3. Hojas.....	7
1.4.4. Flores	7
1.4.5. Fruto	7
1.5. Variedades.....	7
1.5.1. Col común	7
1.5.2. Col roja.....	8
1.5.3. Col Savoy	8
1.6. Fisiología del crecimiento y desarrollo del cultivo de la col	8
1.7. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de la col.....	9
1.7.1. Suelo.....	9
1.7.2. Clima	9
1.7.3. Humedad	10
1.7.4. Riego	10
1.8. Manejo agronómico	10
1.8.1. Preparación del almacigo	10

1.8.2. Trasplante	11
1.8.3. Siembra.....	11
1.8.4. Riego	11
1.8.5. Control de malezas	12
1.8.6. Fertilización.....	12
1.8.7. Plagas	13
1.8.8. Enfermedades	13
1.8.9. Cosecha y rendimiento	15
1.9. Fertilización química NPK.....	15
1.9.1. Propiedades de los fertilizantes químicos	16
1.9.2. Clasificación de fertilizantes	16
1.9.3. Tipo de fertilizantes químicos	17
1.10. Guano de islas	20
CAPÍTULO II	
METODOLOGÍA.....	26
2.1. Ubicación del terreno	26
2.1.1. Ubicación	26
2.1.2. Análisis físico - químico del suelo	27
2.1.3. Análisis físico químico del guano de las islas.....	28
2.1.4. Características climatológicas	28
2.2. Material vegetal.....	31
2.3. Variables e indicaciones.....	31
2.3.1. Variables independientes.....	31
2.3.2. Variables dependientes.....	31
2.4. Diseño experimental.....	32
2.4.1. Características del experimento	32
2.4.2. Tratamientos.....	34
2.4.3. Croquis del campo experimental.....	34
2.5. Instalación y conducción del experimento	35
2.5.1. Limpieza y preparación del terreno.....	35
2.5.2. Demarcación y estacado del campo experimental	35
2.5.3. Trazados de surcos	35
2.5.4. Abonamiento	36

2.5.5. Siembra y trasplante	36
2.5.6. Instalación del riego presurizado.....	36
2.5.7. Repique.....	36
2.5.8. Control de malezas	36
2.5.9. Aporque	36
2.5.10. Control de plagas y enfermedades	37
2.5.11. Cosecha	37
CAPITULO III	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1. Diámetro polar de la cabeza de la col	38
3.2. Diámetro ecuatorial de la cabeza de la col	41
3.3. Peso de la cabeza de la col	44
3.4. Rendimiento del cultivo de la col	47
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	54
ANEXOS....	58

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Extracción de nutrientes del cultivo de la col kg ha ⁻¹	12
Tabla 1.2. Contenido de elementos nutritivos en el guano de las islas	23
Tabla 2.1. Resultados obtenidos del análisis de suelo. Canaán 2750 msnm	27
Tabla 2.2. Resultados obtenidos del análisis del guano de las islas	28
Tabla 2.3. Datos meteorológicos ordenados de la estación meteorológica del INIA – Canaán 2750 msnm	29
Tabla 2.4. Lista de los tratamientos empleados	34
Tabla 3.1. ANVA del diámetro polar de la cabeza de la planta con niveles de fertilizantes NPK y guano de las islas en el cultivo de la col. Canaán, 2750 msnm	38
Tabla 3.2. ANVA del diámetro ecuatorial de la cabeza de la planta con niveles de fertilizante NPK y guano de las islas en el cultivo de la col. Canaán, 2750 msnm	41
Tabla 3.3. ANVA del peso de la cabeza de la planta con niveles de fertilizante NPK y guano de las islas en el cultivo de la col. Canaán, 2750 msnm	44
Tabla 3.4. ANVA del rendimiento de la planta con niveles de fertilizante NPK y guano de las islas en el cultivo de la col. Canaán 2750 msnm	47

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Vista aérea de la parcela experimental, C.E. Canaán	26
Figura 2.2. Temperatura máxima, mínima y balance hídrico, correspondiente a la campaña agrícola 2022 – 2023, Canaán 2750 msnm.....	30
Figura 3.1. Prueba de Tukey de diámetro polar de la cabeza de la col del efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm	39
Figura 3.2. Prueba de Tukey del diámetro polar de la cabeza de la col del efecto principal dosis de guano de islas en promedio a los niveles de fertilizante NPK. Canaán, 2750 msnm	40
Figura 3.3. Prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de la cabeza de la col del efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm	42
Figura 3.4. Prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de la cabeza de la col del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio a los niveles de fertilizantes NPK. Canaán, 2750 msnm	43
Figura 3.5. Prueba de Tukey del peso de la cabeza de la col del efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas. Canaán 2750 msnm.	45
Figura 3.6. Prueba de Tukey del peso de la cabeza de la col del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio de los niveles de fertilizantes NPK. Canaán 2750 msnm.	46
Figura 3.7. Prueba de Tukey del rendimiento de la col ($t\ ha^{-1}$) del efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas. Canaán 2750 msnm.	48
Figura 3.8. Prueba de Tukey del rendimiento del cultivo de la col ($t\ ha^{-1}$) del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio de los niveles de fertilizantes NPK. Canaán 2750 msnm.....	49
Figura 3.9. Regresión para el rendimiento del cultivo de la col en el efecto principal niveles de guano de islas.....	51

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Datos obtenidos en campo.	59
Anexo 2. Análisis de caracterización del suelo	60
Anexo 3. Análisis físico - químico del guano de islas	61
Anexo 4. Selección de plantines.....	62
Anexo 5. Instalación de las mangueras de riego	62
Anexo 6. Apertura de los hoyos y trasplante.....	63
Anexo 7. Apertura de los hoyos y trasplante.....	63
Anexo 7. Guano de isla utilizado.	64
Anexo 8. Planta de col a los 25 días después del trasplante.....	64
Anexo 9. Aporque.	65
Anexo 10. Planta de col a los 40 días después del trasplante.....	65
Anexo 11. Evaluación del ataque de plagas	66
Anexo 12. Tratamiento para el control de plagas.....	66
Anexo 13. Productos utilizados para el control de plagas.....	67
Anexo 14. Cultivo de col por tratamientos.....	67
Anexo 15. Inicio de la cosecha y evaluación.	68
Anexo 16. Balanza digital utilizada para la evaluación del peso de repollo de col	68
Anexo 17. Evaluación del peso de cada cabeza de repollo de la col.	69
Anexo 18. Evaluación del rendimiento del cultivo de la col.....	69

RESUMEN

El trabajo se realizó en el Centro Experimental de Canaán a una altitud de 2750 msnm, ubicada en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, de la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho; con el objetivo de evaluar los niveles de fertilización NPK y guano de islas en el rendimiento de col (*Brassica oleraceae* L.), se aplicó cuatro niveles de fertilizantes como: f1 (00 – 00 – 00) NPK kg ha⁻¹, f2 (30 – 10 – 26) NPK kg ha⁻¹, f3 (75 – 25 – 65) NPK kg ha⁻¹, f4 (120 – 40 – 104) NPK kg ha⁻¹ y cuatro niveles de guano de islas como: g1 (0.5 t ha⁻¹), g2 (1 t ha⁻¹), g3 (1.5 t ha⁻¹) y g4 (2 t ha⁻¹), los que fueron dispuestos en el diseño de bloque completamente randomizado (DBCR) con arreglo factorial de 4f x 4g, en parcelas divididas con 16 tratamientos y 3 repeticiones. Se concluye que existe una alta significación estadística en el efecto principal niveles de fertilización en el rendimiento de la col, donde el tratamiento f4 (120 – 40 – 104) kg NPK ha⁻¹ y f3 (75 – 25 – 65) kg NPK ha⁻¹ fueron superiores a los tratamientos f1 y f2 con 59.7 y 58.1 t ha⁻¹ respectivamente. Para el efecto principal niveles de guano de isla en el rendimiento de col, donde el tratamiento g4 (2 t ha⁻¹) obtuvo el mejor promedio que los tratamientos g3, g2 y g1 con un promedio de 61.5 t ha⁻¹.

Palabras clave: *Brassica oleraceae* L., fertilizante, NPK, guano de islas, niveles, rendimiento

INTRODUCCION

La col (*Brassica oleraceae* L.) es una hortaliza de importancia para el consumo humano debido a su alto contenido de fibra y además, de ser una fuente de minerales como el fósforo, potasio, hierro y magnesio, así como de vitaminas A, B, C, D (Fuentes & Pérez, 2003). El cultivo de la col también es utilizada como alimento para los animales (Valencia, 1995).

La producción de la col a nivel nacional en el 2018 fue de 36.326 toneladas, siendo las regiones de La Libertad y Lima las que registraron la mayor producción, con 10.548 toneladas y 5.990 toneladas (MINAGRI, 2019).

En la región de Ayacucho la producción de la col es relativamente baja, en 2018 la producción fue de 1.279 toneladas, con un rendimiento de 9,007 kg ha⁻¹ (MINAGRI, 2019).

La baja producción se debe mayormente al escaso conocimiento de la fertilización del cultivo, el horticultor por su desconocimiento aplica dosis de fertilizantes sin tener en cuenta los requerimientos nutricionales del cultivo, aplicando niveles altos o bajos, si bien es cierto que los fertilizantes influyen en el crecimiento y desarrollo de manera rápida de los cultivos, estos no mejoran las características químicas, físicas y biológicas del suelo, más bien un exceso de fertilizante puede provocar su degradación y contaminación.

Los abonos orgánicos, si bien su acción es más lenta que los fertilizantes químicos, esta es una buena alternativa para la nutrición de las hortalizas, ya que no solo le brinda los nutrientes a la planta sino también mejora las características edafológicas del suelo. Para una buena producción, es necesario mantener la fertilidad del suelo y eso se logra con un buen manejo de los fertilizantes químicos y orgánicos, aplicando en dosis adecuadas.

Tomando en cuenta lo mencionado y con el fin de contribuir en la mejora del rendimiento del cultivo de la col en nuestra región, se ha realizado una investigación en el C.E. de Canaán utilizando dosis de fertilizantes y guano de las islas. Los objetivos del experimento son:

Objetivo general

Evaluar la influencia de los niveles de fertilización NPK y guano de islas en el rendimiento del cultivo de la col en Canaán – Ayacucho.

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de los niveles de fertilización NPK en el rendimiento del cultivo de la col en Canaán – Ayacucho.
2. Determinar el efecto de los niveles de guano de islas en el rendimiento del cultivo de la col en Canaán – Ayacucho.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Epiqueien (2021) estudió el efecto del rendimiento del repollo cuando se aplicó dos dosis de fertilizantes y abonos con un diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones y 9 tratamientos, de la cual se concluyó que “al evaluar la altura, diámetro, peso de repollo y el rendimiento hubo una diferencia significativa donde el tratamiento con (Gran guano y Nutrifera papa sierra) obtuvieron los mayores promedios; también agrega que las interacciones entre abonos orgánicos y fertilizantes influyen en el rendimiento del cultivo de la col” (pág. 13).

Vásquez (2019) evaluó la efectividad del guano de las islas en el rendimiento, peso, altura y diámetro de la col, aplicando cuatro dosis, T₁ (3 t ha⁻¹), T₂ (4 t ha⁻¹), T₃ (5 t ha⁻¹), T₄ (testigo), concluyendo que “el tratamiento con 5 t ha⁻¹, fue la que se diferencia estadísticamente del resto de los tratamientos en todas las variables estudiadas como en diámetro (23.73 cm), altura (24.80 cm), peso de cabeza (4.15 kg) y rendimiento (70.5 t ha⁻¹)” (pág. 3).

Sabino (2019) aplicó cuatro dosis de fertilizantes NPK, donde los tratamientos fueron: D₁ (140 – 60 – 60), D₂ (120 – 50 – 50), D₃ (100 – 40 – 40), D₄ (00 – 00 – 00), de los cuales se dedujo que “al aplicar (140 – 60 – 60) de fertilizante, este fue el que obtuvo mejores resultados en todas las variables estudiadas, especialmente en el rendimiento, donde se obtuvo un promedio de 57.380 kg ha⁻¹, con una diferencia significativa entre los demás tratamientos” (pág. 49).

Oliva et al. (2017) evaluaron el rendimiento de la col aplicando dos dosis de fertilizantes (100 – 80 – 00) y (120 – 100 – 00) NPK con dos variedades (Corazón de buey y Quintalero), mencionando que “el mayor rendimiento fue cuando se aplicó las dosis de (120 – 100) con la variedad Corazón de buey con un promedio de 49,557.29 kg ha⁻¹; en altura y diámetro también obtuvo el mayor promedio con 38.7 y 43.5 cm respectivamente” (pág. 47).

Sandoval (2020) aplicó cuatro dosis entre fertilizantes sintéticos y orgánicos, las cuales fueron: B1 (compost), B2 (lombrihumus), B3 (14 – 46 – 00), B4 (12 – 30 – 10), en dos variedades de repollo A1 (Cabagge F1) y A2 (Maddox F1), donde menciona que “ los rendimientos están comprendidos entre 23.500 kg ha⁻¹ y 49.250 kg ha⁻¹, siendo al rendimiento mayor cuando se aplicó el fertilizante sintético comprendido en el tratamiento B4 (12 – 30 – 10), con la variedad A2 (Maddox F1)” (pág. 44).

Cueva (2015) evaluó cuatro tipos de abonos orgánicos como: C1 (compost), C2 (guano de las islas), C3 (estiércol), C4 (compost + guano de las islas + estiércol), cuyo principal objetivo fue de evaluar los efectos del abono orgánico en la altura, diámetro y rendimiento de repollo, se concluyó que “hubo una respuesta significativa al aplicar abonos orgánicos, demostrando la eficacia del guano de las islas, la cual obtuvo el mayor promedio en todas las variables estudiadas, a medida que se incrementa la dosis de abono orgánico se incrementa la altura, diámetro y rendimiento del repollo” (pág. 57).

Ponce (2018) en su trabajo de investigación aplicó cinco dosis de gallinaza (10 t ha⁻¹, 20 t ha⁻¹, 30 t ha⁻¹, 40 t ha⁻¹), con un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, la cual menciona que “ hubo una diferencia significativa en el rendimiento, donde el valor más alto se obtuvo al aplicar 40 t ha⁻¹, con un promedio de 37,881.91 kg ha⁻¹, no hubo una diferencia significativa al evaluar la altura y diámetro de repollo, los mayores promedios se dieron al aplicar 40 t ha⁻¹, con promedios de 26.5 cm y 25.33 cm respectivamente” (pág. 63).

Huamán (2022) determinó la dosis óptima y su efecto al aplicar guano de isla en el cultivo de brócoli, se usó dosis de (0, 40, 60, 70, 80 g/planta), en un diseño de bloque completo a azar, donde “la mejor respuesta en altura, diámetro, peso de pella y rendimiento se dio al aplicar 80 g/planta, que fue la mayor dosis de guano de isla” (pág. 7).

Quispe (2020) cuando probó la influencia en el rendimiento del cultivo de la lechuga al aplicar cuatro dosis de guano de isla (0 t ha⁻¹, 1 t ha⁻¹, 2 t ha⁻¹, 3 t ha⁻¹), con niveles de fertilización nitrogenada, donde se concluyó que “el rendimiento se incrementa en proporción a la cantidad de guano de isla, la cual el mayor rendimiento se obtuvo cuando se aplicó 3 t ha⁻¹ de guano de isla, superando estadísticamente a los demás tratamientos con un promedio de 45.64 kg ha⁻¹, así mismo ocurre al evaluar el diámetro, longitud y peso de cabeza” (pág. 60).

1.2. Origen e historia de la col

Según Fuentes & Pérez (2003) mencionan que el cultivo de la col es procedente de Europa occidental, Mediterráneo, Asia menor e Inglaterra. Además, menciona que la col fue cultivada hace 2500 a.C. por los egipcios, los griegos lo adoptaron más tarde también.

Por su parte Jaramillo & Díaz (2006) señalan que las primeras variedades de col en ser domesticadas son la col crespita y col rábano, alrededor de 2500 años a.C. Además, mencionan que inicialmente la col era utilizada como medicina más que como alimento.

También Seymour (1980) menciona que la col es una planta bianual, esto quiere decir que en el primer año de vida almacena nutrientes, mientras que en el segundo año florece y se forma la semilla.

1.3. Taxonomía de la col

Cronquist (1988) citado por RIKOLTO (2017) clasifica a la col de la siguiente forma:

Reino	: Plantae
Sub reino	: Tracheobionta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnolipsida
Sub clase	: Dilleniidea
Orden	: Brassicales
Familia	: Brassicaceae
Género	: Brassica
Especie	: <i>Brassica oleraceae</i> L.
Nombre común	: Col corazón

1.4. Descripción morfológica de la col

1.4.1. Sistema radicular

Son plantas que muestran una raíz principal de forma pivotante; cuya función importante es de brindarle un adecuado anclaje al suelo. A partir de esta raíz principal nacen las raíces secundarias y las raicillas, las cuales tienen la función de absorber el agua y los nutrientes que se encuentran en el suelo (Jaramillo & Díaz, 2006). También menciona que la col presenta una raíz superficial que se localiza entre unos 5 a 30 cm de profundidad.

1.4.2. Tallo

Jaramillo & Díaz (2006) afirman que la col presenta un tallo erguido no muy ramificado y de tamaño pequeño de unos 30 cm aproximadamente, es pequeño debido a que su crecimiento se interrumpe en una etapa temprana dando prioridad a la formación de la cabeza.

1.4.3. Hojas

Presenta las hojas simples, están colocadas de una forma alternada, es de una coloración verdosa con poca frecuencia manchas rojizas, tiene un aspecto liso con bordes levemente aserrado, con las nervaduras pronunciadas (Maroto, 1983). Además, la cabeza del repollo está formado por las hojas que parten del tallo, es de una forma redondeada y compacta, esto es debido a la hipertrófica de la gema vegetativa floral. Es el lugar donde se almacena los nutrientes de la planta (Fuentes & Pérez, 2003).

1.4.4. Flores

Las flores del repollo están agrupadas en forma de racimos, la corola es de una coloración amarillenta, con cuatro pétalos ovalados, seis estambres, un cáliz, cuatro sépalos, y cuatro filas de óvulo en el ovario (Fuentes & Pérez, 2003). Además, tiene una polinización alógama, realizándose esta polinización a través de agentes externos como el viento o los insectos (Maroto, 1983).

1.4.5. Fruto

El fruto de la col es una cápsula alargada de forma cilíndrica denominada silicua, en cuyo interior se encuentran numerosas semillas de forma globular lisa y de coloración oscura (Maroto, 1983).

1.5. Variedades

Existen varias variedades de col en el mundo, la que se dividen en tres grupos y la que son producidos en nuestro país (Valencia, 1995).

1.5.1. Col común

Es el grupo de mayor difusión, tienen las hojas delgadas y de color verde, las cabezas pueden ser ovaladas, redondas, acorazonadas; son de floración tardía. Los principales cultivos son: Corazón de buey, Charlestong Carge Wokefield, Jersey, Oxheard, Quintal, Green Coronet. (pág. 10).

1.5.2. Col roja

En este grupo presentan sus hojas de una coloración púrpura rojiza, generalmente son de una forma redondeada, tienen sus hojas gruesas, son de floración precoz, se usa mayormente para la preparación de ensaladas. La variedad más difundida en el Perú es Manmoth Red Rock (pág.10).

1.5.3. Col Savoy

Este grupo es conocido como col crespada, se parecen más a los coles de Brúcelas en forma de sus hojas, cabeza y en fruto; esto es debido, a que las hojas de la cabeza al someterlos al frío se vuelven dulces en la madurez del cultivo. Las variedades más importantes de este grupo son: Savoy perfection drumhead, Savoy ace, Savoy chieftain (pág.10).

1.6. Fisiología del crecimiento y desarrollo del cultivo de la col

Bailey (1963) citado por Maroto (2002) menciona que existe tres fases del ciclo fisiológico del cultivo de la col:

- a) Fase de crecimiento: En esta fase hay una formación excesiva de las hojas, la planta almacena los nutrientes producidos para que se forme el cogollo (pág. 208).
- b) Fase de la iniciación: es la fase donde se forman los primordios florales.
- c) Fase de crecimiento y alargamiento de los talamos florales que finaliza con la formación de las semillas y flores.

Por su parte Jaramillo & Díaz (2006) mencionan que las etapas para la formación de la cabeza son las siguientes:

a) Etapa de semillero

Es la etapa que comprende desde la siembra de la semilla en las bandejas de almácigo, hasta la formación de cuatro a cinco hojas verdaderas (pág.25).

b) Etapa de establecimiento post trasplante

Esta etapa comprende desde que la planta tenga cuatro a cinco hojas verdaderas, hasta el estado de ocho a doce hojas verdaderas. En esta etapa la base del tallo es aún observable y los peciolos de las hojas están aún alargadas (pág.25).

c) Etapa de preformación de la cabeza

Esta etapa empieza cuando las hojas tapan o cubren la base del tallo, se pueden observar que los peciolos son cortos y las hojas que crecen del centro de la planta lo hacen de forma recta sobreponiéndose una de otra. El inicio de la formación de la cabeza se inicia cuando la planta tenga entre veinte y veintiséis hojas, las hojas profundas ya están tapadas por las hojas adyacentes (pág.26).

d) Etapa de formación o llenado de la cabeza

Es la etapa final del desarrollo, en esta etapa las hojas internas que ya están ocultas crecen de forma acelerada formando una especie de bola de hojas sobrepuestas, la cabeza es aún blanda, ya que las hojas más viejas que protegen la cabeza aún no ejercen una presión. El endurecimiento de la cabeza de la col es realizado por la presión que ejercen las hojas internas. El estado de madurez de cosecha se da cuando el repollo de col tiene un diámetro de 12 a 18 cm y la cabeza tenga una consistencia ideal para ser cosechado no cediendo al tacto (pág.26).

1.7. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de la col

1.7.1. Suelo

Maroto (2002) menciona que la col se adapta bien a suelos ricos en materia orgánica, a una textura media arcillosa, a suelos con una buena retención de agua sin llegar a encharcar, suelos con un buen drenaje y suelos poco salinos. Por su parte Casseres (1980) menciona que la col se desarrolla bien en suelos que tengan un pH que va desde 5.5 - 6.5 hasta 7.5, si no hay deficiencia de algún elemento. También sostiene que la col no es muy exigente con respecto a las características físicas del suelo, solo que tenga una buena retención de la humedad.

1.7.2. Clima

Jaramillo & Díaz (2006) mencionan que la temperatura es un factor importante para el desarrollo de esta hortaliza, también sostiene que la col es una hortaliza que soporta las heladas, pero si estas bajas temperaturas se sostienen por semanas esto ocasiona una floración prematura malogrando así la calidad de los repollos, mientras que si la temperatura es elevada por encima de los 27 °C, ocasiona un retardo en la formación de las cabezas perdiendo su calidad. Por su parte, Casseres (1980) indica que la temperatura óptima para un buen crecimiento y desarrollo de la col va desde los 15 °C a 18 °C, mientras que Maroto (1983) menciona que la temperatura óptima diurna es de 13 °C a 18 °C y nocturna de 10 °C a 12 °C.

1.7.3. Humedad

Jaramillo & Díaz (2006) y Maroto (1983) mencionan que la col es muy exigente en humedad y son muy sensibles a la sequías, a una elevada humedad la col transpira demasiado ocasionando el ataque de los diferentes patógenos que aparecen en las hojas, mientras que en épocas de lluvia, con alta radiación y humedad ocasiona la aparición de hongos, el más común es la *Alternaria brassicola*.

1.7.4. Riego

La formación de la cabeza es el periodo crítico del cultivo al ser una planta con hojas suculentas, por lo que necesita absorber el agua del suelo. La frecuencia riego se va reduciendo cuando se observa que las cabezas estén aptas para ser cosechadas, de no ser así, se corre el riesgo que las cabezas se empiecen a rajarse y pierdan su calidad (Zamora, 2016).

Cuando se riega al cultivo de la col luego de un periodo seco, esto puede ocurrir que las cabezas se revienten debido a una repentina absorción del agua (Casseres, 1980).

La frecuencia del riego depende del tipo de suelo, el estado fisiológico del cultivo y la época de siembra (Jaramillo & Díaz, 2006).

1.8. Manejo agronómico

1.8.1. Preparación del almácigo

Maroto (2002) menciona que la preparación del almácigo se elabora tradicionalmente en tabones o semilleros, el uso de bandejas de almácigo o semilleros es una buena alternativa para la producción de plántulas de col, ya que esta se adapta bien al trasplante, el uso de bandejas de almácigo trae grandes beneficios como: un mejor desarrollo de sus raíces, facilita el trasplante, un mejor control de las plagas, enfermedades y malezas, el ahorro de mano de obra (Fuentes & Pérez, 2003).

El sustrato debe reunir ciertas condiciones necesarias para el buen desarrollo de la plántula, debe tener buen drenaje, buena absorción de la humedad, buena textura, buena nutrición. Los sustratos más utilizados son: la turba, fibra de coco, humus, compost (Jaramillo & Díaz, 2006).

1.8.2. Trasplante

El trasplante es una actividad que se realiza cuando los plantines estén con las características adecuadas para esta labor, se empieza cavando un hoyo en el suelo con un plantador a unos ocho a diez centímetros de profundidad, luego se introduce los plantines en el hoyo fijándola con los dedos, finalizando con un riego a la base de cada planta (Hessayon, 2002).

El tamaño de la plántula apto para el trasplante es cuando tenga una altura de 10 a 12 cm con 4 a 5 hojas verdaderas. Un día antes del trasplante se debe regar ligeramente las bandejas o semilleros para que sea fácil de sacarlos y mantener el terrón de tierra y sus raíces (Jaramillo & Díaz, 2006).

1.8.3. Siembra

Maroto (2002) menciona que para la siembra del cultivo de la col hay que tener en cuenta la distancia de siembra, porque a una densidad menor hay más competencia por el espacio, los nutrientes y la luz, por lo que la calidad de la col disminuiría y además el trabajo agronómico se dificultaría. También menciona que la distancia ideal de siembra es de unos 40 cm entre plantas y a unos 40 a 80 cm entre surcos, según la variedad a sembrar.

1.8.4. Riego

El riego profundo es la forma por lo cual se debe suministrar agua al cultivo de la col, esto sin llegar a encharcar. El riego se debe realizar en horas de la mañana o la tarde cuando los rayos solares no sean muy fuertes o intensos, para así, evitar la evaporación rápida del agua y la aparición de enfermedades (Jaramillo & Díaz, 2006).

Segura & Lardizábal (2008) y Casseres (1980) explican que el riego es importante para el cultivo de la col durante todo su desarrollo fisiológico, donde el momento más crítico es cuando empieza la formación de la cabeza, en este periodo no debemos excedernos de la cantidad de agua, porque estaríamos induciendo a que las cabezas de col se rajen, perdiendo su calidad del producto comercial. La frecuencia de riego va a depender mucho del tipo de suelo y de las condiciones ambientales.

1.8.5. Control de malezas

El control de malezas es una actividad que consiste en la eliminación de plantas no deseadas, porque estas compiten por el espacio, el agua, luz y los nutrientes, llegando a interferir en el normal crecimiento y desarrollo de las plantas, e incluso pueden actuar como hospederos de plagas y enfermedades, como los pulgones y el mildiu (Valencia, 1995).

Para el control de las malezas, hay diferentes técnicas y métodos que van desde la eliminación física de la maleza hasta productos químicos selectivos.

El control físico o mecánico de las malezas es uno de los métodos más recomendables debido a su bajo impacto ambiental, ya que no involucra el uso de productos químicos que puedan contaminar el suelo y agua. Este trabajo se realiza removiendo la tierra de forma manual con el uso de herramientas generalmente con un azadón, antes de la siembra, después del trasplante y durante el aporque (Marcelo, 2017).

Maroto (1983) menciona que el control químico de las malezas es recomendando si su uso es de forma responsable y cuidando la dosis recomendada, ya que se podría ocasionar el riesgo de fitotoxicidad. Puede ser utilizada antes del trasplante y después, como trifluralina aplicando una dosis de 0.8 -1 kg ha⁻¹; dinitroanilinas a una dosis de 1 - 1.2 L ha⁻¹.

1.8.6. Fertilización

Casseres (1980) menciona que el cultivo de la col requiere una cantidad considerable de abono, principalmente de nitrógeno y potasio. Se recomienda el uso de abonos orgánicos complementado con fertilizantes químicos en la dosis exacta, esto garantizaría un suministro óptimo de nutrientes para la planta, lo que a su vez maximizaría su rendimiento y calidad.

Según Maroto (2002) menciona que la extracción de nutrientes de la col es:

Tabla 1.1

Extracción de nutrientes del cultivo de la col kg ha⁻¹

Rendimiento (t ha⁻¹)	N	P₂P₅	K₂O	Variedad
70	250	90	300	Repollo blanco
50	300	85	350	Repollo rojo
35	250	85	250	Repollo de Milán

Fuente: Maroto (2002)

Mientras que, Domínguez (1982) recomienda una dosis de fertilización para el cultivo de la col teniendo en cuenta los siguientes aspectos como: de 150 a 270 kg de N ha⁻¹, dependiendo del nivel de materia orgánica presente en el suelo, de 80 a 120 kg P₂O₅ ha⁻¹, dependiendo de la riqueza del suelo y de 160 a 300 kg de K₂O ha⁻¹, dependiendo de la fertilidad del suelo; por lo tanto, para un rendimiento de 40 t ha⁻¹, se aplica una dosis de 270 – 80 – 300 kg de NPK ha⁻¹.

1.8.7. Plagas

Las plagas son organismos que se alimentan de los diferentes órganos de las plantas, pudiendo destruir toda su estructura y a la vez transmitir diferentes enfermedades, se reproducen de manera acelerada, por lo que es necesario mantener el umbral bajo de la población. Para la prevención de las plagas existe muchos métodos naturales, físicos, químicos y biológicos.

Casseres (1980) menciona que los áfidos o pulgones son una de las plagas principales que afecta al cultivo de la col, se alimentan succionando la savia de las plantas, su principal daño es el de la transmisión de enfermedades virósicas y la vez propiciando a la aparición del hongo de la fumagina. En esta familia están los *Aphis brassicae*, *Brevicoryne brassicae*, son pequeños, suaves de color verde, algunos cubiertos con una cera blanquecina. Para su prevención se debe eliminar las plantas hospederas, eliminar los residuos de las cosechas.

Fuentes & Pérez (2003) menciona que *Plutella xylostella* que es otra plaga de importancia económica, en su forma de larva daña la cabeza de la col haciendo orificios y canales que luego son rellenados con excremento, ocasionando una reducción de la calidad del producto. El método de control es rotando el cultivo, eliminar planta hospederas, el control químico se aplica solo cuando la población es alta, se puede usar productos como indoxacarb (37.5 g/200 L H₂O), cipermetrina (1.0 a 1.5 l ha⁻¹), para el control biológico se usa *Bacillus thuringiensis*.

1.8.8. Enfermedades

Pariona et al. (2001) mencionan que la chupadera fungosa es una enfermedad producido por el hongo *Rhizoctonia solani*, causa en las plantas jóvenes deformaciones en el tallo y las raíces, en las plantas más maduras aparecen manchas de color marrón en la base del tallo, las plantas que sobreviven a esta infección ralentizan su crecimiento. Para su control se recomienda

desinfectar los almácigos en una solución de formalina 2% con una dosis de 8 – 10 L m² o remojar las semillas con una solución de pentacloro nitrobenzeno al 75% con una dosis de 6 g/kg de semilla. También menciona que el mildiu de las crucíferas es producido por el hongo *Peronospora brassicae*, se observa el daño en el haz de la hoja una clorosis que luego se convierte en manchas marrones oscuras causando a muerte de las hojas infectadas. Para el control se debe evitar en lo más posible la humedad excesiva en las hojas, sembrar a una distancia considerable para así asegurar una buena ventilación, aplicar fungicidas a base de zineb o cloranil.

Jaramillo & Díaz (2006) mencionan que la *Altenaria Brassicae*, es un hongo que causa la enfermedad llamada mancha de la hoja, aparece más que nada en los almácigos y en campo definitivo, en la hojas presentan lesiones oscuras que se van esparciendo por toda la planta. Para su control es necesario el uso de semillas certificadas, desinfectar las semillas con agua caliente, rotar los cultivos.

Casseres (1980) menciona que la pudrición negra causada por *Xanthomonas campestris*, es una bacteria que infecta a las plantas a cualquier edad, transmitiéndose por semillas. En las hojas y la cabeza muestran lesiones necróticas y manchas amarillentas llegando a pudrir la cabeza hasta hacerlo caer, en el tallo se presenta una circunferencia negruzca en el tejido leñoso. Al inicio de la infección no se percibe olor alguno, pero a medida que la enfermedad va avanzando se generan olores desagradables. Para su control se debe remojar la semilla con agua caliente a 50 °C y rotar los cultivos. También menciona que el hongo *Fusarium oxysporum* causa el amarillamiento, pudiendo aparecer después del trasplante, la cual se intensifica cuando la temperatura se encuentra entre 28 °C a 32 °C. El uso de variedades resistentes es una forma efectiva de control.

Maroto (1983) menciona que la hernia de las crucíferas causada por el hongo *Plasmidiosphora brassicae*, hace que las plantas no se desarrollen bien y ocasiona la aparición de tumores en las raíces. Para su control se recomienda eliminar las malas hierbas, rotar los cultivos, desinfectar los sustratos; después del trasplante aproximadamente a unos 30 o 45 días, aplicar pentaplus 1.5% y 2%, rhizoflex 3.25%.

1.8.9. Cosecha y rendimiento

La cosecha se realiza cuando las cabezas de la col estén firmes, compactas y que no cedan al momento de ser presionadas con los dedos (Valencia, 1995). También menciona que la cosecha se puede realizar de forma manual, usando herramientas filosas como un cuchillo, cortando por debajo de la cabeza y dejando de dos a tres hojas envolventes, para así evitar que las cabezas se dañen cuando sean trasladadas.

Por su parte, Casseres (1980) menciona que un repollo de calidad es cuando las cabezas estén firmes al contacto, estén libres de daño alguno por parte de algunas enfermedades e insectos, que no presenten rajaduras y que estén a un peso que oscila entre los 1 a 2 kg. Mientras que, Maroto (2002) menciona que el rendimiento promedio del cultivo de la col suelen estar entre los 25 a 50 t ha⁻¹.

1.9. Fertilización química NPK

Agrón (2015) menciona que la fertilización química es el uso de sustancia o mezcla de sustancias de origen inorgánico que se incorpora al suelo o directamente a la planta, cuyo propósito fundamental es de brindarle a la planta los nutrientes necesarios para su normal crecimiento y desarrollo, al mismo tiempo reponiendo al suelo los nutrientes que han sido extraídos por las cosechas. También la FAO (2002) manifiesta que, para que cualquier material natural o industrializado sea llamado fertilizante, debe tener en su composición al menos un 5% de uno o de los tres nutrientes primarios, como el N, P₂O₅, K₂O.

a) Ventajas del uso de fertilizantes químicos

INIA (2013) menciona que los fertilizantes químicos al ser productos industrializados son de fácil adquisición para los productores. Su actuación es de manera rápida, debido a que los nutrientes que se encuentran en los fertilizantes son fácilmente asimilados por las plantas. Además, menciona que los fertilizantes químicos presentan una concentración mayor de nutrientes en comparación con los abonos orgánicos y que no requieren de un tiempo de descomposición.

b) Desventajas del uso de fertilizantes químicos

INIA (2013) menciona que el uso de fertilizantes químicos deben usarse en las cantidades necesarias requeridas por las plantas, previo análisis de suelo, ya que un mal manejo

puede ocasionar serios problemas en el suelo, agua y plantas. También menciona que un uso inadecuado de los fertilizantes ocasiona su pérdida ya sea por volatilización al medio ambiente o ser lavados por el agua de riego o las lluvias, si se coloca el fertilizante cerca de las semillas o raíces de las plantas se corre el riesgo que estas puedan ser quemadas.

1.9.1. Propiedades de los fertilizantes químicos

Para Guerrero (2004) las propiedades de los fertilizantes químicos son las siguientes:

a) Propiedades físicas

Las propiedades físicas de los fertilizantes son importantes, ya que conociendo estas propiedades podemos transportarlo, manipularlo y almacenarlo adecuadamente. También en cómo se pueden utilizar y cómo interactúan en el suelo y la planta, así podemos maximizar su eficacia, minimizar las pérdidas y garantizar que la planta tome los nutrientes necesarios de manera óptima. Las principales propiedades son: granulometría, densidad aparente, humedad relativa, solubilidad, higroscopicidad (pág. 15).

b) Propiedades químicas

Es importante conocer las propiedades químicas de los fertilizantes, para así poder determinar su eficiencia, su capacidad para brindarle los nutrientes a la planta, la interacción con otros fertilizantes, la elección y aplicación adecuada. Las propiedades químicas son: la solubilidad, el índice de salinidad, la acidez o basicidad, el pH de la solución saturada (pág. 29).

1.9.2. Clasificación de fertilizantes

Arévalo & Castellano (2009) clasifican de la siguiente manera a los fertilizantes:

Simples

- Nitrogenados: contiene solo nitrógeno.
- Fosfatados: contiene solo fósforo.
- Potásicos: contiene solo potasio.

Compuestos

- Binarios: contienen dos elementos en su concentración, ejemplo FDA (18-46-00).
- Ternarios: contienen tres elementos en su concentración, ejemplo fórmula 20-20-20.

1.9.3. Tipo de fertilizantes químicos

A) Fertilizantes nitrogenados

Función del nitrógeno en la planta

El nitrógeno es el primer elemento de importancia para la nutrición vegetal, ya que desempeña un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo normal de la planta, además, forma parte de la estructura de los aminoácidos, que son los componentes básicos de las proteínas (Velásquez, 2003).

FAO (2013) por su parte menciona que el nitrógeno interviene en la formación de la área foliar de la planta, con ello conlleva una buena captación de la luz solar incrementando la fotosíntesis, mejorando su crecimiento y desarrollo del cultivo.

Nitrógeno en el suelo

Mengel & Kirkby (2000) mencionan que el nitrógeno que se encuentra en el suelo solo es una pequeña fracción de todo lo que se encuentra en la litósfera, y de esta porción, solo una pequeña parte es disponible para la planta, debido a que el nitrógeno es extremadamente móvil en el suelo, planta y el ambiente, esto hace que se pierda rápidamente.

Florencia et al., (2019) mencionan que la mayor parte del nitrógeno que se encuentra en el suelo forma parte de la materia orgánica del suelo, y que estas, serán disponibles para la planta después de varios procesos bioquímicos. También menciona que la mayoría de las plantas absorben el nitrógeno en forma de nitrato (NO_3^-), algunas plantas y microorganismos en su forma de amonio (NH_4^+).

A.1) UREA

INIA (2013) menciona que la urea es un fertilizante simple, de una forma granulada blanca, muy soluble en el agua por la cual puede ser utilizado en el fertirriego o como abono foliar. Su principal función es de brindar a la planta el nitrógeno para su crecimiento rápido y buena formación de hojas. También menciona que de cada 100 kg de urea aporta 46 kg de N.

Ringuelet & Gil (2005) sostienen que, para la aplicación de la urea se necesita de buenas prácticas agrícolas para evitar las pérdidas en la atmósfera en forma de amoníaco, recomiendan tapar inmediatamente con la tierra después de depositarla en el suelo y regarlo.

Sierra (2010) menciona las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- Alto contenido de nitrógeno.
- Menor costo de flete, debido a la alta concentración de nutrientes por masa.
- Recomendada para aplicar al suelo antes de la siembra.
- Por su forma facilita su uso y aplicación.

Desventajas:

- Produce un cambio del pH.
- Genera una alta concentración de amonio.
- Es propenso a perderse por lixiviación y volatilización.
- Es un fertilizante puro, por lo cual no brinda a la planta otros nutrientes.

B) Fertilizantes fosfatados

Función del fósforo en la planta

Ringuelet & Gil (2005) mencionan que el fósforo juega un papel importante en la nutrición de las plantas, actuando en la transferencia de energía que es esencial para la fotosíntesis y otros procesos bioquímicos. Asimismo, Jaramillo & Díaz (2006) mencionan que el fósforo estimula el desarrollo radicular y de los órganos de reproducción, acelera la maduración de los frutos y mejora la resistencia a las diferentes enfermedades. También sostiene que un exceso de fósforo acelera la maduración de la planta con relación a su altura.

Fósforo en el suelo

Fernández (2007) menciona que del 90% del fósforo presente en el suelo solo una pequeña fracción está disponible para las plantas, debido a que es poco móvil y es fijado en el suelo. El fósforo es absorbido y fácilmente asimilable por la planta en forma de ion fosfato PO_3^- , que se encuentra en la solución del suelo (Agrón, 2015).

B.1) Fosfato diamónico

INIA (2013) menciona que el fosfato diamónico es un fertilizante compuesto que le brinda a la planta el nitrógeno y fósforo. También menciona que de cada 100 kg de fosfato diamónico contiene 18 kg de urea y 46 kg de fósforo.

Agrón (2015) menciona que el fosfato diamónico es soluble con el agua y que deja un efecto residual ácido en el suelo que se produce por la reacción final de la nitrificación de ion NH_4^+ .

B.2) Superfosfato triple

INIA (2013) menciona que el superfosfato triple de calcio es un fertilizante de forma granular, color plomo claro, brinda a la planta el fósforo favoreciendo el buen desarrollo de las raíces y formación de frutos. También menciona que el superfosfato triple es un fertilizante que contiene 46 kg de fósforo por cada 100 kg de fertilizante.

IPNI (2013) menciona que superfosfato triple tiene una mayor concentración de fósforo y un 15 % de calcio. El 90% de fósforo total contenido en el fertilizante es soluble en agua, lo que lo hace más disponible para la planta. También menciona que este fertilizante puede ser mezclado con otros fertilizantes aplicando al suelo de varias formas, ya sea al voleo o en surcos.

C) Fertilizantes potásicos

Función del potasio en la planta

Ringuelet & Gil (2005) menciona que el potasio interviene en la activación enzimática, en el transporte de azúcares y la síntesis de proteínas. También señala que el potasio hace en la planta tenga mayor resistencia a las sequías, heladas, plagas y enfermedades.

Potasio en el suelo

Mengel & Kirkby (2000) sostienen que en condiciones naturales la fuente principal del potasio, que es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, proviene de la meteorización de minerales que tienen potasio. El potasio es asimilado por la planta en forma de ion potasio K^+ , en grandes cantidades (Agrón, 2015).

C.1) Cloruro de potasio

INIA (2013) menciona que el cloruro de potasio es un fertilizante más utilizado en nuestro país, es de forma globular, de color anaranjado y blanca. También menciona que, de cada 100 kg de cloruro de potasio contiene 60 kg de potasio. Es altamente soluble con el agua y puede ser mezclada con otros fertilizantes para una formulación de abonamiento (Agrón, 2015).

YPF (2018) sostiene que el cloruro de potasio puede ser utilizado para todo tipo de cultivos, se recomienda su aplicación en bandas o distribuirlo de manera uniforme por todo el terreno; ya que el fertilizante tiene característica salina, no se recomienda colocarlo junto a semillas o plántulas recién emergidas para evitar la fitotoxicidad.

Zamora (2016) menciona en su trabajo de investigación que el nitrógeno es un elemento que tiene mayor influencia en el rendimiento de la col, recomienda aplicar 180 kg ha^{-1} de nitrógeno y 70 kg ha^{-1} de fósforo, la mitad del nitrógeno y todo fósforo deben aplicarse en el momento del trasplante y el resto al inicio de la formación de la cabeza. También menciona que una deficiencia de nitrógeno después de la formación de la cabeza puede provocar el “dobles”, que es un problema serio que cuando es afectada ya no puede ser corregido. Al momento de aplicar los fertilizantes se cava la tierra al costado del cuello de la planta y se incorpora el fertilizante.

Sabino (2019) en su trabajo de investigación evaluó el diámetro, altura y el rendimiento de la col variedad corazón de buey, aplicando cuatro dosis de fertilizantes químicos: D_1 ($140 - 60 - 60$), D_2 ($120 - 50 - 50$), D_3 ($100 - 40 - 40$), D_4 ($00 - 00 - 00$). En el diámetro de la col hubo una diferencia altamente significativa entre los tratamientos donde el tratamiento D_1 es el que sobresale con un promedio de 25.97 cm , en la altura de cabeza de la col existió una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, donde el tratamiento D_1 obtuvo mayor valor con un promedio de 29.17 cm , el mayor rendimiento lo obtuvo el tratamiento D_1 con un valor de $57.380 \text{ kg ha}^{-1}$ y el menor rendimiento lo obtuvo al aplicar el tratamiento D_4 con un valor de 4.761 kg ha^{-1} .

Por su parte Maroto (1983) recomienda una dosis de 30 y 40 t ha^{-1} de estiércol, junto con $100 - 150 \text{ kg ha}^{-1}$, $65 - 85 \text{ kg ha}^{-1}$, $150 - 200 \text{ kg ha}^{-1}$ de NPK respectivamente.

1.10. Guano de islas

a) Origen

El guano de islas es un abono orgánico que se compone por las deyecciones de las aves guaneras como piqueros, pelícanos, alcatraces, etc., que habitan en las costas de todo el litoral peruano, ha sido utilizado históricamente como fuente de fertilizante para mejorar la calidad y rendimiento de los cultivos, además de mejorar las características edafológicas del suelo

(AGRORURAL, 2019). Por su parte, Sotomayor (2016) agrega que el guano de isla no solo se forma de las deyecciones de las aves, sino también está compuesto de restos de las plumas, huevos y aves guaneras muertas, enriqueciéndolo aún más.

b) Obtención

AGRORURAL (2019) menciona que el guano de las islas se obtiene de las 22 islas y 9 puntas del litoral peruano, el relieve de estas costas es muy accidentado por lo cual imposibilita su recolección de forma industrial, obligando su obtención de forma artesanal comprendiendo varios procesos que se realiza en el mismo lugar de recolección como son: el picado, tamizado y envasado. También menciona que la recolección del guano de islas se realiza de manera racional para evitar su rápido agotamiento, después de conseguir el guano de una isla o punta, se espera un tiempo no menor a los 5 años antes de su próxima recolección.

c) Mineralización de la materia orgánica

El guano de las islas se recolecta cada 5 a 6 años de una isla, durante este periodo de tiempo se va acumulando las deyecciones y restos que dejan las aves guaneras. La alta humedad y temperaturas de 16 °C en invierno y 25 °C en verano hacen que los diferentes microorganismos se activen y utilicen las deyecciones de las aves guaneras como alimento, produciendo una serie de reacciones bioquímicas de oxidación que convierten los productos orgánicos en productos más simples de manera que puedan ser aprovechados por las plantas (AGRORURAL, 2018).

d) Disponibilidad de nutrientes

El guano de las islas es un abono natural que aporta los nutrientes que la planta necesita para su buen crecimiento y desarrollo, aporta macronutrientes como: nitrógeno, fósforo, potasio; así como microelementos como: hierro, zinc, calcio, magnesio, cobre. Aparte de brindarle nutrientes, el guano de las islas mejora las características físicas y químicas del suelo, también participa en el incremento de la actividad microbiana del suelo. Entre los organismos más importantes tenemos a las bacterias nitrificantes del grupo nitrosomonas y nitrobacter, la primera transforma el amonio en nitrito y la segunda oxida el nitrito a nitrato (AGRORURAL, 2019).

Sotomayor (2016) menciona que al momento de aplicar al guano de las islas al suelo no se le debe de fraccionar la dosis, como si se hace con los fertilizantes, debido a que esta es un abono orgánico y necesita estar húmeda para liberar sus nutrientes y el cultivo pueda aprovecharlo.

AGRORURAL (2019) menciona que cuando se abona a la planta con guano de isla el 35% y 34% de nitrógeno y fósforo están disponibles de forma inmediata para su absorción.

A continuación, se presenta de forma más detallada la disponibilidad de nutrientes del guano de isla.

D.1) Formas de nitrógeno

Del nitrógeno total, el 40 % está de forma disponible para la planta (38% forma amoniacal y 2% forma nítrica), el 60% restante se encuentra en forma orgánica, por mineralizarse (pág. 13).

D.2) Formas de fósforo

Del fósforo total, el 60% está de forma disponible para la absorción de las plantas, mientras que el 40% se encuentra en forma orgánica, por mineralizarse (pág. 13).

D.3) Formas de Potasio

El contenido de potasio del guano de las islas es bajo, por lo cual se recomendaría complementarla con otra fuente de potasio. Mientras que el resto de los nutrientes presentes en el abono son liberados conforme se realiza la mineralización de la materia orgánica (pág. 12).

Tabla 1.2*Contenido de elementos nutritivos en el guano de las islas*

Elemento	Símbolo	Contenido (%)	contenido (ppm)
Macroelementos			
Nitrógeno	N	10-14%	
Fósforo	P ₂ O ₅	10-12%	
Potasio	K ₂ O	2-3%	
Elemento secundario			
Calcio	CaO	10%	
Magnesio	MgO	0.80%	
Azufre	S	1.50%	
Hierro	Fe		600
Zinc	Zn		170
Cobre	Cu		23
Manganeso	Mn		48
Boro	B		187
Molibdeno	Mo		76

Fuente: Sotomayor (2016)

e) Características del guano de las islas

Sotomayor (2016) menciona que conocer las principales características del guano de las islas es importante, así podemos reconocer si el producto cumple con la calidad y característica adecuada o de lo contrario saber si ha sido adulterado. Por la cual se mencionan las siguientes características.

E.1) El color

El color de guano de las islas engloba una gama de coloraciones generalmente anaranjadas, esto varía dependiendo del lugar donde se encuentran las islas guaneras, puede variar desde un color oscuro anaranjado a marrón en el sur, hasta una coloración clara en el norte (pág. 7).

E.2) El olor

El olor típico del guano de las islas es un amoníaco fuerte, ese olor es característico del guano cuando no ha sido adulterado, ya que se produce por la liberación de los gases, en algunos casos el olor del guano de las islas se ve disminuido debido a que el producto está mojado o adulterado (pág. 7).

f) Efectos del guano de las islas en el suelo

AGRORURAL (2018) menciona que el guano de las islas como otro abono orgánico tiene grandes beneficios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

F.1) Propiedades físicas

- Mejora la textura y estructura de los suelos.
- Mejora la retención y absorción de agua.
- Mejora la formación de agregados.

F.2) Propiedades químicas

- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
- Aumenta el poder tampón del suelo.
- Modifica el color del suelo.
- Facilita que la materia orgánica por el proceso de humificación libere los nutrientes.

F.3) Propiedades biológicas

- Incrementa la actividad biológica.
- Produce sustancias activadoras de crecimiento.
- Incrementa la población microbiana fijadoras de nitrógeno en el suelo.

g) Ventajas del uso de guano de las islas

AGRORURAL (2018) y Sotomayor (2016) concuerdan sobre las ventajas del guano de las islas, la cuales son:

- Es biodegradable
- No contamina.
- Es soluble con el agua.
- Mejorador de suelos.
- Incrementa la actividad microbiana del suelo.

Ramos (2019) en su trabajo de investigación aplicó (00 kg ha⁻¹, 500 kg ha⁻¹ y 1000 kg ha⁻¹) de guano de las islas al cultivo de la col, donde reportó un rendimiento de 82.30 t ha⁻¹, un diámetro ecuatorial promedio de 12.71 cm, y un diámetro polar promedio de 45.46 cm al aplicar 1000 kg ha⁻¹.

Delgado (2009) en su trabajo de investigación llegó a la conclusión de que el efecto en el rendimiento del cultivo de la col es positiva al aplicar una dosis de 3 t ha⁻¹ de guano de las islas. También agrega que, a un mayor incremento de la dosis de guano de las islas, el rendimiento del cultivo de la col disminuye. Por su parte, Ponce (2018) en su trabajo de tesis menciona que obtuvo un mayor rendimiento al aplicar 4 t ha⁻¹ de gallinaza con un promedio de 5,937.50 kg ha⁻¹ superando estadísticamente a los demás tratamientos.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del terreno

2.1.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental de Canaán, que pertenece a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, que está ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, en la provincia de Huamanga, del departamento de Ayacucho, a una altitud de 2750 msnm, latitud $13^{\circ} 07' 10''$, longitud $74^{\circ} 30' 03''$.

Figura 2.1

Vista aérea de la parcela experimental, C.E. Canaán



2.1.2. Análisis físico - químico del suelo

Para el análisis físico - químico del suelo de Canaán, se hizo un muestro en forma de zigzag, donde se recolecto 20 muestras a una profundidad de 20 cm de la capa arable, posteriormente se prosiguió a combinar todas las mezclas en un saco, después de la mezcla, se tomó un 1 kg de la muestra y se llevó para su análisis correspondiente al Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar “Nicolas Roulet” del programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Tabla 2.1

Resultados obtenidos del análisis de suelo. Canaán 2750 msnm

Componentes	Contenido	Interpretación
pH	7.74	Alcalino
Materia orgánica %	1.55	Muy bajo
C.E. d/Sm	2.20	Ligeramente salino
N total (%)	0.08	Bajo
P disponible (ppm)	21.6	Medio
K disponible (ppm)	108.7	Medio
CaCO ₃	0.5	Bajo
Arena (%)	42.1	-----
Limo (%)	21.6	-----
Arcilla (%)	35	-----
Clase textural	Franco arcilloso	-----

Fuente: Laboratorio de suelos y análisis foliar del programa de investigación y ganadería - UNSCH

El suelo del Centro Experimental de Canaán, donde se llevó a cabo el trabajo de investigación presenta un suelo franco arcilloso, con un pH de 7.74 ligeramente alcalino, el contenido de materia orgánica fue de 1.55 %, que se interpreta como un nivel muy bajo, la conductividad eléctrica fue de 2.20 d/Sm, que se interpreta que es ligeramente salino, carbonatos con contenidos bajos, el nitrógeno total fue de 0.08 %, que es un nivel bajo, el fósforo disponible fue de 21.6 ppm, que es un nivel medio, el potasio disponible fue de 108.7 ppm, que es un nivel medio, las características de este suelo hacen que sea apto para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo de la col.

2.1.3. Análisis físico químico del guano de las islas

Tabla 2.2

Resultados obtenidos del análisis del guano de las islas

Componentes	Contenido
Humedad (%)	18.7
pH	8.45
C.E. (1:1) mS/cm	76.3
M.O. total	38.9
N-total	4.52
P ₂ O ₅ (%)	2.82
K ₂ O (%)	2.45
CaO (%)	6.86
MgO (%)	2.41
SO ₄ (%)	0.36

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación y Ganadería – UNSCH.

Los resultados del análisis del guano de las islas nos muestran el contenido de nutrientes, la cual podemos deducir que el guano usado está en un rango medio o de calidad media.

2.1.4. Características climatológicas

Los datos climáticos se obtuvieron de la estación meteorológica de INIA, que está ubicada en el distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, de la provincia de Huamanga, del departamento de Ayacucho, a una altitud de 2750 msnm, con coordenadas de 13° 10' 09'' latitud sur y 74° 12' 52'' latitud oeste.

En la tabla 2.3 muestra la temperatura media y la precipitación, la cual no dice que la máxima temperatura se dio entre los meses de octubre y noviembre entre los 19.8 °C y 18.1 °C. la precipitación máxima se dio en el mes de febrero del 2023 con un promedio de 157.2 mm. De acuerdo al balance hídrico se evidenció que en los meses de diciembre del 2022 a marzo del 2023 hubo un exceso de humedad. El trabajo se realizó en los meses de agosto a diciembre donde se tuvo la necesidad de incorporar agua mediante el riego para satisfacer la demanda de agua del cultivo, debido a que en estos meses existió un déficit de humedad.

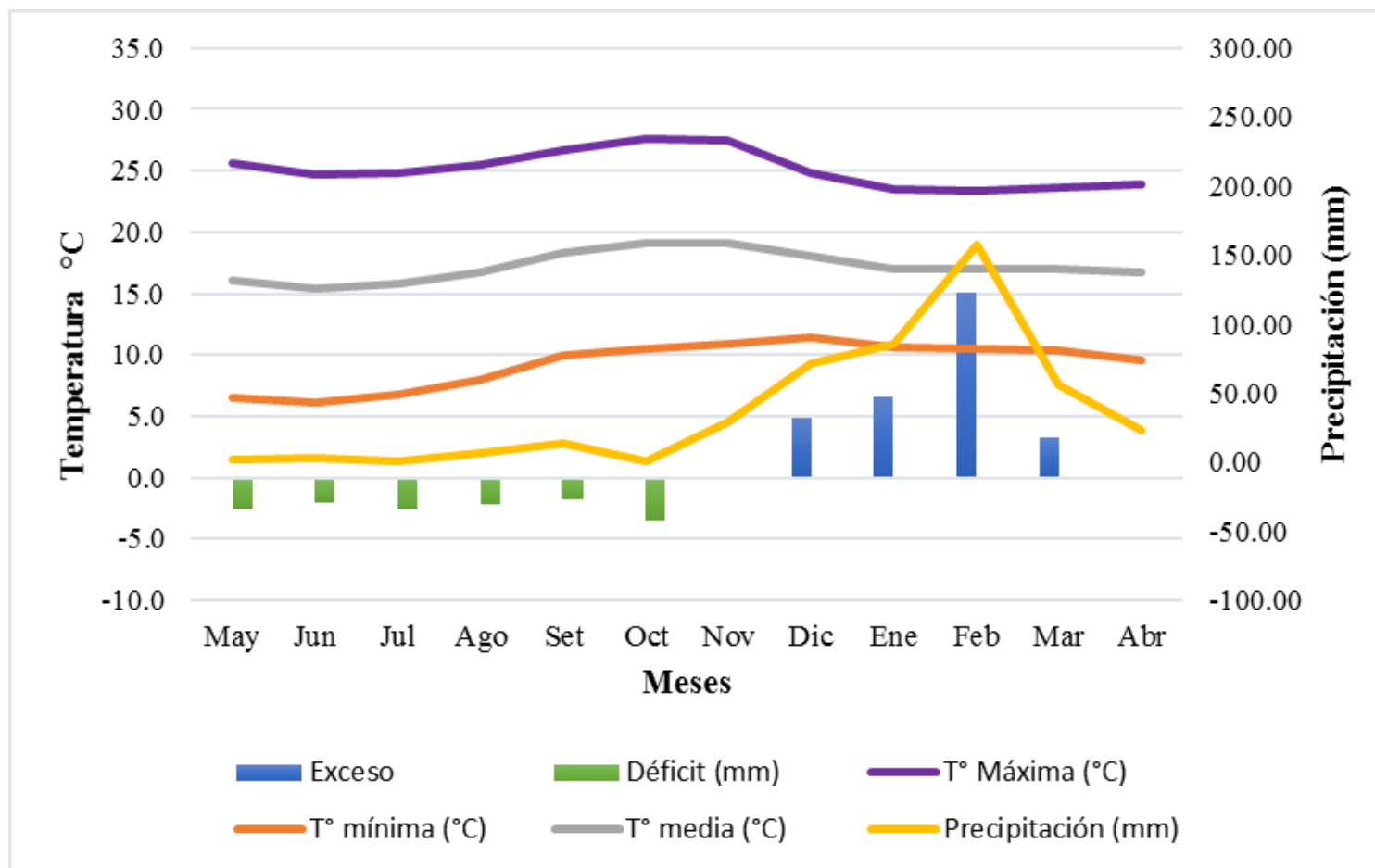
Tabla 2.3*Datos meteorológicos ordenados de la estación meteorológica del INIA – Canaán 2750 msnm*

Meses	2022							2023					Total	Prom.
	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr		
T Máxima (°C)	25.6	24.6	24.8	25.5	26.6	27.7	27.5	24.8	23.5	23.4	23.6	23.9		25.1
T mínima (°C)	6.5	6.1	6.7	8.0	9.9	10.5	10.9	11.4	10.6	10.5	10.4	9.6		9.3
T media (°C)	16.1	15.4	15.8	16.7	18.3	19.1	19.2	18.1	17.1	17.0	17.0	16.8		17.2
Factor	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.48	4.96	4.80		
ETP (mm)	79.67	73.77	79.28	82.97	87.78	94.58	91.93	89.70	84.57	75.93	84.31	80.40	1004	045
Precipitación (mm)	1.6	3.7	1.2	7.3	13.2	0.8	29.6	72.0	85.5	157.2	56.3	23.4	451.8	
ETP corregida (mm)	35.86	30.20	35.23	37.34	39.50	42.56	41.37	40.36	38.05	34.16	37.94	36.17		
Exceso								26.57	37.25	130.98	23.93			
Déficit (mm)	-40.76	-37.38	-44.77	-43.76	-45.61	-61.98	-32.85					-15.76		

Fuente: Estación meteorológica Canaán

Figura 2.2

Temperatura máxima, mínima y balance hídrico, correspondiente a la campaña agrícola 2022 – 2023, Canaán 2750 msnm



Fuente: Estación experimental Canaán

2.2. Material vegetal

Para el presente estudio, se utilizó el cultivo de col de la variedad “Corazón de Buey”. Esta variedad es distinguida por tener la cabeza bien compacta de buen tamaño, su tallo es corto no llegando a ser leñoso, su raíz es profunda, posee las hojas delgadas de color verde la cual es más oscura en el haz que en el envés, la forma de su cabeza varia de ovalada a puntiaguda, su hábito de floración es tardío, es de fácil transporte y para su conservación es necesario conservarla a temperaturas bajas, ya que a temperaturas altas estas se deshidratan reduciendo así su calidad (Mercasa, 2018). Del mismo modo, HORTUS (2019) menciona que la cabeza de la col mide de 20 a 25 cm el diámetro y de unos 18 a 20 cm de altura. recomienda que la dosis de siembra sea de 2 kg ha⁻¹ de semilla si se va a realizar la siembra directa y unos 0.5 kg ha⁻¹ de semilla si es para la siembra indirecta o trasplante.

2.3. Variables e indicaciones

2.3.1. Variables independientes

Niveles de fertilización NPK (F)

f1	: 00 – 00 – 00	kg ha ⁻¹
f2	: 30 – 10 – 26	kg ha ⁻¹
f3	: 75 – 25 – 65	kg ha ⁻¹
f4	: 120 – 40 – 104	kg ha ⁻¹

Niveles de guano de las islas (G)

g1	: 0.5 t ha ⁻¹
g2	: 1.0 t ha ⁻¹
g3	: 1.5 t ha ⁻¹
g4	: 2.0 t ha ⁻¹

2.3.2. Variables dependientes

Las variables dependientes de evaluaron en el campo considerando los siguientes criterios.

Diámetro ecuatorial y polar de las cabezas de col

Previo a la cosecha, se tomó 10 plantas de cada uno de las sub parcela y se midió el diámetro ecuatorial y polar de las cabezas de la col en cm, se midió con una regla graduada para posteriormente sacar el promedio correspondiente.

Peso promedio de las cabezas de col

Se pesaron en una balanza electrónica las mismas 10 plantas sacadas de cada uno de las sub parcelas, donde se sacó el promedio por cabeza.

Rendimiento del cultivo de la col

Se pesaron todas las cabezas de la col de la primera y segunda cosecha por cada sub parcela, donde se infirió a una hectárea para obtener su rendimiento general.

2.4. Diseño experimental

Se planteó los niveles de fertilización NPK y guano de las islas en el rendimiento de col Variedad corazón de buey. El tipo de investigación fue experimental, nivel aplicativo y método inductivo. Para la distribución de las unidades experimentales se utilizó el diseño estadístico de bloque completo randomizado (DBCR) con arreglo factorial de 4Fx4G en parcelas divididas, 16 tratamientos, 3 repeticiones, en las parcelas se ubicó las dosis de NPK y en las sub parcelas las dosis de guano de las islas.

El modelo aditivo lineal (MAL) es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \delta_k + (\tau\delta)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Observación en el k-ésimo nivel del factor aplicado a la sub parcela de la i-ésima parcela principal en el j-ésimo bloque.

μ : Media general.

τ_i : Efecto del i-ésimo nivel del fertilizante NPK aplicado a la parcela.

β_j : Efecto del j-ésimo bloque.

$(\tau\beta)_{ij}$: Error experimental de la parcela.

δ_k : Efecto del k-ésimo nivel del factor guano de las islas de la sub parcela.

$(\tau\delta)_{ik}$: Interacción del factor fertilizante NPK y guano de las islas.

ε_{ijk} : Error experimental de las sub parcelas.

2.4.1. Características del experimento

Las características del campo experimental fueron.

De la unidad experimental – sub parcela

- Ancho de la sub parcela : 1.60 m
- Largo de la sub parcela : 4.0 m
- Área de la sub parcela : 6.4 m²
- Número de sub parcelas por bloque :16.0 unidades
- Número de surcos : 2.0 surcos
- Distanciamiento entre surcos : 0.80 m
- Distanciamiento entre plantas : 0.4 m

De la parcela

- Ancho de la parcela : 1.60 m
- Largo de la parcela : 12 m
- Área de la parcela : 19.2 m
- Número de parcelas por bloque : 4.0 unidades

De los bloques

- Ancho del bloque : 1.60 m
- Largo del bloque : 64.0 m
- Área de cada bloque : 102.4 m²
- Número de bloques : 3.0 bloques

Del campo experimental

- Ancho : 4.8 m
- Largo : 64.0 m
- Área total : 307.2 m²

2.4.2. Tratamientos

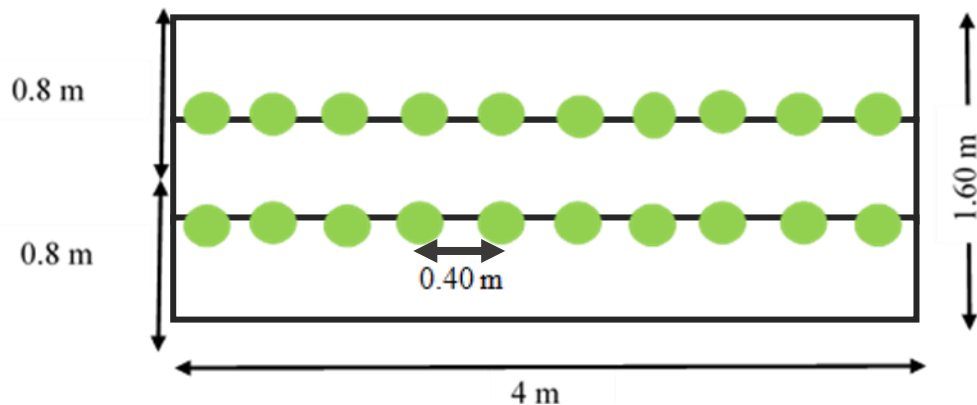
Tabla 2.4

Lista de los tratamientos empleados

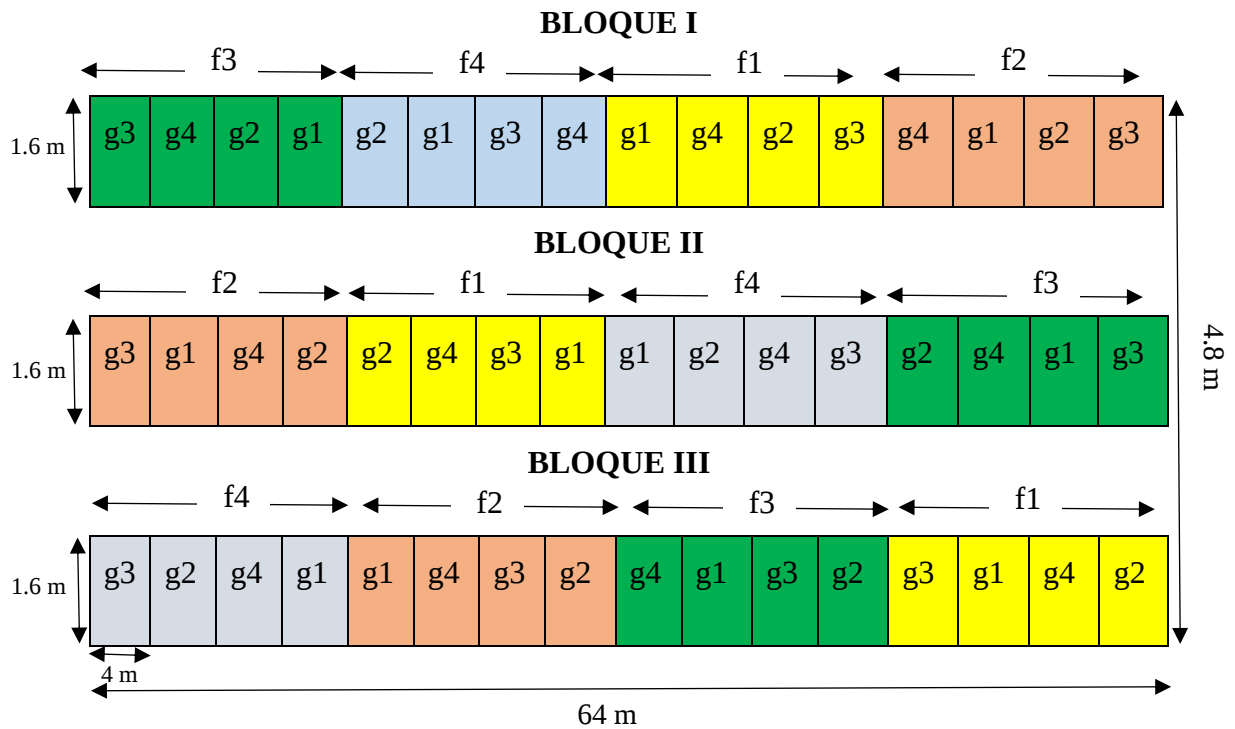
Código	Parcela	Sub parcela	Combinación	Descripción
T ₁	f1	g1	f1 x g1	(0 – 0 – 0) kg ha ⁻¹ NPK y 0.5 t ha ⁻¹ G.
T ₂		g2	f1 x g2	(0 – 0 – 0) kg ha ⁻¹ NPK y 1.0 t ha ⁻¹ G.
T ₃		g3	f1 x g3	(0 – 0 – 0) kg ha ⁻¹ NPK y 1.5 t ha ⁻¹ G.
T ₄		g4	f1 x g4	(0 – 0 – 0) kg ha ⁻¹ NPK y 2.0 t ha ⁻¹ G.
T ₅	f2	g1	f2 x g1	(30 – 10 – 26) kg ha ⁻¹ NPK y 0.5 t ha ⁻¹ G.
T ₆		g2	f2 x g2	(30 – 10 – 26) kg ha ⁻¹ NPK y 1.0 t ha ⁻¹ G.
T ₇		g3	f2 x g3	(30 – 10 – 26) kg ha ⁻¹ NPK y 1.5 t ha ⁻¹ G.
T ₈		g4	f2 x g4	(30 – 10 – 26) kg ha ⁻¹ NPK y 2.0 t ha ⁻¹ G.
T ₉	f3	g1	f3 x g1	(75 – 25 – 65) kg ha ⁻¹ NPK y 0.5 t ha ⁻¹ G.
T ₁₀		g2	f3 x g2	(75 – 25 – 65) kg ha ⁻¹ NPK y 1.0 t ha ⁻¹ G.
T ₁₁		g3	f3 x g3	(75 – 25 – 65) kg ha ⁻¹ NPK y 1.5 t ha ⁻¹ G.
T ₁₂		g4	f3 x g4	(75 – 25 – 65) kg ha ⁻¹ NPK y 2.0 t ha ⁻¹ G.
T ₁₃	f4	g1	f4 x g1	(120 – 40 – 104) kg ha ⁻¹ NPK y 0.5 t ha ⁻¹ G.
T ₁₄		g2	f4 x g2	(120 – 40 – 104) kg ha ⁻¹ NPK y 1.0 t ha ⁻¹ G.
T ₁₅		g3	f4 x g3	(120 – 40 – 104) kg ha ⁻¹ NPK y 1.5 t ha ⁻¹ G.
T ₁₆		g4	f4 x g4	(120 – 40 – 104) kg ha ⁻¹ NPK y 2.0 t ha ⁻¹ G.

2.4.3. Croquis del campo experimental

De la unidad experimenta o sub parcela



Del campo experimental en general



2.5. Instalación y conducción del experimento

2.5.1. Limpieza y preparación del terreno

Se realizó con el propósito de remover el suelo y que los residuos de las cosechas puedan descomponerse, para la preparación del terreno se utilizó el tractor con el arado y para la limpieza se usaron herramientas manuales como el rastrillo, azadón, picos. La cual se realizó el 15 de agosto del 2022.

2.5.2. Demarcación y estacado del campo experimental

Esta actividad se realizó según el croquis experimental diseñado, para una mayor precisión se usaron herramientas de medición como el flexómetro y cintas de medir, para la demarcación se usaron yeso, estacas y rafia. La actividad se realizó el 17 de agosto de 2022.

2.5.3. Trazados de surcos

Se realizó la apertura de los surcos para el trasplante según las medidas del croquis cada 0.8 m. de forma manual utilizando azadones, picos. Se realizó del 17 al 23 de agosto del 2022.

2.5.4. Abonamiento

El abonamiento se realizó mediante la aplicación de las dosis de fertilizantes y del guano de las islas según los tratamientos correspondientes. Se aplicó el guano de isla al momento del trasplante junto con la mitad del nitrógeno, la otra mitad del nitrógeno en el aporque. Como fuente de fertilizante nitrogenado se utilizó urea, para potasio se utilizó cloruro de potasio y para fósforo se usó fosfato di amónico.

2.5.5. Siembra y trasplante

Se realizó la siembra en bandejas de germinación, la plántula cuando tuvo tres a cuatro hojas verdaderas se realizó el trasplante en el campo definitivo. Se llevó a cabo el 02 de septiembre del 2022, esta actividad se realizó con la ayuda de un trasplantador manual, apertura de los hoyos a unos 5 cm de profundidad, distanciado cada 0.8 m entre surcos y 0.40 m entre plantas.

2.5.6. Instalación del riego presurizado

Para garantizar la dotación de agua al cultivo de la col durante su desarrollo vegetativo, se instalaron cintas de riego presurizado.

2.5.7. Recalce

Se realizó el repique de los plantines que no se adaptaron al terreno y se hayan marchitado. Se llevó a cabo a los 6 días después del trasplante exactamente el 08 de septiembre del 2022.

2.5.8. Control de malezas

Para evitar la competencia de las plantas no deseadas, se llevó a cabo el control de malezas de forma manual utilizando herramientas como, azadones, picos, rastrillos. Iniciado esta actividad dos semanas después del trasplante. Se realizó el 03 de octubre del 2022.

2.5.9. Aporque

El aporque se realizó el 03 de octubre del 2022, se utilizó azadones, picos, con el fin de brindarle más firmeza a la planta y controlar las malezas. Realizándolo 40 días después de la siembra cuando la planta alcanzo aproximadamente unos 15 cm de altura.

2.5.10. Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas durante el experimento se utilizó productos químicos previa evaluación del umbral de daños de la plaga principalmente de pulgones y de polillas de la col. llevándose a cabo el 06 de octubre del 2022. Para el control de enfermedades se realizó de forma mecánica seleccionando las plantas enfermas y desechándolas.

2.5.11. Cosecha

La cosecha se realizó a los 110 días después del trasplante, cuando la col alcanzó la madurez comercial, se cosechó cuando al hacerle una leve presión a la cabeza esta no cedió, luego se realizó un corte con un cuchillo a la base de la planta. La primera cosecha se llevó a cabo el 10 de noviembre del 2022, la segunda cosecha el 14 de diciembre 2022. Se dejó una planta de col del inicio y final de cada sub parcela para evitar el efecto borde de los tratamientos.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diámetro polar de la cabeza de la col

Tabla 3.1

ANVA del diámetro polar de la cabeza de la planta con niveles de fertilizantes NPK y guano de las islas en el cultivo de la col. Canaán, 2750 msnm

Fuente de variación	G.L.	S.C	C.M	F	P valor	
Bloque	2	31.92	15.96	18.23	0.0028	**
Nivel de fertilizante (F)	3	364.26	121.42	138.67	<0.0001	**
Error (a)	6	5.25	0.88			
Guano de las islas (G)	3	181.11	60.37	25.97	<0.0001	**
Inter (F x G)	9	21.97	2.44	1.05	0.4319	NS
Error (b)	24	55.79	2.32			
Total sub parcela	47	660.30				

C.V. = 6.85 %

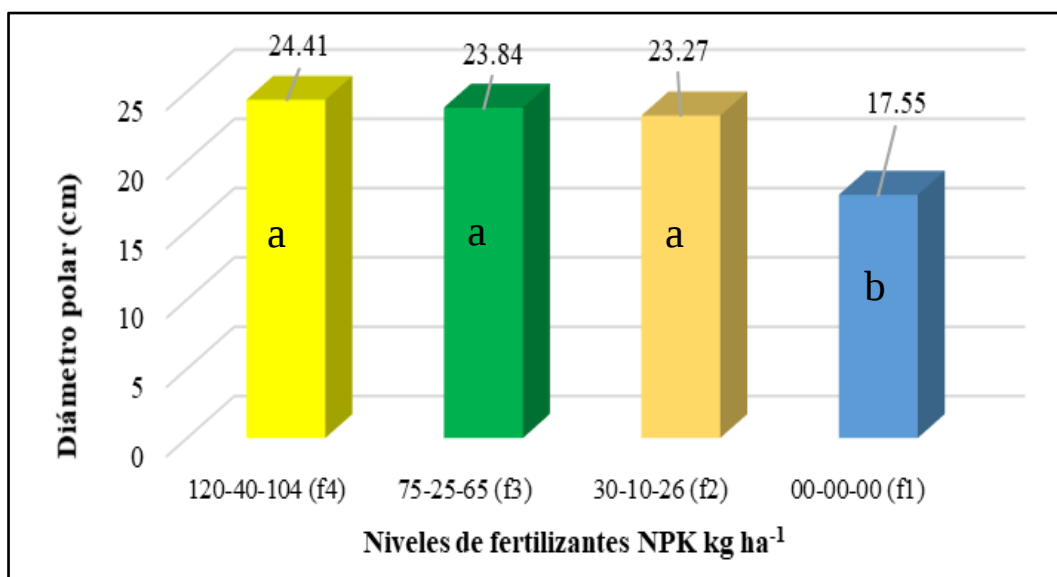
En el análisis de variancia para el diámetro polar de la cabeza de la col con la aplicación de niveles de fertilizantes NPK y niveles de guano de las islas (tabla 3.1) se observó existencia altamente significativa en las fuentes de variación bloque, esto nos indica que se ha tenido éxito en la formación de los bloques y que hay diferencia entre ellos; existe alta significación estadística en la fuente de variación nivel de fertilizante NPK y niveles de guano de las islas, no existe diferencia significativa entre los efectos de interacción entre nivel de fertilizante NPK y guano de las islas.

Quiere decir que por lo menos uno de los niveles de fertilizantes tiene un diámetro polar de repollo diferente a los demás; o unos niveles de guano de las islas tiene una longitud de repollo diferente a las demás.

El coeficiente de variación fue de 6.85 % lo que nos indica que se tiene una buena confiabilidad de los datos obtenidos.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de diámetro polar de la cabeza de la col del efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm



La prueba de Tukey del diámetro polar de la cabeza de la col del efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas (figura 3.1), evidencia que el tratamiento f4 es el que obtuvo mayor diámetro polar con un promedio de 24.41 cm, a la cual junto que los tratamientos f3 y f2 no se diferencian estadísticamente entre ellos, pero numéricamente el tratamiento f3 fue el que tuvo mayor diámetro polar que el tratamiento f2. El tratamiento f1 es el que obtuvo menor longitud con un promedio de 17.55 cm. Con esto corroboramos que el cultivo de la col es muy demandante de nutrientes para su normal crecimiento, en este caso para su desarrollo polar, por lo tanto, si no se le aplica alguna fuente de nutriente la planta no va a tener un buen desarrollo y va a estar propenso a muchas enfermedades.

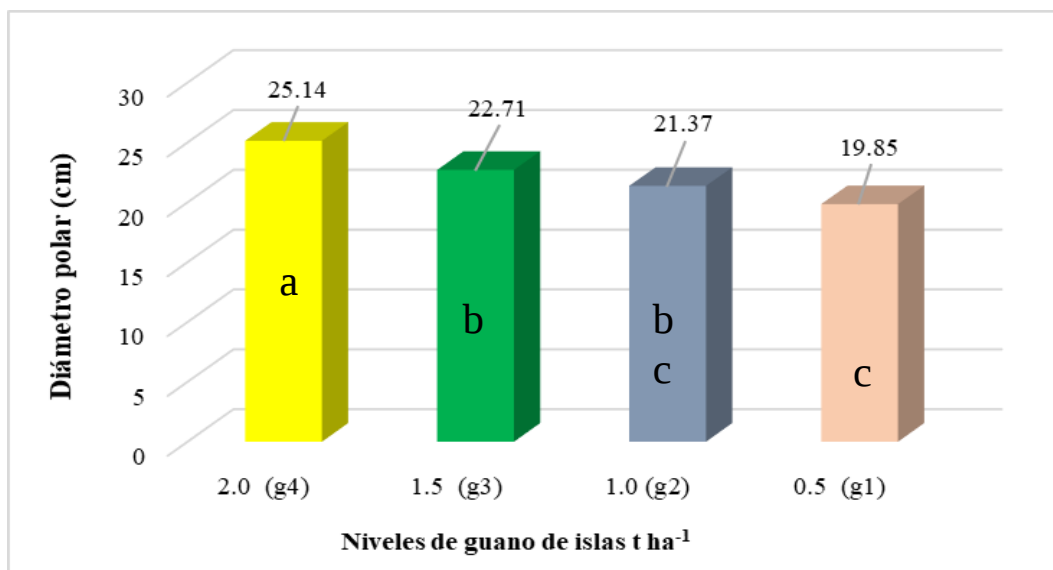
Sandoval, (2020) en su trabajo de investigación se evaluó la altura de repollo al aplicar dos dosis de fertilizantes (18 – 46 – 00) y (12 – 13 – 10) y dos dosis de abono orgánico como lombrihumus y compost, de la cual, el que tuvo mayores respuestas fueron los tratamientos con fertilizantes con un promedio de 16.67 cm.

Sabino (2019) menciona en su trabajo de investigación que al evaluar la altura del repollo de la col variedad corazón de buey aplicando cuatro dosis de fertilizantes químicos D1 (140 – 60 – 60), D2 (120 – 50 – 50), D3 (100 – 40 – 40), D4 (00 – 00 – 00), en la altura de cabeza de la col existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, donde el tratamiento D1 obtuvo mayor valor con un promedio de 29.17 cm.

Porras (2007) sostiene en su trabajo de investigación que el buen crecimiento y desarrollo de los cultivos en general, tienen una gran influencia de los factores genéticos, medioambientales y el manejo que se le da a cada cultivo. Dentro del manejo podemos nombrar la densidad de siembra, la cantidad de fertilizante, una buena preparación del suelo, entre otros.

Figura 3.2

Prueba de Tukey del diámetro polar de la cabeza de la col del efecto principal dosis de guano de islas en promedio a los niveles de fertilizante NPK. Canaán, 2750 msnm



La prueba de Tukey del diámetro polar de repollo del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio de los niveles de fertilizantes NPK (figura 3.2) evidencia que el mayor diámetro polar se dio al aplicar el tratamiento g4 con un promedio de 25.14 cm, los tratamientos g3 y g2 no se diferencian estadísticamente superando al tratamiento g1 quien obtuvo el menor rendimiento con un promedio de 19.85 cm. El guano de las islas al contener en su composición cantidades de nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos, hacen que cuando se le aplica al cultivo de la col esta los absorba favoreciendo en su crecimiento polar (AGRORURAL, 2019).

Los resultados obtenidos son superiores al ser comparados con Vásquez (2019) quien en su trabajo de investigación evaluó la altura del repollo aplicando cuatro dosis de guano de las islas (3 t ha^{-1} , 4 t ha^{-1} , 5 t ha^{-1} , 0 t ha^{-1}), donde se reporta que la mayor altura de repollo lo obtuvo el tratamiento con 3 t ha^{-1} de guano de isla, con un promedio de 24.80 cm. Esto puede decir que al aumentar la cantidad de guano de las islas al cultivo de repollo, este va a tener una ganancia en su diámetro ecuatorial. Esta conclusión coincide con lo dicho por Huamán (2022) quien menciona también en su trabajo científico que el guano de las islas es un mejorador por excelencia de las características físicas químicas y biológicas del suelo.

Los datos obtenidos por De la cruz (2023) respaldan los resultados encontrados, quien evaluó la variable diámetro polar de repollo al aplicar cuatro niveles de guano de isla 0 t ha^{-1} , 1 t ha^{-1} , 2 t ha^{-1} , 3 t ha^{-1} , donde al aplicar 3.0 t ha^{-1} de guano de islas obtuvo una mayor respuesta con un promedio de 29.6 cm, el que tuvo un menor diámetro de repollo fue el tratamiento 0 t ha^{-1} .

Cueva (2015) evaluó la aplicación de diferentes abonos orgánicos en la altura de repollo, la mayor respuesta fue con el tratamiento de guano de las islas, con promedio de 26.38 cm superando al tratamiento de la mezcla de guano de isla + compost + estiercol, quien obtuvo un promedio de 26.03 cm.

3.2. Diámetro ecuatorial de la cabeza de la col

Tabla 3.2

ANVA del diámetro ecuatorial de la cabeza de la planta con niveles de fertilizante NPK y guano de las islas en el cultivo de la col. Canaán, 2750 msnm

Fuente de variación	G.L.	S.C	C.M	F	p-Valor	
Bloque	2	6.33	3.17	10.32	0.0114	*
Nivel de fertilizante (F)	3	84.87	28.29	92.29	<0.0001	**
Error (a)	6	1.84	0.31			
Guano de isla (G)	3	84.36	28.12	18.44	<0.0001	**
Inter (F x G)	9	14.41	1.60	1.05	0.4323	NS
Error (b)	24	36.61	1.53			
Total sub parcela	47	228.42				

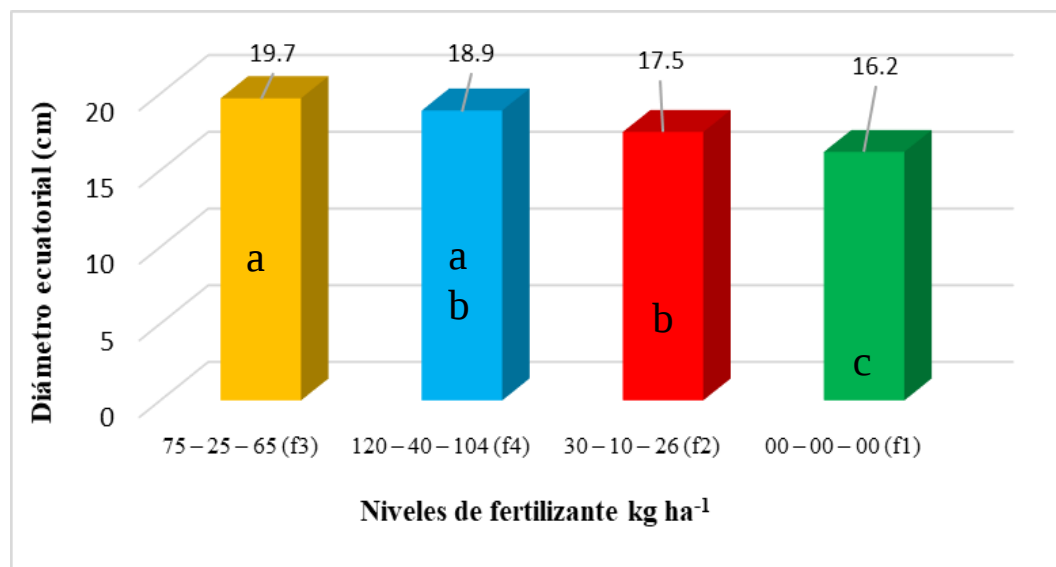
C.V. = 6.88 %

El análisis de variancia para el diámetro ecuatorial de la cabeza de la col (tabla 3.2) menciona que existe una diferencia altamente significativa tanto para el efecto principal de nivel de fertilizante como para el efecto principal niveles de guano de las islas y diferencia significativa en la fuente de variación bloque; No existe una diferencia significativa entre la interacción niveles de fertilizantes y guano de islas.

Quiere decir que por lo menos uno de los niveles de fertilizantes tiene un diámetro ecuatorial de cabeza de repollo diferente; o que algunos niveles de guano de las islas presentan diámetros ecuatoriales de repollos distintos. El coeficiente de variabilidad es de 6.88 % la cual nos dice que existe una buena confiabilidad de los datos obtenidos.

Figura 3.3

Prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de la cabeza de la col del efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm



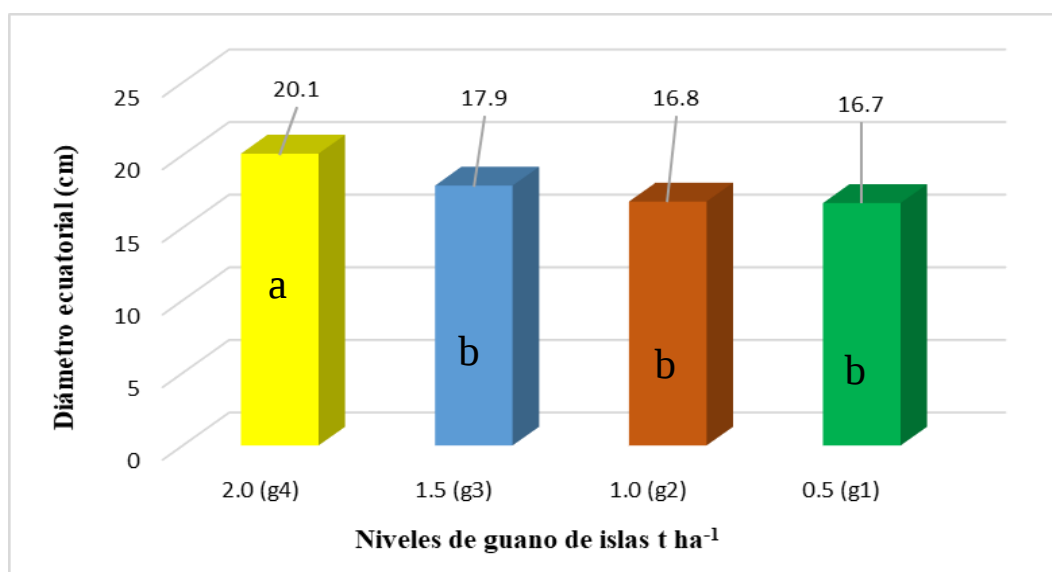
La prueba de Tukey para el diámetro ecuatorial de la cabeza de la col para el efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas (figura 3.3) muestra que en el diámetro ecuatorial de cabeza de la col no hay diferencia estadística entre los tratamientos f3, f4 y son los que reportan mayores diámetros ecuatoriales con un promedio de 19.7 cm, 18.1 cm, respectivamente, superando al tratamiento f1 que solo obtuvo un promedio de 16.2 cm. Estos resultados nos muestran claramente que el cultivo de la col necesita que se le brinde los nutrientes necesarios para un crecimiento adecuado (Collazos et al., 2018) y esto se ve reflejado en el tratamiento donde no se aplicó el fertilizante químico f1.

Los datos obtenidos muestran una superioridad a lo reportado por Sandoval (2020) quien en su trabajo de investigación evaluó el diámetro de repollo al aplicar dos dosis de fertilizantes (18 – 46 – 00) y (12 – 13 – 10) y dos dosis de abono orgánico lombrihumus y compost, de la cual, el que tuvo mayores respuestas fueron los tratamientos con fertilizantes con un promedio de 16.24 y 15.7 cm, existió una diferencia significativa entre los tratamientos con abono orgánico.

Sabino (2019) en su trabajo de investigación evaluó el diámetro de repollo de la col variedad corazón de buey, aplicando cuatro dosis de fertilizantes químicos D1 (140 – 60 – 60), D2 (120 – 50 – 50), D3 (100 – 40 – 40), D4 (00 – 00 – 00). donde existió una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, donde el tratamiento D1 obtuvo mayor valor con un promedio de 25.97 cm.

Figura 3.4

Prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de la cabeza de la col del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio a los niveles de fertilizantes NPK. Canaán, 2750 msnm



La prueba de Tukey para el diámetro ecuatorial de la cabeza de la col del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio de los niveles de fertilizantes NPK (figura 3.4) muestra que los repollos con aplicaciones del tratamiento g4 son superiores a los demás tratamientos obteniendo un valor promedio de 20.1 cm; los tratamientos g3, g2, g1 no se diferencian estadísticamente pero numéricamente son distintos; el que presenta menor respuesta a la aplicación de guano de islas fue el tratamiento g1 con un promedio de 16.7 cm.

Los resultados reportados por De la cruz (2023), respaldan los datos obtenidos, la cual indica que, “al aplicar dosis crecientes de guano de las islas a la planta de la col, esta aumenta su diámetro y longitud del repollo a proporción de las dosis de guano aplicada”.

Oliva et al., (2017) mencionan en su trabajo de investigación donde evaluaron el diámetro de repollo aplicando humus de lombris, bocashi y guano de las islas. De la cual reportaron que, “el tratamiento con guano de las islas es el que sobresale del resto con un promedio de 13.03 cm.” Por su parte, Cueva (2015) en su trabajo de investigación demostró que, “al aumentar la concentración de guano de islas al cultivo de la col esta incrementa su diámetro polar”.

3.3. Peso de la cabeza de la col

Tabla 3.3

ANVA del peso de la cabeza de la planta con niveles de fertilizante NPK y guano de las islas en el cultivo de la col. Canaán, 2750 msnm

Fuente de variación	G.L.	S.C	C.M	F	P valor	
Bloque	2	0.38	0.19	8.10	0.0197	*
Nivel de fertilizante (F)	3	0.35	0.12	4.86	0.0479	*
Error (a)	6	0.14	0.02			
Guano de las islas (G)	3	1.31	0.44	38.79	<0.0001	**
Inter (F x G)	9	0.13	0.02	1.32	0.2791	NS
Error (b)	24	0.27	0.01			
Total sub parcela	47	2.59				

C.V.= 6.93 %

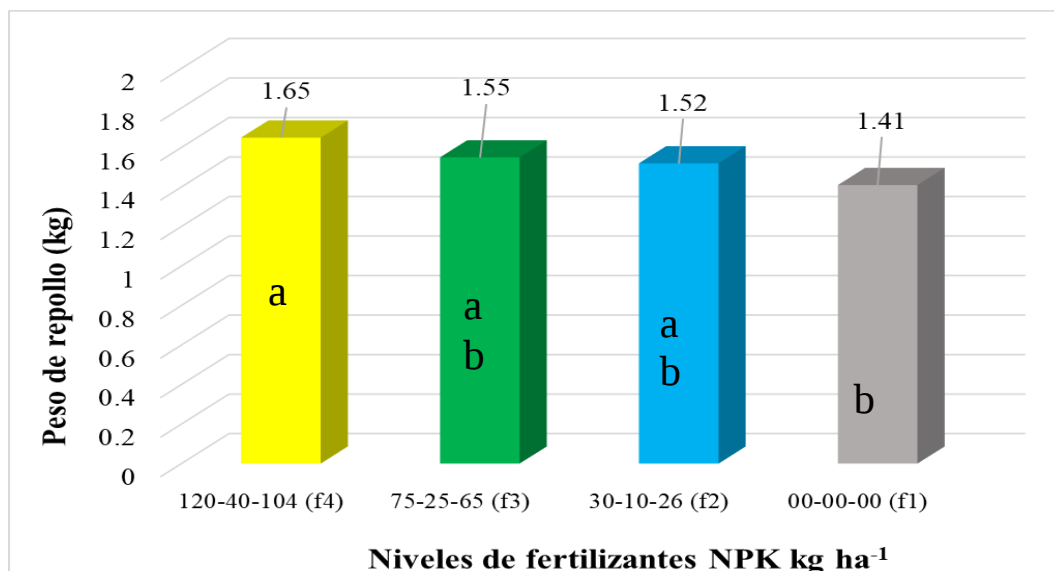
En el análisis de variancia para el peso de la cabeza de la col en la aplicación de niveles de fertilizantes NPK y niveles de guano de las islas (tabla 3.3) se observa significación en las fuentes de variación nivel de fertilizante y fuente de variación bloque; diferencia altamente significativa en los niveles de guano de las islas; no existe interacción entre nivel de fertilizante y niveles de guano de islas.

Quiere decir que por lo menos uno de los niveles de fertilizantes tiene un peso de repollo diferente a los demás; o un nivel de guano de las islas tiene un peso de repollo diferente a las

demás. El coeficiente de variación fue de 6.93 % lo que nos indica que se tiene una buena confiabilidad de los datos obtenidos.

Figura 3.5

Prueba de Tukey del peso de la cabeza de la col del efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas. Canaán 2750 msnm.



La prueba de Tukey para el peso de la cabeza de la col para el efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas (figura 3.5) nos muestra que los tratamientos f4 con 1.65 kg de promedio y f3 con 1.55 kg son los que reportaron mayores promedios en pesos a comparación de los demás tratamientos. El que obtuvo menor peso de cabeza de la col fue el tratamiento donde no se aplicó los niveles de fertilizantes (f1) con un peso promedio de 1.41 kg, por la cual podemos decir que la col necesita de nutrientes y un adecuado medio para un buen desarrollo influyendo así en el peso del repollo, si bien el fertilizante le brinda los nutrientes necesarios para su buen desarrollo, esta debe de ser utilizada de una forma controlada sin evitar excesos.

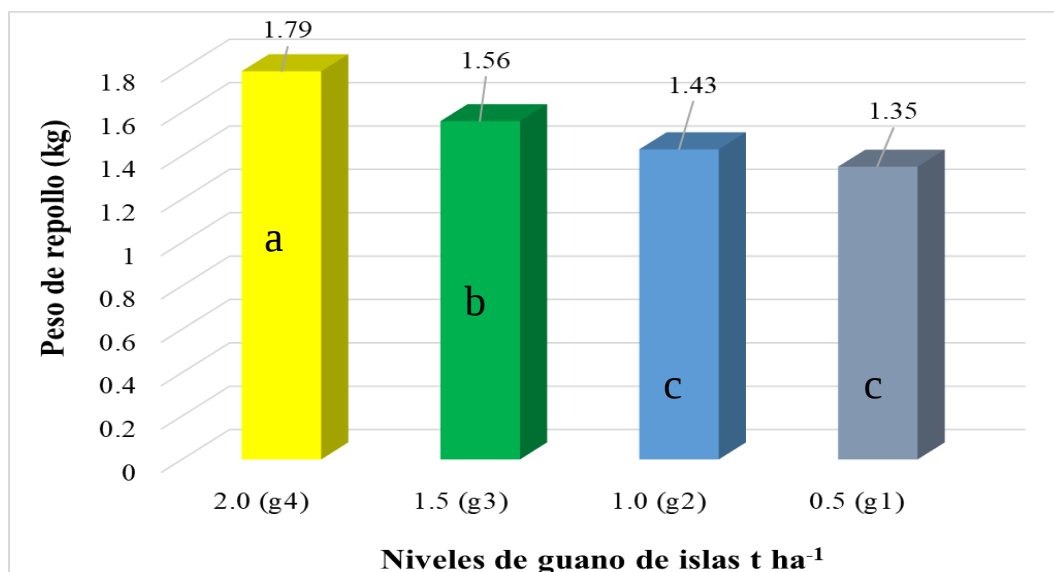
Portillo (2015) al evaluar el peso de repollo en su trabajo de investigación encontró que la interacción nitrógeno, fósforo y potasio tuvieron los mejores resultados con un promedio de 1.77 kg por cabeza a comparación de los tratamientos que tenían un solo elemento que solo obtuvieron 1.63 kg por cabeza”.

Ramírez (2011) en su trabajo de investigación “evaluó el peso de las cabezas de repollo utilizando varios niveles de fertilizantes químicos combinado con diferentes cantidades de abono orgánico. El resultó de mayor respuesta se obtuvo al aplicar la dosis mayor que fue de (168 – 210 – 165) NPK con 2000 kg ha⁻¹ de lombricompost.

Vivanco (2023) en su trabajo de investigación “evaluó la influencia en el peso de pella en el cultivo de brócoli al aplicar diferentes niveles de abonos orgánicos – mineral, donde el tratamiento con 120 – 60 – 60 NPK + 0 de abono orgánico, fue el que tuvo el mayor peso de pella con 658.19 g la cual superó estadísticamente a los demás tratamientos, el que reportó menor peso de pella fue con el tratamiento donde no se aplicó ningún abono orgánico mineral 00 – 00 – 00 NPK+ 0.0 de abono orgánico con promedio de 288.89 g”.

Figura 3.6

Prueba de Tukey del peso de la cabeza de la col del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio de los niveles de fertilizantes NPK. Canaán 2750 msnm.



La prueba de Tukey para el peso de la cabeza de la col del efecto principal niveles de guano de islas en promedio de los niveles de fertilizantes NPK (figura 3.6) muestra que el tratamiento g4 obtuvo mayor peso de cabeza de col que los demás tratamientos con 1.79 kg; seguido de los tratamientos g3, g2. El que reportó menor peso fue el tratamiento g1 con un promedio de 1.35 kg. Esto se debe al guano de las islas le brinda los nutrientes necesarios y mejora el suelo donde se encuentra la planta, haciendo que esta se encuentre en un medio adecuado para un buen desarrollo. Las plantas al encontrar una gran cantidad de nutrientes

proveniente del guano de las islas son los que obtuvieron pesos mayores, mientras que a las dosis de menor cantidad de guano de las islas obtuvieron pesos menores.

Los resultados obtenidos coinciden con los resultados de Vásquez (2019) quien evaluó el peso de la cabeza de repollo cuando aplicó varias dosis de guano de las islas, menciona que el mejor peso se obtuvo cuando se aplicó la dosis mayor de guano de las islas que fue de unos 5 t ha⁻¹ con un promedio de 4.15 kg.

De la cruz (2023) en su trabajo de investigación demostró que, “al aplicar dosis crecientes de guano de las islas al cultivo de la col, el peso de cada uno de la cabeza de repollo aumentaba en relación a la dosis aplicada. El que reporto mayor peso de cabeza de repollo fue el tratamiento mayor de 3.0 t ha⁻¹ con un promedio de 2.93 kg y menor peso fue el tratamiento donde no se le aplicó guano de las islas con un promedio de 2.12 kg, coincidiendo con los resultados obtenidos”.

Oliva et al. (2017) “evaluaron el peso de cabeza de repollo aplicando cuatro tratamientos que son, el testigo, humus de lombriz, bocashi y guano de las islas. La cuales el tratamiento de mayor peso de repollo fue al aplicar guano de las islas reportando un promedio de 661.08 g, y el menor peso fue cuando se le aplicó ningún abono orgánico con un promedio de 459.09 g”.

3.4. Rendimiento del cultivo de la col

Tabla 3.4

ANVA del rendimiento de la planta con niveles de fertilizante NPK y guano de las islas en el cultivo de la col. Canaán 2750 msnm

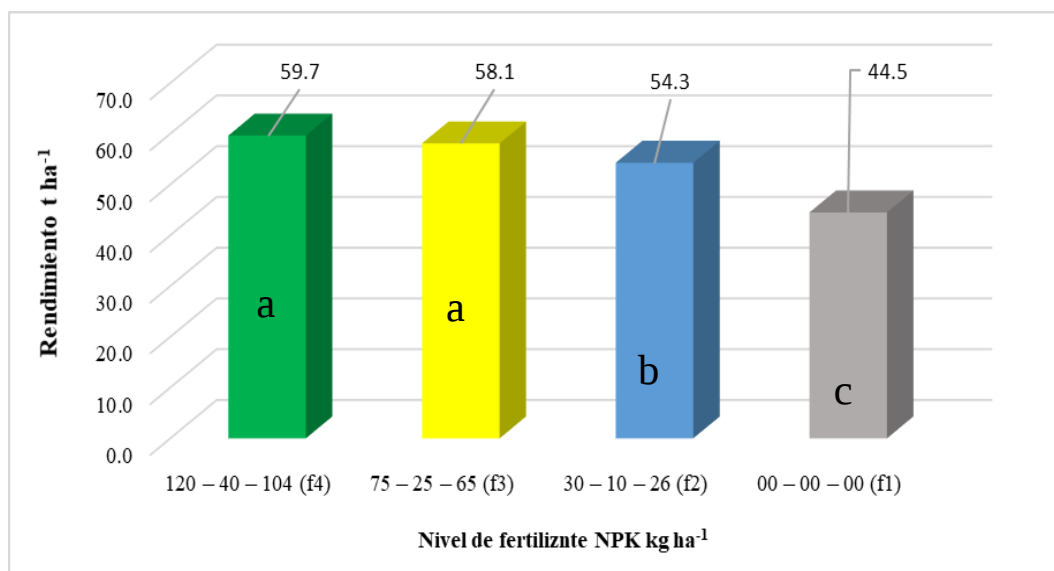
Fuente de variación	G.L.	S.C	C.M	F	P-valor	
Bloque	2	64.60	32.30	5.88	0.0386	*
Nivel de fertilizante (F)	3	1678.09	559.36	101.79	<0.0001	**
Error (a)	6	32.97	5.50			
Guano de las islas (G)	3	1750.74	583.58	86.18	<0.0001	**
Inter (F x G)	9	99.27	11.03	1.63	0.1632	NS
Error (b)	24	162.52	6.77			
Total sub parcela	47	3788.19				

C.V. = 4.81 %

En el análisis de variancia para el rendimiento del cultivo de la col en la aplicación de niveles de fertilizantes NPK y niveles de guano de las islas (tabla 3.4) se observó alta significación en las fuentes de variación nivel de fertilizante y dosis de guano de las islas; significación entre los efectos de bloque; no existe una diferencia estadística interacción entre nivel de fertilizante y nivel de guano de las islas. El coeficiente de variabilidad fue de 4.81 % la cual nos indica que hay una buena confiabilidad de los resultados obtenidos.

Figura 3.7

Prueba de Tukey del rendimiento de la col ($t\ ha^{-1}$) del efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas. Canaán 2750 msnm.



En la (figura 3.7) muestra la prueba de Tukey para el rendimiento de repollo para el efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas, muestra que los tratamientos (120 – 40 – 104) NPK y (75 – 25 – 65) NPK son los que reportaron los mayores rendimientos con $59.79\ t\ ha^{-1}$ y $58.12\ t\ ha^{-1}$ respectivamente, y a su vez entre ellos no hay una diferencia estadística. El que obtuvo menor peso de repollo fue el tratamiento donde no se aplicó los niveles de fertilizantes (00 – 00 – 00) NPK con un promedio de $44.5\ t\ ha^{-1}$.

Si bien el fertilizante químico tiene beneficios sobre la nutrición de la planta y el cultivo de la col necesita de estos nutrientes para que tenga un buen crecimiento y desarrollo y estos se ven reflejados en un buen rendimiento evidenciados en los resultados obtenidos (figura 3.7). pero estos fertilizantes no mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo e

incluso si no se maneja de una manera apropiada podría ocasionar contaminación del suelo y agua, por lo que tiene una desventaja frente a los abonos orgánicos (FAO, 2002).

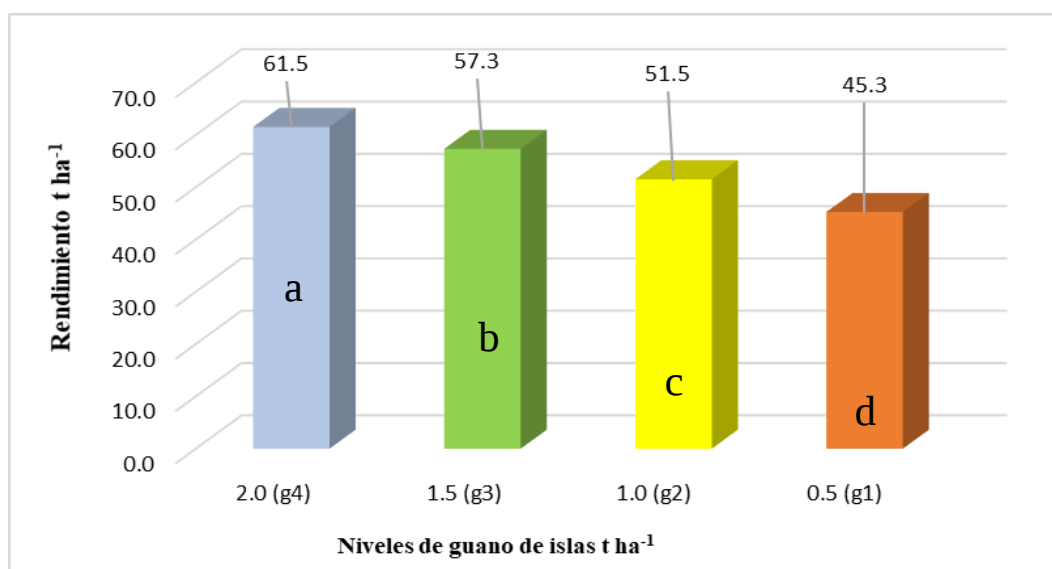
Sandoval (2020) menciona que, “los mayores rendimientos obtenidos en su trabajo de investigación fueron de $49.250 \text{ kg ha}^{-1}$, al aplicar $(18 - 46 - 00)$ de NPK con la variedad Maddox F1, mientras que el menor rendimiento lo obtuvo el tratamiento al cual se le aplicó lombrihumus con la variedad Cabagge F1, con un promedio de 23.500 kg . También menciona que el mayor rendimiento se dio con la aplicación de los diferentes niveles de fertilización”.

Sabino (2019) menciona que, “al aplicar mayor cantidad de nutrientes el rendimiento de la col se incrementa proporcionalmente, lo cual evidencio en su trabajo de investigación donde evaluó el rendimiento de la col al aplicar cuatro niveles de fertilizantes como $D_1 (140 - 60 - 60)$, $D_2 (120 - 50 - 50)$, $D_3 (100 - 40 - 40)$ y $D_4 (00 - 00 - 00)$. El mayor rendimiento lo obtuvo el tratamiento D_1 con un promedio de $57,380 \text{ kg ha}^{-1}$, el menor rendimiento fue del tratamiento D_4 , con un promedio de $24,761 \text{ kg ha}^{-1}$ ”.

Morfín & Méndez (2006) mencionan que, “el mejor rendimiento del repollo de la col se dio cuando se aplicó $(350 - 200 - 00)$ de fertilizante con un promedio de 29.3 t ha^{-1} , mientras que el menor rendimiento se obtuvo al aplicar $(200 - 100 - 00)$ de fertilizante con un promedio de 15.60 t ha^{-1} ”.

Figura 3.8

Prueba de Tukey del rendimiento del cultivo de la col (t ha^{-1}) del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio de los niveles de fertilizantes NPK. Canaán 2750 msnm



La prueba de Tukey para el rendimiento del cultivo de la col del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio de los niveles de fertilizante NPK (figura 3.8), muestra que el tratamiento con 2 t ha^{-1} de guano de islas es el que obtuvo un mayor rendimiento con un promedio de 61.51 t ha^{-1} diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos. El que reportó menor rendimiento fue el tratamiento con 0.5 t ha^{-1} de guano de isla con un rendimiento promedio de 45.26 t ha^{-1} . El rendimiento de repollo va incrementando en proporción a la cantidad de guano de isla proporcionado también mencionado por (De la cruz, 2023) y (Vásquez, 2019).

AGRORURAL (2018) menciona que los suelos productivos mejoran el rendimiento y calidad de las cosechas y que el uso el guano de islas ofrece mejores resultados por su composición química.

El resultado obtenido nos indica que al aplicar guano de isla al cultivo de la col esta mejora su rendimiento, ya que el guano de islas le proporciona los nutrientes necesarios como el nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos, estos nutrientes son muy importantes para que el cultivo se desarrolle apropiadamente. Aparte de que el guano de islas le brinde los diferentes nutrientes a la planta, esta también contribuye a la mejora de las características físicas del suelo por ejemplo, mejora la aireación, la retención de agua, etc., en las características químicas del suelo actuando como mejorador del pH e incrementando la actividad microbiológica del suelo (Sotomayor, 2016).

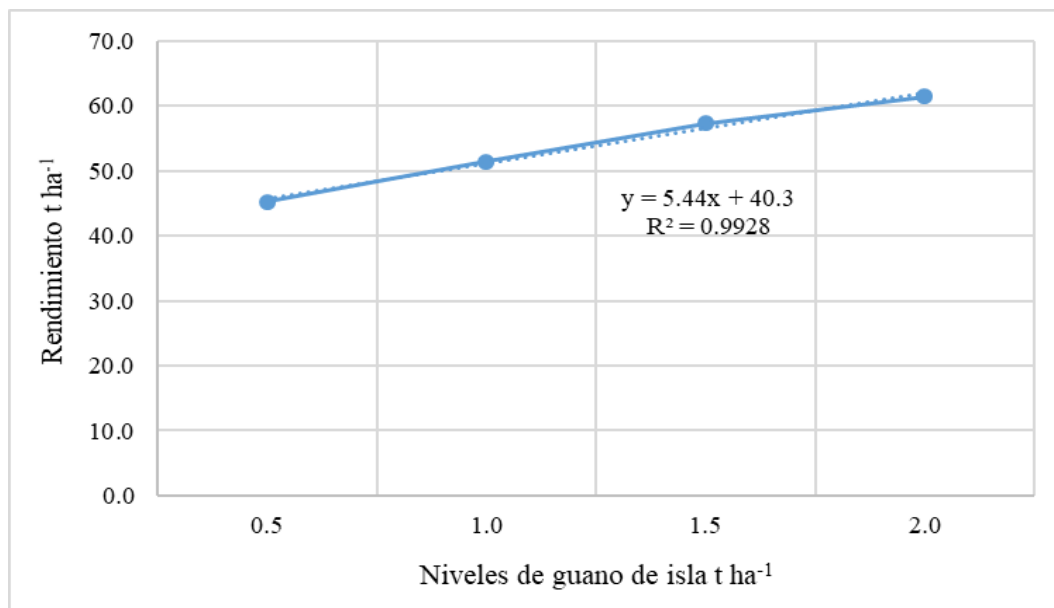
De la cruz (2023) evaluó el rendimiento de col en su trabajo de investigación al aplicar cuatro niveles de dosis de guano de las islas 0.0 t ha^{-1} , 1.0 t ha^{-1} , 2 t ha^{-1} , 3 t ha^{-1} , donde obtuvo un mayor rendimiento al aplicar 3 t ha^{-1} con $89,290.41 \text{ kg ha}^{-1}$, superando a los resultados obtenidos. El menor rendimiento fue cuando aplicó 0.0 t ha^{-1} , de guano de las islas.

Oliva et al., 2017 evaluaron el rendimiento de repollo al aplicar varias dosis de abonos orgánicos, donde el tratamiento con guano de las islas fue el que obtuvo mayores rendimientos 44.95 t ha^{-1} . También mencionan que el resultado se debe a que el guano de las islas tiene un mayor contenido de macro y micronutrientes a diferencia de los demás abonos orgánicos.

Vásquez (2019) evaluó el rendimiento de repollo al aplicar cuatro dosis de guano de las islas T1 (3 t ha⁻¹), T2 (4 t ha⁻¹), T3 (5 t ha⁻¹), T4 (0 t ha⁻¹), donde los mayores rendimiento reportado fueron con el tratamiento T3 y T2 con un promedio de 70,550.00 kg ha⁻¹ y 59,075.00 kg ha⁻¹ respectivamente no habiendo diferencia estadística entre ellos pero superando estadísticamente a los demás tratamientos estudiados.

Figura 3.9

Regresión para el rendimiento del cultivo de la col en el efecto principal niveles de guano de islas



Se observa una regresión lineal en el rendimiento del cultivo de la col (figura 3.9) en función al efecto principal de los niveles de guano de isla, que indica, que a medida que se aumenta la cantidad de guano de islas el rendimiento del cultivo de la col también aumenta. Al aplicar 2.5 t ha⁻¹ de guano de isla el rendimiento aumenta a un promedio de 67.5 t ha⁻¹. La ecuación que predice el rendimiento es de $y = 5.44x + 40.3$ con un $R^2 = 0.99$.

CONCLUSIONES

En base a los resultados del experimento y bajo las condiciones donde se ejecutaron, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los niveles de fertilización NPK: 120 – 40 – 104 kg NPK y 75 – 25 – 65 kg NPK, presentaron los mayores rendimientos de col con 59.792 t ha⁻¹ y 58.122 t ha⁻¹, respectivamente.
2. El nivel de guano de isla en promedio de los niveles de fertilizantes NPK de 2 t ha⁻¹ de guano de las islas con 61.513 t ha⁻¹ reportó mayor rendimiento de col que los otros tratamientos.

RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones del presente trabajo de investigación, se recomienda:

1. Incorporar niveles de 2 t ha^{-1} de guano de las islas para obtener el mayor rendimiento del cultivo de la col.
2. Para obtener el mayor rendimiento de col se recomienda el nivel 75 – 25 – 65 NPK.
3. Los resultados del presente trabajo de investigación son válidos para las condiciones de Canaán, sin embargo, para tener mayor confianza de los resultados, repetir el trabajo en Canaán en otras épocas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agrón, C. I. (2015). Fertilidad química. In *Universidad Nacional de la Plata* (Vol. 1, pp. 1–44). <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar>
- AGRORURAL. (2018). *Manual de abonamiento con guano de las islas* (1ra ed.). Digital Print Service E.I.R.L.
- AGRORURAL. (2019). *Guano de las islas*. Ministerio de Agricultura y Riego. www.agrorural.gob.pe
- Arévalo, G., & Castellano, M. (2009). *Manual de fertilizantes y enmiendas* (A. Pitty (ed.)). Escuela Agrícola Panamericana.
- Casseres, E. (1980). *Producción de hortalizas* (3ra ed.). Editorial IICA.
- Collazos, S., Arista, J. P., Oyarce, S. K., & Huamán, E. (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. *Revista de Investigación Agroproducción Sustentable*, 2(1), 20–27. <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/370>
- Cueva, J. M. (2015). *Los abonos organicos y el rendimientoo del cultivo de col (brassica oleraceae L.) variedad Charleston Makefield, en condiciones edafoclimaticas del instituto de investigación olericola fruticola -2012* [Tesis de título, Universidad Nacional “Hermilio Valdizán”]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1609>
- De la cruz, K. (2023). *Densidad de plantas y dosis de guano de islas en el rendimiento del cultivo de col (Brassica oleracea L.). Canaán, 2750 msnm - Ayacucho* [Tesis de título, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6029>
- Delgado, J. E. (2009). *Niveles de guano de isla y formas de control de maleza en el rendimiento de la col (Brassica oleraceae L) Canaán 2750 msnm - Ayacucho* [Tesis de Título, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3891>
- Dominguez, A. (1982). *Abonado de hortalizas de hoja, tallo, bulbo y raíz*. Neografis S.L.
- Epiquien, N. C. (2021). *Efecto de dos tipos de fertilizantes y abonos en el rendimiento del repollo corazón de buey (Brassica oleracea) en María, Luya, Amazonas* [Tesis de título, Universidad Nacioal Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <https://doi.org/10.25127/ucni.v4i2.725>

- FAO. (2002). Los fertilizantes y su uso. *Asociación Internacional de La Industria de Los Fertilizantes*, 04, 77. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.1993.tb03018.x>
- FAO. (2013). El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*, 1, 33.
- Fernández, M. T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *Instituto Cubano de Investigaciones de Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 41(2), 51–57. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223114970009>
- Florencia, M., Plasencia, A., Cordella, R., Andina, D., & Sanzano, A. (2019). El nitrógeno del suelo. *Universidad Nacional de Tucumán*, 1, 15.
- Fuentes, F. E., & Pérez, J. (2003). Cultivo de repollo. *Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal*, 16, 1–36.
- Guerrero, R. (2004). *Propiedades Generales Fertilizantes Sólidos* (4ta ed.). Colombo Venezolanos, S.A.
- Hessayon, D. G. (2002). *The vegetable Expert* (2nd ed.). Editorial Blume, S.A.
- Hortus. (2019). *Cultivo de la col (col Corazon de buey)*. Hortus. <https://www.hortus.com.pe/detalle-producto/hortalizas/col-corazon-de-buey>
- Huamán, F. D. (2022). Optimum dose of island guano in the agronomic behavior of the crop *Brassica oleracea* L. var. *Italic*. *Revista de Investigación Científica UNTRM*, 5(1), 42–48. <http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v5i1.888%0AArtículo>
- INIA. (2013). *Aprendiendo el manejo y uso de los fertilizantes químicos* (p. 2). ficha técnica, Martinez Compañon Editores S.R.L.
- IPNI. (2013). *Superfosfato triple*. International Plant Nutrition Institute. [https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/A9E420/\\$FILE/NSS-ES-14.pdf](https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/A9E420/$FILE/NSS-ES-14.pdf)
- Jaramillo, J. E., & Díaz, C. A. (2006). *El cultivo de las crucíferas. Brócoli, coliflor, repollo y col china* (1ra ed., Vol. 4). Litomadrid-Cra 50 Mo 56-38.
- Marcelo, V. (2017). *El cultivo de las hortalizas* (1ra ed.). Impresiones Master.
- Maroto, J. V. (1983). *Horticultura herbácea especial* (1ra ed.). Edicion Mundi-Prensa.
- Maroto, J. V. (2002). *Horticultura herbácea especial* (5ta ed.). Edicion Mundi-Prensa.
- Mengel, K., & Kirkby, E. (2000). Principios de nutrición Vegetal. In *Instituto Internacional de la Potasa* (4ta ed., Issue 1). INTA Pergamino.
- Mercasa. (2018). *Repollo o berza*. Mercasa. <https://www.mercasa.es/wp-content/uploads/2022/02/Repollo.pdf>
- Morfin, S., & Méndez, J. (2006). *Densidad, fertilización y fechas de siembra en repollo (Brassica oleracea var. capitata) en Santa Rosa Uruapan, Michoacán* [tesis de título,

- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/133
- Oliva, M., Neri Chávez, J. C., Huamán Huamán, E., Oyarce Tafur, S. K., & Collazos Silva, R. (2017). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos sobre el rendimiento de repollo Corazón de Buey (*Brassica oleracea*) en Chachapoyas, Amazonas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 1(3), 1–20.
<https://doi.org/10.25127/aps.20173.370>
- Pariona, D., Higaonna, C., & Matos, B. (2001). Enfermedades en hortalizas. In *Instituto Nacional de Investigación Agraria* (2da ed., Vol. 5). INIA.
- Ponce, F. T. (2018). *Efecto de cuatro dosis de gallinaza en la producción de repollo (Brassica oleracea L.) Var. Corazón de buey - En el Alto Huallaga - Tocache* [Tesis de título, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto].
<https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3074>
- Porras, F. J. (2007). *Evaluación de dosis de fertilización nitrogenada y densidad de siembra sobre el rendimiento del cultivo de repollo (Brassica oleracea, var capitata L) Híbrido Izalco*. [Tesis de Diploma, Universidad Nacional Agraria].
<https://repositorio.una.edu.ni/2034/>
- Portillo, J. (2015). *Efecto de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de repollo; Olopa, Chiquimula* [tesis de grado, Universidad Rafael Landívar].
<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/09/Portillo-Homero.pdf>
- Quispe, I. (2020). *Dosis de guano de islas y fertilización nitrogenada en el rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L.) Canaán, 2750 msnm. Ayacucho* [tesis de título, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga].
<https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4934>
- Ramírez, A. R. (2011). *Respuesta del repollo (Brassica oleracea var. capitata) a la fertilización química y orgánica, en Nochan, Olopa, Chiquimula, asesoría técnica y servicios comunitarios en el municipio de Olopa, Chiquimula* [Tesis de título, Univeridad De San Carlos De Guatemala]. <https://core.ac.uk/download/pdf/94669027.pdf>
- Ramos, V. L. (2019). *Efecto del abonamiento de guano de islas y humus de lombriz en el rendimiento del repollo morado (Brassica Oleracea L.Var. Capitata - Rubra) en el C.I.P. Camacani - Puno* [Tesis de Título, Univeridad Nacional del Altiplano - Puno].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/11464>
- RIKOLTO. (2017). *Proyecto Gestión del Conocimiento para la Producción Sostenible de hortalizas en Nicaragua* (Guía Técni, Vol. 03). Altamira D'Este, Casa° 650.

- Ringuelet, A., & Gil, I. (2005). *Fertilizantes y abonos: “Alimentos” para las planta* (1ra ed.). Agencia Córdoba Ciencia S.E.
- Sabino, E. H. (2019). *La Fertilización en el rendimiento de la col corazón de buey (Brassica olerace L.) en condiciones edafoclimaticas de Jillijirca Panao 2019* [Tesis de título, Universidad nacional Hermilio Valdizán - Huánuco]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5382>
- Sandoval, U. E. (2020). *Evaluación de cuatro enmiendas de fertilización en dos híbridos de repollo (Brassica oleracea var. capitata) en la comarca Tecolostote, municipio de San Lorenzo. Julio a octubre del 2019.* [Tesis de título, Unibersidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/4202/1/tnf04s194.pdf>
- Segura, R., & Lardizábal, R. (2008). Producción de repollo. *United States Agency International Development, 01*, 34.
- Seymour, J. (1980). *El Hurticultor Autosuficiente* (1ra ed.). Gráficas Guada, S.A.
- Sierra, C. (2010). *La urea: características, ventajas y desventajas de esta fuente nitrogenada.* INIA Intihuasi. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/4514>
- Sotomayor, R. M. (2016). La tecnología del guano de islas: EL mejor fertilizante. *AgroEnfoque, 206*(1), 5.
- Valencia, A. (1995). Cultivo de hortalizas de hojas: col y lechuga. *Instituto Nacional de Investigación Agraria, 03*, 52.
- Vásquez, N. W. (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 de título, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5383>
- Velásquez, J. (2003). *El suelo* (p. 19). Boletín técnico n°1, Ministerio de Agricultura.
- Vivanco, K. J. (2023). *Densidad de plantas y fórmulas de abonamiento orgánico-mineral en Canaán, 2750 msnm – Ayacucho* [Tesis de Título, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5697>
- YPF. (2018). *Cloruro de potasio (00-00-60).* Yacimientos Petrolíferos Fiscales. <https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/CLORURO-DE-POTASIO.pdf>
- Zamora, E. (2016). El cultivo del repollo. *Universidad de Sonora, 11*(1), 6. <https://dagus.unison.mx/Zamora/COL O REPOLLO-DAG-HORT-011.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Datos obtenidos en campo.

Bloque	Nivel fertilizante	Guano de isla	D. polar cm	D. ecuatorial	Peso kg	Rend. t ha
I	00-00-00 kg ha-1	0.5 Tn	13.04	12.52	1.335	39.422
I	00-00-00 kg ha-1	1 Tn	14.16	15.14	1.349	40.925
I	00-00-00 kg ha-1	1.5 Tn	18.88	17.54	1.668	48.859
I	00-00-00 kg ha-1	2 Tn	21.32	19.10	1.765	54.266
I	30-04-26 kg ha-1	0.5 Tn	19.38	15.78	1.359	46.299
I	30-04-26 kg ha-1	1 Tn	21.28	15.68	1.581	54.461
I	30-04-26 kg ha-1	1.5 Tn	22.86	17.04	1.544	60.227
I	30-04-26 kg ha-1	2 Tn	25.42	20.86	1.930	61.430
I	75-10-65 kg ha-1	0.5 Tn	20.04	19.26	1.561	48.211
I	75-10-65 kg ha-1	1 Tn	18.64	17.66	1.452	56.031
I	75-10-65 kg ha-1	1.5 Tn	22.70	17.70	1.541	57.484
I	75-10-65 kg ha-1	2 Tn	28.18	23.06	2.038	65.906
I	120-16-104 kg ha-1	0.5 Tn	20.38	16.04	1.706	49.984
I	120-16-104 kg ha-1	1 Tn	22.18	15.78	1.725	59.891
I	120-16-104 kg ha-1	1.5 Tn	23.52	18.66	1.806	63.797
I	120-16-104 kg ha-1	2 Tn	27.22	21.70	2.178	67.242
II	00-00-00 kg ha-1	0.5 Tn	14.30	13.70	1.087	36.828
II	00-00-00 kg ha-1	1 Tn	15.88	14.06	1.189	43.266
II	00-00-00 kg ha-1	1.5 Tn	17.66	16.48	1.437	47.672
II	00-00-00 kg ha-1	2 Tn	21.44	17.32	1.393	53.344
II	30-04-26 kg ha-1	0.5 Tn	20.00	17.10	1.394	45.002
II	30-04-26 kg ha-1	1 Tn	23.68	16.22	1.422	51.734
II	30-04-26 kg ha-1	1.5 Tn	22.97	16.62	1.594	54.898
II	30-04-26 kg ha-1	2 Tn	25.22	19.43	1.638	65.750
II	75-10-65 kg ha-1	0.5 Tn	23.70	18.56	1.297	50.539
II	75-10-65 kg ha-1	1 Tn	23.94	18.24	1.420	58.398
II	75-10-65 kg ha-1	1.5 Tn	25.26	20.54	1.711	67.375
II	75-10-65 kg ha-1	2 Tn	25.38	20.84	1.774	66.563
II	120-16-104 kg ha-1	0.5 Tn	21.82	17.68	1.518	51.617
II	120-16-104 kg ha-1	1 Tn	23.98	17.14	1.423	61.039
II	120-16-104 kg ha-1	1.5 Tn	25.80	19.54	1.712	64.992
II	120-16-104 kg ha-1	2 Tn	27.68	19.28	1.715	65.125
III	00-00-00 kg ha-1	0.5 Tn	16.06	14.78	1.107	31.984
III	00-00-00 kg ha-1	1 Tn	17.04	17.00	1.285	33.828
III	00-00-00 kg ha-1	1.5 Tn	18.58	16.72	1.579	48.719
III	00-00-00 kg ha-1	2 Tn	22.20	18.95	1.713	54.922
III	30-04-26 kg ha-1	0.5 Tn	23.38	18.60	1.361	41.427
III	30-04-26 kg ha-1	1 Tn	24.40	17.84	1.494	53.875
III	30-04-26 kg ha-1	1.5 Tn	24.30	17.60	1.391	55.114
III	30-04-26 kg ha-1	2 Tn	26.36	17.55	1.664	61.484
III	75-10-65 kg ha-1	0.5 Tn	24.00	19.86	1.121	49.488
III	75-10-65 kg ha-1	1 Tn	26.08	20.70	1.411	58.723
III	75-10-65 kg ha-1	1.5 Tn	25.14	19.26	1.464	59.078
III	75-10-65 kg ha-1	2 Tn	22.96	21.50	1.732	58.383
III	120-16-104 kg ha-1	0.5 Tn	22.12	18.32	1.374	52.359
III	120-16-104 kg ha-1	1 Tn	25.14	17.26	1.394	58.000
III	120-16-104 kg ha-1	1.5 Tn	24.82	17.66	1.319	59.773
III	120-16-104 kg ha-1	2 Tn	28.30	21.84	1.910	63.664

Anexo 2. Análisis de caracterización del suelo



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 Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

HR. 0.159

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Andrés B. Cáceres D.
Localidad : C. E. Canaán Bajo 2750 msnm
Proyecto : "TESIS"
Solicitante : Sr. Luis Mendoza Huamán

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Muestra	Análisis Mecánico (%)			Clase	pH (H ₂ O) 1:2.5	C. E (dS/m) 1:1	CaCO ₃ (%)		M.O (%)		Nt (%)		Elementos Disp. (ppm)				Cationes cambiables (Cmol(+)Kg)					C. I. C. (Cmol(+)Kg)
	Arena	Limo	Arcilla				CaCO ₃	M.O	Nt	P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺					
01	42.1	21.6	35	Fr-Ar	7.74	2.20	0.5	1.55	0.08	21.6	108.7	9.79	4.30	0.57	0.90	0.0	0.0	0.0	21.7			

Ayacucho, 12 de Agosto del 2022

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

Juan B. Gálvez Molina
C.I.P. 77120

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

Anexo 3. Análisis físico - químico del guano de islas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN PASTOS Y GANADERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANÁLISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N°249 - Telf. 315936 966942996
Ayacucho - Perú
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

HR. 0.008

Región : Ayacucho	
Provincia : Huamanga	
Distrito : Andrés A. Cáceres D.	
Localidad : C. E. Canaán Bajo 2750 msnm	
Proyecto : "TESIS"	
Solicitante : Sr. Luis Mendoza Huamán	
Muestra : Guano de Islas	
Procedencia : AGRORURAL	

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

Muestra	Aspecto	% Humedad	pH	C.E. (1:1) mS/cm	% M.O.	%N-Total	% P ₂ O ₅	%K ₂ O	%CaO	%MgO	%SO ₄
01	Granulado	18.7	8.45	76.3	38.9	4.52	2.82	2.45	6.86	2.21	0.36
	Color marrón claro										

Ayacucho, 16 de Agosto del 2022

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUA Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE
Juan B. Girón Molina
C.I.P. 77120

Anexo 4. Selección de plantines



Anexo 5. Instalación de las mangueras de riego



Anexo 6. Apertura de los hoyos y trasplante



Anexo 7. Apertura de los hoyos y trasplante



Anexo 7. Guano de isla utilizado



Anexo 8. Planta de col a los 25 días después del trasplante



Anexo 9. Aporque



Anexo 10. Planta de col a los 40 días después del trasplante



Anexo 11. Evaluación del ataque de plagas



Anexo 12. Tratamiento para el control de plagas



Anexo 13. Productos utilizados para el control de plagas



Anexo 14. Cultivo de col por tratamientos



Anexo 15. Inicio de la cosecha y evaluación



Anexo 16. Balanza digital utilizada para la evaluación del peso de repollo de col



Anexo 17. Evaluación del peso de cada cabeza de repollo de la col.



Anexo 18. Evaluación del rendimiento del cultivo de la col.



Niveles de fertilización NPK y guano de islas en el rendimiento de col (*Brassica oleraceae* L.) Canaán, 2750 msnm – Ayacucho

Luis Carlos Mendoza Huaman
Walter Augusto Mateu Mateo
Área de investigación: Medio ambiente
Línea de investigación: Sistema de producción agrícola
luis.mendoza.01@unsch.edu.pe
Walter.mateu@unsch.edu.pe

RESUMEN

El trabajo se realizó en el Centro Experimental de Canaán a una altitud de 2750 msnm, ubicada en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, de la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. El objetivo fue evaluar los niveles de fertilización NPK y guano de islas en el rendimiento de col (*Brassica oleraceae* L.), donde se aplicó cuatro niveles de fertilizantes: f1 (00 – 00 – 00); f2 (30 – 10 – 26); f3 (75 – 25 – 65); f4 (120 – 40 – 104) NPK kg ha⁻¹ y cuatro niveles de guano de islas como: g1 (0.5 t ha⁻¹); g2 (1 t ha⁻¹); g3 (1.5 t ha⁻¹) y g4 (2 t ha⁻¹), dispuestos en el diseño de bloque completamente randomizado (DBCR) con arreglo factorial de 4F x 4G, en parcelas divididas con 16 tratamientos y 3 repeticiones. Los resultados muestran un efecto positivo en el rendimiento de la col, donde el tratamiento f4 (120 – 40 – 104) y f3 (75 – 25 – 65) NPK kg ha⁻¹ con promedios de 59.7 y 58.1 t ha⁻¹ respectivamente, fueron superiores a los tratamientos f1 y f2 con 54.3 y 44.5 t ha⁻¹ respectivamente. Para el efecto principal niveles de guano de islas tuvo un efecto positivo en el rendimiento de col, donde el tratamiento g4 (2 t ha⁻¹) obtuvo la mejor respuesta con un promedio de 61.5 t ha⁻¹, superando a los demás tratamientos g3; g2 y g1 con promedios 57.3; 51.5; 45.3 t ha⁻¹, sin diferencia estadística entre ellos.

Palabras clave: *Brassica oleraceae* L., fertilizante, NPK, guano de islas, niveles, rendimiento

ABSTRACT

The Word is realicet in the Canaán Experimental Center, at 2750 metres adove se level, located in the Andrés A. Cáceres Dorregaray distric, province of Huamanga, departament of Ayacucho. The onjetives was to evaluate the fertilizer NPK and island guano in the yiel of col (*Brassica oleraceae* L.), Where four levels of fertilizer NPK were applied as: f1 (00 – 00 – 00); f2 (30 – 10 – 26); f3 (75 – 25 – 65); f4 (120 – 40 – 104) NPK kg ha⁻¹ and four levels of island guano as: g1 (0.5 t ha⁻¹); g2 (1 t ha⁻¹); g3 (1.5 t ha⁻¹) y g4 (2 t ha⁻¹), those that were arranged in a randomized complete blok design (DBCR) with a factorial arrangement of 4F x 4G, in divided plots wid 16 treatments and 3 repetitions. It is concluded that there was a positive effect on crop yield, where the fertilization level f4 (120 – 40 – 104) and f3 (75 – 25 – 65) NPK kg ha⁻¹ with averages of 59.7 and 58.1 t ha⁻¹ respectively, were higher than the fertilization levels f1 and f2 with 54.3 and 44.5 t ha⁻¹ respectively. For the main effect of island guano levels had a positive effect, island guano levels had a positive effect on cabbage yield, where the g4 fertilization level (2 t ha⁻¹) obtained the best response with an average of 61.5 t ha⁻¹ surpanssing the other levels of g3; g2 and g1 with averages 57.3;51.5; 45.3 t ha⁻¹, with no statistical difference between them.

Keywords: *Brassica oleraceae* L., Fertilizer NPK, island guano, levels, yield

I. INTRODUCCIÓN

La col (*Brassica oleraceae* L.) es una hortaliza de importancia para el consumo humano debido a su alto contenido de fibra, fuente de minerales como el fósforo, potasio, hierro y magnesio, así como de vitaminas A, B, C, D (Fuentes & Pérez, 2003). El cultivo de la col también es utilizada como alimento para los animales (Valencia, 1995).

La producción de la col a nivel nacional en el 2021 fue de 31.748 toneladas, con un rendimiento de 14.406 t ha⁻¹ siendo las regiones de Lima y La Libertad las que registraron la mayor producción, con 6.721 toneladas y 4.565 toneladas con rendimientos 23,797 kg ha⁻¹ y 21,925 kg ha⁻¹. En la región de Ayacucho la producción de la col es relativamente baja, en 2021 la producción fue de 1.279 toneladas, con un rendimiento de 9,007 kg ha⁻¹ (MINAGRI, 2021).

La baja producción se debe mayormente al escaso conocimiento de la fertilización del cultivo, el horticultor por su desconocimiento aplica dosis de fertilizantes sin tener en cuenta los requerimientos nutricionales adecuados del cultivo, aplicando niveles altos o bajos. Si bien los fertilizantes influyen en el crecimiento y desarrollo rápido de los cultivos, estos no mejoran las características edafológicas del suelo, más bien un exceso de fertilizante puede provocar su degradación y contaminación.

Los abonos orgánicos, a pesar que su acción es más lenta, esta es una buena alternativa para la nutrición de las hortalizas, ya que no solo le brinda los nutrientes a la planta sino también mejora las características edafológicas del suelo. Para una buena producción, es necesario mantener la fertilidad del suelo y eso se logra con un buen manejo de los fertilizantes químicos y orgánicos, aplicando en dosis adecuadas.

Tomando en cuenta lo mencionado y con el fin de contribuir en la mejora del rendimiento del cultivo de la col en nuestra región, se ha realizado el presente trabajo de investigación en el C.E. de Canaán utilizando dosis de fertilizantes y guano de las islas, con el objetivo principal de determinar el efecto de los niveles de fertilización NPK y de guano de islas en el rendimiento del cultivo de la col en Canaán – Ayacucho

II. METODOLOGÍA

Ubicación del trabajo de investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental de Canaán, predio que pertenece a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga que está ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray de la provincia de Huamanga y región de

Ayacucho a una altitud de 2750 msnm, encontrándose entre las coordenadas geográficas 13° 07' 10'' latitud sur 74° 30' 03'' longitud oeste.

Características físicas y químicas del suelo

El resultado del análisis de caracterización presenta clase textural franco arcilloso, pH, 7.74 (ligeramente alcalino), materia orgánica baja con 1.55 %, conductividad eléctrica de 2.20 d/Sm (ligeramente salino), el nivel de carbonatos es bajo, el nitrógeno total 0.08 %, limitado, fósforo disponible es de nivel medio con 21.6 ppm, contenido medio de potasio con 108.7 ppm, esto resultados señalan que el suelo es apropiado para el cultivo de la col.

Tabla 2.1

Resultados obtenidos del análisis de suelo. Canaán 2750 msnm

Componentes	Contenido	Interpretación
pH	7.74	Alcalino
Materia orgánica %	1.55	Muy bajo
C.E. d/Sm	2.20	Ligeramente salino
N total (%)	0.08	Bajo
P disponible (ppm)	21.6	Medio
K disponible (ppm)	108.7	Medio
CaCO ₃	0.5	Bajo
Arena (%)	42.1	-----
Limo (%)	21.6	-----
Arcilla (%)	35	-----
Clase textural	Franco arcilloso	-----

Nota: Laboratorio de suelos y análisis foliar del programa de investigación y ganadería - UNSCH

Análisis físico químico del guano de las islas

Tabla 2.2

Resultados obtenidos del análisis del guano de las islas

Componentes	Contenido	Interpretación
Humedad (%)	18.7	
pH	8.45	Alcalino
C.E. (1:1) mS/cm	76.3	
M.O. total	38.9	Muy Alto
N-total	4.52	Medio
P ₂ O ₅ (%)	2.82	Medio
K ₂ O (%)	2.45	Medio
CaO (%)	6.86	
MgO (%)	2.41	
SO ₄ (%)	0.36	

Nota: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación y Ganadería - UNSCH

El análisis físico y químico del guano de isla muestra el contenido de nutrientes, cuya interpretación es la siguiente: contiene un pH alcalino, el contenido de materia orgánica es muy alto, el nitrógeno total, fosforo y potasio de un nivel medio, la cual podemos deducir que el guano de isla usado en el trabajo de investigación está en un rango medio o calidad media.

Características del clima

Tabla 2.3

Datos meteorológicos ordenados de la estación meteorológica del INIA – Canaán 2750

Meses	Año 2022 - 2023					
	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene
T Máxima (°C)	25.5	26.6	27.7	27.5	24.8	23.5
T mínima (°C)	8.0	9.9	10.5	10.9	11.4	10.6
T media (°C)	16.7	18.3	19.1	19.2	18.1	17.1
Factor	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96
ETP (mm)	82.97	87.78	94.58	91.93	89.70	84.57
Precipitación (mm)	7.3	13.2	0.8	29.6	72.0	85.5
ETP corregida (mm)	37.34	39.50	42.56	41.37	40.36	38.05
Exceso					26.57	37.25
Déficit (mm)	-43.76	-45.61	-61.98	-32.85		

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

Factores estudiados

a. Niveles de fertilización (F)

f1	: 00 – 00 – 00	kg ha ⁻¹
f2	: 30 – 10 – 26	kg ha ⁻¹
f3	: 75 – 25 – 65	kg ha ⁻¹
f4	: 120 – 40 – 104	kg ha ⁻¹

b. Niveles de guano de isla (G)

g1	: 0.5	t ha ⁻¹
g2	: 1.0	t ha ⁻¹
g3	: 1.5	t ha ⁻¹
g4	: 2.0	t ha ⁻¹

Diseño experimental

Se realizó el diseño bloque completo randomizado con arreglo factorial 4F x 4G obteniéndose 16 tratamientos, con 3 repeticiones, en parcelas divididas. El análisis estadístico consistió en realizar el ANVA y la prueba de contraste de Tukey (0.05) y estudio de regresión de los caracteres que resultaron significativos.

El modelo aditivo lineal fue la siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \delta_k + (\tau\delta)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Se evaluó el rendimiento comercial del cultivo y sus componentes, se consideró dos factores de estudio (variables independientes): niveles de fertilizante NPK (F) y niveles de guano de isla (G). La unidad experimental tuvo una dimensión de 4 m x 1.60 m con 2 surcos, distancia de siembra de 0.80 m entre surcos y entre planta a unos 0.40 m.

Tabla 2.4*Lista de los tratamientos empleados*

Código	Parcela	Sub parcela	Combinación	Descripción
T ₁	f1	g1	f1 x g1	(0 – 0 – 0) kg ha ⁻¹ NPK y 0.5 t ha ⁻¹ G
T ₂		g2	f1 x g2	(0 – 0 – 0) kg ha ⁻¹ NPK y 1.0 t ha ⁻¹ G
T ₃		g3	f1 x g3	(0 – 0 – 0) kg ha ⁻¹ NPK y 1.5 t ha ⁻¹ G
T ₄		g4	f1 x g4	(0 – 0 – 0) kg ha ⁻¹ NPK y 2.0 t ha ⁻¹ G
T ₅	f2	g1	f2 x g1	(30 – 10 – 26) kg ha ⁻¹ NPK y 0.5 t ha ⁻¹ G
T ₆		g2	f2 x g2	(30 – 10 – 26) kg ha ⁻¹ NPK y 1.0 t ha ⁻¹ G
T ₇		g3	f2 x g3	(30 – 10 – 26) kg ha ⁻¹ NPK y 1.5 t ha ⁻¹ G
T ₈		g4	f2 x g4	(30 – 10 – 26) kg ha ⁻¹ NPK y 2.0 t ha ⁻¹ G
T ₉	f3	g1	f3 x g1	(75 – 25 – 65) kg ha ⁻¹ NPK y 0.5 t ha ⁻¹ G
T ₁₀		g2	f3 x g2	(75 – 25 – 65) kg ha ⁻¹ NPK y 1.0 t ha ⁻¹ G
T ₁₁		g3	f3 x g3	(75 – 25 – 65) kg ha ⁻¹ NPK y 1.5 t ha ⁻¹ G
T ₁₂		g4	f3 x g4	(75 – 25 – 65) kg ha ⁻¹ NPK y 2.0 t ha ⁻¹ G
T ₁₃	f4	g1	f4 x g1	(120 – 40 – 104) kg ha ⁻¹ NPK y 0.5 t ha ⁻¹ G
T ₁₄		g2	f4 x g2	(120 – 40 – 104) kg ha ⁻¹ NPK y 1.0 t ha ⁻¹ G
T ₁₅		g3	f4 x g3	(120 – 40 – 104) kg ha ⁻¹ NPK y 1.5 t ha ⁻¹ G
T ₁₆		g4	f4 x g4	(120 – 40 – 104) kg ha ⁻¹ NPK y 2.0 t ha ⁻¹ G

Variable dependiente evaluada e indicadores**Rendimiento**

El rendimiento se evaluó en plantas de cada uno de las sub parcelas, dejando una planta desde la cabeza hasta la base de la unidad experimental, para evitar el efecto de borde.

- Longitud polar de la cabeza de la col (cm):** se tomó 10 plantas de cada uno de las sub parcela y se midió el polar de las cabezas de la col en cm.
- Diámetro ecuatorial de la cabeza de la col (cm):** se tomó 10 plantas de cada uno de las sub parcela y se midió el diámetro ecuatorial de las cabezas de la col en cm.
- Peso de repollo de la col (kg):** Se pesaron en una balanza electrónica las mismas 10 plantas sacadas de cada uno de las sub parcelas, donde se sacó el promedio por cabeza.
- Rendimiento del cultivo de la col (t ha⁻¹):** Se pesaron todas las cabezas de la col de la primera y segunda cosecha por cada sub parcela, donde se infirió a una hectárea para obtener su rendimiento general.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diámetro polar de la cabeza de la col

Tabla 3.1

ANVA del diámetro polar de cabeza de col con niveles de fertilizantes NPK y guano de islas en el cultivo de la col. Canaán, 2750 msnm

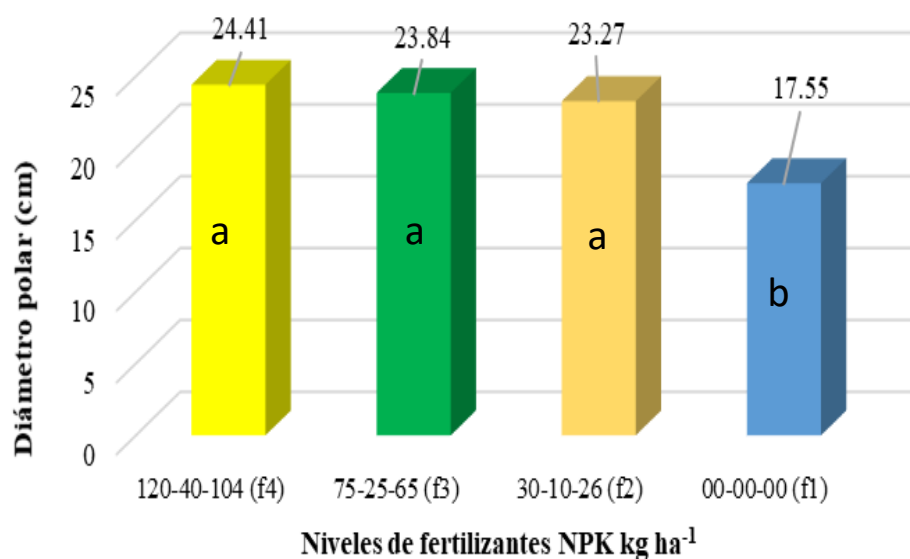
Fuente de variación	G.L	S.C	C.M	F	P valor	
Bloque	2	31.92	15.96	18.23	0.0028	**
Nivel de fertilizante (F)	3	364.26	121.42	138.67	<0.0001	**
Error (a)	6	5.25	0.88			
Guano de las islas (G)	3	181.11	60.37	25.97	<0.0001	**
Inter (F x G)	9	21.97	2.44	1.05	0.4319	NS
Error (b)	24	55.79	2.32			
Total sub parcela	47	660.30				

C.V. = 6.85 %

En el ANVA para el diámetro polar de la cabeza de la col con la aplicación de nivel de fertilizante NPK y de guano de las islas (tabla 3.1) se observó que existe una diferencia altamente significativa en las fuentes de variación bloque, esto nos indica que se ha tenido éxito en la formación de los bloques, no existe una diferencia significativa en la interacción entre nivel de fertilizante NPK y guano de las islas, existe alta significación estadística en la fuente de variación nivel de fertilizante NPK y niveles de guano de las islas. El coeficiente de variabilidad 6.85 % indica que se tiene una buena confiabilidad de los datos obtenidos.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de diámetro polar de cabeza de la col del efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm

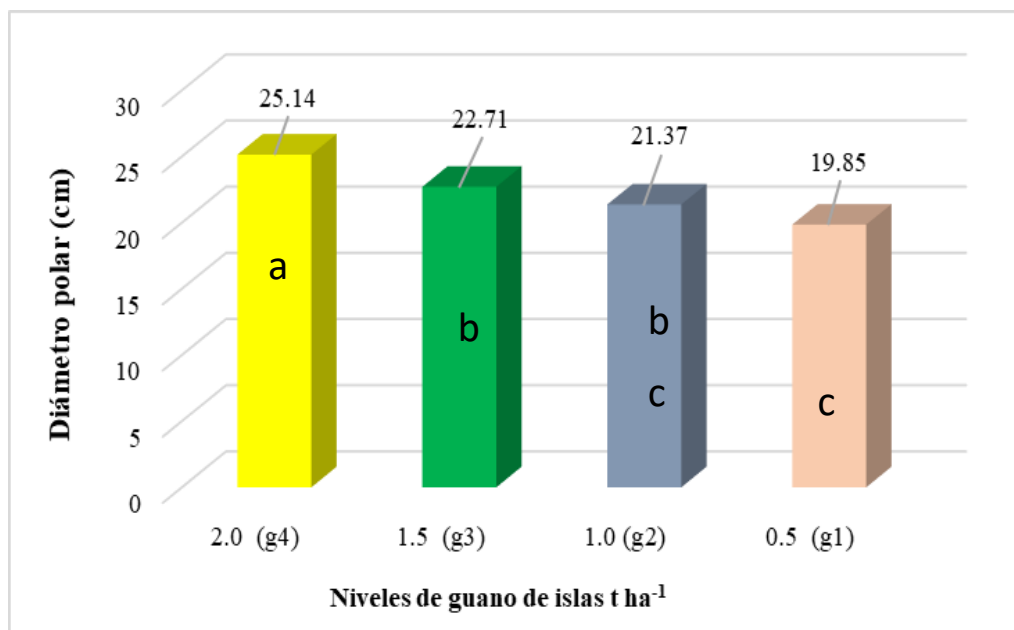


La prueba de Tukey del diámetro polar de la cabeza de la col del efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas (figura 3.1), donde evidencia que el tratamiento f4 es el que obtuvo mayor diámetro polar a la cual junto que los tratamientos f3 y f2 no hay una diferencia estadística entre ellos. El tratamiento f1 es el que obtuvo menor longitud.

Porras (2007) señala que el buen crecimiento y desarrollo de los cultivos en general, tienen influencia de los factores genéticos, medioambientales y el manejo que se le da a cada cultivo. Sandoval (2020) encontro que con el nivel de fertilización (18 – 46 – 00) NPK obtuvo la mayor altura de repollo con (16.67 cm). Sabino (2019) encontró, que al aplicar el nivel de fertilizante (140 – 60 – 60) NPK obtuvo una mayor altura de cabeza (29.17 cm) valores superiores a los obtenidos en el presente estudio.

Figura 3.2

Prueba de Tukey del diámetro polar de la cabeza de la col del efecto principal dosis de guano de islas en promedio a los niveles de fertilizante NPK. Canaán, 2750 msnm



La prueba de Tukey del diámetro polar de la cabeza de la col del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio de los niveles de fertilizantes NPK (figura 3.2) evidencia que el mayor diámetro polar se dio al aplicar el tratamiento g4; los tratamientos g3 y g2 no se diferencian estadísticamente superando al tratamiento g1. El guano de las islas al contener en su composición cantidades de nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos, hacen que el cultivo de la col los absorba favoreciendo en su crecimiento polar (AGRORURAL, 2019).

Los resultados obtenidos son superiores al ser comparados con Vásquez (2019) que con 3 t ha⁻¹ de guano de isla, obtuvo un promedio de 24.80 cm. Superando a los demás tratamientos, lo que significa al aumentar la cantidad de guano de las islas al cultivo de repollo, este va a tener una ganancia en su diámetro ecuatorial. Esta conclusión coincide con lo dicho por Huamán (2022). Los resultados reportados por De la Cruz (2023) superan los resultados encontrados, quien cuando aplicó la dosis mayor de guano de isla (3.0 t ha⁻¹) obtuvo una mayor respuesta con 29.6 cm, superando a los demás tratamientos. Cueva (2015) evaluó la aplicación de diferentes abonos orgánicos en la altura de repollo, la mayor respuesta fue con el tratamiento de guano de las islas, con promedio de 26.38 cm superando al tratamiento de la mezcla de guano de isla + compost + estiercol, quien obtuvo un promedio de 26.03 cm.

Diámetro ecuatorial de la cabeza de la col

Tabla 3.2

ANVA del diámetro ecuatorial de la cabeza de la planta con niveles de fertilizante NPK y guano de las islas en el cultivo de la col. Canaán, 2750 msnm

Fuente de variación	G.L	S.C	C.M	F	p-Valor	
Bloque	2	6.33	3.17	10.32	0.0114	*
Nivel de fertilizante (F)	3	84.87	28.29	92.29	<0.0001	**
Error (a)	6	1.84	0.31			
Guano de isla (G)	3	84.36	28.12	18.44	<0.0001	**
Inter (F x G)	9	14.41	1.60	1.05	0.4323	NS
Error (b)	24	36.61	1.53			
Total sub parcela	47	228.42				

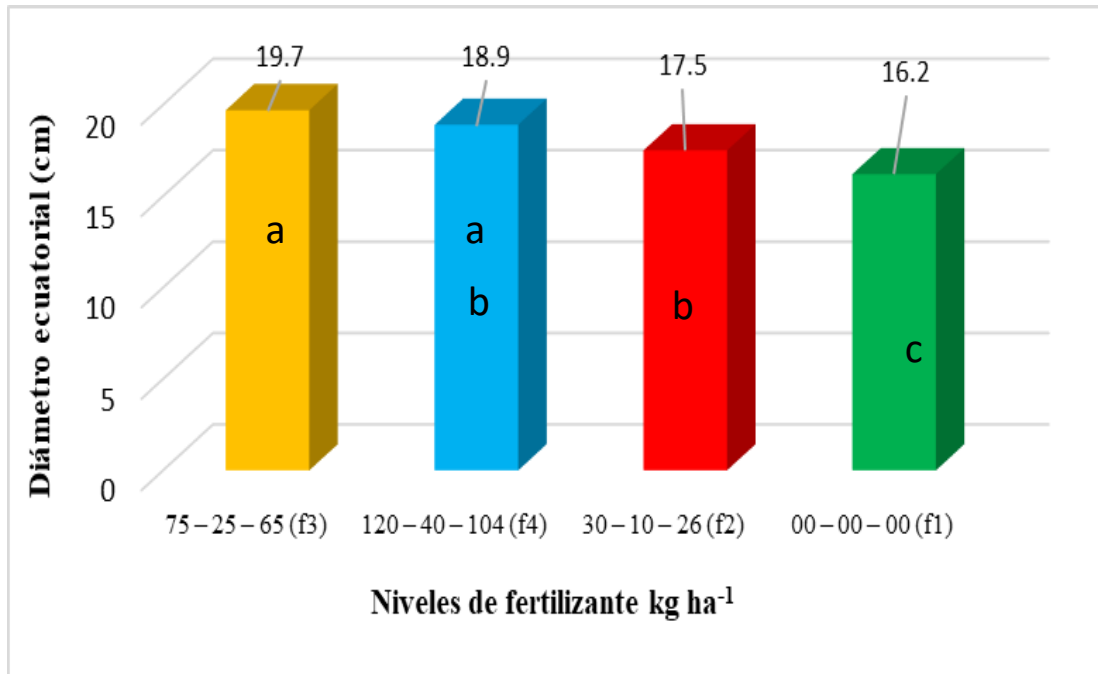
C.V. = 6.88 %

El ANVA para el diámetro ecuatorial de la cabeza de la col (tabla 3.2) con la aplicación de niveles de fertilizantes NPK y niveles de guano de las islas, menciona que existe una diferencia altamente significativa tanto para el efecto principal de nivel de fertilizante NPK como para los niveles de guano de las islas, significa que por lo menos uno de los niveles de fertilizantes NPK tiene un diámetro ecuatorial diferente; o que algunos niveles de guano de las islas presentan diámetros ecuatoriales distintos, hay una diferencia significativa en la fuente de variación bloque; no existe una diferencia significativa entre la interacción niveles de fertilizantes NPK y guano de islas.

El coeficiente de variabilidad es de 6.88 % la cual dice que existe una buena confiabilidad de los datos obtenidos.

Figura 3.3

Prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de la cabeza de col para el efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas. Canaán, 2750 msnm



La prueba de Tukey para el diámetro ecuatorial de la cabeza de la col para el efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas (figura 3.3) muestra que no hay una diferencia estadística entre los tratamientos f3 y f4, con 19.7 y 18.9 cm respectivamente, superando al tratamiento f1 con un promedio 16.2 cm.

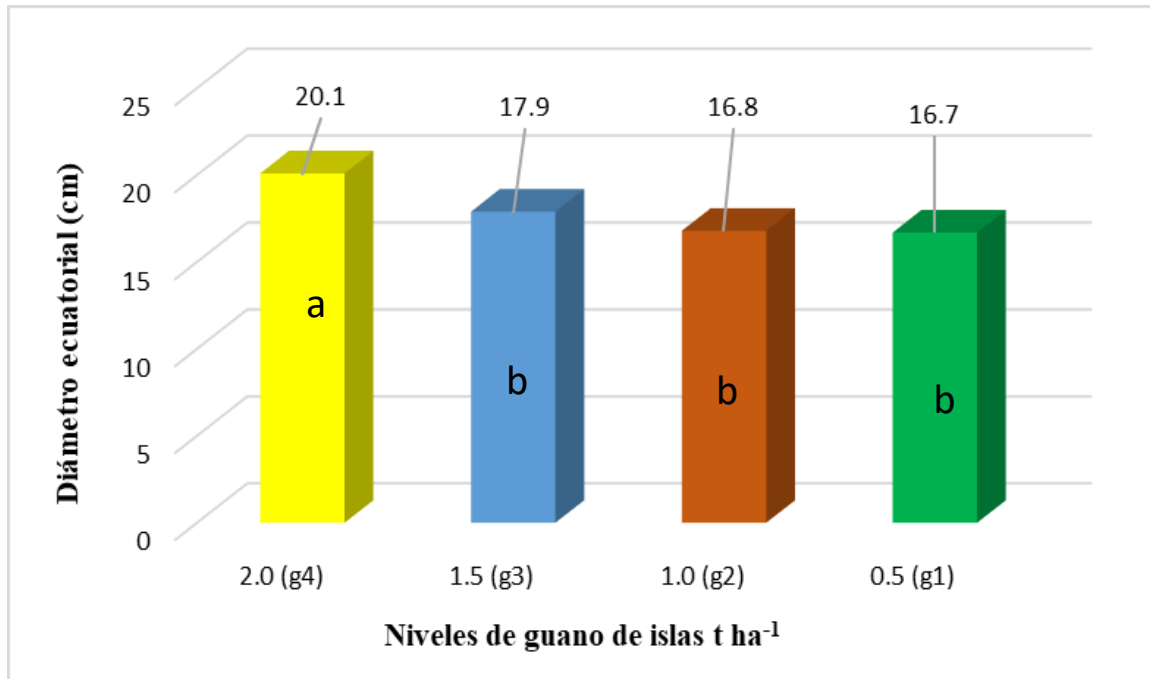
Los resultados muestran que la col necesita de nutrientes para tener un buen crecimiento y desarrollo adecuado (Collazos et al., 2018), corroborando esta afirmación con los datos obtenidos al comparar con el tratamiento f1.

Los datos obtenidos muestran una superioridad a lo reportado por Sandoval (2020) quien al aplicar dos dosis de fertilizantes, obtuvo una mejor respuestas en el diametro ecuatorial con el tratamiento de (18 – 46 – 00) NPK con 16.24 cm, superando estadisticamente al resto de los tratamientos.

Sabino (2019) en su trabajo de investigación evaluó el diámetro de repollo de la col variedad corazón de buey, aplicando cuatro dosis de fertilizantes químicos donde existió una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, donde el tratamiento D1 (140 – 60 – 60), obtuvo mayor valor con un promedio de 25.97 cm.

Figura 3.4

Prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de la cabeza de la col del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio a los niveles de fertilizantes NPK. Canaán, 2750 msnm



La prueba de Tukey para el diámetro ecuatorial de la cabeza de la col del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio de los niveles de fertilizantes NPK (figura 3.4) muestra que los repollos con aplicaciones del tratamiento g4 muestra una superioridad a los demás tratamientos obteniendo un valor promedio de 20.1 cm; los tratamientos g3, g2, g1 no se diferencian estadísticamente pero numéricamente son distintos.

Los resultados reportados por De la cruz (2023), respaldan los datos obtenidos, la cual indica que al aplicar dosis crecientes de guano de las islas a la planta de la col, esta aumenta su diámetro y longitud del repollo. Oliva et al., (2017), estudiaron el efecto al aplicar humus de lombris, bocachi y guano de las islas donde evaluaron el diámetro de repollo donde el tratamiento con guano de las islas es el que sobresale del resto con un promedio de 13.03 cm.

Por su parte, Cueva (2015) reportó datos inferiores a los obtenidos, quien demostró que al aumentar la concentración de guano de islas al cultivo de la col esta incrementa su diámetro ecuatorial, ya que evaluó el efecto de diferentes abonos orgánicos, donde su mejor diámetro polar fue con guano de isla (54.79 cm).

3.3 Peso de repollo de col

Tabla 3.3

ANVA del peso de la cabeza de la planta con niveles de fertilizante NPK y guano de las islas en el cultivo de la col. Canaán, 2750 msnm

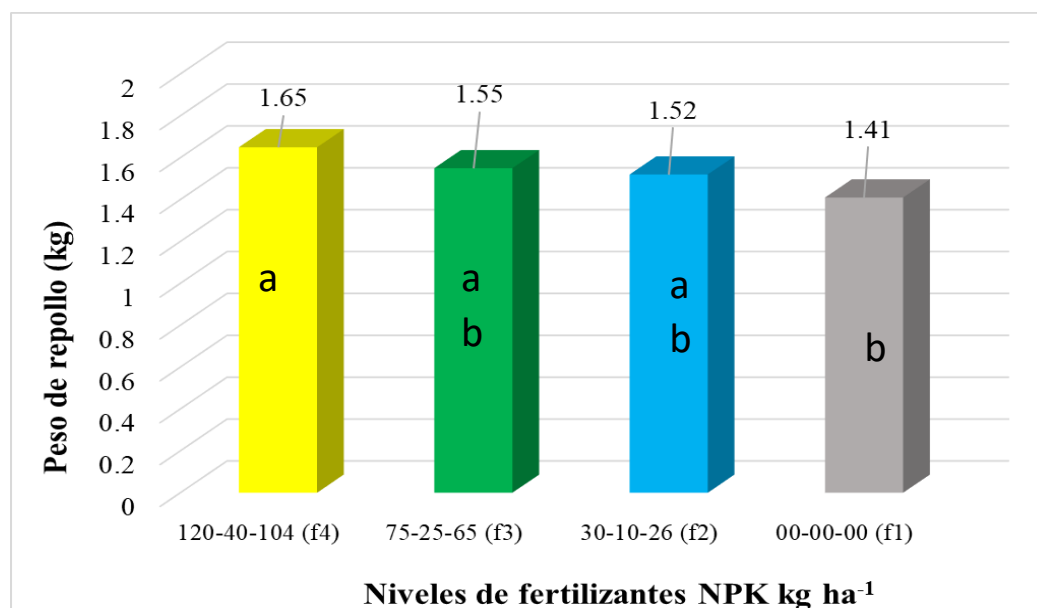
Fuente de variación	G.L	S.C	C.M	F	P valor	
Bloque	2	0.38	0.19	8.10	0.0197	*
Nivel de fertilizante (F)	3	0.35	0.12	4.86	0.0479	*
Error (a)	6	0.14	0.02			
Guano de las islas (G)	3	1.31	0.44	38.79	<0.0001	**
Inter (F x G)	9	0.13	0.02	1.32	0.2791	NS
Error (b)	24	0.27	0.01			
Total sub parcela	47	2.59				

C.V.= 6.93 %

En el ANVA para el peso de la cabeza de la col con la aplicación de niveles de fertilizantes NPK y niveles de guano de las islas (tabla 3.3) se observa significación en las fuentes de variación nivel de fertilizante y fuente de variación bloque; una diferencia altamente significativa en los niveles de guano de las islas, no existe interacción entre nivel de fertilizante y niveles de guano de islas. El coeficiente de variación fue de 6.93 % lo que indica que se tiene una buena confiabilidad de los datos obtenidos.

Figura 3.5

Prueba de Tukey del peso de la cabeza de la col del efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas. Canaán 2750 msnm

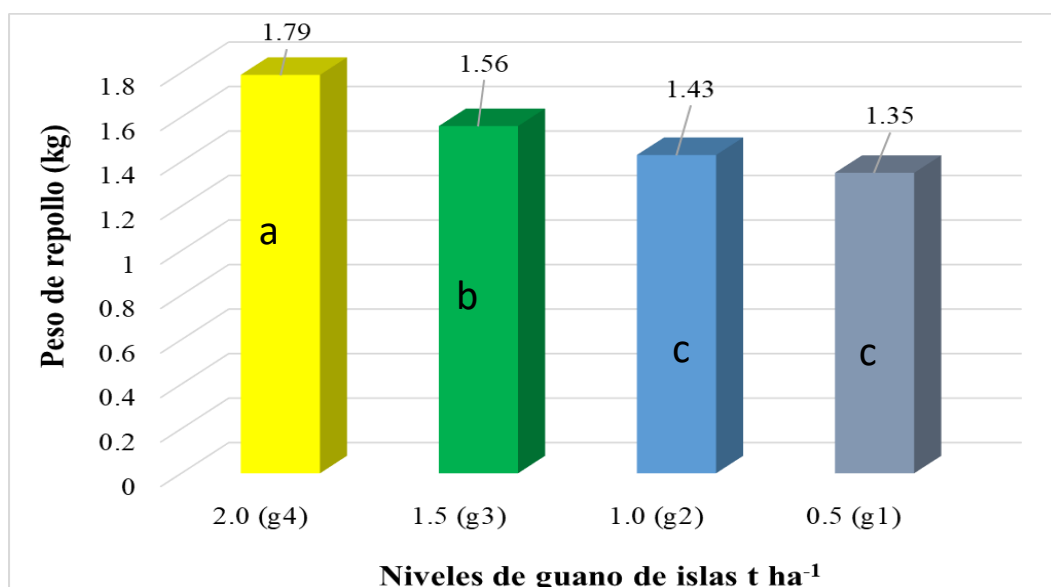


La prueba de Tukey para el peso de la cabeza de la col para el efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas (figura 3.5) nos muestra que los tratamientos f4 y f3 son los que reportaron mayores promedios en pesos a comparación de los demás tratamientos. El que obtuvo menor peso de repollo de col fue con el tratamiento f1, por la cual podemos decir que la col necesita de nutrientes y un adecuado medio para un buen desarrollo influyendo así en el peso del repollo.

Portillo (2015) al evaluar el peso de repollo en su trabajo de investigación encontró que la interacción nitrógeno, fósforo y potasio tuvieron los mejores resultados con de 1.77 kg por cabeza a comparación de los tratamientos que tenían un solo elemento. Ramírez (2011), evaluó el peso de las cabezas de repollo utilizando varios niveles de fertilizantes químicos junto con diferentes cantidades de abonos orgánicos. El resultado de mayor respuesta se obtuvo al aplicar la dosis mayor que fue de (168 – 210 – 165) NPK con 2000 kg ha⁻¹ de lombricompost. Vivanco (2023), evaluó la influencia en el peso de pella en el cultivo de brócoli al aplicar diferentes niveles de abonos orgánicos – mineral, donde el tratamiento con 120 – 60 – 60 NPK + 0 de abono orgánico, fue el que tuvo el mayor peso de pella con 658.19 kg.

Figura 3.6

Prueba de Tukey del peso de la cabeza de la col del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio de los niveles de fertilizantes NPK. Canaán 2750 msnm.



La prueba de Tukey para el peso de la cabeza de col del efecto principal niveles de guano de islas en promedio de los niveles de fertilizantes NPK (figura 3.6), muestra que el tratamiento g4 obtuvo un mayor peso de cabeza de repollo de col que los demás tratamientos;

seguido de los niveles g3, g2, g1. El que reporto menor peso fue con el tratamiento g1. Esto se debe al guano de las islas le brinda los nutrientes necesarios y mejora el suelo donde se encuentra la planta, las plantas al encontrar una gran cantidad de nutrientes proveniente del guano de las islas son los que obtuvieron pesos mayores.

Los resultados son inferiores a los reportados por Vásquez (2019) quien evaluó el peso de la cabeza de repollo aplicando varias dosis de guano de las islas, donde el mejor peso se obtuvo cuando se aplicó la dosis mayor de guano de isla que fue de unos 5 t ha⁻¹. De la cruz (2023) demostró que, “al aplicar dosis crecientes de guano de las islas, el peso de cada uno de la cabeza de repollo aumentaba en relación a la dosis aplicada. El que reporto mayor peso de cabeza de repollo fue el tratamiento mayor de 3.0 t ha⁻¹ y menor peso fue el tratamiento donde no se le aplicó guano de las islas”. Oliva et al. (2017) “evaluaron el peso de cabeza de repollo aplicando cuatro tratamientos de abonos orgánicos La cuales el tratamiento de mayor peso de repollo fue al aplicar guano de las islas”.

3.4 Rendimiento del cultivo de la col

Tabla 3.4

ANVA del rendimiento de la planta con de niveles de fertilizante NPK y guano de las islas en el cultivo de la col. Canaán 2750 msnm

Fuente de variación	G.L	S.C	C.M	F	P-valor	
Bloque	2	64.60	32.30	5.88	0.0386	*
Nivel de fertilizante (F)	3	1678.09	559.36	101.79	<0.0001	**
Error (a)	6	32.97	5.50			
Guano de las islas (G)	3	1750.74	583.58	86.18	<0.0001	**
Inter (F x G)	9	99.27	11.03	1.63	0.1632	NS
Error (b)	24	162.52	6.77			
	47	3788.19				

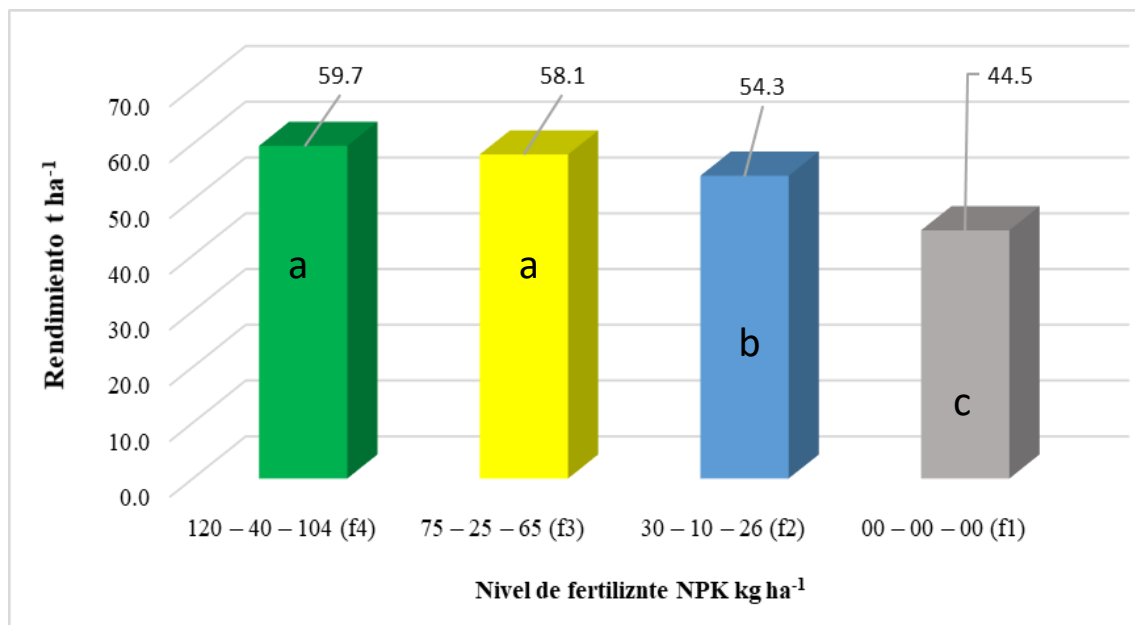
C.V. = 4.81 %

En el ANVA para el rendimiento del cultivo de la col con la aplicación de niveles de fertilizantes NPK y niveles de guano de las islas (tabla 3.4) se observó una existencia altamente significativa en las fuentes de variación nivel de fertilizante NPK y dosis de guano de las islas; significación entre los efectos de bloque; no existe una diferencia estadística en la interacción entre nivel de fertilizantes NPK y nivel de guano de las islas.

El coeficiente de variabilidad fue de 4.81 % la cual indica que hay una buena confiabilidad de los resultados obtenidos.

Figura 3.7

Prueba de Tukey del rendimiento del cultivo de la col ($t\ ha^{-1}$) del efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas. Canaán 2750 msnm.



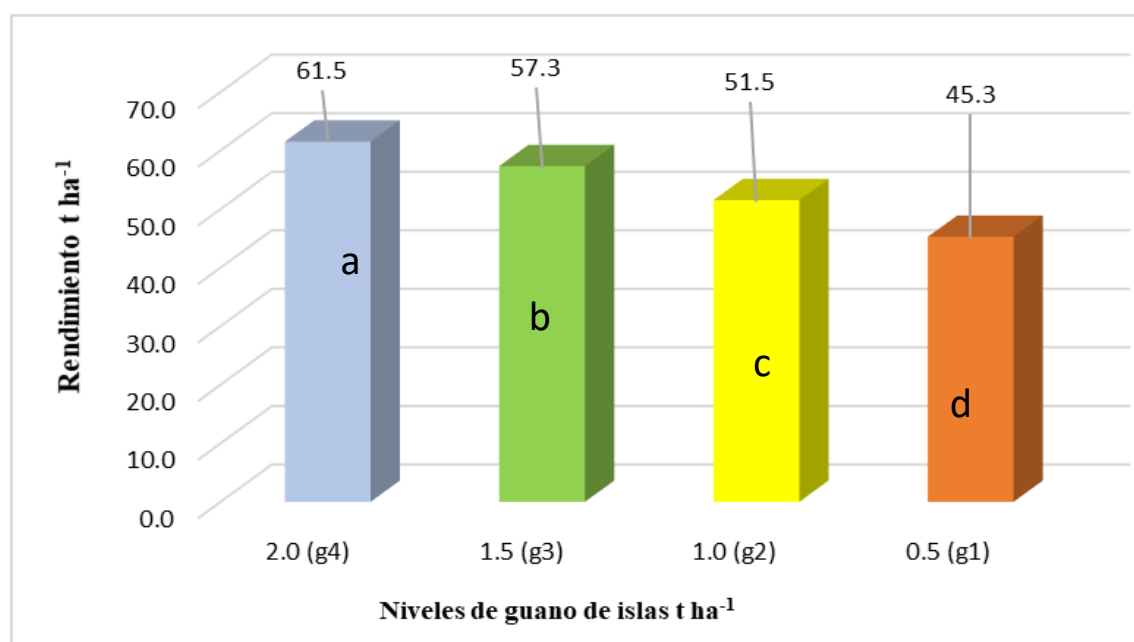
En la figura 3.7 muestra la prueba de Tukey para el rendimiento del cultivo de la col para el efecto principal niveles de fertilizantes NPK en promedio de los niveles de guano de islas, señala que los tratamientos (120 – 40 – 104) NPK y (75 – 25 – 65) NPK son los que reportaron los mayores rendimientos con 59.7 $t\ ha^{-1}$ y 58.1 $t\ ha^{-1}$ respectivamente, y a su vez entre ellos no hay una diferencia estadística. El que obtuvo menor rendimiento fue el tratamiento (00 – 00 – 00) NPK con 44.5 $t\ ha^{-1}$.

Si bien el fertilizante químico tiene beneficios sobre el cultivo de la col, esta necesita de estos nutrientes para que tenga un buen desarrollo reflejados en un buen rendimiento, pero estos fertilizantes no mejoran las características edafológicas del suelo e incluso si no se maneja de una manera apropiada podría ocasionar contaminación del suelo y agua, por lo que tiene una desventaja frente a los abonos orgánicos (FAO, 2002). Sandoval (2020) menciona que, “los mayores rendimientos obtenidos en su trabajo de investigación fueron de 49.250 $kg\ ha^{-1}$, al aplicar (18 – 46 – 00) de NPK con la variedad Maddox F1, evidenciando que la tendencia de los mayores rendimientos se dio con la aplicación de los diferentes niveles de fertilización”. Sabino (2019) menciona que, “al aplicar mayor cantidad de nutrientes el rendimiento de la col se incrementa, ya que aplico cuatro niveles de fertilizantes, donde el mayor rendimiento lo obtuvo el tratamiento (140 – 60 – 60) de NPK con 57,380 $kg\ ha^{-1}$, el menor rendimiento fue el testigo con de 24,761 $kg\ ha^{-1}$ ”. Morfín & Méndez (2006) mencionan que, “el mejor rendimiento

del repollo se dio cuando se aplicó (350 – 200 – 00) de NPK con 29 t ha⁻¹, y el menor rendimiento con (200 – 100 – 00) de NPK con 16 t ha⁻¹”.

Figura 3.8

Prueba de Tukey del rendimiento del cultivo de la col (t ha⁻¹) del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio de los niveles de fertilizantes NPK. Canaán 2750 msnm



La prueba de Tukey para el rendimiento del cultivo de la col del efecto principal niveles de guano de las islas en promedio de los niveles de fertilizante NPK (figura 3.8), muestra que el tratamiento con 2 t ha⁻¹ de guano de islas es el que obtuvo un mayor rendimiento con 61.5 t ha⁻¹ diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos. El menor rendimiento fue el tratamiento con 0.5 t ha⁻¹ (g1) con 45.3 t ha⁻¹.

El rendimiento del cultivo de la col va incrementando en proporción a la cantidad de guano de isla aplicado, ya que este abono orgánico aparte de brindarle los nutrientes necesarios también mejora los suelos, coincidiendo también lo dicho por (De la cruz, 2023) y (Vásquez, 2019).

El resultado obtenido nos indica que al aplicar guano de isla al cultivo de la col esta mejora su rendimiento, ya que el guano de islas le proporciona los nutrientes necesarios como el N, P, K y microelementos, estos nutrientes son muy importantes para que el cultivo se desarrolle apropiadamente. Aparte de que el guano de islas le brinde los diferentes nutrientes a la planta, esta también contribuye a la mejora de las características edafológicas del suelo (Sotomayor, 2016).

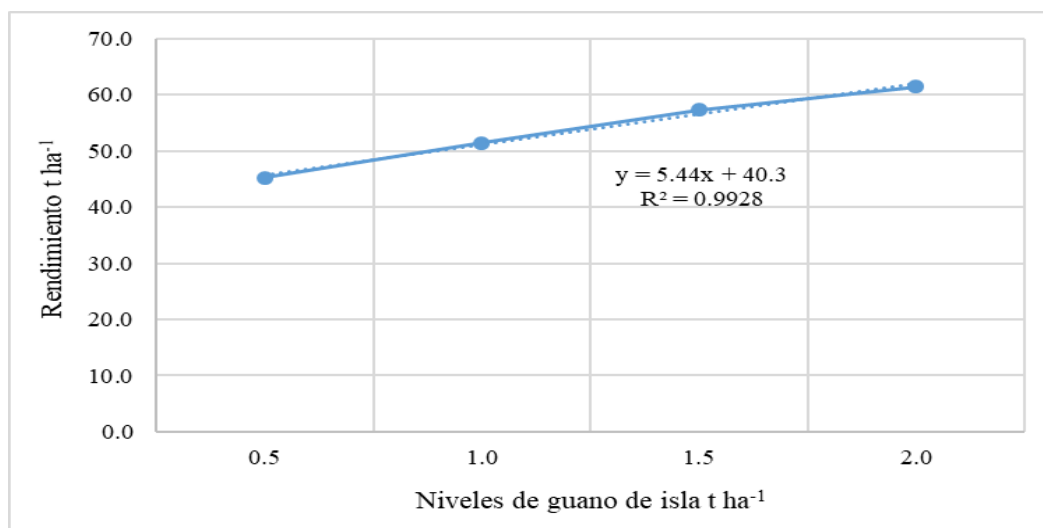
De la cruz (2023) con 3 t.ha⁻¹ de guano de islas obtuvo el mayor rendimiento del cultivo de col con 89,290.41 kg.ha⁻¹. Este rendimiento es superior a lo obtenido en nuestro experimento.

Los datos obtenidos son superiores a los reportados por Oliva et al., (2017), quienes evaluaron el rendimiento de repollo bajo las condiciones de Chachapoyas al aplicar varios dosis de diferentes abonos orgánicos, donde el tratamiento con guano de islas fue el que obtuvo mayores rendimientos con 44.9 t ha⁻¹, también agrega que el resultado obtenido se debe a que el guano de islas tiene un mayor contenido de macro y micronutrientes a diferencia de los demás abonos orgánicos.

Vásquez (2019) en su trabajo de investigación evaluó el rendimiento de la col al momento de aplicar cuatro dosis de guano de islas bajo las condiciones de la región de Huánuco, donde los mayores rendimiento se obtuvieron al aplicar los tratamientos T3 y T2 con un promedio de 70,550.00 kg.ha⁻¹ y 59,075.00 kg.ha⁻¹ respectivamente, no habiendo diferencia estadística entre ellos pero superando estadísticamente a los demás tratamientos estudiados.

Figura 3.9

Regresión para el rendimiento del cultivo de la col en el efecto principal niveles de guano de islas



Se observa una regresión lineal en el rendimiento del cultivo de la col (figura 3.9) en función al efecto principal de los niveles de guano de isla, que indica, que a medida que se incrementa la cantidad de guano de islas el rendimiento de la col aumenta. Al aplicar 2.5 t ha⁻¹ de guano de isla el rendimiento aumenta a un promedio de 67.5 t ha⁻¹. La ecuación que predice el rendimiento es de $Y = 5.44x + 40.3$, con $R^2 = 0.99$.

CONCLUSIONES

1. Los niveles de fertilización NPK: 120 – 40 – 104 kg NPK y 75 – 25 – 65 kg NPK, presentaron los mayores rendimientos de col con 59.792 t ha⁻¹ y 58.122 t ha⁻¹ respectivamente.
2. El nivel de guano de isla en promedio de los niveles de fertilizantes NPK de 2 t ha⁻¹ de guano de las islas con 61.513 t ha⁻¹ reportó mayor rendimiento de col que los otros tratamientos.

REFERENCIAS

- Programa de desarrollo Productivo Agrario Rural [AGRORURAL] (2019). Guano de las islas. Ministerio de Agricultura y Riego. www.agrorural.gob.pe
- Collazos, S., Arista, J. P., Oyarce, S. K., & Huamán, E. (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. *Revista de Investigación Agroproducción Sustentable*, 2(1), 20–27. <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/370>
- Cueva, J. M. (2015). “Los abonos orgánicos y el rendimiento del cultivo de col (*Brassica oleracea* L.) variedad Charleston Makefield, en condiciones edafoclimáticas del instituto de investigación olerícola frutícola -2012” [Tesis de título, Universidad Nacional “Hermilio Valdizán”]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1609>
- De la Cruz, K. (2023). “Densidad de plantas y dosis de guano de islas en el rendimiento del cultivo de col (*Brassica oleracea* L.). Canaán, 2750 msnm – Ayacucho” [Tesis de título, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6029>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (2002). Los fertilizantes y su uso. Asociación Internacional de La Industria de Los Fertilizantes, 04, 77. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.1993.tb03018.x>
- Fuentes, F. E., & Pérez, J. (2003). Cultivo de repollo. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, 16, 1–36.
- Huamán, F. D. (2022). Optimum dose of island guano in the agronomic behavior of the crop (*Brassica oleracea* L. var. Italic.) *Revista de Investigación Científica UNTRM*, 5(1), 42–

48. <http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v5i1.888%0AArtículo>
- Ministerio de desarrollo Agrario y Riego [MINAGRI] (2021). Datos y estadísticas agrarias. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/4-agricola>
- Morfin, S., & Méndez, J. (2006). “*Densidad, fertilización y fechas de siembra en repollo (Brassica oleracea var. capitata) en Santa Rosa Uruapan, Michoacán*” [tesis de título, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/133
- Oliva, M., Neri Chávez, J. C., Huamán Huamán, E., Oyarce Tafur, S. K., & Collazos Silva, R. (2017). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos sobre el rendimiento de repollo Corazón de Buey (*Brassica oleracea* L.) en Chachapoyas, Amazonas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 1(3), 1–20. <https://doi.org/10.25127/aps.20173.370>
- Porras, F. J. (2007). “*Evaluación de dosis de fertilización nitrogenada y densidad de siembra sobre el rendimiento del cultivo de repollo (Brassica oleracea, var capitata L) Híbrido Izalco*”. [Tesis de Diploma, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/2034/>
- Portillo, J. (2015). “*Efecto de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de repollo; Olopa, Chiquimula*” [tesis de grado, Universidad Rafael Landívar]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/09/Portillo-Homero.pdf>
- Ramírez, A. R. (2011). “*Respuesta del repollo (Brassica oleracea var. capitata) a la fertilización química y orgánica, en Nochan, Olopa, Chiquimula, asesoría técnica y servicios comunitarios en el municipio de Olopa, Chiquimula*” [Tesis de título, Universidad De San Carlos De Guatemala]. <https://core.ac.uk/download/pdf/94669027.pdf>
- Sabino, E. H. (2019). “*La Fertilización en el rendimiento de la col corazón de buey (Brassica olerace L.) en condiciones edafoclimaticas de Jillijirca Panao 2019*” [Tesis de título, Universidad nacional Hermilio Valdizán - Huánuco]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5382>
- Sandoval, U. E. (2020). “*Evaluación de cuatro enmiendas de fertilización en dos híbridos de repollo (Brassica oleracea var. capitata) en la comarca Tecolostote, municipio de San Lorenzo. Julio a octubre del 2019*”. [Tesis de título, Unibersidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/4202/1/tnf04s194.pdf>
- Sotomayor, R. M. (2016). La tecnología del guano de islas: EL mejor fertilizante. *AgroEnfoque*, 206(1), 5.

- Valencia, A. (1995). Cultivo de hortalizas de hojas: col y lechuga. Instituto Nacional de Investigación Agraria, 03, 52.
- Vásquez, N. W. (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 de título, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5383>
- Vivanco, K. J. (2023). “*Densidad de plantas y fórmulas de abonamiento orgánico-mineral en Canaán, 2750 msnm – Ayacucho*” [Tesis de Título, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5697>



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. LUIS CARLOS MENDOZA HUAMAN

R.D. N° 091-2024-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los diecinueve días del mes de marzo del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del jurado conformado por el Mg. Alejandro Camasca Vargas, Mtro. Walter Augusto Mateu Mateo como asesor, Ing. Eduardo Robles García y Mtro. Rodolfo Alca Mendoza; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulada: **Niveles de fertilización NPK y Guano de Islas en el rendimiento de Col (Brassica oleraceae L.) Canaán, 2750 msnm - Ayacucho**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **LUIS CARLOS MENDOZA HUAMAN**.

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 invitó a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Mg. Alejandro Camasca Vargas	17	17	17	17
Mtro. Walter Augusto Mateu Mateo	16	16	16	16
Ing. Eduardo Robles García	15	15	15	15
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza	16	16	17	16
PROMEDIO GENERAL				16

OBSERVACIONES: Por Acuerdo unánime de los miembros del jurado, el título del trabajo de investigación debe ser del siguiente modo: **Niveles de fertilización NPK y guano de islas en el rendimiento de col (Brassica oleraceae L.) Canaán, 2750 msnm - Ayacucho**

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


.....
Mg. Alejandro Camasca Vargas
Presidente


.....
Mtro. Walter Augusto Mateu Mateo
Asesor


.....
Ing. Eduardo Robles García
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Jurado


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



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y contolar 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 y la R.D. N° N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo titulado;

Niveles de fertilización NPK y guano de islas en el rendimiento de col (*Brassica oleraceae* L.) Canaán, 2750 msnm – Ayacucho

Autor : Luis Carlos Mendoza Huaman

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 **diesiseis por ciento (16%)** 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: 2419146015

Ayacucho, 19 de julio de 2024

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

Niveles de fertilización NPK y guano de islas en el rendimiento de col (*Brassica oleraceae* L.) Canaán, 2750 msnm – Ayacucho

por Luis Carlos Mendoza Huaman

Fecha de entrega: 19-jul-2024 06:55a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2419146015

Nombre del archivo: tesis_-_Luis_Carlos_Mendoza_Huaman.docx (15.07M)

Total de palabras: 16873

Total de caracteres: 83429

Niveles de fertilización NPK y guano de islas en el rendimiento de col (Brassica oleraceae L.) Canaán, 2750 msnm – Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	7%
	Trabajo del estudiante	

2	repositorio.unsch.edu.pe	5%
	Fuente de Internet	

3	repositorio.unheval.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	

4	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	

5	repositorio.upao.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	

6	www.agrorural.gob.pe	<1%
	Fuente de Internet	

7	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	

8	Submitted to Universidad de Costa Rica	<1%
	Trabajo del estudiante	

9	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	www.cjf.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
11	revistaalfa.org Fuente de Internet	<1 %
12	www.tdx.cat Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.una.edu.ni Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo