

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Densidad de plantas y niveles de nitrógeno en el rendimiento
de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad italiana) cv.
Imperial. Canaán, 2750 msnm - Ayacucho, 2024**

Para optar el título profesional de:

INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTADO POR:

Bach. Flor Pamela CURI CUADROS

ASESOR:

Mtro. Walter Augusto MATEU MATEO

AYACUCHO - PERÚ

2024

A Dios dedico este trabajo, por la salud y vida que me concede, por guiar mis pasos para realizar y cumplir mis objetivos.

Con todo el aprecio, respeto y amor, dedico este trabajo a mis padres, Elías Vargas e Isabel Cuadros, por haberme brindado todo el amor, comprensión, sabiduría y fortaleza a lo largo de mi vida. Gracias a ellos tengo el privilegio de presentar mi trabajo de investigación.

A mis hermanos: Yefferson, Ángel y Erick, por apoyarme en los momentos más difíciles, por siempre estar conmigo y porque son mi mayor motivo de seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Gracias Dios por nunca abandonarme y guiarme para lograr y alcanzar una de mis metas.

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias y, en particular, a la Escuela Profesional de Agronomía, me brindaron la posibilidad de lograr una de mis aspiraciones.

Gracias a todos los maestros de la Facultad de Ciencias Agrarias, especialmente de la Escuela Profesional de Agronomía, por sus valiosos conocimientos que me permitieron crecer todos los días gracias a su apoyo, sus enseñanzas, consejos y experiencias compartidas durante mi vida.

Asimismo, quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor de tesis, Mtro. Walter A. Mateu Mateo, por su paciencia y conocimiento basado en la experiencia y sabiduría.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	ix
Índice de anexos.....	xi
Resumen.....	xii
Introducción	1
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Cultivo de brócoli	4
1.2.1. Origen y generalidades	4
1.2.2. Taxonomía.....	4
1.2.3. Valor nutritivo del brócoli	5
1.2.4. Valor terapéutico del brócoli.....	6
1.2.5. Morfología del brócoli	7
1.2.6. Fases del cultivo	8
1.2.7. Variedades de brócoli	9
1.2.8. Requerimientos edafoclimáticos.....	10
1.3. Brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>) cv. Imperial.....	11
1.3.1. Características cuantitativas	11
1.3.2. Características cualitativas	11
1.3.3. Manejo agronómico del cultivo	12
1.3.4. Densidad de plantas y sus efectos en brócoli	14
1.3.5. Rendimiento	16
1.4. Fertilización en cultivo de brócoli.....	17
1.4.1. Niveles de extracción.....	17
1.4.2. Fertilización nitrogenada	17
1.4.3. Fuentes de fertilizantes nitrogenados	19
1.5. Abono orgánico	20
1.5.1. Beneficios de los abonos orgánicos.....	21

1.5.2. Desventaja del abono orgánico	21
1.6. Gallinaza como abono orgánico	22
1.7. Características físicoquímico de Terrasur	24
CAPÍTULO II	
METODOLOGÍA.....	25
2.1. Ubicación del experimento.....	25
2.1.1. Ubicación política	25
2.1.2. Ubicación geográfica	25
2.1.3. Ubicación ecológica	25
2.2. Antecedentes del terreno experimental	26
2.3. Condiciones climáticas.....	26
2.4. Material biológico	28
2.5. Características físicoquímicas del suelo.....	28
2.6. Análisis físicoquímico de la gallinaza (Terrasur).....	29
2.7. Variables y tratamientos	30
2.7.1. Variables independientes	30
2.7.2. Tratamientos	30
2.8. Diseño experimental.....	31
2.9. Análisis estadístico	33
2.10. Instalación y conducción del experimento	33
2.10.1. Almacigo	33
2.10.2. Preparación del terreno y surcado.....	33
2.10.3. Demarcación y estacado del campo experimental.....	34
2.10.4. Instalación del sistema y frecuencia de riego	34
2.10.5. Trasplante.....	34
2.10.6. Abonamiento nitrogenado	34
2.10.7. Recalce	35
2.10.8. Control de arvenses.....	35
2.10.9. Aporque	35
2.10.10. Control fitosanitario.....	36
2.10.11. Cosecha	36
2.11. Criterios de evaluación de las variables de respuesta.....	36
2.11.1. Número de hojas por planta (Und.)	36
2.11.2. Diámetro de pedúnculo (cm).....	37

2.11.3. <i>Altura de la planta (cm)</i>	37
2.11.4. <i>Diámetro de pella (cm)</i>	37
2.11.5. <i>Altura de la pella (cm)</i>	37
2.11.6. <i>Peso total de la planta (g)</i>	37
2.11.7. <i>Peso de hojas (g)</i>	37
2.11.8. <i>Peso de pella (g)</i>	38
2.11.9. <i>Rendimiento (t.ha⁻¹)</i>	38
2.11.10. <i>Rentabilidad económica (%)</i>	38
CAPÍTULO III	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1. <i>Análisis de variables de respuesta</i>	39
3.1.1. <i>Número de hojas (unidad)</i>	39
3.1.2. <i>Diámetro de pedúnculo (cm)</i>	41
3.1.3. <i>Altura de planta (cm)</i>	43
3.1.4. <i>Diámetro de pella (cm)</i>	48
3.1.5. <i>Altura de pella (cm)</i>	47
3.1.6. <i>Peso total de la planta (kg)</i>	49
3.1.7. <i>Peso de las hojas (g)</i>	51
3.1.8. <i>Peso de pella (g)</i>	52
3.1.9. <i>Rendimiento de pella por hectárea (t.ha⁻¹)</i>	55
3.1.10. <i>Análisis de regresión de la densidad en niveles de nitrógeno y nitrógeno en niveles de densidad</i>	58
3.1.11. <i>Correlación de las variables</i>	60
3.2. <i>Análisis de rentabilidad</i>	61
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. <i>Taxonomía del brócoli</i>	4
Tabla 1.2. <i>Descripción de los nutrientes del cultivo de brócoli por cada 100g</i>	5
Tabla 1.3. <i>Descripción de los nutrientes de hojas y tallos del cultivo de brócoli por cada 100g</i>	7
Tabla 1.4. <i>Calidad de la producción de brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial bajo 4 densidades de siembra</i>	16
Tabla 1.5. <i>Descripción de las características de fertilizante urea</i>	20
Tabla 1.6. <i>Características físicoquímico de Terrasur</i>	24
Tabla 2.1. <i>Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2023, de la Estación Experimental INIA - Canaán, UNSCH</i>	27
Tabla 2.2. <i>Análisis de fertilidad de la muestra de suelo del campo experimental de Canaán a 2750 msnm</i>	29
Tabla 2.3. <i>Propiedades físicoquímico de la gallinaza (Terrasur)</i>	30
Tabla 2.4. <i>Descripción de los tratamientos resultaron de la combinación de la densidad de plantas. ha⁻¹ y nitrógeno en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán a 2750 msnm, Ayacucho, 2024</i>	31
Tabla 2.5. <i>Características del diseño y unidades experimentales (UE), Canaán a 2750 msnm</i>	33
Tabla 2.6. <i>Cantidad de nitrógeno aplicado por hectárea para densidad de 25,000 plantas. ha⁻¹</i>	34
Tabla 2.7. <i>Cantidad de nitrógeno aplicado por hectárea para densidad de 20,833 plantas. ha⁻¹</i>	35
Tabla 2.8. <i>Cantidad de nitrógeno aplicado por hectárea para densidad de 17,857 plantas. ha⁻¹</i>	35
Tabla 2.9. <i>Fertilización complementaria de fondo</i>	35
Tabla 3.1. <i>Análisis de varianza en el número de hojas del cultivo de brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	39
Tabla 3.2. <i>Análisis de varianza en diámetro de pedúnculo del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	41

Tabla 3.3.	<i>Análisis de varianza en altura de planta del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	43
Tabla 3.4.	<i>Análisis de varianza en diámetro de la pella del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	45
Tabla 3.5.	<i>Análisis de varianza en altura de pella del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	47
Tabla 3.6.	<i>Análisis de varianza en peso total de la planta del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	49
Tabla 3.7.	<i>Análisis de varianza en peso de hojas de la planta del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	51
Tabla 3.8.	<i>Análisis de varianza en peso de pella del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	52
Tabla 3.9.	<i>Análisis de varianza en rendimiento de la pella por hectárea del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	55
Tabla 3.10.	<i>Rendimiento de pellas por hectárea según el tratamiento aplicado en brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	58
Tabla 3.11.	<i>Análisis de regresión: Rendimiento vs. Densidad; Rendimiento vs nitrógeno.....</i>	58
Tabla 3.12.	<i>Estimación de los costos de producción para cada tratamiento aplicado en brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	61
Tabla 3.13.	<i>Análisis económico mediante la estimación de porcentaje de rentabilidad para cada tratamiento aplicado en brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. <i>Mapa de ubicación del centro experimental de Canaán, lugar del experimento, elaborado a partir de cartas nacionales de Geogpsperu</i>	26
Figura 2.2. <i>Climograma del centro experimental de Canaán, lugar del experimento, elaborado a partir de los datos meteorológicos INIA – Canaán, 2023.....</i>	28
Figura 2.3. <i>Unidad experimental</i>	32
Figura 2.4. <i>Croquis del campo experimental y randomización</i>	32
Figura 3.1. <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples en el número de hojas del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	40
Figura 3.2. <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en diámetro de pedúnculo del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	41
Figura 3.3. <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en altura de planta del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	43
Figura 3.4. <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en diámetro de pella del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	46
Figura 3.5. <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en altura de pella del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	48
Figura 3.6. <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples en peso total de la planta del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm - Ayacucho</i>	50
Figura 3.7. <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en peso de hojas del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	51
Figura 3.8. <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples en pesos de pella por planta en brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	53

Figura 3.9. <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples en rendimiento de pella del brócoli (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i>) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	56
Figura 3.10. <i>Gráfico de interacción del rendimiento con respecto a la densidad y niveles de nitrógeno.....</i>	59
Figura 3.11. <i>Correlación de los variables evaluados en brócoli (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i>) cv. Imperial, bajo efecto de niveles de gallinaza procesada y nitrógeno, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	60

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Cronología de los datos del experimento	72
Anexo 2. Datos de campo de las variables evaluadas del bloque I	73
Anexo 3. Datos de campo de las variables evaluadas del bloque II	75
Anexo 4. Datos de campo de las variables evaluadas del bloque III.....	77
Anexo 5. Datos ordenados en función del promedio para el procesamiento de los datos	79
Anexo 6. Datos estadísticos de los tratamientos para el procesamiento de los datos	79
Anexo 7. Ficha técnica de Terrasur, analizado en el laboratorio de UNALM, a favor de TERRASUR S.A.C.....	80
Anexo 8. Costos de producción para cada tratamiento en cultivo de brócoli, Canaán, 2024.....	81
Anexo 9. Catálogo de fotografías del proceso de elaboración de la tesis.....	93

RESUMEN

Con la finalidad de determinar la densidad de plantas y los niveles de nitrógeno en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad italiana) cv. Imperial, en condiciones de C.E. Canaán, 2750msnm – UNSCH y realizar la rentabilidad económica de los tratamientos. Se utilizó Diseño de Bloques Completamente Randomizado (DBCR), con arreglo factorial de 3 densidades de siembra (25,000, 20,833 y 17,857 plantas. hectárea⁻¹) y 4 niveles de nitrógeno (0, 50, 100 y 150 kg ha⁻¹), manejando 12 tratamientos, 3 repeticiones y 36 unidades experimentales. Se encontró que, la densidad de plantas influye positivamente en el rendimiento de brócoli, con densidad de 25,000 plantas/ha (0.50 x 0.80 m) con 150 kg N reportó 18,493.33 kg ha⁻¹. Las variables número de hojas, diámetro de pella, peso de pella, peso de hojas, peso total de la planta mostraron correlación positiva con el rendimiento de brócoli. Los niveles de nitrógeno influyen positivamente en el rendimiento de brócoli; el nivel 150 kg N + 2 t ha⁻¹ Terrasur reportó 18,493.33 kg ha⁻¹ de rendimiento y 2.490 kg de peso/planta. En el análisis de rentabilidad, el tratamiento T4 (25,000 plantas. ha⁻¹ * 150 kg N + 2 t ha⁻¹ Terrasur) presentó la mayor rentabilidad con 205.46 %.

Palabras clave: *Brassica oleracea* L. variedad italiana, nitrógeno, densidad de plantas.

INTRODUCCIÓN

El brócoli pertenece a la familia Brassicaceae y su nombre botánico es *Brassica oleracea* L., se originó en el Cercano Oriente, más específicamente en Asia Menor, Líbano, Siria y otras partes del Mediterráneo oriental. Es un cultivo de gran importancia económica mundial que crece mejor en suelos que tienden más hacia la acidez que hacia la alcalinidad, con un pH de 6.5 a 7. Necesita suelos ligeros, de textura media y con la cantidad ideal de humedad (Ortiz, 2019)

Por sus cualidades nutricionales y terapéuticas, el brócoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) es una hortaliza de importancia económica mundial. El alto valor nutricional de la inflorescencia (pella) puede atribuirse a sus diversos constituyentes, incluidos proteínas, carbohidratos, fibra, calcio y hierro. Según los hallazgos más recientes, es rico en calcio, hierro, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina A y ácido ascórbico (Soria, 2020).

El brócoli se cultiva en 3,845 hectáreas de tierra en Perú, alcanzando 13,602 kg ha⁻¹ de rendimiento promedio. La mayor producción de esta hortaliza se encuentra en los departamentos de Lima (28,828 toneladas), Lima Metropolitana (11,610 toneladas), La Libertad (5,974 toneladas) y Arequipa (2,241 toneladas). No obstante, en el departamento de Ayacucho no hay datos estadísticos de la producción del cultivo de brócoli. Pese a ello, su consumo ha aumentado por sus cualidades nutricionales y nutraceuticas, por lo que se cultiva menos en los valles interandinos, a pesar de que los factores climatológicos de nuestra región son ideales para la producción del brócoli. Comparado con otras zonas como Junín, que registra 17,085 kg ha⁻¹, Apurímac, donde sus factores edafo-climáticos se asemejan a los de Ayacucho, rinde sólo 6,517 kg ha⁻¹, lo que indica que se obtienen bajos rendimientos (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2018).

El mayor porcentaje de los suelos agrícolas de nuestra región, presenta fertilidad baja y niveles bajos de materia orgánica, entonces son considerados como suelos pobres en elementos nutritivos, a causa de la extracción de nutrientes de las cosechas y la erosión de los suelos lo que genera la baja disponibilidad de nutrientes y materia orgánica en el suelo, en consecuencia, se verá reflejado en los bajos rendimientos de cultivos, tanto en cantidad como en calidad alimenticia de las cosechas. Para enmendar dichos nutrientes es necesario adicionar fertilización mineral al suelo, y con respecto a la mejora del componente físico del suelo se da la aplicación de materia orgánica.

De manera que, la investigación busca determinar la mejor densidad de las plantas al cultivar brócoli y la dosis de nitrógeno que permita obtener el mayor rendimiento de brócoli, considerando la fertilización orgánica, dicha información servirá como guía para los agricultores.

Objetivo general

Evaluar la influencia de la densidad de plantas y los niveles de nitrógeno en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) cv. Imperial, Canaán a 2750 msnm, Ayacucho, 2024.

Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia de la densidad de plantas en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) cv. Imperial, Canaán a 2750 msnm, Ayacucho, 2024.
2. Evaluar la influencia de los niveles de nitrógeno en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) cv. Imperial, Canaán a 2750 msnm, Ayacucho, 2024.
3. Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Vivanco (2023) realizó trabajo de investigación en cultivo de brócoli, con la finalidad de determinar la influencia de la densidad de plantas y los niveles de nitrógeno en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L.). Las variables evaluadas fueron: Altura de planta, diámetro y altura de pella, diámetro de pedúnculo y rendimiento por hectárea. En total evaluaron 10 tratamientos, el cual resultó de la combinación de factor densidad (25000 y 31250 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamiento (40-20-20, 80-40-40, 120-60-60, 0 y 6 t ha⁻¹ de abono orgánico); los cuales han sido evacuados en diseño bloque completo al azar (DBCA) con 3 repeticiones. Como resultado más importante, reportó 17,876 kg ha⁻¹ de pella con fertilización 120-60- 60 NPK y 31250 plantas ha⁻¹.

Infante (2018) realizó trabajo de investigación en cultivo de brócoli, con el objetivo de evaluar 4 densidades de siembra (40 000, 30 000, 25 000 y 20 000 pl/h) en diseño bloques completos al azar (DBCA). Las variables evaluadas fueron: peso promedio de inflorescencia, diámetro y altura de inflorescencia y diámetro de pedúnculo. Como resultado más importante, reportó 19.59 t ha⁻¹ con 40 000 plantas por hectárea.

Luna (2018) realizó trabajo de investigación en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.), donde investigó efectos de 3 densidades de siembra en dos variedades de brócoli, bajo condiciones de Cota Cota – Bolivia. Se evaluaron 6 tratamientos en diseño bloque completos al azar con arreglo factorial y tres repeticiones. El rendimiento de brócoli refleja que D1 (17 plantas por metro cuadrado) tiene un rendimiento promedio de 26.85 toneladas ha⁻¹, mientras que D2 (11 plantas por metro cuadrado) tiene un rendimiento promedio de 19.88 toneladas ha⁻¹ y D3 (8 plantas por metro cuadrado) tiene un rendimiento promedio de 15.28 toneladas ha⁻¹.

1.2. Cultivo de brócoli

1.2.1. Origen y generalidades

El cultivo de brócoli pertenece a la familia Brassicaceae, es una planta dicotiledónea, cuyo nombre es *Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck. Esta hortaliza y otras variedades botánicas de la misma especie, *Brassica oleracea* L., están estrechamente relacionadas genéticamente. Existen varias plantas muy conocidas en nuestro entorno, entre ellas las coles de Bruselas (*B. oleracea* L. var. *gemmifera* L.), el colinabo (*B. oleracea* L. var. *gongylodes* L.) y la col (*B. oleracea* L. var. *capitata* L.) y coliflor (*B. oleracea* L. var. *botrytis* L.). Hay cruzamiento libre entre sí en estas variedades de plantas (INIA, 2003).

El centro de origen es Asia Menor, en el Mediterráneo oriental (Libia, Siria). Aunque es un cultivo antiguo, se han producido diversas variedades a lo largo de muchas generaciones de selección. Comenzando por toda Europa en Italia en el siglo XVI. Todos los miembros de la familia Brassicaceae poseen un sabor y aroma distintos porque contienen glucosinolatos conocidos como isotiocianato de butilo y alilo (Del Pino, 2016).

Gracias a nuestro creciente conocimiento de sus cualidades nutricionales y organolépticas, solo recientemente su producción ha aumentado significativamente a escala mundial. El incremento en la preferencia por el brócoli es consistente con la tendencia general hacia el consumo de vegetales en los mercados mundiales (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA, 2003]).

1.2.2. Taxonomía

Según United States Department of Agriculture (USDA, 2024), la clasificación taxonómica del cultivo de brócoli se describe de la siguiente manera:

Tabla 1.1

Taxonomía del brócoli

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae/Cruciferae
Género	Brassica L.
Especie	<i>Brassica oleracea</i> L.
Variedad	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i> Plenck

Fuente: (USDA, 2024).

1.2.3. Valor nutritivo del brócoli

Los cultivos de género Brassica se convirtieron en alimento fundamental en la dieta alimentaria de la población, considerándose como uno de las 10 hortalizas más importantes (Rivera-Martin et al., 2021); por lo tanto, se consumen en todo el mundo por sus cualidades nutricionales y farmacéuticas (Mohamed et al., 2021). Considerada la verdura con mayor valor nutricional por unidad de peso, se dice que el brócoli puede prevenir el cáncer y otras enfermedades. Esta verdura tiene excelentes cualidades para su transformación en producto congelado, además de su uso en estado fresco (INIA, 2003). La verdura con mayor valor nutricional por unidad de peso comestible es el brócoli. Se come crudo (en ensaladas), cocido (en sopas y pasteles), en conserva y procesado (en encurtidos) (Jaramillo et al., 2016).

Tabla 1.2

Descripción de los nutrientes del cultivo de brócoli por cada 100g

Nutrientes	Valores
Agua (%)	91.0
Energía (kcal)	28.0
Proteína (g)	3.0
Grasa (g)	0.4
Carbohidrato (g)	5.2
Fibra (g)	1.1
Ca (mg)	48
P (mg)	6,6
Fe (mg)	0.9
Na (mg)	27
K (mg)	325
Vitamina A (UI)	1152
Tiamina (mg)	0.07
Riboflavina (mg)	0.12
Niacina (mg)	0.64
Ácido ascórbico (mg)	93.2

Fuente: (Haytowitz y Mattheews, 1984, citado por Zamora, 2016).

Debido a la importancia comercial y la tendencia alcista del mercado del brócoli, debemos permitir que el cultivo madure completamente para lograr un alto rendimiento y un producto de alta calidad que satisfaga la demanda de los consumidores y minimice las pérdidas. Las prácticas de cultivo de brócoli que están desactualizadas o carecen de investigación pueden resultar en menor calidad, mayores costos de producción y pérdidas (Gaspar, 2021).

Los métodos de producción innovadores y ambientalmente racionales deberían ser el foco principal de cualquier interés potencial en su producción y consumo. Se debe prestar especial atención a la sostenibilidad de la producción de hortalizas y sus efectos socioeconómicos en las cadenas de alimentos, así como en la salud de los consumidores. Además, estos nuevos productos podrían cultivarse en el hogar y procesarse o consumirse frescos (Di Bella et al., 2021).

1.2.4. Valor terapéutico del brócoli

El consumo diario de esta hortaliza, reduce el riesgo de desarrollar cáncer, diabetes, enfermedades coronarias y obesidad. El brócoli es fuente natural del sulforafano (SFN), que se conoce como 1-isotiocianato-4-(metilsulfinil)butano, un isotiocianato alifático. El SNF se origina a partir de la glucorafanina, a través de una reacción de hidrólisis que implica a la enzima mirosinasa. La evidencia indica que el sulforafano funciona como un potente inductor de enzimas (como el glutatión S-transferasas GST) que se encargan de eliminar las sustancias potencialmente cancerígenas del cuerpo. Este elemento también tiene efectos antioxidantes, antiinflamatorios e inductores de apoptosis. Las características mencionadas anteriormente permiten la inhibición de varios pasos del proceso carcinogénico. El contenido de carbohidratos (9,0 g), proteínas (2,5 g), fibra dietética total (10,4 g) y fibra dietética insoluble (7,9 g) se destacan en las hojas de brócoli. De acuerdo con su valor nutricional, estos excedentes son una opción de alimento en la dieta diaria de las personas y su valorización debe ser considerada. (Rodríguez et al., 2022).

El brócoli fresco posee la enzima mirosinasa, que al contacto del agua transforma al glucosinolato glucorafanina en el compuesto bioactivo sulforafano. Se ha demostrado que el sulforafano es un potente compuesto preventivo del cáncer, el cual se encarga de la inducción de las enzimas de desintoxicación de fase II (Zhang, Talalay, Cho y Posner, 1992; Jeffery y Araya, 2009).

En la Tabla 1.3 se muestra la composición nutricional de hojas y tallos del cultivo de brócoli: el aporte de energía (50,9 kcal), carbohidratos (9 g), proteínas (2,5 g), fibra dietética total (10,4 g), fibra dietética soluble (1,9 g) y fibra dietética insoluble (7,9 g), es mayor en las hojas de esta hortaliza, aunque el sodio (49,38 mg) y la humedad (82,5 g)

predominan en el tallo. En ambas porciones del brócoli el contenido de materia grasa y azúcares totales son semejantes.

Tabla 1.3

Descripción de los nutrientes de hojas y tallos del cultivo de brócoli por cada 100g

Nutrientes	Hoja	Tallo
Energía (kcal/100g)	50.9	29.8
Carbohidrato (g/100g)	9	6.3
Materia grasa (g/100g)	0.5	0.1
Proteínas (g/100g)	2.5	1
Azúcares totales (g/100g)	1.2	1.2
Sodio (mg/100g)	5.5	49.38
Fibra dietética total (g/100g)	10.4	8.3
Fibra dietética soluble (g/100g)	1.9	1.3
Fibra dietética insoluble (g/100g)	7	6.8
Humedad (g/100g)	76.3	82.5
Cenizas (g/100g)	1.3	1.8

1.2.5. Morfología del brócoli

Con tallos gruesos, raíces profundas y hojas grandes y lobuladas que tienen un tono azul vibrante, esta planta es erguida. Antes de que aparezca la porción comestible, conocida como "pella", suelta varias hojas. Algunas variedades continúan produciendo algunas pellas secundarias después de esta primera pella, pero las variedades más recientes continúan produciendo cada vez menos pellets secundarios (Del Pino, 2016).

a) Raíz

Esta verdura tiene una raíz tipo pivotante. La raíz primaria puede llegar hasta 0.80 m de profundidad en el perfil del suelo, pero suele desaparecer cuando se trasplanta el semillero al campo definitivo. En cambio, crecen raíces adventicias secundarias, terciarias y raicillas, que se desarrollan principalmente entre 0.40 y 0.60 m de profundidad (INIA, 2003).

b) Las hojas

Las hojas grandes llegan a medir hasta 50 cm de largo y 30 cm de ancho. Dependiendo del cultivar, puede haber de 15 a 30 hojas en total. Las hojas son estructuras largas en forma de laminado con venas notables y un borde muy ondulado. La tonalidad,

que va del verde claro al verde oscuro, es una característica varietal. Su color es plumizo y tienen pecíolos cortos cubiertos de una sustancia cerosa (INIA, 2003).

c) El tallo

Es de consistencia herbácea y con forma cilíndrica con diámetro que puede variar de 3 a 6 cm, altura de 20 a 50 cm; en el tallo se insertan las hojas (Jaramillo et al., 2016).

d) La inflorescencia

La porción comestible y comercialmente valiosa de la planta es la inflorescencia de tipo corimbo llamada como la pella, que consta de muchas flores inmaduras reunidas. Esta inflorescencia compacta y firme, conocida en nuestro medio como "cabeza", puede crecer hasta 30 cm de diámetro y formar brotes laterales con inflorescencias de 10 cm de largo. Dependiendo de la variedad, también pueden ser de color violeta o verde oscuro (Jaramillo et al., 2016; INIA, 2003).

e) Flores y frutos

Sus flores son actinomorfas y perfectas, con cuatro pétalos libres dispuestos en forma de cruz y de color amarillo. Debido a que son incompatibles entre sí, son entomófilos o de polinización cruzada. El fruto es de tipo silicua, de forma redonda, pequeño, de color marrón a rojizo, y tiene semillas aplanadas que son dehiscentes al madurar (Jaramillo et al., 2016, citado por Gaspar, 2021; INIA, 2003). La flor presenta 4 sépalos y 4 pétalos. El androceo es tetradínamo, posee 4 estambres largos y 2 cortos. El ovario súpero es bicarpelar (Guerra, 1997).

f) Las semillas

Presentan semillas pequeñas (2 a 3 mm), de forma redonda. Se encuentran hasta 350 semillas en un gramo (Jaramillo et al., 2016).

1.2.6. Fases del cultivo

Vecchio (1995, citado por Luna, 2018) y Jaramillo et al. (2016), afirma que en el desarrollo del brócoli se pueden considerar las siguientes fases:

- **Germinación:** consiste desde imbibición de la semilla seca hasta la emergencia.
- **Crecimiento:** en esta etapa se desarrolla las hojas de la planta.

- **Inducción floral:** Inicia la formación de la flor después de un cierto número de días en bajas temperaturas; Mientras tanto, se presencia el brotamiento de hojas más pequeñas que durante la fase de crecimiento.
- **Formación de pellas:** Forma una pella en la yema terminal, y paralelamente tiene lugar la fase de inducción floral en las yemas axilares de las hojas, dando lugar a la formación de nuevas unidades de pellas que serán significativamente más pequeñas que el original.
- **Floración:** Los tallos que sostienen las partes de la pella inician un crecimiento en longitud, con apertura de las flores.
- **Fructificación:** Se da la formación de los frutos (silicuas) y semillas.

1.2.7. Variedades de brócoli

Existen variedades desde grano muy suelto hasta grano muy apretado. Considerando el ciclo de formación de la pella desde siembra a madurez, se muestra las variedades de estación temprana, media y tardías. La siembra de las variedades tempranas se realiza en los últimos días de junio y se cosechan durante los meses de octubre, noviembre y diciembre. Las de estación media se siembra en la misma fecha y se recolectan en enero y febrero. Y las variedades tardías se cosecharán durante los meses de marzo, abril y mayo (INFOAGRO, 2022).

- **Admiral:** variedad de ciclo medio. 80-85 días desde trasplante a recolección.
- **Coaster:** ciclo medio-largo. 80-85 días desde trasplante a recolección.
- **Greenduke y Peyet:** tiene ciclo de 80-90 días.
- **Corvet:** variedad precoz. 90-95 días desde la siembra. Resistente a *Peronospora brassicae*.
- **Imperial:** Híbrido de madurez intermedia, se caracteriza por ser vigorosa, presenta cabeza en forma de domo alto, con coloración verde-azulado, la pella posee granos pequeños y uniformes. Desarrolla pocos hijuelos en la base de la planta, su maduración es uniforme lo que facilita la cosecha, con una madurez relativa de 75 - 90 días después del trasplante, tiene una mayor adaptación y un mejor desarrollo en los meses de octubre a diciembre. (Sakata, 2021).
- **Shogum:** ciclo semi-tardío. Tolerante a *Peronospora brassicae*.
- **Marisa:** muy precoz. 55-60 días desde el trasplante a la recolección.

1.2.8. *Requerimientos edafoclimáticos*

a) Clima

Según Zamora (2016), afirma que, la temperatura ideal para el brócoli está entre 15 y 25 °C. si aún no se ha formado la inflorescencia puede llegar a soportar hasta -2°C. para la germinación de semillas abarca un rango de 7 y 35°C. A muy altas temperaturas el cultivo desarrolla: cabezas deformes con una coloración purpura, lo cual indica mala calidad.

Es principalmente un cultivo que se cultiva en otoño e invierno. Se requieren temperaturas entre 15 y 18 °C para el desarrollo normal de la planta durante la fase de crecimiento; se requieren varias horas del día entre 10 y 15 °C para iniciar la fase de inducción floral. Cuando las temperaturas están cerca de los 0 °C, la planta y la pella normalmente no se congelan durante las pocas horas a las que están expuestos cada día (Infoagro, 2024). Este cultivo de brócoli tolera a heladas ligeras y, si es severa, puede causar daños a la pella (INIA, 2003).

b) Suelo

Prefiere suelos que se inclinan más hacia la acidez que hacia la alcalinidad, como lo hacen todas las plantas crucíferas; un pH de 6.5 a 7.0 es ideal. Necesita suelos de textura media. No se lleva bien con agua de riego excesiva ni con suelos excesivamente salados. Se pueden utilizar suelos ligeros para las variedades tempranas, mientras que los suelos fuertes son más adecuados para las variedades tardías. Lo mejor es que el suelo tenga la temperatura y humedad ideales. (Infoagro, 2022). Cuando se planta en suelos arcillosos, el cultivo de brócoli es extremadamente sensible y solo moderadamente tolerante a las sales del suelo. Puede soportar hasta 4.9 dS/m en suelos arenosos y 2.8 dS/m en suelos medios. El potencial de rendimiento del brócoli disminuye un 10% a 4 dS/m y hasta un 50% a 8 dS/m (Zamora, 2016).

Es una planta de fotoperíodo neutro porque la inducción floral, la diferenciación y la formación de flores ocurren independientemente de la duración del día o del fotoperíodo, pero en climas cálidos pueden llegar hasta 25°C. Los niveles bajos de luz, como los que se experimentan durante el invierno de la Costa Central, producen excelentes resultados tanto en términos de cantidad como de calidad del producto. Debido a que el exceso de luminosidad se asocia frecuentemente con altas temperaturas, puede

representar un obstáculo para la capacidad del cultivo para crecer y desarrollarse normalmente (INIA, 2003).

c) Cultivar

La selección del cultivar de brócoli es una parte crucial del proceso de cultivo. Considerando el uso del cultivo, el rendimiento, la precocidad, la época de siembra y cosecha, densidad de siembra, las características de la pella, la tolerancia a plagas y enfermedades, los requerimientos del mercado, etc. Las empresas se enfocan en mejorar la calidad, uniformidad, defensa contra plagas y enfermedades, desempeño y adaptación al entorno. El elevado costo de la semilla, el alto nivel de tecnología de manejo del cultivo y los costos de producción limitan el uso de nuevos cultivares (Toledo, 2003).

d) Híbridos

Reigosa et al. (2004) definen que, “se denominan variedades híbridas al resultado del cruce de dos líneas puras, dos híbridos simples o una línea pura y un híbrido simple” (p. 17).

1.3. Brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cv. Imperial

Según Sakata, citado por Otárola, (2018). Es una planta de crecimiento recto, de una sola inflorescencia, de tamaño mediano y grano fino con coloración verde azulado. Adaptable a climas intermedios y cálidos durante días prolongados de calor moderado. La distancia de siembra es de 0.7 x 0.25 a 0.40m, lo que admite aprovechar mayor número de plantas por área. La cosecha comienza a los 80 ddt, lo que es bueno tanto para el mercado fresco como para la industria porque muestra una adecuada postcosecha.

1.3.1. Características cuantitativas

- Periodo vegetativo; Cultivar precoz, cosecha de 60 a 70 días después del trasplante, dependiendo de la radiación y temperatura.
- Consumo de semillas por hectárea; Un gasto de 35,000 semillas por hectárea es lo recomendable.

1.3.2. Características cualitativas

- Planta; Planta vigorosa y de porte medio.

- Inflorescencia; Cabeza compacta, mediana, pesada, de grano fino a medio y de color verde oscuro.
- Hojas erectas
- Condiciones climáticas; Cultivar adaptado a climas cálidos e intermedios.

1.3.3. Manejo agronómico del cultivo

a) Almacigo

Las semillas deben mantenerse almacenadas durante un mes para que alcancen la fase juvenil; este es un método de siembra indirecto. Para plantar una hectárea se deben almacenar cien gramos de semilla híbrida. Para que las plántulas crezcan rápida y vigorosamente, la tierra del semillero debe estar suelta y fértil para evitar daños a las raíces cuando se retiran las plantas para trasplantarlas (Jaramillo et al., 2016). Cuando las plántulas alcanzan de 12 a 15 cm de longitud, o de 4 a 5 hojas verdaderas, se trasplantan de sus semilleros, que están hechos de tierra blanda enriquecida con materia orgánica. El periodo de crecimiento en semillero es de 35 – 49 días (Infante, 2018 & Jaramillo et al., 2016).

b) Sistema de siembra

Los dos tipos de sistemas de siembra (surcos, camas) utilizados para la producción de brócoli actualmente se manejan tomando en cuenta las condiciones geográficas, ya sea por tradición o continuidad ancestral, o por la facilidad de las tareas de adaptación de los lotes. Estos hallazgos se basan en encuestas realizadas para la adopción de tecnologías de producción local (Jaramillo et al., 2016).

c) Trasplante

Debido a que las plántulas de esta especie son resistentes a las condiciones de estrés del campo, el brócoli es una especie fácil de trasplantar. Cabe destacar que la planta debe ser del mayor calibre al momento de ser trasplantada; debe ser compacto, resistente y tener un tallo recto. También debe estar libre de plagas y enfermedades, tener un buen sistema radicular, medir entre 10 y 12 cm de altura y poseer de tres a cuatro hojas verdaderas. Para el trasplante se recomienda que las plántulas tengan cuatro semanas (Bonilla et al. 2011, citado por Jaramillo et al., 2016).

d) Riego en brócoli

Aunque se desconoce la cantidad precisa de agua que requiere el cultivo de brócoli, las reducciones en el rendimiento resultan de una escasez durante la temporada de formación de inflorescencias, que es la etapa fenológica con mayor demanda de agua. De la misma manera, una abundancia en los días previos al inicio de la cosecha puede resultar en floración. El coeficiente de desarrollo del cultivo aumenta gradualmente entre los 30 y 50 días después del trasplante (DDT), ya que durante este tiempo se desarrolla del 60 al 70% del follaje, lo que resulta en un aumento en los requerimientos hídricos (Jaramillo et al., 2016). El volumen de agua fluctúa en el promedio de 50 cm de lámina de agua, lo cual equivale a 500 mm y 5,000 metros cúbicos de agua por campaña (INIA, 2003).

e) Prácticas de control de arvenses y aporque

El período más crucial para controlar las malezas son los 45 días después de hacer el trasplante; ocasionalmente se deben realizar dos deshierbes manuales, los primeros 15 a 20 días después del trasplante (al momento de incorporar la primera fertilización nitrogenada). El segundo procedimiento se hace entre 40 y 50 días después del trasplante (INIA, 2003 & Jaramillo et al., 2016).

e) Plan de fertilización

Los resultados de un análisis de suelo deben servir como base para una adecuada fertilización del cultivo. Estos resultados indicarán la disponibilidad de nutrientes en función del pH del suelo, la cantidad de materia orgánica en el suelo, los requerimientos de la planta y la capacidad de la planta para extraer nutrientes. Esto ayudará a tomar mejores decisiones sobre el tipo de fertilizante que se utilizará, cuánto utilizar y cuándo aplicarlo (Jaramillo et al., 2016).

100–120 kg de N y 50–80 kg de P_2O_5 por hectárea son los valores encontrados en la literatura que corresponden a las dosis de fertilización sugeridas; El potasio solo debe aplicarse en situaciones en las que se haya establecido una necesidad. Para suelos pobres de nuestro entorno se recomiendan dosis de referencia de 80 a 120 kg de N, 60 kg de P_2O_5 y 60 kg de K_2O por hectárea. Al plantar brócoli en suelos medianamente fértiles y rotarlo con otros cultivos altamente fertilizados, son suficientes entre 80 y 120 kg de N ha^{-1} (INIA, 2003).

1.3.4. Densidad de plantas y sus efectos en brócoli

Los rendimientos más bajos pueden deberse a una densidad de siembra inadecuada para un cultivo como consecuencia de la competencia intraespecífica e interespecífica por recursos como agua, luz, nutrientes y espacio (Gaspar, 2021). La cantidad de semilla que se emplea para la siembra en una hectárea es 250 – 300 g; mientras, el distanciamiento utilizado varía entre 0.60-0.80 x 0.30-0.40. El ciclo vegetativo del brócoli dura entre 80 – 100 días (AgroRural, s.f.).

Una alta densidad está relacionada con bajos rendimientos de la pella en brócoli, por lo tanto, se obtendrá pellas de menor peso, pero mayor producción y rendimiento por hectárea. A menor densidad de siembra se obtendrá mayor tamaño y peso de pellas. (Jaramillo et al., 2016).

Gaspar (2021) encontró que, además de la calidad del cultivo, presentó variaciones estadísticas notables en el peso y diámetro del pedúnculo principal de las inflorescencias. Esto llevó a una densidad de siembra adecuada de 20,833 plantas/ha en el tratamiento evaluado, que fue utilizado para el mercado nacional, ya que exige el peso y tamaño del brócoli. Sin embargo, Tesén (2021) en un experimento determinó una densidad adecuada de 31,250 plantas por hectárea.

Toledo (2003) define que, el distanciamiento y la densidad de plantas depende del cultivar, la época de siembra, fertilización, riego, el mercado destino y los factores bióticos y abióticos. En nuestro medio el cultivo de brócoli se conduce con densidades de 28000 a más de 50 000 plantas por hectárea.

De Chávez (2016) refiere que a una densidad alta se observa una disminución del tamaño y peso de la pella. De modo que, para la elección del distanciamiento entre plantas se tendrá un menor peso de inflorescencia, pero mayor producción y por ende mayor rendimiento. A menor densidad de siembra se obtendrá mayor peso y tamaño de pellas (Jaramillo et al., 2016).

Valadez (1994) indica “en cuanto a la densidad de siembra, en brócoli se obtienen densidades comerciales de 40,000 a 60,000 plantas/ha, aunque experimentalmente se debe obtener de hasta 150,000 plantas ha⁻¹”(p.13).

De acuerdo con Rojas et al. citado por Torres (2016) que a una densidad optima se genera un adecuado desarrollo de los cultivos, a una determinada área. Si el área no es suficiente, se da la competencia intraespecífica por elementos nutricionales, luminosidad y agua.

Lozano et al. (2019) concluyeron que, el peso de las pellas cosechadas fue mayor cuando se trasplantó a 30 cm/planta. No se observaron variaciones en rendimiento a las distancias comparadas. Dado que una plantación a 15 cm tiene más recursos y esfuerzos, y teniendo en cuenta que no mostró ser conveniente en cuanto al rendimiento, se recomienda plantar a 30 cm para maximizar el peso de las cabezas.

Jaramillo y Díaz (2006) sostienen “que a menor distancia se obtiene pellas de menor peso y tamaño, pero en mayor número, con lo que se logra mayor rendimiento por hectárea” (p. 12). Gaspar (2021) afirma que a mayor número de plantas se tiene pellas pequeñas y con bajo. Por ende, a mayor número de plantas se tendrá un menor peso de pella, sin embargo, con una producción alta y mayor rendimiento/ha.

Luna (2018) indica que el rendimiento presentó diferencias estadísticas significativas entre las densidades. La densidad B1(166,66plantas/ha) presentó un mayor rendimiento de 26,85 t. ha⁻¹ en comparación a las demás densidades, densidad B2 (111,108.9 plantas/ha) con un rendimiento de 19,88 t. ha⁻¹ y densidad B3 (83,332.5 plantas/ha) con un rendimiento de 15,28 t. ha⁻¹.

Fraire et. al. (2010) mencionan que la densidad de plantación tiene un efecto inversamente proporcional al diámetro de florete y al hueco en el tallo. La densidad de 55 000 plantas ha⁻¹ produjo mayor diámetro de florete y de hueco en el tallo, mientras que la densidad de 75 000 plantas ha⁻¹. tuvo el menor diámetro de hueco en el tallo.

Palevitch (1970) indicó “A mayor densidad de plantas de brócoli de 4 plantas/m² a 10 a 11 plantas/m² mayor rendimiento, especialmente mediante el uso de espaciamientos que se aproximan a disposiciones equidistantes” (p. 18).

Ward, B. et al. (2018) concluyeron que aumentar la densidad de plantas y reducir el espaciamiento aumentó significativamente el rendimiento general por hectárea.

Diámetro del tallo y el peso promedio de la cabeza no se vio afectado por la densidad de plantas; sin embargo, la densidad más alta puede aumentar el riesgo de que las plantas produzcan cogollos de menor calidad. características. Con el mayor riesgo de producir cabezas comercializables de menor calidad. junto con el aumento de los costos de producción asociados con el espacio de 4 pulgadas, el rendimiento y los atributos de calidad del cabezal se pueden optimizar con un espacio de 6 pulgadas dentro de las filas.

Infante (2018) muestra en su trabajo de investigación que la densidad de siembra actuó en la altura y diámetro ecuatorial de la pella, no así en el diámetro del pedúnculo y peso de la pella, sin embargo. Sin embargo, la densidad de plantas (20 000) tiene mayor peso de la inflorescencia respecto a las demás densidades como se muestra en la tabla 1.4.

Tabla 1.4

Calidad de la producción de brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial bajo 4 densidades de siembra

Distanciamiento (cm)	Densidad	Peso fresco de inflorescencia (g)	Diámetro de inflorescencia (g)	Altura de inflorescencia (cm)	Diámetro pedúnculo (mm)
60	20000	593.86 a	14.38 a	12.70 a	4.90 a
50	25000	565.65 a	13.15 ab	10.79 b	4.23 a
40	30000	499.22 a	12.75 ab	10.02 b	4.33 a
30	40000	489.96 a	11.78 b	9.24 b	4.27 a
ANVA		Ns	*	*	Ns
Promedio		537.17	13.02	10.69	4.43
CV (%)		19.51	6.37	6.92	9.26

1.3.5. Rendimiento

Infante (2018) indica, la densidad de siembra influyó en el rendimiento. La densidad de 40 000 plantas. ha⁻¹ obtuvo mayor rendimiento (19.59 t ha⁻¹), mientras que la densidad de 20 000 pl. ha⁻¹ obtuvo el menor rendimiento (11.32 t ha⁻¹).

El rendimiento de la pella con fertilización química es estadísticamente superior al fertilizante orgánico en un 35% y al testigo en un 52%. También en términos de rendimiento de materia verde, la fertilización química es mejor que la fertilización orgánica en un 24% y el control en un 32% (Herrera, 2001).

Ortiz (2019) menciona que, “con el uso combinado de fertilización orgánica y química, el mayor rendimiento de floración fue de 22,93 toneladas ha^{-1} para el tratamiento y control de fertilizantes orgánicos”. La mayor eficacia de los fertilizantes inorgánicos se da gracias a la disponibilidad inmediata de nutrientes (N, P, K) en fertilizantes químicos, cuyo efecto se caracteriza por su fácil solubilidad y asimilación inmediata en el sistema radicular de la planta.

1.4. Fertilización en cultivo de brócoli

1.4.1. Niveles de extracción

El cultivo de brócoli tiene extracción de nutrientes de: 559 – 23 – 723 de NPK para un rendimiento de 32,300 kg ha^{-1} (Magnifico et al., 1976, citado por INIA, 2003). Sin embargo, en otras regiones suelen emplear la fertilización con nivel de extracción de 400 – 150 – 100 de NPK; depende principalmente de las condiciones edafológicas de las regiones (Zamora, 2016). El cultivo absorbe las siguientes cantidades totales de macronutrientes, expresadas en kg ha^{-1} , para una producción total de 19.2 t ha^{-1} : 243.9 N, 28.7 P, 240.9 K, 221.3 Ca y 23.0 Mg. Cuando el crecimiento de la inflorescencia fue máximo, N, P y Mg se acumularon más, mientras que K y Ca se acumularon al final del período de cultivo (Lopez, 1998). Según las recomendaciones de Agrorural, menciona nivel de extracción de 250 – 125 – 350 de N-P₂O₅-K₂O para un rendimiento de 15 – 20 t ha^{-1} (AgroRural, s.f.).

Los criterios de aplicación de fertilización varían según las condiciones, en brócoli se puede aplicar todo el fósforo, potasio (si es necesario) y un tercio o la mitad del nitrógeno podría ser la dosis de fertilizante para la siembra. A continuación, añadir 1/3 o 1/4 de nitrógeno durante la fase de raleo y 1/3 o 1/4 de nitrógeno tras la aparición de las primeras yemas (Zamora, 2016). La recomendación de fertilización, o fórmula de fertilización, depende de varios factores, incluida la cantidad de suelo fértil, las necesidades nutricionales del cultivo, el rendimiento previsto, la calidad de la semilla y el clima. El técnico del área ajusta la recomendación basándose en su conocimiento de cómo responden los suelos de su región a la aplicación de fertilizantes (AgroRural, s.f.).

1.4.2. Fertilización nitrogenada

El crecimiento de las plantas depende del nitrógeno. Todas y cada una de las células vivas lo contienen. Para que las plantas crezcan normalmente se necesitan grandes

cantidades de N. Este elemento debe estar en una forma diferente al N elemental para que la mayoría de las plantas lo absorban (excluidas las legumbres). Los iones nitrato (NO_3) y amonio (NH_4) son las formas que con mayor frecuencia asimilan las plantas. Las plantas tienen la capacidad de absorber urea (NH_2CONH_2) (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1997).

Ospina y Cartagena (2008) encontraron que, la cantidad de nitrógeno extraído es independiente de los híbridos de brócoli y está directamente correlacionada con la producción de peso seco hasta alcanzar su máximo rendimiento; A pesar de recibir rendimientos variables, los híbridos tenían el mismo requerimiento interno de nitrógeno; Los mayores rendimientos de inflorescencia, $17,71 \text{ ha}^{-1}$ para el híbrido Avenger y $14,61 \text{ ha}^{-1}$ para el híbrido Heritage, se lograron con 300 kg ha^{-1} de nitrógeno.

Rincon et al. (1999) indican que en un cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L) cv. Maratón, se han observado y medido el crecimiento vegetativo y la absorción de nutrientes a una densidad de siembra de 5 plantas por m^2 . Después del trasplante, se tomaron muestras de las plantas cada 15 a 20 días durante 87 días. Durante el período de muestreo, la producción total de materia seca fue de 6.2 t ha^{-1} , de la cual el 39.1% fue aportado por inflorescencias. La mayor eficiencia foliar, medida como asimilación neta promedio entre 0 y 31 días después del trasplante, se alcanzó a los 87 días después del trasplante, cuando el índice de área foliar fue de 4.4. El cultivo absorbió las siguientes cantidades totales de macronutrientes, expresadas en kg ha^{-1} , para una producción total de 19.2 t ha^{-1} : 243.9 N, 28.7 P, 240.9 K, 221.3 Ca y 23.0 Mg. La mayor concentración de N y P.

Everaarts (1994) indica que, cuando el brócoli (*Brassica oleracea* L.) recibe más nitrógeno del que necesitaba, aumenta el riesgo de pudrición de las inflorescencias y reducción de la cantidad de producto que puede venderse. Hay signos que sugieren que el desarrollo de la pudrición de la inflorescencia en ambientes bajos en nitrógeno probablemente sea causado indirectamente por el peso y el contenido de materia seca de la inflorescencia. Los tratamientos no tuvieron efecto sobre el índice de cosecha. Encontrar los mecanismos subyacentes a la pudrición de la inflorescencia restringida a niveles bajos de nitrógeno puede ayudar a identificar rasgos a buscar en programas de evaluación agronómica de cultivares de brócoli con suministro regular de nitrógeno.

a) Desventajas de fertilización nitrogenada

Según Medina-Morales (2001), se pueden mencionar las siguientes desventajas:

- ✓ Pérdidas por lixiviación y evaporación.
- ✓ Contaminación de las fuentes acuíferas y formación de eutrofización.
- ✓ La sobredosis ocasiona toxicidad en las plantas.
- ✓ Genera gases de efecto invernadero.

b) Nitrógeno en la planta

El N en la planta forma parte el 2% en peso seco, aproximadamente. En tejidos jóvenes, el N oscila entre 5.5 y 6.5% en peso seco, la cantidad de N varía en función de la relación C/N. En la se encuentra bajo la forma orgánica como la proteína. En la planta puede encontrarse en sus formas inorgánicas como amónicos, nitritos y nitratos, siendo estos una pequeña porción del total (Navarro & Navarro, 2003).

El nitrógeno forma parte de la estructura de proteínas, es componente de ácidos nucleicos, es constituyente de clorofila y enzimas, es indispensable en fotosíntesis y respiración celular. Su deficiencia se manifiesta a través de plantas raquíticas, hojas de color verde amarillento, nervaduras pronunciadas; en casos extremas las hojas presentan coloración anaranjada. Mientras, el exceso de nitrógeno en la planta ocasiona estructuras muy succulentas, mayor desarrollo aéreo de la planta, maduración se retrasa, el rendimiento baja por exceso desarrollo de biomasa de la planta, este hecho provoca que la planta esté propenso a enfermedades y plagas (Navarro & Navarro, 2003).

1.4.3. Fuentes de fertilizantes nitrogenados

El tipo de fertilizante nitrogenado más común utilizado en todo el mundo es ahora la urea. Aunque la urea es un compuesto natural, también se puede producir calentando y presurizando dióxido de carbono (CO_2) y amoníaco (NH_3) a altas temperaturas. Su alto contenido de nitrógeno (N) (46%) hace que su producción, envío y aplicación en el campo sean rentables (Mikkelsen, 2007). Su fórmula química es $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (Navarro y Navarro, 2014).

Los agricultores que utilizan urea como fuente de N para la nutrición de sus cultivos tienen dos preocupaciones. En primer lugar, la urea reduce el efecto nutricional del N aplicado al hacer que parte del mismo se pierda mediante la volatilización del NH_3

mientras aún está en la superficie del suelo. Cuando se agrega urea al suelo, generalmente reacciona rápidamente con la enzima ureasa del suelo para producir amonio (NH_4) y NH_3 , que pueden liberarse en forma de gas. Se ha trabajado mucho para comprender el proceso de pérdida de NH_3 . Por esta razón, se han desarrollado una serie de métodos que pueden reducir significativamente estas pérdidas. Estos métodos incluyen el uso de aditivos (inhibidores de ureasa), urea recubierta de polímero (liberación controlada) y técnicas de manejo adecuadas (Mikkelsen, 2007). Un método para crear urea recubierta de liberación controlada es la inclusión física de gránulos de urea en un material de recubrimiento adecuado (Azeem et al., 2014).

Tabla 1.5

Descripción de las características de fertilizante urea

Características	Valores
Nitrógeno (%)	46.6
Peso molecular (g/mol)	60.06
Solubilidad a 20 °C en agua (g/100mL)	108
Índice de acidez	84
Índice de salinidad	75.4
Punto de fusión (°C)	133

Fuente: (Navarro y Navarro, 2014).

1.5. Abono orgánico

Gross (1971) afirma que, la adición de desechos animales, vegetales o mixtos al suelo para mejorar sus características físicas, biológicas y químicas da como resultado la formación de fertilizantes orgánicos. En consecuencia, los residuos de cosecha que quedan en el campo después de la cosecha; cultivos de abono verde (en particular leguminosas que fijan nitrógeno); residuos orgánicos producidos durante el procesamiento de productos agrícolas; y residuos domésticos (excrementos, desechos del hogar). Actualmente, este tipo de fertilizante mejora la estructura del suelo además de aportarle nutrientes. Alterar la población global de microorganismos para promover la creación de agregados que faciliten el intercambio de gases de suministro a nivel de raíces y la retención de agua.

Rosales (2014), afirma que los fertilizantes orgánicos de procedencia animal representan un método tradicional de la fertilización orgánica, considerándose una de las

mejores opciones para incrementar la actividad biológica del suelo. El suelo es atacado tanto por mesofauna como por microorganismos, modifican y descomponen los residuos orgánicos, que realizan la descomposición de la materia orgánica, produciendo dióxido de carbono, agua, nitrógeno en forma de amoníaco y nitrógeno, etc.

1.5.1. Beneficios de los abonos orgánicos

Respecto a los beneficios del uso de fertilizantes, INTAGRI (2016) menciona que, La respuesta de los cultivos es particularmente buena cuando se añade un tipo particular de materia orgánica, que puede añadir residuos orgánicos al suelo. En algunos casos, esto puede aumentar el rendimiento hasta diez veces.

- La proporción de elementos esenciales para la mayoría de las plantas depende del fertilizante orgánico utilizado.
- Su particularidad es la liberación gradual de nutrientes, lo que garantiza el aporte de determinados nutrientes al cultivo durante su desarrollo. Mejorando la parte física del suelo, la porosidad, la aireación y la retención de agua.
- La materia orgánica tiene una mejor capacidad de intercambio catiónico (CIC) que la arcilla, por lo cual incrementa la CIC con la adición de fertilizantes orgánicos.
- Tienen la disposición de formar complejos orgánicos con los nutrientes, haciéndolos más disponibles para las plantas.
- Proveen carbono orgánico para el funcionamiento de organismos heterótrofos presentes en el suelo.
- Incrementa la infiltración del agua, disminuyendo el flujo superficial.
- Lo que ayuda a reducir las pérdidas de suelo por erosión hídrica. Favorecen una mayor estabilidad de agregados del suelo.
- Otorga una mayor estabilidad de agregados del suelo. Por ende, se reduce las pérdidas de suelo por erosión hídrica.
- Los fertilizantes orgánicos aportan al suelo una mayor capacidad productiva, mantienen su fertilidad en el tiempo y son sostenibles durante los ciclos de producción.

1.5.2. Desventaja del abono orgánico

Los "abonos orgánicos" no pueden ser empleados inmediatamente por las plantas. La liberación lenta puede ser una ventaja. Pero si los nutrientes se necesitan

inmediatamente, los fertilizantes orgánicos no pueden proporcionarlos muy rápidamente. Además, es muy difícil obtener datos de la cantidad de nutrientes y la cantidad de elementos que contienen estos fertilizantes, como el estiércol, lo que dificulta calcular con precisión la cantidad de fertilizante que se utiliza.

1.6. Gallinaza como abono orgánico

Según INTAGRI (2016), desde hace mucho tiempo, los agricultores utilizan fertilizantes orgánicos para mejorar las propiedades de sus suelos y aumentar su fertilidad, dos aspectos importantes para el crecimiento saludable de los cultivos. Hoy en día, su aplicación es crucial, ya que han demostrado tener éxito en aumentar los rendimientos y mejorar la calidad del producto. Numerosos estudios demuestran el papel fundamental que desempeña la materia orgánica en el suelo para el desarrollo saludable de los cultivos.

Acuña (2003) y Soto (2003) mencionan que, restaurar el balance químico, físico, biológico y ecológico del suelo es uno de los beneficios del uso de estiércol de gallina como fertilizante orgánico. Esto aumenta la variedad y cantidad de flora microbiana, permite la reproducción de lombrices y libera los nutrientes que necesitan las plantas.

Yagodin (1986) afirma que, colocado en el suelo, el estiércol de gallina es un fertilizante orgánico de alta calidad hecho de excrementos de pájaros y material de cama (generalmente cáscara de arroz mezclada con un poquito de cal). De manera similar, el estiércol de pollo es muy apreciado. Fertilizante orgánico relativamente concentrado de acción rápida. De manera similar, el fertilizante es mucho más abundante en todos los nutrientes esenciales que necesitan las plantas.

Cabaleiro (2013) menciona que, en la agricultura el uso de estiércol de gallina, es relevante para los agricultores desde antaño como fertilizante. La composición de este subproducto orgánico, aunque variable, lo convierte en una fuente de materia orgánica y de elementos fertilizantes, que aplicado al suelo mejora las propiedades físicas y provoca un aumento inmediato de nutrientes. La gallinaza es especialmente rica en N y P, presentando contenidos más altos que las otras clases de estiércol.

Según Cabaleiro (2013), existen diferentes razones que aconsejan la valoración agrícola del estiércol de pollo como una de las mejores alternativas para su utilización:

- La tierra está agotada por las prácticas agrícolas, que requieren el uso de más fertilizantes minerales para mantener los niveles de productividad. Los entornos fisicoquímicos y, lo más importante, biológicos del suelo se alteran cuando no se añade materia orgánica al suelo junto con fertilizantes minerales.
- La adición de materia orgánica inerte mejora las características físicas del suelo, reduciendo el riesgo de erosión, aumentando la capacidad del suelo para retener agua y mejorando la estructura del suelo. Las sustancias orgánicas activas influyen en el sistema suelo-planta favoreciendo directamente el crecimiento de las plantas y mejorando su nutrición con minerales.
- En términos de biología, el estiércol sólido de pollo tiene 63 millones de microorganismos por gramo de materia seca. Estos microorganismos contribuyen activamente al ciclo de los elementos, aumentando significativamente las enzimas y metabolitos microbianos, lo que puede favorecer simultáneamente la estimulación de sustancias de acción fitohormonal, la producción de vitaminas, etc.
- A nivel nutricional, el estiércol de pollo supone un aporte de materia orgánica y elementos fertilizantes al suelo (N, P, K, Ca, Mg y oligoelementos) y un incremento de la capacidad de intercambio catiónico. La materia orgánica, así como los nutrientes que contiene el estiércol de pollo se mineralizan progresivamente, es decir, se liberan gradualmente de forma que la planta dispondrá de los nutrientes según los necesite, dando lugar a un efecto residual que puede ser aprovechado por el siguiente cultivo.

Las principales características físico-químicas y químicas del estiércol de pollo de engorde, según diferentes autores a nivel mundial, el estiércol fresco de pollo de engorde contiene un bajo porcentaje de humedad, que varía entre 19,5 y 38,7 %, siendo su conductividad eléctrica normalmente alta, aunque muy variable (3,4 – 18,0 dS m⁻¹). El contenido de N total varía entre el 2,0 y el 5,3 %, del cual la mayor parte es orgánica (0,3 - 3,3 %).

La relación C/N es baja (6,4-12,1), lo que facilita la liberación de N. La presencia de metales es muy variable; en algunos casos puede presentar contenidos que pueden exceder los valores límites admitidos para fertilizantes.

1.7. Características fisicoquímico de Terrasur

Según la ficha técnica de gallinaza procesada o Terrasur, vienen de las gallinas de postura bajo en N y alto contenido de micronutrientes. Contiene 4.2 – 6.5% de fósforo, 2.9 – 5.9% de K₂O, 1.6 – 2.2% de N, 25.1 – 47.9 % de materia orgánica, pH 7.1 – 8.2 (cercano a neutro), conductividad eléctrica de 4.8 – 36.1 dS/m (Terrasur S.A.C., 2021).

Tabla 1.6

Características fisicoquímico de Terrasur

	Mín.	Máx.	Unidad
pH	7.1	8.2	Ph
CE	4.8	36.1	dS/m
Mat Org	25.1	47.9	%
Humedad	12	25.9	%
N	1.6	2.2	%
P ₂ O ₅	4.2	6.5	%
K ₂ O	2.9	5.9	%
CaO	7.7	22.3	%
MgO	1.1	2.9	%
na	0.2	1	%
Micronutrientes			
Fe	1282	6230	ppm
Cu	54	88	ppm
Zn	342	1118	ppm
Mn	402	1005	ppm
B	54	113	ppm

Según Miralles et al. (2017) la composición de los estiércoles depende de la alimentación de las gallinas, factores ambientales, variedad, edad, dieta y la salud general de los pollos, junto con las técnicas de manejo agrícola, determinan la cantidad y composición del estiércol. En base al peso vivo diario promedio de las aves durante el ciclo de producción, las estimaciones de excreta por cada 1.000 aves por día son aproximadamente 120 kg para las gallinas ponedoras y 80 kg para los pollos de engorde. Los diversos métodos utilizados en la producción de pollos determinan la cantidad y composición del estiércol de pollo, que es necesario para el manejo eficaz y ecológico de estos subproductos al utilizarlos para fertilizar el suelo.

Bajo estas revisiones de fuentes, podemos deducir que la principal diferencia entre gallinaza procesada y no procesada es, que la primera se mineraliza con rapidez en corto tiempo debido a que está molida finamente; mientras en la segunda ocurre lo contrario.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

Este trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres. Los detalles se mencionan a continuación:

2.1.1. Ubicación política

Departamento	: Ayacucho
Provincia	: Huamanga
Distrito	: Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Localidad	: Canaán

2.1.2. Ubicación geográfica

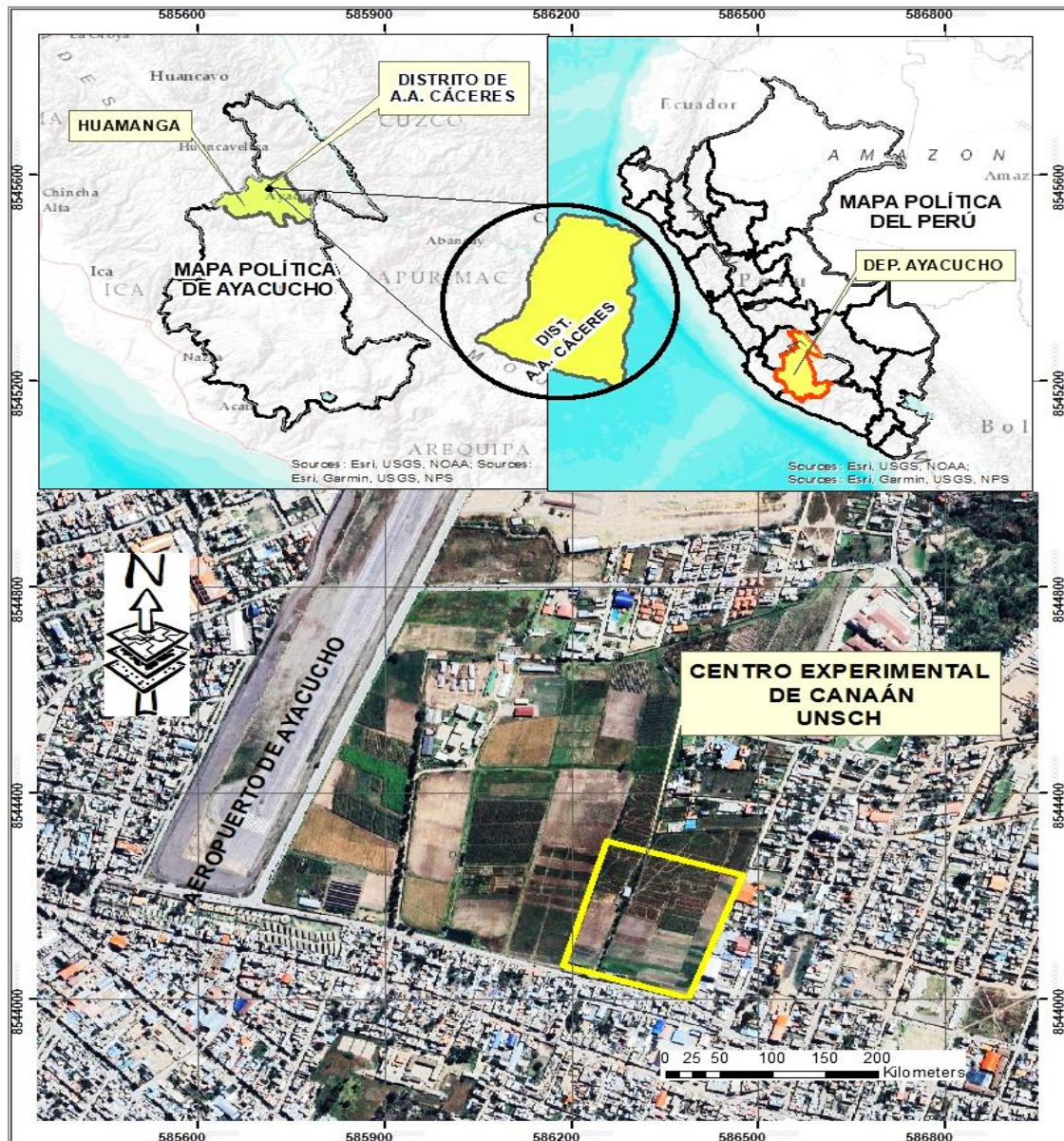
Latitud sur	: 13°10'8.72"
Longitud oeste	: 74° 12' 12.85"
Altitud:	2750 msnm.
Pendiente	: 1-2 %

2.1.3. Ubicación ecológica

Según la clasificación de Holdridge de zonas de vida, el Centro Experimental de Canaán pertenece a la zona de vida de montano bajo subtropical de estepa espinosa (ee-MBS), la altitud está entre 2000 y 3100 msnm.

Figura 2.1

Mapa de ubicación del centro experimental de Canaán, lugar del experimento, elaborado a partir de cartas nacionales de Geogpsperu



2.2. Antecedentes del terreno experimental

El terreno experimental donde se instaló este trabajo de investigación, los años anteriores estuvo ocupado por cultivos de hortalizas como la lechuga y col.

2.3. Condiciones climáticas

En el observatorio climatológico del INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria), se registraron los datos meteorológicos los cuales se ubican a una altitud de 2750 msnm. El observatorio está ubicado en las coordenadas 74°12'22.92" de longitud

oeste y 13°10'00.06'' de latitud sur. Dichos datos se emplearon para realizar el balance hídrico, y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.1 y Figura 2.2.

La Tabla 2.1 y la Figura 2.2 evidencian los registros de precipitación, temperatura máxima, media y mínima durante el periodo abarcado entre enero y diciembre de 2023. En este periodo, la precipitación total alcanzó los 553.00 mm, en tanto, que las temperaturas máxima, mínima y media anuales fueron de 23.09°C, 6.6°C y 16.6°C, respectivamente.

Tabla 2.1

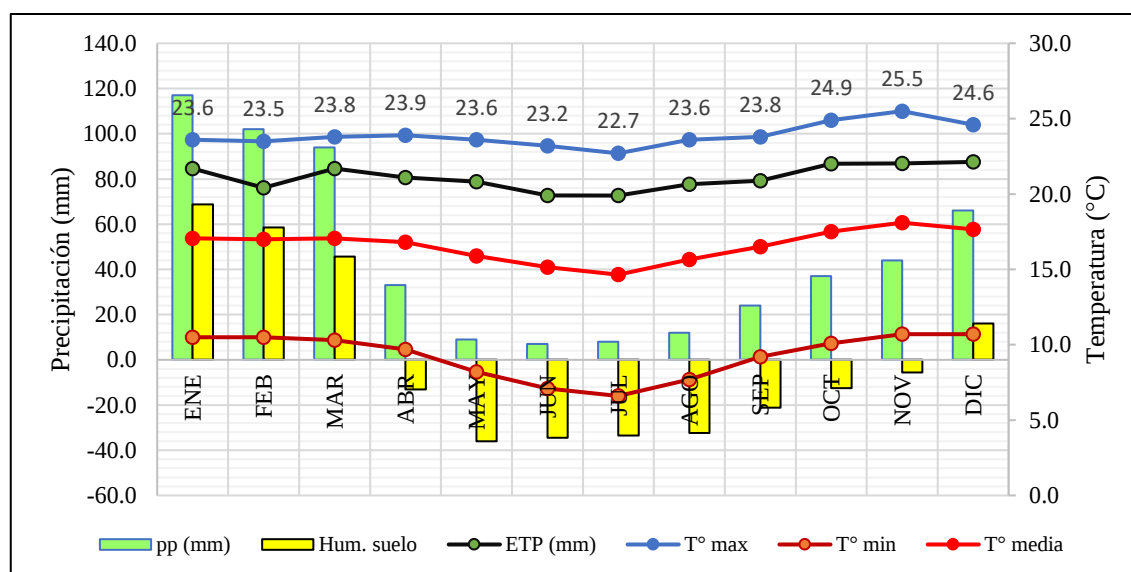
Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2023, de la Estación Experimental INIA - Canaán, UNSCH

ESTACIÓN : INIA-CANAÁN				DISTRITO : AYACUCHO				ALTITUD : 2735 msnm						
				PROVINCIA : HUAMANGA				LATITUD : 13° 10' 00.06" S						
				DEPARTAMENTO : AYACUCHO				LONGITUD : 74° 12' 22.92" W						
DESCRIPCIÓN	UNID	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
T° max. Media mensual	°C	23.6	23.5	23.8	23.9	23.6	23.2	22.7	23.6	23.8	24.9	25.5	24.6	
T° min. Media mensual	°C	10.5	10.5	10.3	9.7	8.2	7.1	6.6	7.7	9.2	10.1	10.7	10.7	
T° media mensual	°C	17.1	17.0	17.1	16.8	15.9	15.2	14.7	15.7	16.5	17.5	18.1	17.7	
Factor de multiplicacion		4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	
ETP	mm	84.57	76.16	84.57	80.64	78.86	72.72	72.66	77.62	79.20	86.80	86.88	87.54	
Precipitación	mm	117.0	102.0	94.0	33.0	9.0	7.0	8.0	12.0	24.0	37.0	44.0	66.0	
ETP ajustado	mm	48.30	43.50	48.30	46.06	45.04	41.53	41.50	44.33	45.23	49.58	49.62	50.00	
Humedad del suelo	mm	68.70	58.50	45.70	-13.06	-36.04	-34.53	-33.50	-32.33	-21.23	-12.58	-5.62	16.00	
Exceso	mm	68.70	58.50	45.70									16.00	
Déficit	mm				-13.1	-36.04	-34.53	-33.5	-32.3	-21.2	-12.58	-5.62		

En la Figura 2.2 se muestra el climograma referente al centro experimental de Canaán, UNSCH. En la que se observa que los picos más altos de temperatura se alcanzan en los meses de noviembre (25.5°C), mientras los picos más bajos se muestran en los meses de junio (6.6°C). La precipitación más alta se alcanza en el mes de enero (117.0mm) y la mínima en el mes de junio (7.0mm).

Figura 2.2

Climograma del centro experimental de Canaán, lugar del experimento, elaborado a partir de los datos meteorológicos INIA – Canaán, 2023



2.4. Material biológico

Se utilizó como material biológico las plántulas de brócoli cv. Imperial, adquiridos del vivero de la ciudad de Huamanga. Estas plántulas tenían características listas para el trasplante.

El brócoli cv. Imperial pertenece a la casa comercial Sakata, señalando que es un híbrido de madurez intermedia. Con pella de forma de domo alto, coloración verde-azulado. Con granos de la inflorescencia pequeños y uniformes, recomendado para épocas de transición tanto para la primavera como para el otoño. Este cultivar no desarrolla brotes secundarios. La maduración es homogénea lo que facilita la cosecha. (Sakata, 2010).

2.5. Características fisicoquímicas del suelo

En el Centro Experimental Canaán se hizo la recolección de la muestra, se hizo a 0.20m de profundidad utilizando una pala y pico, se trabajó en toda el área experimental mediante el método zigzag, obteniendo al final 10 submuestras, lo cual ha sido reducido a un kilogramo de muestra representativa mediante la técnica de cuarteo.

La muestra fue analizada en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar “Nicolás Roulet” de Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

Tabla 2.2

Análisis de fertilidad de la muestra de suelo del campo experimental de Canaán a 2750 msnm

Componentes	Valor	Interpretación
pH (H ₂ O)	7.7 dS/m	Moderadamente alcalino
M.O. (%)	2.8	Medio
N total (%)	0.14	Bajo
P disponible (ppm)	21.1	Bajo
K disponible (ppm)	211.4	Medio
Arena (%)	45.8	
Limo (%)	28.9	Clase textural
Arcilla (%)	25.3	(franco)

Nota: Reporte del Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar “Nicolás Roulet” UNSCH-2023

En la Tabla 2.2, los resultados muestran que los valores de pH medidos en H₂O corresponden a suelos moderadamente alcalinos. Los datos de la materia orgánica (2.8%) corresponde a suelos con contenido medio de materia orgánica, contenido bajo de nitrógeno total (0.14%), contenido promedio de fósforo de 21.1 (bajo) y contenido promedio de potasio de 211.4 (medio) y clase textural franco.

2.6. Análisis fisicoquímico de la gallinaza (Terrasur)

Las propiedades fisicoquímico de la gallinaza denominado Terrasur, según la empresa distribuidora **Terrasur S.A.C.** La composición según el reporte de laboratorios de UNALM, es la siguiente tabla:

Tabla 2.3*Propiedades físicoquímico de la gallinaza (Terrasur)*

Descripción	Mínimo	Máximo	Unidad
pH	7.1	8.2	pH
CE	4.8	36.1	dS m ⁻¹
MO	25.1	47.9	%
%H	12	25.9	%
N	1.6	2.2	%
P ₂ O ₅	4.2	6.5	%
K ₂ O	2.9	5.9	%
CaO	7.7	22.3	%
MgO	1.1	2.9	%
Na	0.2	1	%
Fe	1282	6230	ppm
Cu	54	88	ppm
Zn	342	1118	ppm
Mn	402	1005	ppm
B	54	113	ppm

Fuente: (Terrasur SAC, 2021), ficha completa ver el anexo 3.

2.7. Variables y tratamientos**2.7.1. Variables independientes****a) Densidad de plantas (D)**d₁= 25,000 plantas. ha⁻¹ (0.80 m entre surcos y 0.50 m entre plantas)d₂= 20,833 plantas. ha⁻¹ (0.80 m entre surcos y 0.60 m entre plantas)d₃= 17,857 plantas. ha⁻¹ (0.80 m entre surcos y 0.70 m entre plantas)**b) Niveles de nitrógeno (N)**

La fuente de nitrógeno utilizada fue Urea (46-0-0) granulada, adquirida de la tienda agropecuaria de la ciudad de huamanga.

n₁= 0-0-0 N- P₂O₅- K₂On₂ = 50-0-0 N- P₂O₅- K₂On₃ = 100-0-0 N- P₂O₅- K₂On₄ = 150-0-0 N- P₂O₅- K₂O**2.7.2. Tratamientos**

Los tratamientos estuvieron conformados por la combinación de los factores 3 densidades de plantas por ha⁻¹ y 4 niveles de nitrógeno, como se detalla a continuación:

Tabla 2.4

Descripción de los tratamientos resultaron de la combinación de la densidad de plantas. ha⁻¹ y nitrógeno en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. *Imperial*, Canaán a 2750 msnm, Ayacucho, 2024

Tratamientos	Código	Descripción
T ₁	d1*n1	25000 plantas. ha ⁻¹ * 0-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₂	d1*n2	25000 plantas. ha ⁻¹ * 50-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₃	d1*n3	25000 plantas. ha ⁻¹ * 100-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₄	d1*n4	25000 plantas. ha ⁻¹ * 150-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₅	d2*n1	20833 plantas. ha ⁻¹ * 0-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₆	d2*n2	20833 plantas. ha ⁻¹ * 50-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₇	d2*n3	20833 plantas. ha ⁻¹ * 100-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₈	d2*n4	20833 plantas. ha ⁻¹ * 150-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₉	d3*n1	17857 plantas. ha ⁻¹ * 0-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₁₀	d3*n2	17857 plantas. ha ⁻¹ * 50-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₁₁	d3*n3	17857 plantas. ha ⁻¹ * 100-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₁₂	d3*n4	17857 plantas. ha ⁻¹ * 150-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur

Nota: n = niveles de nitrógeno, d = densidad de plantas. ha⁻¹.

2.8. Diseño experimental

Se usó el diseño estadístico de Bloque Completamente Randomizado con arreglo factorial de 3D*4N (D: densidad de plantas por hectárea y N: niveles de nitrógeno), 12 tratamientos, con 3 repeticiones; manejando en total 36 unidades experimentales.

El modelo aditivo lineal del diseño se describe a continuación:

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

Dónde:

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

μ : Media general

β_i : Efecto del i-ésimo bloque

δ_j : Efecto de la j-ésima densidad de plantas

α_k : Efecto de k-ésimo nivel de nitrógeno

$(\delta_j \alpha_k)$: Efecto de la interacción de densidad de plantas x niveles de nitrógeno

ε_{ijk} : Error experimental

Figura 2.3

Unidad experimental

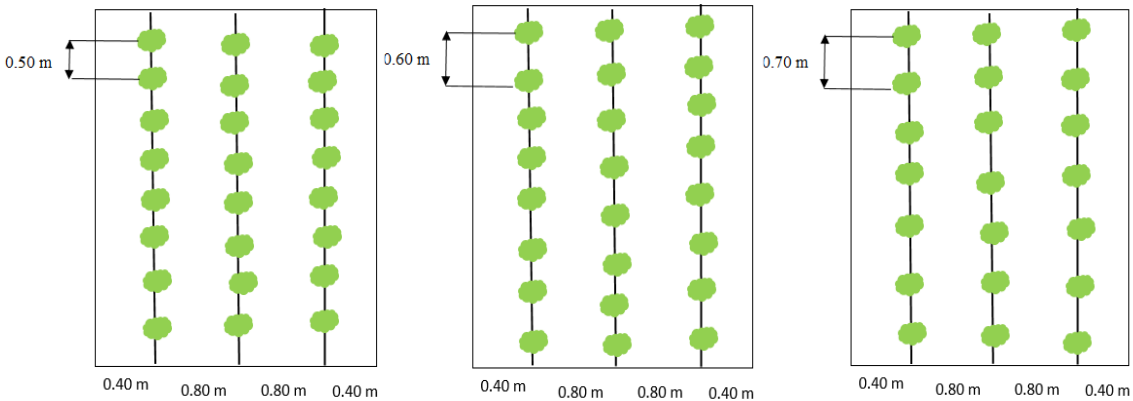
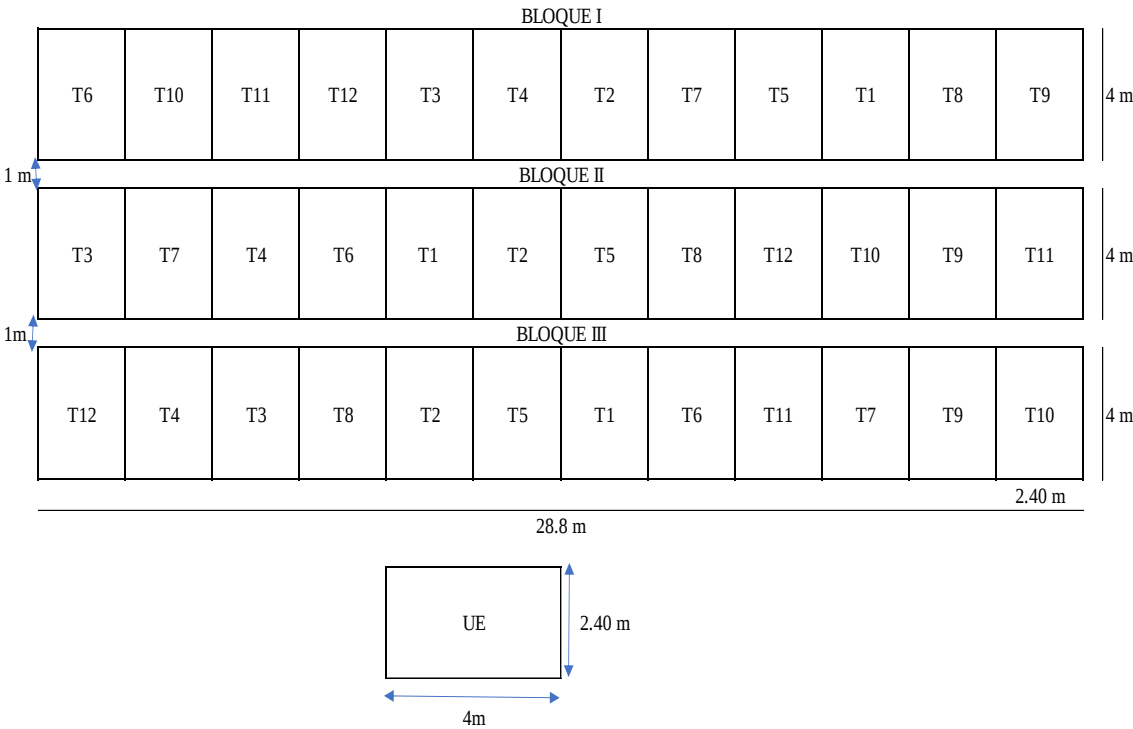


Figura 2.4

Croquis del campo experimental y randomización



Durante instalación en campo definitivo, las dimensiones de las unidades experimentales fueron adaptados al terreno disponible, acorde a ello, a continuación, se describe las características definitivas:

Tabla 2.5*Características del diseño y unidades experimentales (UE), Canaán a 2750 msnm*

Descripción	Unidad	Medida
a. Unidad experimental		
Ancho de UE	m	2.4
Largo de UE	m	4
Área de UE	m ²	9.6
Distancia entre surcos	m	0.8
Distancia entre golpes	m	d1=0.50, d2=0.60 y d3=0.70
Nº de surcos		3
b. Bloque		
Nº de bloques		3
Ancho de bloque	m	4
Largo del bloque	m	28.8
Área de cada bloque	m ²	115.2
Área total de bloque	m	345.6
c. Calles		
Nº de calles	unidades	2
Ancho	m	1
Largo	m	28.8
Área de la calle	m ²	28.8
Área de las calles	m ²	57.6
Área total del campo experimental	m ²	403.2

2.9. Análisis estadístico

Los resultados fueron evaluados mediante análisis de varianza (ANVA), prueba de contraste Tukey (0.05) y correlación de las variables de respuesta. Para todo análisis se utilizó programa R, versión 4.3.1; para algunos gráficos, Excel, Infostat y Minitab 17.

2.10. Instalación y conducción del experimento

2.10.1. Almácigo

Se realizó el 06/01/2024 en bandejas de 240 celdas, en el cual se colocó una semilla por cada celda. Se realizó un adecuado manejo durante 40 días para luego ser trasplantado a campo definitivo. La germinación se dio a los 6-7 días con un 97% de germinación.

2.10.2. Preparación del terreno y surcado

Se realizó con tracción mecánica, usando el arado de discos y la rastra alcanzando una profundidad de 0.20 m, luego se procedió al mullido de terrones; finalmente, los

surcos fueron realizadas con distanciamiento de 0.80 m entre ellos. Esta actividad se realizó con una semana de anticipación, siendo las fechas 08 de febrero de 2024.

2.10.3. Demarcación y estacado del campo experimental

Se hizo uso de estacas, con la ayuda de una wincha y cordel se hizo los trazos de acuerdo con el croquis experimental previamente definido, 14 de febrero de 2024.

2.10.4. Instalación del sistema y frecuencia de riego

El riego se realizó durante la campaña mediante sistema por goteo, para lo cual se instaló cintas de riego (con goteros a cada 20cm). Al inicio se hizo un riego con frecuencia de 2 veces/semana evitando el encharcamiento y manteniendo el suelo a CC. Luego del prendimiento de las plántulas se hizo el riego de 1 vez /semana. Esta actividad se realizó el 14 de febrero, antes del trasplante de las plántulas del brócoli.

2.10.5. Trasplante

Las plántulas adquiridas el mismo día de trasplante, fueron trasplantadas según los distanciamientos y distribución de los tratamientos en campo (0.50m – 0.60m – 0.70m). Esta actividad consistió en depositar plántulas en pequeños hoyos en suelo húmedo (previamente regado). Se realizó el 15 de febrero de 2024.

2.10.6. Abonamiento nitrogenado

La aplicación de los niveles de nitrógeno se realizó por golpes en forma fraccionada, la mitad de N, una semana después del trasplante (22 de febrero de 2024) y la otra mitad en el momento del aporque (16 de marzo de 2024). La fuente utilizada fue Urea agrícola, mientras para suplir los demás macronutrientes como abonado de fondo, se empleó la gallinaza (Terrasur) al 100%.se realizó el 08 de febrero de 2024 a razón de 2.0 t ha⁻¹, los detalles se muestran a continuación:

Tabla 2.6

Cantidad de nitrógeno aplicado por hectárea para densidad de 25,000 plantas. ha⁻¹

Nivel de nitrógeno (kg ha⁻¹)	Urea (kg ha⁻¹)	Dosis por planta (g)
00	0.0	0.0
50	108.7	4.3
100	217.4	8.7
150	326.1	13.0

Tabla 2.7*Cantidad de nitrógeno aplicado por hectárea para densidad de 20,833 plantas. ha⁻¹*

Nivel de nitrógeno (kg ha ⁻¹)	Urea (kg ha ⁻¹)	Dosis por planta (g)
00	0.0	0.0
50	108.7	5.2
100	217.4	10.4
150	326.1	15.7

Tabla 2.8*Cantidad de nitrógeno aplicado por hectárea para densidad de 17,857 plantas. ha⁻¹*

Nivel de nitrógeno (kg ha ⁻¹)	Urea (kg ha ⁻¹)	Dosis por planta (g)
00	0.0	0.0
50	108.7	6.1
100	217.4	12.2
150	326.1	18.3

Tabla 2.9*Fertilización complementaria de fondo*

Nivel de gallinaza (Terrasur)	Dosis por planta (g)	Forma de aplicación
2.0 t ha ⁻¹	80g	Constante para todos los tratamientos

2.10.7. Recalce

Cinco días después del trasplante (20 de febrero de 2024) en lugares donde no prendieron los plantines de brócoli, esta actividad se realizó con la finalidad de manejar una población de plantas completas en esta investigación.

2.10.8. Control de arvenses

Se realizó en forma manual empleando azadones para poder evitar competencia por los nutrientes y luz, principalmente. Se realizaron en dos fechas a los 20 ddt (06 de marzo de 2024) y a los 50 ddt (05 de abril de 2024).

2.10.9. Aporque

El aporque se realizó aproximadamente a los 30 ddt (16 de marzo de 2024), cuando la planta tenía un promedio de altura de 18 cm. Esto con el fin de otorgarle mayor

soltura y aireación al suelo, para así mejorar la asimilación de nutrientes por el cultivo de brócoli.

2.10.10. Control fitosanitario

Durante el manejo se realizó un control fitosanitario. Para el control de enfermedades fúngicas (chupadera) se utilizó en el primer momento el fungicida preventivo y curativo “Parachupadera” a razón de 40 g/20 litros también evitando el riego excesivo. Se aplicó Regent a una dosis de 0.3 L/200 L para controlar simultáneamente los insectos. Además, durante la fumigación se aplicaron 100 ml/200L de New Adhesivo World, una goma adhesiva, para evitar que la lluvia arrastrara el producto. Se realizó el 02 de marzo de 2023.

Durante la conducción del cultivo se observó la presencia de las siguientes plagas:

- Pulgones (*Brevicoryne brassicae*), agente picador y chupador de hojas.
- Plutella (*Plutella xylostella*), como perforadores de hojas y brotes en el estado de larva.

2.10.11. Cosecha

La primera cosecha de pella se realizó a los 78 días después del trasplante (ddt) (03/05/2024) cortando a la altura del cuello de la planta de brócoli, 10 cm por debajo de la inflorescencia, lo cual se realizó cuando la inflorescencia estuvo comercialmente madura, lo cual se reconoce con base en el tamaño de la pella, el color cambia de verde oscuro a verde claro, las inflorescencias son compactas. La recolección se realizó en dos etapas, dejando 4 días entre la primera y la segunda cosecha (07/05/2024)

2.11. Criterios de evaluación de las variables de respuesta

Las evaluaciones de las variables y de rendimiento se realizaron el 03 de mayo del 2024. La toma de datos se hizo a 06 plantas/parcela, considerando el efecto borde de cada parcela en base a las siguientes variables e indicadores.

2.11.1. Número de hojas por planta (Und.)

El número de hojas se contabilizó cuando las plantas estuvieron con madurez comercial de sus pellas, se tomó en cuenta todas las hojas existentes hasta esta etapa.

2.11.2. Diámetro de pedúnculo (cm)

Usando un pie de rey o vernier, esto se midió en 6 plantas que fueron seleccionadas para las evaluaciones anteriores. Durante la cosecha, cuando el pellet estuvo desarrollado y listo para el mercado, se utilizó la regla vernier. Luego se expresó en centímetros.

2.11.3. Altura de la planta (cm)

Se utilizó una cinta métrica para registrar la altura de seis plantas seleccionadas por unidad experimental, teniendo en cuenta la distancia entre el ápice de la hoja que alcanza la mayor altura y el cuello de la planta. Momento previo a la cosecha, cuando la pella estuvo desarrollada y lista para el mercado, se completó esta actividad. Luego se expresó en centímetros.

2.11.4. Diámetro de pella (cm)

Se midió en las seis plantas seleccionadas para las evaluaciones anteriores. Para medirlo se utilizó el pie de rey o vernier, que consistió en determinar la dimensión del diámetro ecuatorial de pella, luego los resultados se expresaron en centímetros.

2.11.5. Altura de la pella (cm)

Se midió en las seis pellas seleccionadas del surco central de cada unidad experimental. Para medirlo se utilizó una regla métrica, que consistió en determinar la altura de la pella, luego los resultados se expresaron en centímetros.

2.11.6. Peso total de la planta (g)

Se utilizó una balanza digital para pesar seis plantas seleccionadas del surco central de cada unidad experimental, teniendo en cuenta toda la planta cortada desde el cuello. Durante la cosecha, cuando la inflorescencia estuvo desarrollado y listo para el mercado.

2.11.7. Peso de hojas (g)

Se midió el peso total de las hojas, esta actividad se realizó en seis plantas escogidas de la parte media de cada unidad experimental, utilizando una balanza digital.

2.11.8. *Peso de pella (g)*

Se pesó en seis pellas para las evaluaciones tanto la altura y diámetro de la pella, utilizando una balanza digital; luego estos fueron expresados en gramos. Esta actividad se realizó cuando la pella estuvo en estado de madurez comercial.

2.11.9. *Rendimiento (t. ha⁻¹)*

Luego de haberse cosechado las pellas de brócoli de la parte central de cada unidad experimental, y realizado las evaluaciones de las diversas variables de productividad se calculó el promedio estadístico de los pesos obtenidos para realizar el estudio correspondiente. Finalmente, con los resultados de peso obtenido se determinó el rendimiento en t ha⁻¹.

2.11.10. *Rentabilidad económica (%)*

Para tal efecto se hizo el cálculo empleando los costos y rendimientos obtenidos por hectárea de cada tratamiento. Para el calcular la rentabilidad se aplicó la siguiente relación:

$$\%R = (U / CT) * 100\%$$

Dónde:

%R = Porcentaje de rentabilidad

U = Utilidad

CT = Costo total

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de variables de respuesta

3.1.1. Número de hojas (unidad)

Tabla 3.1

Análisis de varianza en el número de hojas del cultivo de brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

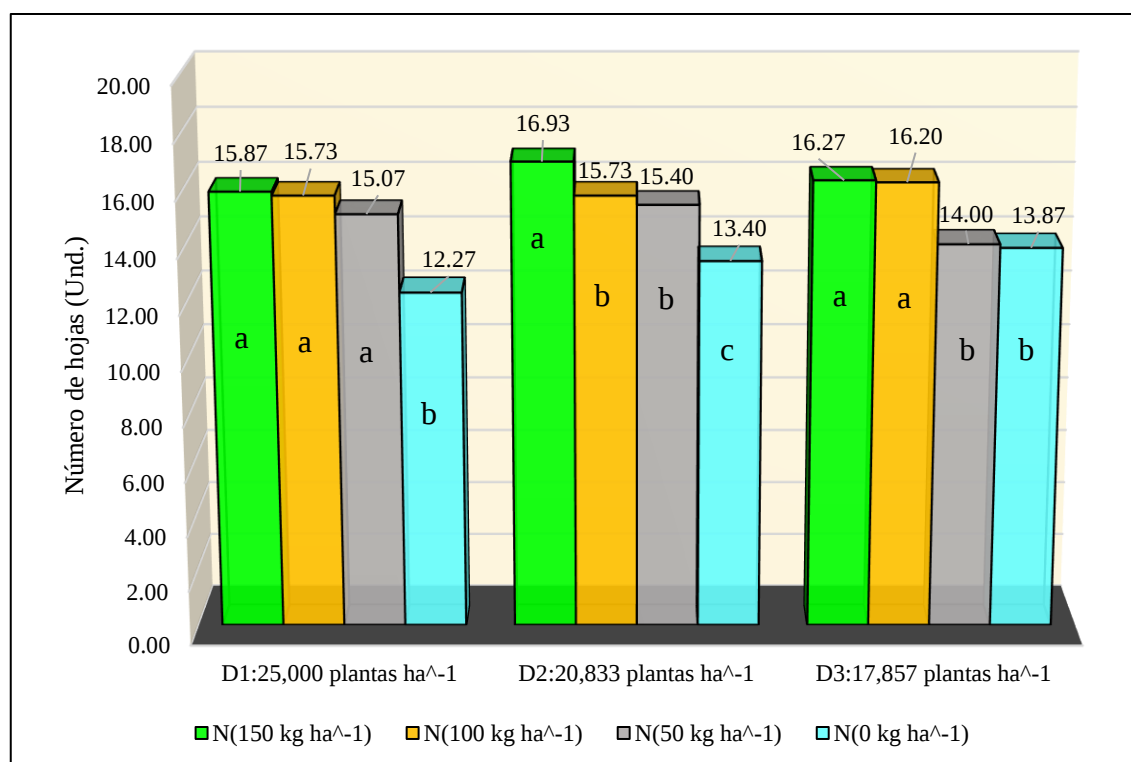
F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	0.596	0.298	2.326	0.1213ns
Densidad (D)	2	2.416	1.208	9.431	0.0011**
Nitrógeno (N)	3	53.683	17.894	139.700	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	7.033	1.172	9.151	<0.0001**
Error	22	2.818	0.128		
Total	35	66.546	20.701		

C.V (%): 2.38

En la Tabla 3.1, se observa a las fuentes de variación, densidad, nitrógeno e interacción altamente significativos (p-valor < 0.01), lo cual es evidencia de que estos factores influyeron de manera positiva en el número de hojas promedio de la planta. La interacción positiva significa que, la densidad de siembra influyó positivamente en número de hojas depende también del factor nitrógeno y viceversa. En este análisis reporta coeficiente de variación 2.38%, lo cual nos muestra la precisión y confiabilidad de los resultados encontrados en este trabajo. Debido a que existe interacción significativa, se realizará análisis de comparación de medias en función de los efectos simples.

Figura 3.1

*Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples en el número de hojas del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho*



En la Figura 3.1, con una densidad de 25,000 plantas ha⁻¹, bajo fertilización nitrogenada de 150, 100 y 50 kg ha⁻¹ no se encontró diferencias estadísticas, obteniendo resultados similares de 15.87, 15.73 y 15.07 unidades de hojas por planta, respectivamente. Con una densidad de 20,833 plantas por hectárea, bajo fertilización de 150 kg ha⁻¹ se encontró un mejor promedio de hojas, 16.93 unidades, lo cual es distinto estadísticamente. Con densidad de 17,857 plantas, no existe diferencia estadística para el efecto de los niveles 150 y 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 16.27 y 16.20 unidades, respectivamente. En general, para todas las densidades, los testigos resultaron con promedio más bajo.

Risco Arias et al. (2016), realizaron trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, con la finalidad de evaluar el efecto de niveles de nitrógeno (250, 300, 350 y 400 kg ha⁻¹) en el rendimiento, bajo condiciones de Ecuador. La fuente utilizada fue nitrato de amonio con 33% de nitrógeno. Evaluando a los 50 días después de la siembra (DDS), encontraron 9.0 hojas y a los 70 DDS 14 hojas.

3.1.2. Diámetro de pedúnculo (cm)

Tabla 3.2

Análisis de varianza en diámetro de pedúnculo del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

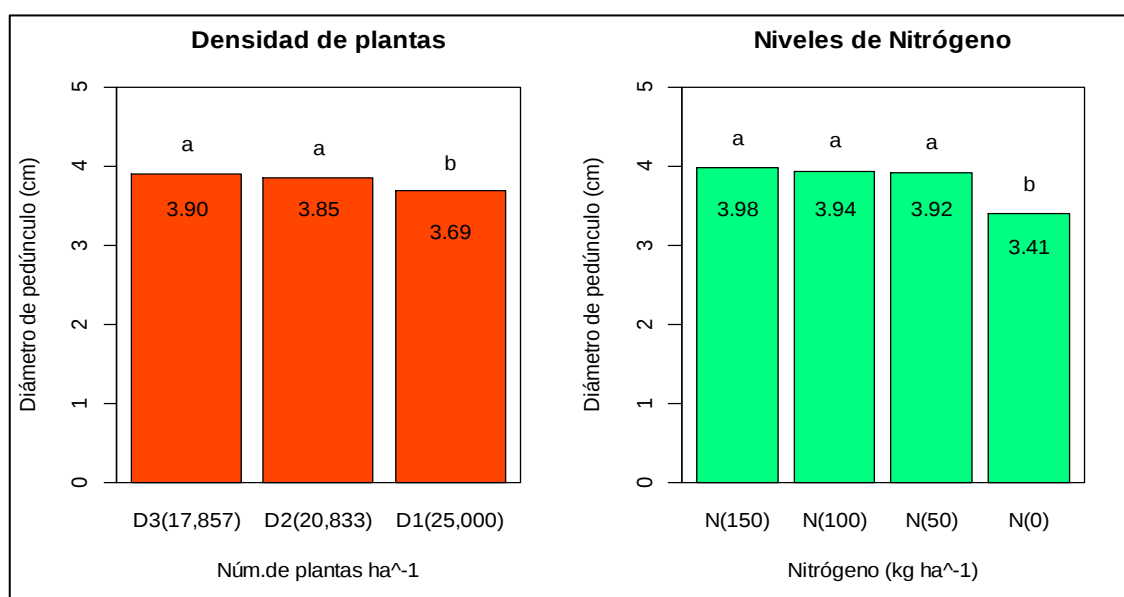
F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	0.027	0.014	1.216	0.3153ns
Densidad (D)	2	0.284	0.142	12.690	0.000216**
Nitrógeno (N)	3	1.961	0.654	58.428	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	0.165	0.028	2.458	0.0567ns
Error	22	0.246	0.011		
Total	35	2.683	0.848		

C.V (%): 2.77

En la Tabla 3.2, se encontró altamente significativa en los efectos principales, densidad y nitrógeno, excepto en la interacción. Entonces, la respuesta de la planta en su diámetro de pedúnculo fue positiva. Como la interacción resultó no significativa, deducimos que el efecto de la densidad de plantas no depende necesariamente del efecto del factor nitrógeno o viceversa, porque la influencia de uno en el otro es muy poco. Se encontró coeficiente de variación 2.77%, lo cual es indicio de precisión y confiabilidad de los resultados reportados en este trabajo.

Figura 3.2

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en diámetro de pedúnculo del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho



En la Figura 3.2, con densidades 17,857 y 20,833 plantas por hectárea, se encontró diámetros promedios del pedúnculo mayores, 3.90 y 3.85 cm, respectivamente; no obstante, entre estos no hay diferencia estadística. Asimismo, en función del efecto de los niveles de nitrógeno, con 150, 100 y 50 kg ha⁻¹, tampoco se encontraron respuesta diferenciada, donde se obtuvieron valores de 3.98, 3.94 y 3.92 cm, respectivamente. En este caso sin fertilización, se encontró respuesta más bajo, 3.41 cm.

Este resultado encontrado en este trabajo resultaron inferiores a las dimensiones encontrados por Vivanco (2023), quien realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli. Como resultado, reportó datos no significativos en el efecto del factor densidad de plantas; sin embargo, encontró diámetro de pedúnculo máximo de 4.5 cm con nivel de fertilización 120-60-60, lo cual aporta 120 kg de N.

Infante (2018), realizando trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, donde evaluó cuatro densidades de siembra (20,000, 25,000, 30,000 y 40,000 plantas/ha). Quien reportó diámetro de pedúnculo de 4.23 cm con densidad de 25,000 plantas por hectárea; este resultado no tuvo diferencia significativa.

Los resultados encontrados en este trabajo son similares a los reportes de Luna (2018), quien realizó trabajo de investigación en dos variedades del cultivo de brócoli (Legacy y UG2111), con la finalidad de evaluar efecto de tres densidades de siembra (8, 11 y 17 plantas por metro cuadrado). Reportó altura promedio de 3.37 cm en variedad de Legacy con 8 plantas por metro cuadrado (83250 plantas. ha⁻¹).

Choque, (2011) menciona que, a mayor densidad incrementa la competencia de luz y espacio, lo que aumenta el diámetro del tallo. Sin embargo, cuando hay menos densidad, la competencia de los factores mencionados anteriormente disminuye y el diámetro del tallo aumenta ligeramente en relación con las densidades de plantación de brócoli. De manera similar, Gliessman et al. (1998), afirman que, a menor distancia de trasplante, hay una mayor competencia por espacio, nutrientes y luz. Esto tiene un impacto negativo en ciertas variables de crecimiento de la planta, como el grosor del tallo.

3.1.3. Altura de planta (cm)

Tabla 3.3

Análisis de varianza en altura de planta del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

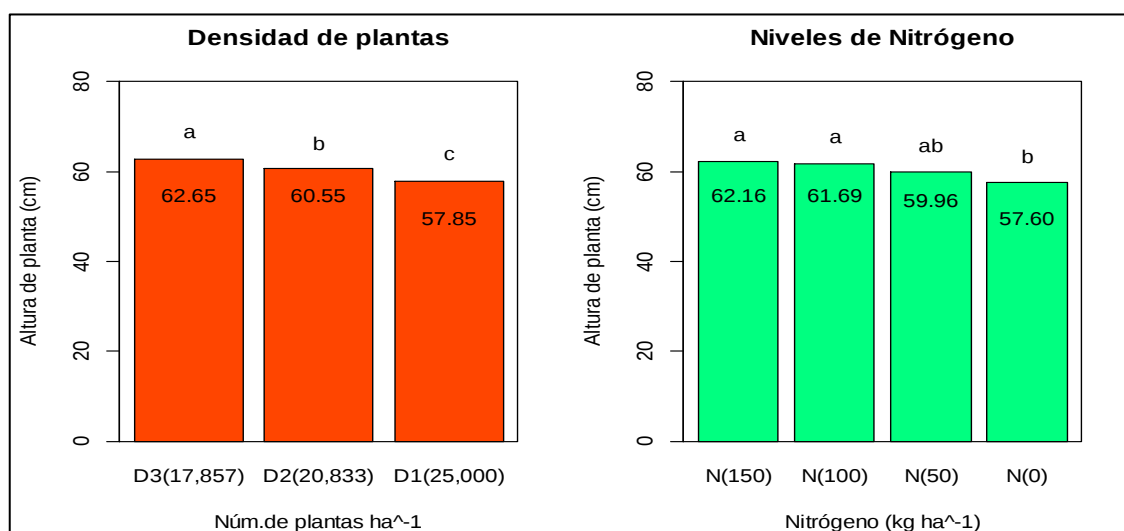
F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	20.720	10.360	3.183	0.0611ns
Densidad (D)	2	138.960	69.480	21.349	<0.0001**
Nitrógeno (N)	3	114.940	38.313	11.772	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	31.170	5.195	1.596	0.1953ns
Error	22	71.600	3.255		
Total	35	377.390	126.603		

C.V (%): 2.98

En la Tabla 3.3, se encontraron altamente significativa en los efectos principales, densidad y nitrógeno, excepto en la interacción. Entonces, la respuesta de la planta fue positiva a la aplicación de los factores en mención. La interacción resultó no significativa, por lo que deducimos que, el efecto de la densidad de plantas no depende necesariamente del efecto del factor nitrógeno o viceversa. Se encontró coeficiente de variación 2.98%, lo cual es indicio de precisión y confiabilidad de los resultados reportados en este trabajo. Dado que no existe interacción, se realizará análisis de comparación de medias en función de los efectos principales.

Figura 3.3

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en altura de planta del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho



En la Figura 3.3, con densidad 17,857 plantas por hectárea, se encontró una altura superior al resto (62.65 cm); mientras, con una densidad 25,000 plantas, se obtuvo altura más baja. En función del efecto de los niveles de nitrógeno, se encontró mayor altura de la planta con 150 kg ha⁻¹; habiendo cierta diferencia estadística con el resto de los niveles. La respuesta más baja se obtuvo sin fertilización nitrogenada, 57.60 cm.

Vivanco (2023), realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60 NPK), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli. Como resultado, reportó datos no significativos en el efecto del factor densidad de plantas; sin embargo, encontró altura máxima de 50.17 cm con nivel de fertilización 120-60-60 NPK, lo cual aporta 120 kg de N.

Luna (2018), realizó trabajo de investigación en dos variedades del cultivo de brócoli (Legacy y UG2111), con la finalidad de evaluar el efecto de tres densidades de siembra (8, 11 y 17 plantas por metro cuadrado). Reportó altura promedio de 53 cm en variedad de Legacy con 8 plantas por metro cuadrado.

Limachi (2011), realizó trabajo de investigación en cultivo de brócoli bajo tres densidades de siembra (8, 10 y 14 plantas por metro cuadrado) en sustrato sólido hidropónico. Reportó altura máxima de 46 cm en variedad pirata; mientras para efecto de densidades no se encontró diferencias.

Mamani (2014); menciona que “el genotipo de cada cultivar determina el crecimiento en cuanto la altura, al igual que otros factores como el sustrato y la nutrición que se les proporcione a las plantas.”

3.1.4. Diámetro de pella (cm)

Tabla 3.4

Análisis de varianza en diámetro de la pella del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	1.460	0.730	1.098	0.352ns
Densidad (D)	2	31.600	15.800	23.759	<0.0001**
Nitrógeno (N)	3	69.960	23.320	35.068	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	4.720	0.787	1.183	0.351ns
Error	22	14.630	0.665		
Total	35	122.370	41.302		

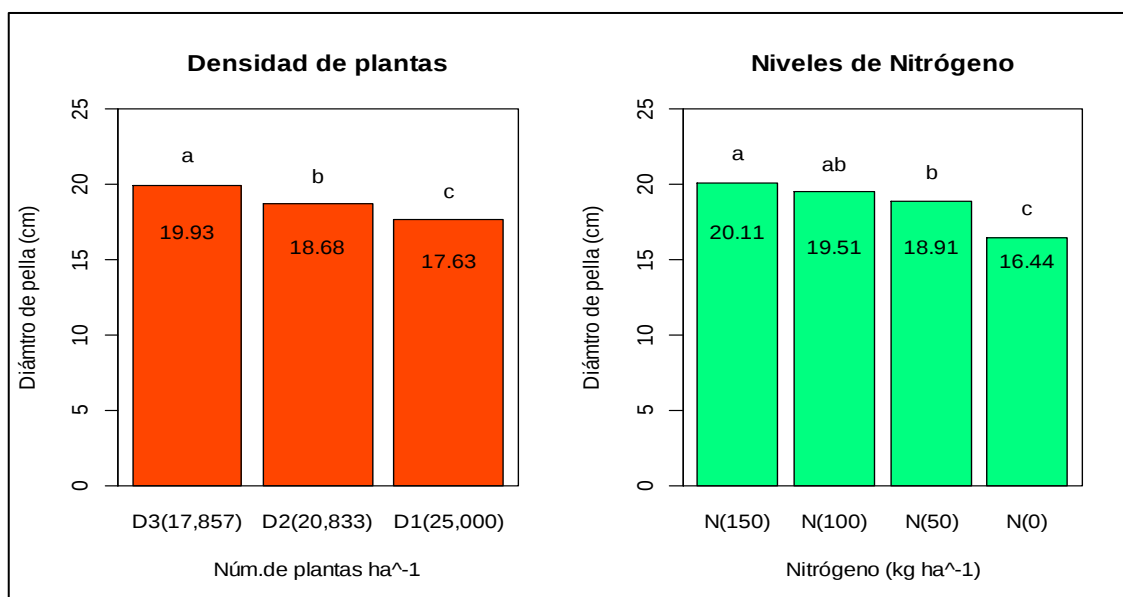
C.V (%): 4.35

En la Tabla 3.4, se encontró altamente significativa en los efectos principales, densidad y nitrógeno, excepto en la interacción. Por lo que deducimos que la respuesta de la planta en su diámetro de pella fue positivo y diferenciado, tanto a la aplicación de nitrógeno y densidad. Se encontró coeficiente de variación 4.35%, lo cual es indicio de precisión y confiabilidad de los resultados reportados en este trabajo. Dado que no existe interacción, se realizará análisis de comparación de medias en función de los efectos principales.

Lozano et al, (2019), encontró que los diámetros promedio de la pella no se alteraron a una menor distancia de siembra; sin embargo, en otros estudios se encontró que el diámetro más bajo a una mayor densidad de plantas se debía al impacto negativo de la competencia intraespecífica. Fraire-Cordero et al. (2010) ubicó que el cultivo de brócoli mostró variaciones notables en función de la densidad. Los cultivares Mónaco y Heritage tuvieron un tamaño de inflorescencia de 22,7 cm y 22,6 cm a una densidad de 55 000 plantas/ha. El cultivar Patriot tenía una densidad de 65 000 plantas/ha con un diámetro de inflorescencia promedio de 15.4 cm, mientras que los registros con menor tamaño fueron los más pequeños.

Figura 3.4

*Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en diámetro de pella del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho*



En la Figura 3.4, se encontró una respuesta superior (19.93 cm) con una densidad de 17,857 plantas por hectárea. Lo cual es una respuesta diferenciada estadísticamente; mientras, con una densidad alta (25,000 plantas), se obtuvo una respuesta más baja, 17.63 cm. En la comparación de medias en función del efecto de los niveles de nitrógeno, con 150 kg ha⁻¹ se obtuvo un diámetro de 20.11 cm; no obstante, este no se diferencia estadísticamente respecto al efecto del nivel 100 kg ha⁻¹ (19.51 cm).

Este resultado es similar a las dimensiones encontradas por Vivanco (2023), quién realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60 NPK), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli. Como resultado, reportó datos no significativos en el efecto del factor densidad de plantas; sin embargo, encontró diámetro de la pella de 20.64 cm con nivel de fertilización 120-60-60 NPK, lo cual aporta 120 kg de N.

Infante (2018), realizando trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, donde evaluó cuatro densidades de siembra (20,000, 25,000, 30,000 y 40,000 plantas/ha). Quien reportó diámetro de inflorescencia o pella de 13.15 cm con densidad de 25,000 plantas por hectárea; donde tampoco encontró diferencia estadística.

Risco Arias et al. (2016), realizaron trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, con la finalidad de evaluar el efecto de niveles de nitrógeno (250, 300, 350 y 400 kg ha⁻¹) en el rendimiento, bajo condiciones de Ecuador. Quienes reportaron diámetro de pella de 11.49 cm, el más alto.

Los resultados encontrados en este trabajo son superiores a los reportes de Luna (2018), quien realizó trabajo de investigación en dos variedades del cultivo de brócoli (Legacy y UG2111), con la finalidad de evaluar efecto de tres densidades de siembra (8, 11 y 17 plantas por metro cuadrado). Reportó diámetro promedio de pella 13.0 cm en variedad de Legacy y 10 cm en UG2111.

Los resultados encontrados en este trabajo son superiores a los reportes de Limachi (2011), quien realizó trabajo de investigación en cultivo de brócoli bajo tres densidades de siembra (8, 10 y 14 plantas por metro cuadrado) en sustrato sólido hidropónico. Reportó diámetro máximo de 12.11 cm en variedad centenario con 8 plantas por metro cuadrado.

3.1.5. *Altura de pella (cm)*

Tabla 3.5

Análisis de varianza en altura de pella del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	0.167	0.084	0.745	0.4871ns
Densidad (D)	2	10.062	5.031	44.865	<0.0001**
Nitrógeno (N)	3	5.736	1.912	17.051	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	1.496	0.249	2.223	0.0791ns
Error	22	2.467	0.112		
Total	35	19.928	7.388		

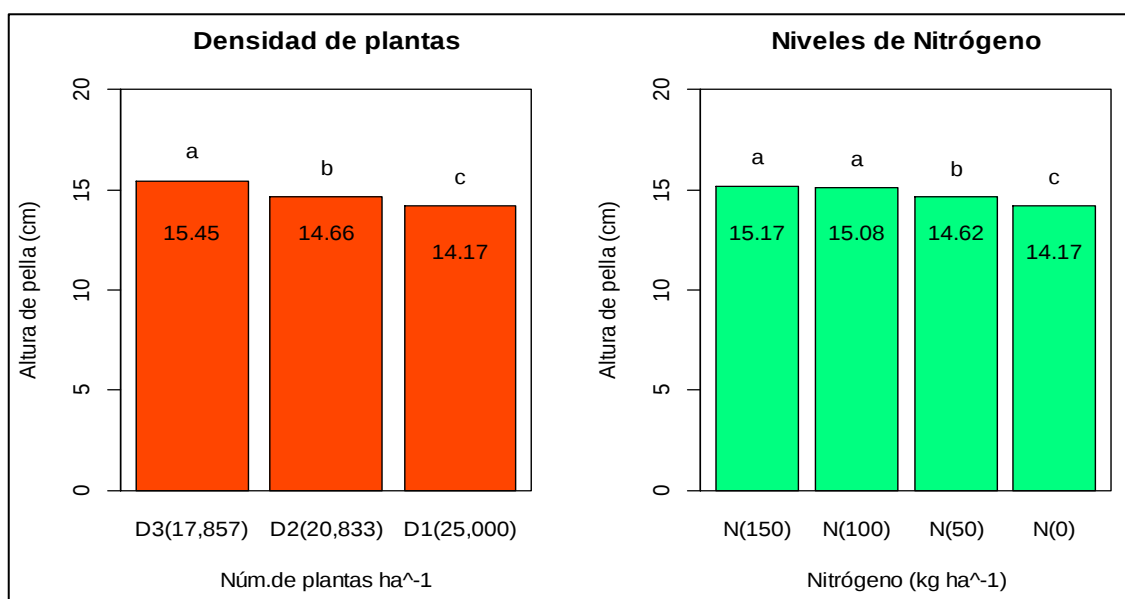
C.V (%): 2.27

En la Tabla 3.5, además de la interacción, se encontró que los principales efectos, densidad y el nitrógeno resultaron significativos. Por tanto, concluimos que las plantas responden positiva y diferencialmente en su altura de pella a la aplicación de los factores en evaluación. Dado que la interacción no fue significativa, concluimos que el efecto

diferenciado de la densidad de plantas no depende necesariamente del efecto del factor nitrógeno o viceversa. El coeficiente de variación resultó ser de 2.27%, lo que demuestra la precisión y confiabilidad de los resultados presentados en este trabajo. Como no hay interacciones, las comparaciones del análisis de medias se basarán en los efectos principales.

Figura 3.5

*Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en altura de pella del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho*



En la Figura 3.5, con densidad de 17,857 plantas por hectárea, se encontró altura promedio diferenciado (15.45 cm) y, una altura mínima de 14.17 cm con densidad más alta (25,000 plantas). Mientras, en función de los efectos de los niveles de nitrógeno, se encontró una mayor altura (15.17 cm) no diferenciada estadísticamente. Sin fertilización nitrogenada la altura promedio resultante fue 14.17 cm.

Este resultado encontrado en este trabajo resultaron inferiores a las dimensiones encontrados por Vivanco (2023), quién realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60 NPK), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli. Como resultado, reportó datos no significativos en el efecto del factor densidad de plantas; sin embargo, encontró altura de la pella de 17.40 cm con nivel de fertilización 120-60-60 NPK, lo cual aporta 120 kg de N.

Infante (2018), realizando trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, donde evaluó cuatro densidades de siembra (20,000, 25,000, 30,000 y 40,000 plantas/ha). Quien reportó altura de inflorescencia o pella de 10.79 cm con densidad de 25,000 plantas por hectárea; este resultado tuvo diferencia significativa.

3.1.6. *Peso total de la planta (kg)*

Tabla 3.6

Análisis de varianza en peso total de la planta del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

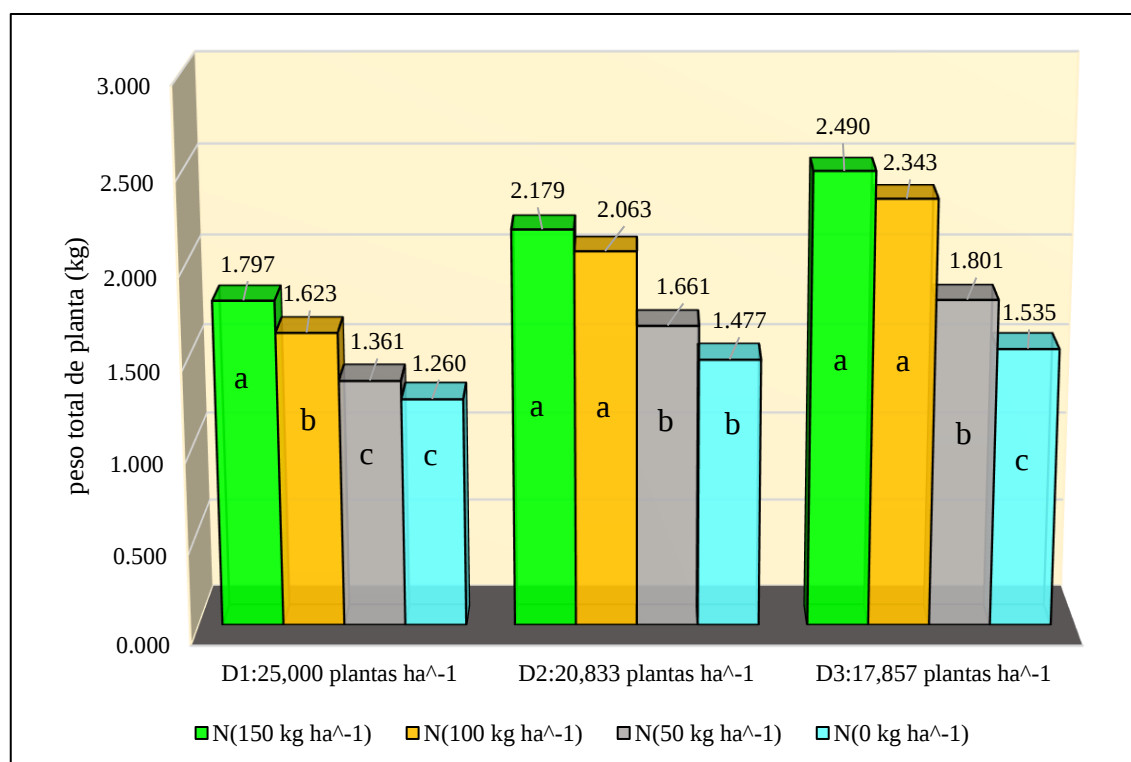
F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	0.002	0.001	0.270	0.764ns
Densidad (D)	2	1.736	0.868	203.606	<0.0001**
Nitrógeno (N)	3	3.140	1.047	245.518	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	0.207	0.035	8.092	0.000108**
Error	22	0.094	0.004		
Total	35	5.180	1.955		

C.V (%): 3.63

En la Tabla 3.6, las fuentes de variación densidad, el nitrógeno y la interacción fueron altamente significativas (p-valor < 0,01), lo que indica que estos factores tienen un efecto positivo en el peso total de la planta. Una interacción positiva significa que el efecto beneficioso de la densidad de plantas sobre el peso depende también del efecto del factor nitrógeno o viceversa. Se encontró que el coeficiente de variación fue del 3,63%, lo que demuestra la precisión y confiabilidad de los resultados de este trabajo. Debido a que existe una interacción significativa, se realizará un análisis de comparación de medias basadas en efectos simples.

Figura 3.6

*Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples en peso total de la planta del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm - Ayacucho*



En la Figura 3.6, con densidad de 25,000 plantas por hectárea se encontró peso promedio total de la planta de 1.797 kg con 150 kg ha⁻¹, lo cual es distinto estadísticamente respecto a la influencia del resto de los niveles de nitrógeno. Mientras, con el mismo nivel de nitrógeno, se encontró pesos 2.179 y 2.490 kg por planta, con densidades 20,833 y 17,857 plantas, respectivamente. Estos últimos resultados mencionados no defieren estadísticamente del efecto de 100 kg ha⁻¹. De manera general, en las tres densidades, sin fertilización nitrogenada resultaron con peso más bajo.

Vivanco (2023), quién realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60 NPK), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli. Como resultado, reportó 1.85 kg de peso de biomasa con densidad de 25,000 plantas, lo cual fue superior estadísticamente.

3.1.7. Peso de las hojas (g)

Tabla 3.7

Análisis de varianza en peso de hojas de la planta del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

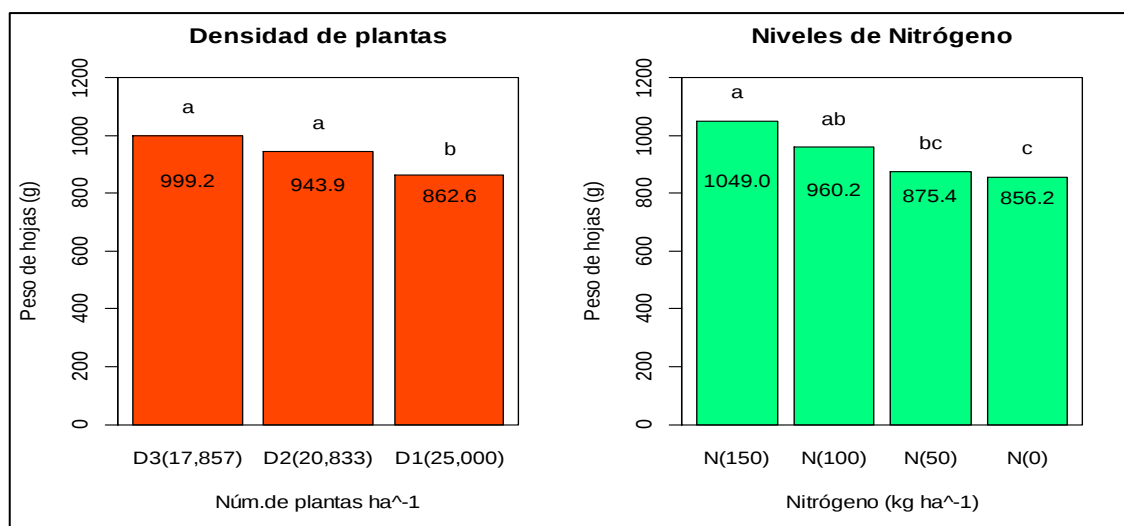
F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	239604.00	119802.00	20.459	<0.0001**
Densidad (D)	2	113291.00	56645.50	9.674	<0.00097**
Nitrógeno (N)	3	210463.00	70154.33	11.981	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	54673.00	9112.17	1.556	0.2069ns
Error	22	128825.00	5855.68		
Total	35	746856.00	261569.68		

C.V (%): 8.18

En la Tabla 3.7, las fuentes de variación densidad y el nitrógeno fueron altamente significativas, excepto la interacción; lo que indica que estos factores significativos tienen un efecto positivo en el peso de las hojas. La no existencia de la interacción significa que, el efecto de la densidad de plantas sobre el peso de hojas principalmente depende de sí mismo y muy poco del factor nitrógeno y viceversa. Se encontró que el coeficiente de variación fue del 8.18%, lo que demuestra la precisión y confiabilidad de los resultados de este trabajo. Debido a que no existe una interacción significativa, se realizará un análisis de comparación de medias basada en efectos principales.

Figura 3.7

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en peso de hojas del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho



En la Figura 3.7, el efecto de las densidades de plantas 17,857 y 20,833, se mostraron similares, 999.2 y 943.9 g, respectivamente. Esto significa que solo observamos diferencias numéricas entre los resultados. Mientras, según el efecto de los niveles de nitrógeno, tampoco se encontraron una diferencia marcada entre el efecto de los niveles de 150 y 100 kg ha⁻¹ de N, cuyas influencias mostraron 1049.0 y 960.2 g, respectivamente.

3.1.8. *Peso de pella (g)*

Tabla 3.8

Análisis de varianza en peso de pella del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

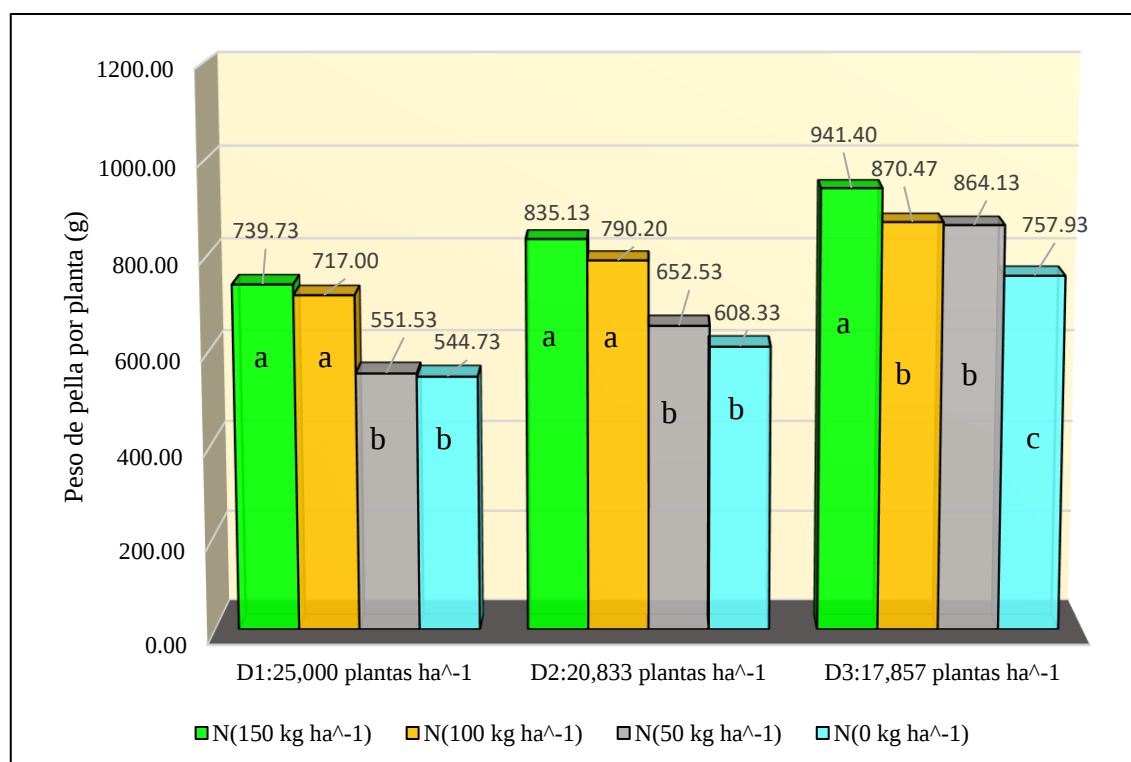
F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	2224.36	1112.18	2.369	0.1170ns
Densidad (D)	2	296769.40	148384.70	316.026	<0.0001**
Nitrógeno (N)	3	231145.17	77048.39	164.096	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	24220.49	4036.75	8.597	0.0001**
Error	22	10329.72	469.53		
Total	35	564689.14	231051.55		

C.V (%): 2.93

En ANVA de la Tabla 3.8, todos los efectos principales resultaron altamente significativos, esto significa que los factores evaluados influyeron de manera diferenciada en peso de la pella. Se reporta un coeficiente de variación 2.93%, lo cual es indicio de que los resultados son confiables y de alta precisión. Debido a la existencia de interacción significativa, se realizará análisis de los efectos simples.

Figura 3.8

*Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples en pesos de pella por planta en brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho*



En la Figura 3.8, con densidad de 25,000 y 20,833 plantas por hectárea se encontraron pesos de pella de 739.73 y 835.13 g, respectivamente; en los dos casos con la influencia de 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno; no obstante, estos resultados no difieren del efecto de 100 kg ha⁻¹ en ambas densidades. Asimismo, con densidad de 17,857 plantas, se obtuvo 941.40 g de pella, el cual se muestra con diferencia estadística respecto al efecto del resto de los niveles de nitrógeno. En general, sin fertilización nitrogenada resultaron pesos promedios de pella más bajos. En conclusión, con densidad más baja se obtuvo peso de pella por planta más altas respecto a las densidades más altos.

Los resultados encontrados en este trabajo son superiores a los reportes de Luna (2018), quien realizó trabajo de investigación en dos variedades del cultivo de brócoli (Legacy y UG2111), con la finalidad de evaluar efecto de tres densidades de siembra (8, 11 y 17 plantas por metro cuadrado). Reportó un peso promedio de pella 370 g por planta en variedad Legacy y 330 g en UG2111. Mientras, se reportó 26.85 t ha⁻¹ de pella con 166,500 plantas por hectárea.

En este trabajo se encontró peso de pella más alto con densidad más baja; no obstante, Vivanco (2023), quién realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60 NPK), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli. Como resultado, reportó 570.33 g de peso de pella con densidad de 25,000 plantas, lo cual fue superior estadísticamente.

Sin embargo, Lozano et al., (2019); Observaron que el peso de las inflorescencias cosechadas aumenta con la distancia de trasplante, teniendo 257 gr por inflorescencia con un distanciamiento de 30x30 cm y 207.3 gr por inflorescencia con un distanciamiento de 15x15. Tejaswini et al. (2018) también encontraron resultados similares. Obtuvieron un peso fresco máximo de 275.53 gr a un distanciamiento de 45x45 cm y un peso fresco menor de 220.8 gr a un distanciamiento de 30x30 cm. En general, se encontró una correlación significativa entre el peso fresco de la inflorescencia y la densidad poblacional. Esto se debe al espacio entre las plantas, que permite un mejor desarrollo, una mayor recepción de luz, una menor competencia por nutrientes y espacio, y una buena acumulación de fotosintatos en la inflorescencia principal. Esto concuerda con los estudios anteriores realizado por Dev (2012), Bhangre et al., (2011), Thirupal et al., (2014) y Vinod et al., (2011) en brócoli.

Risco Arias et al. (2016), realizaron trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, con la finalidad de evaluar el efecto de niveles de nitrógeno (250, 300, 350 y 400 kg ha⁻¹) en el rendimiento, bajo condiciones de Ecuador. La fuente utilizada fue nitrato de amonio con 33% de nitrógeno. Evaluando a los 70 días después de la siembra, encontró 230 g de pella por planta.

3.1.9. Rendimiento de pella por hectárea ($t.ha^{-1}$)

Tabla 3.9

Análisis de varianza en rendimiento de la pella por hectárea del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

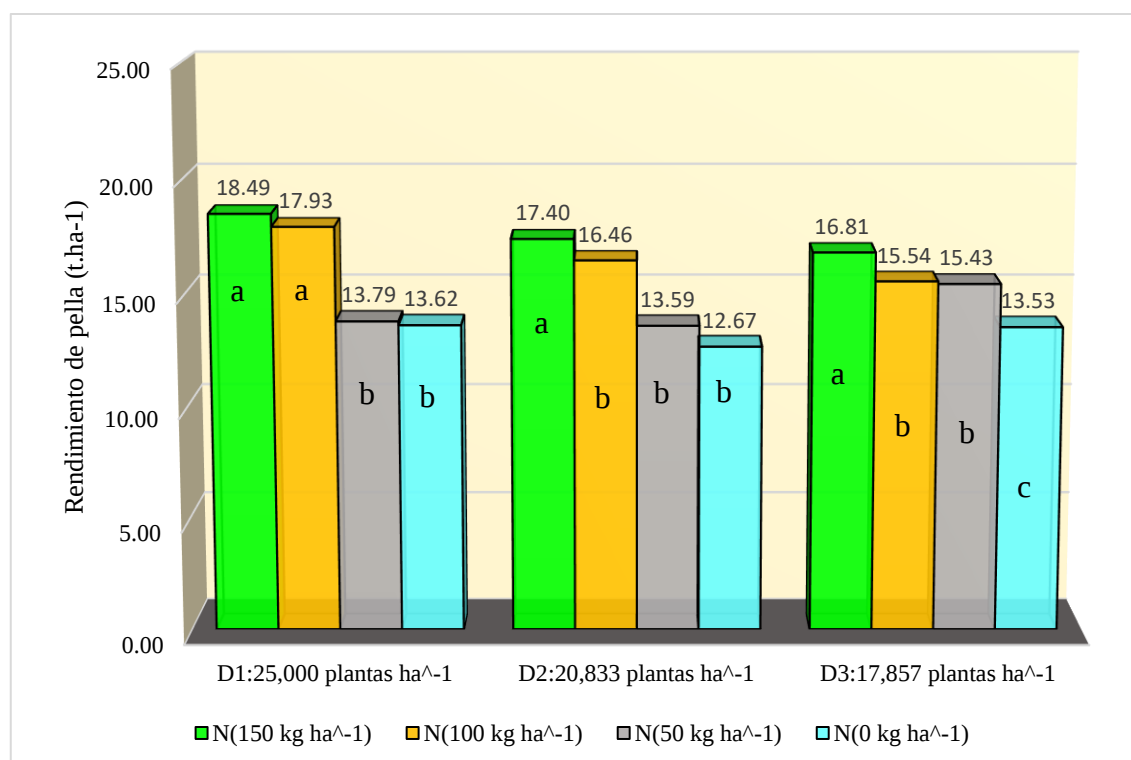
F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	2224.36	1112.18	2.369	0.1170ns
Densidad (D)	2	296769.40	148384.70	316.026	<0.0001**
Nitrógeno (N)	3	231145.17	77048.39	164.096	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	24220.49	4036.75	8.597	0.0001**
Error	22	10329.72	469.53		
Total	35	564689.14	231051.55		

C.V (%): 2.93

En la Tabla 3.9, se aprecia a las fuentes de variación, densidad, nitrógeno e interacción altamente significativas; es decir, la planta responde muy bien a la densidad de plantas y niveles de nitrógeno evaluado. La interacción positiva significa que, la influencia favorable de la densidad de siembra en el rendimiento depende también del factor nitrógeno y viceversa. Se encontró coeficiente de variación 2.93%, lo cual nos indica la precisión y confiabilidad en los resultados. Como siguiente análisis, se realizará comparación de medias en función de los efectos simples, con la finalidad de visualizar la interacción de manera más detallada.

Figura 3.9

*Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples en rendimiento de pella del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho*



En la Figura 3.9, con densidad de 25,000 plantas. ha⁻¹, se obtuvo el rendimiento más alto con 18.49 t. ha⁻¹, el cual se muestra con diferencia estadística respecto al efecto del resto de los niveles de nitrógeno. Asimismo, con densidad de 20,833 y 17,857 plantas por hectárea se encontraron rendimientos de pella de 17.40 t. ha⁻¹, 16.81 t. ha⁻¹, respectivamente; en los dos casos con la influencia de 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno; no obstante, estos resultados no difieren del efecto de 100 kg ha⁻¹.

Sin embargo, Lozano et al, (2019) mostró en su trabajo un resultado similar sin registrar diferencias estadísticas significativas. Indica que “una alta densidad de siembra está relacionado con una reducción en el tamaño y peso de la inflorescencia o pella y con el aumento del rendimiento por unidad de área”.

Vivanco (2023), quién realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60 NPK), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli.

Como resultado, reportó rendimiento de 15,285 kg ha⁻¹ con densidad de 31,250 plantas por hectárea; lo cual difiere estadísticamente del efecto de la densidad de 25,000 plantas.

Infante (2018), realizando trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, donde evaluó cuatro densidades de siembra (20,000, 25,000, 30,000 y 40,000 plantas/ha). Quien reportó rendimiento total de 19.59 t ha⁻¹ con densidad de 40 mil plantas por hectárea. Sin embargo, este resultado no estuvo claramente diferenciado estadísticamente.

Los rendimientos encontrados en este trabajo son superiores a los reportados por Risco Arias et al. (2016), quienes realizaron trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, con la finalidad de evaluar el efecto de niveles de nitrógeno (250, 300, 350 y 400 kg ha⁻¹) en el rendimiento, bajo condiciones de Ecuador. La fuente utilizada fue nitrato de amonio con 33% de nitrógeno. Evaluando a los 70 días después de la siembra, encontró 14.45 t ha⁻¹ de pella por planta.

Los resultados encontrados en este trabajo son similares a los reportes de Limachi (2011), quien realizó trabajo de investigación en cultivo de brócoli bajo tres densidades de siembra (8, 10 y 14 plantas por metro cuadrado) en sustrato sólido hidropónico. Reportó rendimiento promedio de pella máximo de 17,324 kg ha⁻¹ en variedad pirata; mientras en centenario, 15,573 kg ha⁻¹.

Acosta et al. (2023), realizaron trabajo investigación en brócoli con la finalidad de evaluar influencia de fertilización nitrogenada y potásica en el rendimiento. Quienes reportaron rendimientos promedios de la pella 36 t ha⁻¹ con 400 kg ha⁻¹ de nitrógeno.

Puenayan et al. (2010), en una investigación en cultivo de brócoli, reportó peso promedio por planta de 505.97 g y rendimiento por hectárea de 42.16 t ha⁻¹, este resultado con la aplicación de 150-200 de NP. Quien, además afirma que la fertilización no adecuada de nitrógeno disminuye los rendimientos del cultivo de manera considerada.

Tabla 3.10

Rendimiento de pellas por hectárea según el tratamiento aplicado en brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Tratamientos	Densidad de siembra	N (kg. ha ⁻¹)	Rdto (t. ha ⁻¹)
T1	25,000.00	0	13618.33
T2	25,000.00	50	13788.33
T3	25,000.00	100	17925.00
T4	25,000.00	150	18493.33
T5	20,833.00	0	12673.41
T6	20,833.00	50	13594.23
T7	20,833.00	100	16462.24
T8	20,833.00	150	17398.33
T9	17,857.00	0	13534.42
T10	17,857.00	50	15430.83
T11	17,857.00	100	15543.92
T12	17,857.00	150	16810.58

3.1.10. Análisis de regresión de la densidad en niveles de nitrógeno y nitrógeno en niveles de densidad

En la Tabla 3.11, nos muestra el análisis de regresión del rendimiento vs la densidad y rendimiento vs nitrógeno, donde se observa que en la interacción de la densidad y nitrógeno resultó significativo, es decir, la planta responde muy bien a la densidad de plantas y niveles de nitrógeno evaluado. Como siguiente análisis, se realizará comparación de los factores en función al rendimiento, con la finalidad de visualizar la interacción de manera más detallada.

Tabla 3.11

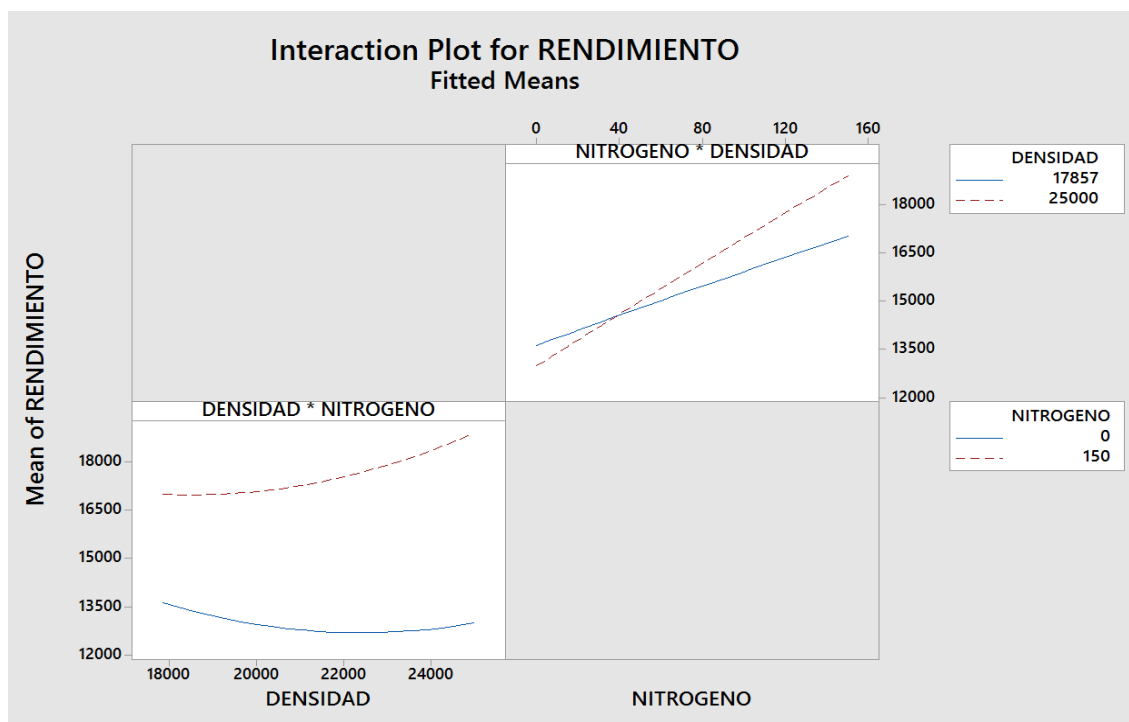
Análisis de regresión: Rendimiento vs. Densidad; Rendimiento vs nitrógeno

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	p-valor
Regresión	5	115382740	23076548	36.11	0.001 **
Densidad (D)	1	2670467.00	2670467.00	4.179	0.05 ns
Nitrógeno (N)	1	601446.00	601446.00	0.941	0.34 ns
Densidad * Densidad	1	2475367.00	2475367.00	3.874	0.058 ns
Nitrógeno * Nitrógeno	1	11680.00	11680.00	0.02	0.893 ns
Densidad * Nitrógeno	1	5395477.00	5395477.00	8.440	0.007 *
Error	30	19169242.00	638974.73		
Total	35	134551983.00			

Resumen del modelo			
S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq(pred)
799.359	85.75%	83.38%	80.43

Figura 3.10

Gráfico de interacción del rendimiento con respecto a la densidad y niveles de nitrógeno



En la Figura 3.10, la interacción Densidad x Nitrógeno es directamente proporcional al rendimiento es decir que a medida que se incrementa los niveles de nitrógeno (150 kg. ha⁻¹) y los niveles de densidad de plantas, el rendimiento incrementa, Pero a medida que los niveles de nitrógeno y niveles de densidad disminuyen baja el rendimiento de brócoli.

En la interacción Nitrógeno x Densidad es significativa es decir que a medida que se incrementa los niveles de densidad de planta y los niveles de nitrógeno (150 kg. ha⁻¹) el rendimiento también se incrementa, Pero a medida que los niveles de nitrógeno y niveles de densidad disminuyen baja el rendimiento de brócoli.

A medida que aumenta la densidad de siembra se obtiene mayores rendimientos. Debido a al mayor número de plantas por unidad de superficie, mas no como resultado de un incremento en el peso promedio de inflorescencia.

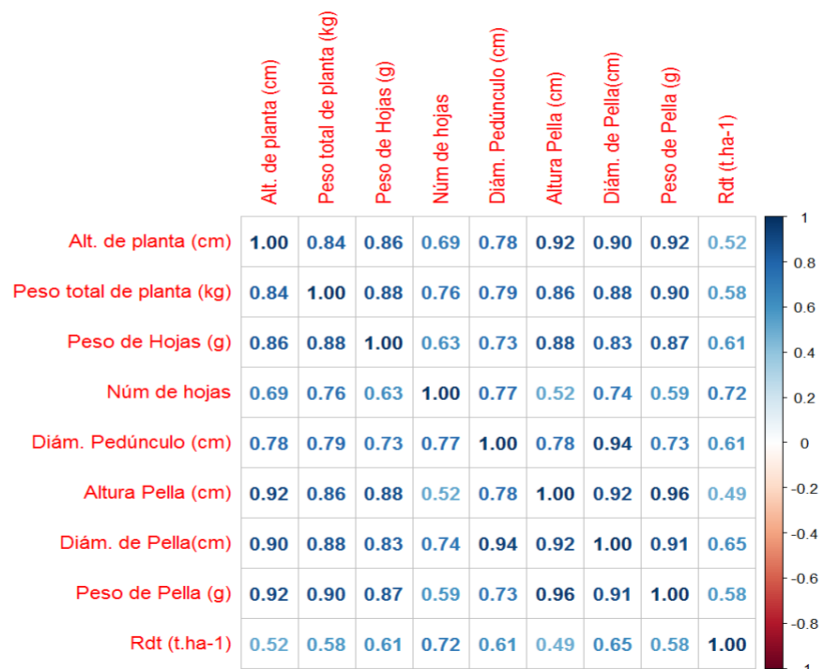
En este trabajo se encontró rendimiento de pella más alto con densidad más baja. El resultado obtenido es similar con los registrados por Muñoz (2014); quien evaluó densidades de siembra de 0.30x0.60 m, 0.4x0.6 m, 0.5x0,6 m y 0.35x0.6 m, obteniendo mayor rendimiento con el distanciamiento 0.3x0.6m alcanzando 21.48 t/ha de producción. Sin embargo, Infante (2018) al evaluar densidades de siembra de 0.3x0.8 m, 0.4 x0.8 m, 0.5x 0.8 m y 0.6x0.8 m, tuvo un mayor rendimiento (19.59 t/ha) el distanciamiento de 0.3x0.8 m.

Collantes (1994) encontró que existe una diferencia altamente significativa para el factor densidad, debido a que a densidad baja es menor competencia y por ende, el peso promedio de pella se incrementa.

3.1.11. Correlación de las variables

Figura 3.11

Correlación de los variables evaluados en brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, bajo efecto de niveles de gallinaza procesada y nitrógeno, Canaán 2750 msnm – Ayacucho



En la figura 3.11, se muestra correlación de las variables evaluadas, cuando la correlación se acerca a la unidad es favorable ya que muestra una relación directa entre las variables. Se muestra una correlación alta y positiva entre el rendimiento con los

variables peso de pella y diámetro de pella, 0.58 y 0.65, respectivamente; esto significa que, el peso de la pella y diámetro de pella influyen positivamente en el rendimiento del brócoli.

Asimismo, se observa una correlación alta y significativa del rendimiento con los variables de peso total de la planta, altura de la planta, diámetro de pedúnculo, altura de pella y numero de hojas; con valores de 0.58, 0.52, 0.61, 0.49 y 0.72, respectivamente. Estos significan que, hay una dependencia entre uno con el otro, es decir, hay una relación directamente proporcional.

3.2. Análisis de rentabilidad

En la tabla 3.12, se muestra la estimación de los costos de producción para cada tratamiento, se observa que, para el T9 (17857 plantas. ha⁻¹ * 0 kg ha⁻¹ N +2 t ha⁻¹ gallinaza) el costo de producción resultó más bajo que todos (S/. 7,921.83). El mayor costo de producción resultó para T4 (25000 plantas. ha⁻¹ * 150 kg ha⁻¹ N +2 t ha⁻¹ gallinaza) con S/. 9,901.30. La diferencia en los costos de producción radica principalmente en las cantidades de fertilizantes aplicados y las densidades de plantas.

Tabla 3.12

Estimación de los costos de producción para cada tratamiento aplicado en brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Tratamientos	Costos directos (S/.)	Costos indirectos (S/.)	Costo de producción
T1	6,562.03	519.34	7,081.37
T2	6,826.38	537.85	7,364.23
T3	7,087.26	556.11	7,643.37
T4	7,348.14	574.37	7,922.51
T5	6,232.14	496.25	6,728.39
T6	6,493.02	514.51	7,007.53
T7	6,753.90	532.77	7,286.67
T8	7,014.78	551.03	7,565.81
T9	5,994.06	479.58	6,473.64
T10	6,254.94	497.85	6,752.79
T11	6,515.82	516.11	7,031.93
T12	6,826.70	537.87	7,364.57

En la tabla 3.13 se muestra estimación porcentaje de rentabilidad basado en costos de producción y utilidad bruta para cada tratamiento. En la que se puede notar que, en el

T12 (17857 plantas. ha⁻¹ * 150 kg ha⁻¹ N +2 t ha⁻¹ gallinaza) se encontró una rentabilidad más baja de 124.82 % en chacra. Es decir, el beneficio económico superó al costo de producción invertido. El porcentaje de rentabilidad más alta se muestra para el T4 (25000 plantas. ha⁻¹ * 150 kg ha⁻¹ N +2 t ha⁻¹ gallinaza), con 205.46 %. Quiere decir, que con este tratamiento se logra obtener rentabilidad más alta. A diferencia de los porcentajes de rentabilidad de este trabajo, los reportes de Lazo (2016) son inferiores, quien investigó influencia de 5 niveles de gallinaza en el cultivo de brócoli en condiciones de Lamas, San Martín; donde reportó un beneficio económico más alto (37.38%) para con nivel de gallinaza 40 t ha⁻¹.

Cálculo porcentaje de rentabilidad (%R)

$$\%R(T4) = \frac{16,227.49}{7,922.51} * 100 = 205.46 \%, \text{ en chacra.}$$

Tabla 3.13

Análisis económico mediante la estimación de porcentaje de rentabilidad para cada tratamiento aplicado en brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Tratamientos	Densidad de siembra	Niveles de N (kg. ha ⁻¹)	Rdt. (kg/ha)	Num. Pella /ha	Costo de prod. (S/.)	En chacra			
						Precio / docena (S/.)	Valor de venta (S/.)	Utilidad bruta (S/.)	Porcentaje de rentabilidad (%)
T1	25,000.00	0	13,618.33	21,500	7,081.37	12.0	21,500.00	14,418.63	203.61
T2	25,000.00	50	13,788.33	22,400	7,364.23	12.0	22,400.00	15,035.77	204.17
T3	25,000.00	100	17,925.00	23,300	7,643.37	12.0	23,300.00	15,656.63	204.84
T4	25,000.00	150	18,493.33	24,200	7,922.51	12.0	24,200.00	16,277.49	205.46
T5	20,833.00	0	12,673.41	18,533	6,728.39	12.0	18,533.00	11,804.61	175.44
T6	20,833.00	50	13,594.23	19,333	7,007.53	12.0	19,333.00	12,325.47	175.89
T7	20,833.00	100	16,462.24	19,933	7,286.67	12.0	19,933.00	12,646.33	173.55
T8	20,833.00	150	17,398.33	19,913	7,565.81	12.0	19,913.00	12,347.19	163.20
T9	17,857.00	0	13,534.42	15,857	6,473.64	12.0	15,857.00	9,383.36	144.95
T10	17,857.00	50	15,430.83	16,357	6,752.79	12.0	16,357.00	9,604.21	142.23
T11	17,857.00	100	15,543.92	16,457	7,031.93	12.0	16,457.00	9,425.07	134.03
T12	17,857.00	150	16,810.58	16,557	7,364.57	12.0	16,557.00	9,192.43	124.82

CONCLUSIONES

1. La densidad de plantas influye positivamente en el rendimiento de brócoli, con densidad de 25,000 plantas/ha (0.50 x 0.80 m) con 150 kg N reportó 18,493.33 kg ha⁻¹. Las variables número de hojas, diámetro de pella, peso de pella, peso de hojas, peso total de la planta mostraron correlación positiva con el rendimiento de brócoli.
2. Los niveles de nitrógeno influyen positivamente en el rendimiento de brócoli; el nivel 150 kg N + 2 t ha⁻¹ Terrasur reportó 18,493.33 kg ha⁻¹ de rendimiento y 2.490 kg de peso/planta.
3. Según el análisis de rentabilidad, el tratamiento T4 (25,000 plantas. ha⁻¹ * 150 kg N + 2 t ha⁻¹ Terrasur) presentó la mayor rentabilidad con 205.46 %.

RECOMENDACIONES

1. En el cultivo de brócoli manejar la densidad de 25,000 plantas por hectárea con distanciamiento entre surco de 0.80 m y entre planta de 0.50 m para obtener rendimientos de pella más altos, así como aplicar la fertilización de 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno + 2 t ha⁻¹ Terrasur, para zonas cuyas condiciones son similares a C. E. Canaán, para cubrir las necesidades del cultivo de brócoli y mejorar las propiedades físicas del suelo con el abono orgánico.
2. Conducir en Ayacucho el cultivo de brócoli en época fuera de lluvias para alcanzar los mayores precios de pella.
3. Realizar trabajos de investigación con otras densidades de plantas manteniendo el distanciamiento entre surcos (0.80m).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J., Aldás, E., Heredia, E. M., & Núñez, M. (2023). Respuesta del brócoli var. SK6-401, a la aplicación de nitrógeno y potasio en Machachi Ecuador (p. 8). https://ojs.estudiantesucre.edu.ec/index.php/sucre_review/article/view/95
- AgroRural. (n.d.). Cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/ficha_tecnica_brocoli.pdf
- Azeem, B., KuShaari, K., Man, Z., Basit, A. y Thanh, TH (2014). Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer. *Diario de liberación controlada*, 181, 11-21. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168365914001205>
- Choque L, F. (2011). Evaluación de dos variedades de brocoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación, en sustrato sólido hidropónico, en ambiente atemperado en el Municipio de El Alto. [Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía]. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=cidab.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=018738>
- Collantes, C. (1994). Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento y calidad del brócoli (*Brassica oleracea* L. (Grupo *italica*)) cv. "Pirate". Tesis (Ingeniero Agrónomo). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. 74 p.
- Del Pino, M. (2016). El cultivo de brócoli. Curso de Horticultura de La Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP, 2. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/69028/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Di Bella, M. C., Toscano, S., Arena, D., Moreno, D. A., Romano, D., & Branca, F. (2021). Effects of Growing Cycle and Genotype on the Morphometric Properties and Glucosinolates Amount and Profile of Sprouts, Microgreens and Baby Leaves of Broccoli (*Brassica oleracea* L.). *Agronomy*, 1685, 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy1109168>
- Everaarts, A. P. (1994). Nitrogen fertilization and head rot in broccoli. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 42-3, 195-20. <https://library.wur.nl/ojs/index.php/njas/article/view/597>
- Fraie cordero, M., Nieto Ángel, D., Cárdenas Soriano, E., Gutiérrez Alonso, G., Bujanos Muñiz, R., & Vaquera Huerta, H. (2010). Efecto de variedades y densidad de

- plantación en la calidad física del florete de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Revista Fitotecnia Mexicana, 33(2), 141-147. doi:<https://doi.org/10.35196/rfm.2010.2.141>
- Gaspar, R. A. (2021). “Rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra en el Valle Chillón” [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4993/gaspar-rios-aquilino-hector.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guerra, G. (1997). Efecto del momento de dosis de fertilización nitrogenada, con y sin materia orgánica en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var *italica*). Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Escuela de Formación Profesional de Agronomía, Ayacucho, Perú.
- Infante, F. O. (2018). Rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3717/infante-fuentes-oscar-julian.pdf?sequence=1>
- Infoagro. (2024). El cultivo de brócoli. CORTEVA - Agrosience. <https://infoagro.com/hortalizas/broculi.htm>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2003). Cultivo de brócoli. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/895/1/Toledo-Cultivo_brocoli.pdf
- Instituto de la potasa y fósforo. (1997). Manual internacional de Fertilidad de Suelos (1ra ed.). USA. <https://www.udocz.com/apuntes/27751/manual-internacional-de-fertilidad-de-suelos-pdf>
- Jaramillo, N. J., Agruilar, A. P., Arguello, O., Valencia, C. C., Saldarriaga, C. A., Forero, A. C., Martínez, R. A., & Franco, G. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de brócoli en el departamento de Antioquia *Brassica oleracea* L. var. *italica*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica. https://www.researchgate.net/profile/German-Franco/publication/322780820_Modelo_tecnologico_para_el_cultivo_de_brocoli_en_el_departamento_de_Antioquia_Brassica_oleracea_L_var_italica/links/5bb62c38299bf1049b6f5728/Modelo-tecnologico-para-el-cultivo-de-bro
- Limachi, C. F. (2011). Evaluación de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación, en sustrato sólido (hidropónico), en ambiente

- atemperado en el municipio de El Alto [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/7407/T-1578.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lopez, M. D. G. (1998). Crecimiento y absorción de nutrientes del brócoli. Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (CIDA), May. https://www.researchgate.net/profile/Md-GomezLopez/publication/28052194_Crecimiento_y_absorcion_de_nutrientes_d_el_brocoli/links/0deec525da16a45321000000/Crecimiento-y-absorcion-de-nutrientes-del-brocoli.pdf
- Lozano, L., Tálamo, A., & Arnitán, A. L. (2019). Efecto de la distancia de plantación sobre la calidad de la pella y el rendimiento en dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* var.italicaPlenk) en el Valle de Lerma (Salta). Revista de la Facultad de Agronomía, 118(2), 1-7. doi:<https://doi.org/10.24215/16699513e027>
- Luna Quispe, E. (2018). Evaluación de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación en ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota-Cota. Revista CienciAgro, 8(1), 22-31. doi:<https://doi.org/10.24215/16699513e027>
- Mamani Rojas, V. P. (2014). Evaluación de tres densidades de siembra en dos variedades de Brócoli (*Brassica oleracea*) [Tesis]. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía.
- Medina-Morales, M. D. C., & Cano-Ríos, P. (2001). Contaminación por nitratos en agua, suelo y cultivos en la Comarca Lagunera. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 2(1), 9-14. <https://test.chapingo-cori.mx/revistas/articulos/doc/rchszaII881.pdf>
- Mohamed, M. H. M., Ali, M., Eid, R. S. M., El-Desouky, H. S., Petropoulos, S. A., Sami, R., Al-Mushhin, A. A. M., Ismail, K. A., & Zewail, R. M. Y. (2021). Phosphorus and biofertilizer application effects on growth parameters, yield and chemical constituents of broccoli. Agronomy, 11(11), 1–16. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112210>
- Mikkelsen, R. L. (2007). Biuret en fertilizantes de urea. Informaciones agronómicas. [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/4E783AD422385D38852579A3006CB4D8/\\$FILE/Biuret%20en%20Fertilizantes%20de%20Urea.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/4E783AD422385D38852579A3006CB4D8/$FILE/Biuret%20en%20Fertilizantes%20de%20Urea.pdf)
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2018). Anuario estadístico de la producción agrícola 2017.Ministerio de Agricultura y Riego. Lima, Perú. https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/anuarios/agricola/agricola_2017.pdf

- Navarro, S. B., & Navarro, G. G. (2003). Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal (2nd ed.). Mundi - prensa.
https://www.academia.edu/40079634/Quimica_Agricola_Segunda_Edicion_GI_NES_NAVARRO_GARCIA_SIMON_NAVARRO_PLAYA
- Navarro, G. G., & Navarro, G. S. (2014). Fertilizantes. Química y acción. Ediciones Mundi-Prensa.
- Ospina, S., & Cartagena, J. (2008). Modified atmosphere: an alternative for food preservation. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 112–123.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v5n2/v5n2a14.pdf>
- Palevitch, D. 1970. Effects of plant population and pattern on yield of broccoli in single harvest. *HortScience* 5:230–231
- Puenayan, I. A., Córdoba, R. F., & Unigarro, S. A. (2010). Respuesta de brócoli (*Brassica oleracea* var . italica L .) Híbrido Legacy a la fertilización con N-P-K en el municipio de Pasto, Nariño. *Revista de Agronomía*, XXVII(1), 49–57.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5104151>
- Reigosa M., Pedrol, N. y Sanches A. 200 La ecofisiología vegetal es una ciencia de síntesis Editorial Thomsom Editores Paraninfo S.A., Segunda reimpresión, Madrid- España.
- Rincon, L., Saez, J., Prez, C. J. A., Gomez, L. M. D., & Pellicer, C. (1999). Crecimiento y absorción de nutrientes del melón bajo invernadero. Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (CIDA). Estación Sericícola, May.
https://www.researchgate.net/profile/Md-Gomez-Lopez/publication/28052194_Crecimiento_y_absorcion_de_nutrientes_del_brocoli/links/0deec525da16a45321000000/Crecimiento-y-absorcion-de-nutrientes-del-brocoli.pdf
- Risco Arias, D., Gutiérrez Albán, A. C., & Buenaño Sánchez, M. E. (2016). Crecimiento, producción y calidad en brócoli cultivado bajo diferentes dosis de abono nitrogenado. *Investigación Agraria*, 18(1), 44–48.
<https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2016.junio.44-48>
- Rivera-Martin, A., Reynolds-Marzal, D., Martin, A., Velazquez, R., & Poblaciones, M. J. (2021). Combined Foliar Zinc and Nitrogen Application in Broccoli (*Brassica oleracea* var. italica L.): Effects on Growth, Nutrient Bioaccumulation, and Bioactive Compounds. *Agronomy*, 2–11.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy11030548>
- Rodríguez. y Rojas, f., (2022). Valor nutricional de hojas y tallos de brócoli, apio y betarraga disponibles en un mercado mayorista de Santiago de Chile

- Sakata. (2010). semilla para cultivo. Recuperado el 28 de octubre de 2021, de <https://www.sakata.com.mx/semillas/brocoli/53-imperial.html> 70
- Sakata. (2021). Imperial. Obtenido de <https://www.sakata.com.mx/semillas/brocoli/53-imperial.html>
- Soria, M. J. (2020). “Fertilización foliar con extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* cv. ‘paraíso’)”. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima].
- Tesén, V. G. (2021). Rendimiento y calidad de dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.) bajo tres densidades de siembra” [Tesis de pregrado, Universidad Nacional AgrariaLaMolina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5134/tesen-gallardo-victor-hugo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Toledo, J. (2003). Cultivo de brócoli. INIA - Donoso. Huaral, Lima. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/895>
- USDA. (2024). *Brassica oleracea* L.var. *italica* Plenck. 02 de Febrero. <https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=BROLI>
- Valadez, L. (1994). Producción de hortalizas. Editorial Limusa.4ta edición.
- Vivanco, K. O. (2023). Densidad de plantas y fórmulas de abonamiento orgánico-mineral en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad *italica*) Canaán, 2750 msnm – Ayacucho [Tesis pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/5697/1/TESIS_AG1310_Viv.pdf
- Ward,B., Smith,P., James, S., Stansell, Z., and Farnham,M. (2018). Increasing Plant Density in Eastern United States Broccoli Production Systems to Maximize Marketable Head Yields
- Zamora, E. (2016). EL cultivo del brócoli. Departamento de Agricultura y Ganadería de La Universidad de Sonora-Hermosillo. Campo, 1–8. <https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>
- Zebarth B. J., Bowen, P. A & Toivonen, P. M. A. (1995). Influence of nitrogen fertilizationon broccoli yield, nitrogen accumulation and apparent fertilizer-nitrogen recovery. Canadian Journal Plant Science 75: 717-725. <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/cjps95-122>
- Zhang, Y., T. W. Kensler, C. G. Cho, G. H. Posner, and P. Talalay, 2009: Anticarcinogenic activities of sulforaphane and structurally related synthetic norbornyl isothiocyanates. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 91: 3147-3150

ANEXOS

Anexo 1. Cronología de los datos del experimento

N°	ACTIVIDADES	2024							
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
1	Presentación de proyecto de tesis	17/01/2023							
2	Revisión y aprobación del proyecto de tesis	31/01/2024							
3	Inicio de ejecución de la tesis								
	Almacigado	06/01/2024							
	Preparación del terreno		08/02/2024						
	Demarcación y estacado		14/02/2024						
4	Instalación del trabajo								
	Abonamiento Orgánico (Terrasur)		08/02/2024						
	Trasplante		15/02/2024						
	Recalce		20/02/2024						
	1er Abonamiento mineral (urea)		22/02/2024						
	2Do Abonamiento mineral (urea)			16/03/2024					
5	Aporque			16/03/2024					
6	Deshierbo								
	1er Deshierbo (20 ddt)			06/03/2024					
	2do Deshierbo (50 ddt)				05/04/2024				
7	Control fitosanitario			02/03/2024	23/03/2024				
8	Cosecha								
	1ra cosecha 78ddt					03/05/2024			
	2da cosecha					07/05/2024			
9	Recolección de datos					03-10/05/2024			
10	Análisis e interpretación de datos						19/06/2024		
11	Primera redacción del informe final							17/07/2024	

Anexo 2. Datos de campo de las variables evaluadas del bloque I

BLOQUE I							
T 1							
ALTURA TOTAL	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
60.0	1300.0	850.0	13.0	3.0	10.0	15.0	235.0
56.0	1200.0	680.0	12.0	3.5	13.0	15.0	555.0
45.0	1200.0	780.0	12.0	3.5	13.0	12.5	535.0
52.0	1250.0	650.0	10.0	3.0	15.0	17.0	560.0
53.0	1300.0	850.0	12.0	3.5	14.0	16.0	850.0
Promedio	53.2	1250.0	762.0	11.8	3.3	13.0	547.0

T 2							
ALTURA TOTAL	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
59.0	1650.0	800.0	13.0	3.5	13.0	17.0	440.0
50.0	1300.0	560.0	16.0	4.5	15.0	23.0	760.0
54.0	1300.0	750.0	17.0	3.0	12.0	14.0	310.0
60.0	1050.0	900.0	15.0	4.0	13.5	18.5	495.0
64.0	1600.0	950.0	16.0	4.0	16.0	19.0	755.0
Promedio	57.40	1380.00	792.00	15.40	3.80	13.90	552.00

T 3							
ALTURA TOTAL	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
67.0	1750.0	950.0	15.0	3.8	14.5	20.0	580.0
65.0	1250.0	1000.0	16.0	4.0	17.0	22.5	790.0
52.0	1500.0	750.0	16.0	4.0	14.5	17.5	780.0
61.0	1850.0	1000.0	16.0	4.0	15.0	17.0	500.0
63.0	1850.0	1050.0	16.0	3.5	13.5	16.5	890.0
Promedio	61.60	1640.00	950.00	15.80	3.85	14.90	708.00

T 4							
ALTURA TOTAL	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
54.0	1950.0	1050.0	17.0	4.0	15.5	19.0	680.0
68.0	1900.0	1100.0	14.0	3.5	13.0	18.0	510.0
63.0	1950.0	950.0	17.0	4.0	15.0	20.0	695.0
59.0	1450.0	950.0	18.0	3.5	15.0	19.5	860.0
64.0	1350.0	1100.0	15.0	4.0	16.0	22.0	840.0
Promedio	61.60	1720.00	1030.00	16.20	3.80	14.90	717.00

T 5							
ALTURA TOTAL	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
50.0	1850.0	850.0	13.0	4.5	12.5	16.5	850.0
60.0	1150.0	950.0	16.0	4.0	15.5	18.0	880.0
54.0	1350.0	800.0	14.0	3.0	14.0	14.5	335.0
57.0	1650.0	1000.0	12.0	3.5	16.0	16.8	475.0
62.0	1450.0	1000.0	12.0	3.5	13.5	17.0	505.0
Promedio	56.60	1490.00	920.00	13.40	3.70	14.30	609.00

T 6							
ALTURA TOTAL	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
59.0	1450.0	750.0	18.0	4.0	13.0	17.0	485.0
67.0	1800.0	1000.0	18.0	4.0	13.0	17.5	505.0
67.0	1650.0	980.0	12.0	3.8	17.0	21.0	866.0
61.0	1900.0	950.0	16.0	4.0	16.0	18.0	702.0
60.0	1650.0	900.0	14.0	3.5	13.0	17.7	503.0
Promedio	62.80	1690.00	916.00	15.60	3.85	14.40	612.20

Continuación del bloque I...

	T 7							
	ALTURA TOTAL	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	62.0	2050.0	1150.0	16.0	4.0	14.0	16.5	750.0
	62.0	1950.0	900.0	16.0	4.5	14.5	19.0	860.0
	71.0	2300.0	960.0	19.0	4.0	16.0	23.0	774.0
	61.0	1950.0	900.0	15.0	4.0	16.0	20.0	720.0
	62.0	1750.0	650.0	14.0	3.5	14.0	16.5	780.0
	Promedio	63.60	2000.00	912.00	16.00	4.00	14.90	19.00

	T 8							
	ALTURA TOTAL	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	58.0	1980.0	1360.0	16.0	3.5	15.0	22.0	788.0
	62.0	2350.0	1000.0	18.0	4.5	14.0	19.5	793.0
	68.0	2350.0	550.0	16.0	4.0	16.0	20.0	663.0
	62.0	2500.0	1055.0	20.0	4.3	14.5	23.0	1000.0
	65.0	2500.0	1350.0	15.0	4.0	14.5	20.0	708.0
	Promedio	63.00	2336.00	1063.00	17.00	4.05	14.80	20.90

	T 9							
	ALTURA TOTAL	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	58.0	1750.0	800.0	15.0	3.8	13.5	15.0	652.0
	60.0	1670.0	800.0	12.0	3.0	15.0	17.0	889.0
	63.0	1550.0	1150.0	15.0	3.0	16.5	24.0	1100.0
	60.0	1300.0	750.0	16.0	3.8	14.0	17.0	550.0
	55.0	1550.0	700.0	11.0	3.5	13.5	16.0	550.0
	Promedio	59.20	1564.00	840.00	13.80	3.40	14.50	17.80

	T 10							
	ALTURA TOTAL	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	62.0	1700.0	750.0	15.0	3.5	14.0	21.0	633.0
	63.0	1700.0	850.0	16.0	3.8	16.0	19.0	601.0
	63.0	2150.0	950.0	12.0	4.0	18.5	19.0	870.0
	58.0	2150.0	950.0	15.0	4.0	14.5	22.5	879.0
	60.0	1150.0	1300.0	13.0	4.5	16.0	22.0	1229.0
	Promedio	61.20	1770.00	960.00	14.20	3.95	15.80	20.70

	T 11							
	ALTURA TOTAL	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	66.0	2000.0	1000.0	17.0	3.5	16.5	18.0	734.0
	66.0	2850.0	1250.0	18.0	4.3	16.0	23.0	1113.0
	72.0	2800.0	1350.0	15.0	4.3	13.0	20.5	890.0
	65.0	2000.0	1000.0	15.0	3.5	17.0	17.5	702.0
	62.0	2500.0	1350.0	17.0	4.5	16.5	22.0	944.0
	Promedio	66.20	2430.00	1190.00	16.40	4.00	15.80	20.20

T 12								
	ALTURA TOTAL	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	68.0	1850.0	850.0	17.0	4.00	17.00	21.00	1200.0
	69.0	2780.0	950.0	16.0	4.00	15.00	19.00	980.0
	63.0	2250.0	1050.0	17.0	3.50	16.00	22.00	870.0
	62.0	2750.0	1300.0	14.0	4.50	16.00	21.00	787.0
	65.0	2650.0	1500.0	19.0	4.50	15.50	19.00	980.0
Promedio	65.40	2456.00	1130.00	16.60	4.10	15.90	20.40	963.40

Anexo 3. Datos de campo de las variables evaluadas del bloque II

BLOQUE II								
T 1	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	52.0	1300.0	1050.0	15.0	3.0	14.0	14.5	560.0
	61.0	1600.0	760.0	12.0	4.3	15.0	16.5	450.0
	51.0	1100.0	660.0	14.0	3.0	13.0	12.5	450.0
	56.0	1150.0	950.0	13.0	3.5	12.5	16.0	450.0
	57.0	1200.0	560.0	12.0	3.0	14.0	18.5	791.0
Promedio	55.4	1270.0	796.0	13.2	3.4	13.7	15.6	540.2

T 2	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	56.0	1260.0	750.0	15.0	3.3	14.0	13.0	450.0
	56.0	1350.0	750.0	16.0	4.0	15.0	18.0	626.0
	60.0	1350.0	850.0	14.0	3.5	13.0	18.0	481.0
	63.0	1650.0	900.0	14.0	4.0	14.0	18.0	676.0
	50.0	1300.0	850.0	16.0	3.5	13.0	13.0	578.0
Promedio	57.0	1382.0	820.0	15.0	3.7	13.8	16.0	562.2

T 3	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	58.0	1550.0	800.0	16.0	3.5	15.0	19.0	553.0
	63.0	1950.0	1150.0	16.0	4.0	15.0	19.5	677.0
	54.0	1350.0	750.0	17.0	3.5	15.0	18.0	750.0
	57.0	1850.0	850.0	15.0	4.0	14.0	15.0	870.0
	62.0	1350.0	1050.0	15.0	3.5	15.0	20.0	691.0
Promedio	58.8	1610.0	920.0	15.8	3.7	14.8	18.3	708.2

T 4	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	62.0	1700.0	1000.0	16.0	3.3	13.0	16.5	478.0
	55.0	1950.0	1250.0	16.0	3.8	13.5	18.0	635.0
	61.0	2350.0	1050.0	16.0	4.0	14.0	20.0	760.0
	65.0	1800.0	1250.0	17.0	4.5	19.0	23.0	850.0
	61.0	1350.0	1250.0	14.0	4.5	15.0	21.0	990.0
Promedio	60.8	1830.0	1160.0	15.8	4.0	14.9	19.7	742.6

T 5	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	57.0	1400.0	680.0	13.0	3.0	14.5	16.5	560.0
	57.0	1700.0	950.0	13.0	3.5	13.0	19.5	539.0
	62.0	1250.0	850.0	15.0	3.0	13.5	15.5	577.0
	53.0	1750.0	950.0	16.0	4.0	15.0	16.0	623.0
	56.0	1350.0	1150.0	12.0	3.5	14.0	16.5	650.0
Promedio	57.0	1490.0	916.0	13.8	3.4	14.0	16.8	589.8

T 6	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	51.0	1370.0	800.0	15.0	4.0	15.0	20.0	680.0
	56.0	1900.0	1000.0	15.0	4.0	15.0	18.0	577.0
	69.0	1560.0	1150.0	14.0	4.0	14.5	20.0	770.0
	56.0	1550.0	850.0	15.0	3.3	13.0	17.0	750.0
	64.0	1850.0	1050.0	16.0	4.5	14.0	15.0	454.0
Promedio	59.2	1646.0	970.0	15.0	4.0	14.3	18.0	646.2

Continuación del bloque II...

	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diámetro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
T 7	59.0	1950.0	800.0	16.0	4.3	13.0	18.0	814.0
	62.0	1950.0	950.0	16.0	3.5	13.5	25.0	673.0
	66.0	2450.0	1250.0	16.0	4.0	16.0	20.0	860.0
	60.0	2400.0	1200.0	15.0	4.0	15.0	22.5	960.0
	55.0	1900.0	850.0	15.0	4.0	16.5	20.0	794.0
Promedio	60.4	2130.0	1010.0	15.6	4.0	14.8	21.1	820.2

	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diámetro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
T 8	67.0	2250.0	1050.0	21.0	4.0	18.0	21.0	930.0
	66.0	1950.0	1450.0	17.0	4.0	16.5	20.0	796.0
	65.0	2300.0	1100.0	14.0	4.5	14.5	20.0	711.0
	63.0	1650.0	1300.0	17.0	3.0	14.5	22.5	1100.0
	60.0	2200.0	1050.0	16.0	4.0	15.0	20.0	743.0
Promedio	64.2	2070.0	1190.0	17.0	3.9	15.7	20.7	856.0

	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diámetro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
T 9	66.0	1560.0	1150.0	14.0	3.5	16.0	17.0	850.0
	59.0	1350.0	1150.0	16.0	4.0	13.5	16.5	760.0
	63.0	1650.0	960.0	16.0	3.0	14.5	17.5	856.0
	58.0	1750.0	750.0	12.0	3.5	16.0	19.0	641.0
	70.0	1560.0	950.0	14.0	3.0	15.0	19.0	759.0
Promedio	63.2	1574.0	992.0	14.4	3.4	15.0	17.8	773.2

	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diámetro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
T 10	63	1980	680	13	4.5	19	20	960
	62	1870	1250	12	4	15	18.5	735
	72	1650	960	11	4.75	16	22	860
	66	1560	1260	16	4.25	14	22.5	860
	66	1980	1250	16	4.25	15	22	966
Promedio	65.8	1808	1080	13.6	4.35	15.8	21	876.2

	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diámetro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
T 11	63.0	2150.0	1050.0	16.0	4.0	16.0	22.0	855.0
	73.0	2550.0	1300.0	16.0	4.0	16.0	19.0	811.0
	65.0	2150.0	900.0	15.0	4.0	16.0	20.0	841.0
	67.0	1200.0	900.0	15.0	4.0	15.0	22.0	767.0
	58.0	3050.0	1550.0	18.0	4.5	15.5	19.5	1031.0
Promedio	65.2	2220.0	1140.0	16.0	4.1	15.7	20.5	861.0

	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diámetro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
T 12	70.0	2550.0	1450.0	18.0	4.0	16.0	19.5	695.0
	61.0	1550.0	950.0	16.0	4.0	17.0	23.0	960.0
	58.0	2850.0	800.0	15.0	4.5	15.0	17.5	850.0
	60.0	2900.0	1680.0	14.0	4.0	14.0	22.0	1200.0
	63.0	2650.0	1560.0	18.0	3.5	16.0	22.0	980.0
Promedio	62.4	2500.0	1288.0	16.2	4.0	15.6	20.8	937.0

Anexo 4. Datos de campo de las variables evaluadas del bloque III

BLOQUE III								
T 1	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diámetro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	59.0	1200.0	1100.0	13.0	3.0	16.0	16.5	580.0
	52.0	1250.0	800.0	11.0	3.5	14.0	16.0	531.0
	45.0	1050.0	400.0	13.0	3.3	13.0	18.0	477.0
	55.0	1700.0	700.0	10.0	3.8	12.0	12.5	697.0
	55.0	1100.0	1000.0	12.0	3.0	16.0	16.0	450.0
Promedio	53.2	1260.0	800.0	11.8	3.3	14.2	15.8	547.0

T 2	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diámetro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	56.0	1200.0	500.0	11.0	3.5	13.0	18.0	617.0
	56.0	1700.0	850.0	16.0	4.0	14.0	21.0	587.0
	61.0	800.0	890.0	13.0	3.0	13.0	14.0	450.0
	52.0	950.0	750.0	17.0	4.0	10.0	13.5	228.0
	55.0	1950.0	850.0	17.0	4.0	16.5	22.0	820.0
Promedio	56.0	1320.0	768.0	14.8	3.7	13.3	17.7	540.4

T 3	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diámetro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	56.0	1650.0	850.0	17.0	3.5	15.0	21.0	623.0
	66.0	1700.0	650.0	16.0	4.0	12.0	16.5	865.0
	57.0	1750.0	900.0	15.0	3.5	15.0	19.0	680.0
	51.0	2200.0	1150.0	15.0	4.0	17.0	22.0	646.0
	63.0	800.0	960.0	15.0	4.0	12.0	15.0	860.0
Promedio	58.6	1620.0	902.0	15.6	3.8	14.2	18.7	734.8

T 4	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diámetro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	57.0	1800.0	1050.0	16.0	3.8	11.0	16.0	860.0
	58.0	1450.0	1250.0	17.0	3.5	15.0	18.0	568.0
	64.0	1700.0	850.0	13.0	4.0	14.0	16.0	740.0
	58.0	2600.0	1000.0	16.0	4.0	16.0	23.0	910.0
	66.0	1650.0	900.0	16.0	4.0	16.0	17.0	720.0
Promedio	60.6	1840.0	1010.0	15.6	3.9	14.4	18.0	759.6

T 5	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diámetro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	55.0	1450.0	900.0	12.0	3.5	16.0	16.0	670.0
	63.0	1350.0	1100.0	15.0	4.0	13.5	17.0	750.0
	58.0	1650.0	900.0	14.0	3.5	16.0	18.0	618.0
	58.0	1300.0	850.0	11.0	3.0	14.0	15.0	600.0
	67.0	1500.0	750.0	13.0	3.5	13.0	16.0	493.0
Promedio	60.2	1450.0	900.0	13.0	3.5	14.5	16.4	626.2

T 6	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diámetro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diámetro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
	57.0	1640.0	700.0	15.0	3.8	16.0	18.0	701.0
	52.0	1650.0	750.0	14.0	3.5	14.0	17.5	578.0
	68.0	1650.0	1150.0	17.0	4.3	15.0	20.0	832.0
	59.0	1750.0	700.0	14.0	4.0	14.5	21.0	729.0
	56.0	1550.0	1200.0	18.0	3.5	14.0	19.0	656.0
Promedio	58.4	1648.0	900.0	15.6	3.8	14.7	19.1	699.2

Continuación del bloque III...

	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diametro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
T 7	59.0	1850.0	800.0	15.0	3.5	13.5	18.0	731.0
	61.0	2350.0	900.0	15.0	4.5	16.0	17.5	890.0
	62.0	1850.0	1350.0	15.0	3.5	14.5	18.0	780.0
	57.0	1950.0	900.0	15.0	4.0	16.0	18.0	687.0
	58.0	2300.0	800.0	18.0	4.0	14.5	20.0	780.0
Promedio	59.4	2060.0	950.0	15.6	3.9	14.9	18.3	773.6

	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diametro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
T 8	67.0	1560.0	1200.0	21.0	4.0	16.0	19.0	960.0
	64.0	2050.0	850.0	16.0	4.5	14.5	23.5	948.0
	65.0	2150.0	950.0	15.0	4.5	15.0	16.5	627.0
	58.0	2450.0	850.0	15.0	3.5	13.5	18.0	980.0
	55.0	2450.0	550.0	17.0	3.5	14.0	18.0	780.0
Promedio	61.8	2132.0	880.0	16.8	4.0	14.6	19.0	859.0

	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diametro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
T 9	63.0	1560.0	1000.0	15.0	3.0	16.0	16.0	788.0
	52.0	1300.0	960.0	10.0	3.5	14.0	17.5	503.0
	63.0	1350.0	900.0	12.0	3.0	15.0	15.5	980.0
	60.0	1650.0	750.0	14.0	4.0	14.0	15.0	641.0
	64.0	1470.0	1260.0	16.0	3.0	12.5	16.5	850.0
Promedio	60.4	1466.0	974.0	13.4	3.3	14.3	16.1	752.4

	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diametro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
T 10	59.0	1350.0	1150.0	15.0	4.0	15.0	18.0	997.0
	58.0	1650.0	650.0	13.0	3.5	15.0	21.0	629.0
	64.0	1870.0	850.0	15.0	4.5	16.0	23.0	1090.0
	64.0	2200.0	1050.0	16.0	3.8	16.0	22.0	810.0
	64.0	2050.0	900.0	12.0	4.0	16.0	22.0	843.0
Promedio	61.8	1824.0	920.0	14.2	4.0	15.6	21.2	873.8

	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diametro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
T 11	55.0	2400.0	1000.0	17.0	4.0	16.0	22.0	938.0
	62.0	2200.0	900.0	15.0	4.0	14.0	21.0	867.0
	63.0	2650.0	1560.0	16.0	4.5	18.5	24.0	1205.0
	65.0	2650.0	1230.0	17.0	4.0	16.0	17.0	509.0
	62.0	2000.0	850.0	16.0	4.0	14.0	20.0	850.0
Promedio	61.4	2380.0	1108.0	16.2	4.1	15.7	20.8	873.8

	ALTURA TOTAL (cm)	PESO TOTAL (gr)	PESO DE HOJAS(gr)	Número de hojas	Diametro pedúnculo(cm)	Altura pella (cm)	Diametro de pella (cm)	Peso de pella (gr)
T 12	61.0	2550.0	1560.0	15.0	4.0	15.0	23.0	1100.0
	58.0	1900.0	1650.0	15.0	4.0	15.0	19.0	980.0
	60.0	2600.0	950.0	16.0	4.5	13.5	20.0	359.0
	60.0	2950.0	900.0	18.0	4.0	18.0	22.0	980.0
	59.0	2570.0	850.0	16.0	3.5	17.0	19.0	1200.0
Promedio	59.6	2514	1182	16	4.00	15.7	20.6	923.8

Anexo 5. Datos ordenados en función del promedio para el procesamiento de los datos

Trt.	Bloques	Densidad	Nitrógeno	Peso de Pella (g) y kg ha ⁻¹		Peso de Hojas (g)	Altura Pella (cm)	Diám. de Pella(cm)	Alt. de planta (cm)	Diám. Pedúnculo (cm)	Núm. de hojas	Peso de planta (kg y g)	
T1	i	D1(25,000)	N(0)	547.0	13675.0	762.0	13.0	15.1	53.2	3.3	11.8	1.250	1250.0
T2	i	D1(25,000)	N(50)	552.0	13800.0	792.0	13.9	18.3	57.4	3.8	15.4	1.380	1380.0
T3	i	D1(25,000)	N(100)	708.0	17700.0	950.0	14.9	18.7	61.6	3.9	15.8	1.640	1640.0
T4	i	D1(25,000)	N(150)	717.0	17925.0	1030.0	14.9	19.7	61.6	3.8	16.2	1.720	1720.0
T5	i	D2(20,833)	N(0)	609.0	12687.3	920.0	14.3	16.6	56.6	3.7	13.4	1.490	1490.0
T6	i	D2(20,833)	N(50)	612.2	12754.0	916.0	14.4	18.2	62.8	3.9	15.6	1.690	1690.0
T7	i	D2(20,833)	N(100)	776.8	16183.1	912.0	14.9	19.0	63.6	4.0	16.0	2.000	2000.0
T8	i	D2(20,833)	N(150)	790.4	16466.4	1063.0	14.8	20.9	63.0	4.1	17.0	2.336	2336.0
T9	i	D3(17,857)	N(0)	748.2	13360.6	840.0	14.5	17.8	59.2	3.4	13.8	1.564	1564.0
T10	i	D3(17,857)	N(50)	842.4	15042.7	960.0	15.8	20.7	61.2	4.0	14.2	1.770	1770.0
T11	i	D3(17,857)	N(100)	876.6	15653.4	1190.0	15.8	20.2	66.2	4.0	16.4	2.430	2430.0
T12	i	D3(17,857)	N(150)	963.4	17203.4	1130.0	15.9	20.4	65.4	4.1	16.6	2.456	2456.0
T1	ii	D1(25,000)	N(0)	540.2	13505.0	796.0	13.7	15.6	55.4	3.4	13.2	1.270	1270.0
T2	ii	D1(25,000)	N(50)	562.2	14055.0	820.0	13.8	16.0	57.0	3.7	15.0	1.382	1382.0
T3	ii	D1(25,000)	N(100)	708.2	17705.0	920.0	14.8	18.3	58.8	3.7	15.8	1.610	1610.0
T4	ii	D1(25,000)	N(150)	742.6	18565.0	1160.0	14.9	19.7	60.8	4.0	15.8	1.830	1830.0
T5	ii	D2(20,833)	N(0)	589.8	12287.3	916.0	14.0	16.8	57.0	3.4	13.8	1.490	1490.0
T6	ii	D2(20,833)	N(50)	646.2	13462.3	970.0	14.3	18.0	59.2	4.0	15.0	1.646	1646.0
T7	ii	D2(20,833)	N(100)	820.2	17087.2	1010.0	14.8	21.1	60.4	4.0	15.6	2.130	2130.0
T8	ii	D2(20,833)	N(150)	856.0	17833.0	1190.0	15.7	20.7	64.2	3.9	17.0	2.070	2070.0
T9	ii	D3(17,857)	N(0)	773.2	13807.0	992.0	15.0	17.8	63.2	3.4	14.4	1.574	1574.0
T10	ii	D3(17,857)	N(50)	876.2	15646.3	1080.0	15.8	21.0	65.8	4.4	13.6	1.808	1808.0
T11	ii	D3(17,857)	N(100)	861.0	15374.9	1140.0	15.7	20.5	65.2	4.1	16.0	2.220	2220.0
T12	ii	D3(17,857)	N(150)	937.0	16732.0	1288.0	15.6	22.0	62.4	4.0	16.2	2.500	2500.0
T1	iii	D1(25,000)	N(0)	547.0	13675.0	800.0	14.2	15.8	53.2	3.3	11.8	1.260	1260.0
T2	iii	D1(25,000)	N(50)	540.4	13510.0	631.0	13.3	17.7	56.0	3.7	14.8	1.320	1320.0
T3	iii	D1(25,000)	N(100)	734.8	18370.0	790.0	14.2	18.7	58.6	3.8	15.6	1.620	1620.0
T4	iii	D1(25,000)	N(150)	759.6	18990.0	900.0	14.4	18.0	60.6	3.9	15.6	1.840	1840.0
T5	iii	D2(20,833)	N(0)	626.2	13045.6	900.0	14.5	16.4	60.2	3.5	13.0	1.450	1450.0
T6	iii	D2(20,833)	N(50)	699.2	14566.4	790.0	14.7	19.1	58.4	3.8	15.6	1.648	1648.0
T7	iii	D2(20,833)	N(100)	773.6	16116.4	860.0	14.9	18.3	59.4	3.9	15.6	2.060	2060.0
T8	iii	D2(20,833)	N(150)	859.0	17895.5	880.0	14.6	19.0	61.8	4.0	16.8	2.132	2132.0
T9	iii	D3(17,857)	N(0)	752.4	13435.6	780.0	14.3	16.1	60.4	3.3	13.4	1.466	1466.0
T10	iii	D3(17,857)	N(50)	873.8	15603.4	920.0	15.6	21.2	61.8	4.0	14.2	1.824	1824.0
T11	iii	D3(17,857)	N(100)	873.8	15603.4	870.0	15.7	20.8	61.4	4.1	16.2	2.380	2380.0
T12	iii	D3(17,857)	N(150)	923.8	16496.3	800.0	15.7	20.6	59.6	4.0	16.0	2.514	2514.0

Anexo 6. Datos estadísticos de los tratamientos para el procesamiento de los datos

Tratamientos	Densidad	Nitrógeno	Alt. de planta (cm)	Peso total de planta (kg)	Peso de Hojas (g)	Núm de hojas	Diám. Pedúnculo (cm)	Altura Pella (cm)	Diám. de Pella(cm)	Peso de Pella (g)	Rdt (t.ha-1)
T1	D1(25,000)	N(0)	53.9	1.260	786.0	12.3	3.3	13.6	15.5	544.7	13.6
T2	D1(25,000)	N(50)	56.8	1.361	747.7	15.1	3.7	13.7	17.3	551.5	13.8
T3	D1(25,000)	N(100)	59.7	1.623	886.7	15.7	3.8	14.6	18.6	717.0	17.9
T4	D1(25,000)	N(150)	61.0	1.797	1030.0	15.9	3.9	14.7	19.1	739.7	18.5
T5	D2(20,833)	N(0)	57.9	1.477	912.0	13.4	3.5	14.3	16.6	608.3	12.7
T6	D2(20,833)	N(50)	60.1	1.661	892.0	15.4	3.9	14.5	18.4	652.5	13.6
T7	D2(20,833)	N(100)	61.1	2.063	927.3	15.7	4.0	14.9	19.5	790.2	16.5
T8	D2(20,833)	N(150)	63.0	2.179	1044.3	16.9	4.0	15.0	20.2	835.1	17.4
T9	D3(17,857)	N(0)	60.9	1.535	870.7	13.9	3.4	14.6	17.2	757.9	13.5
T10	D3(17,857)	N(50)	62.9	1.801	986.7	14.0	4.1	15.7	21.0	864.1	15.4
T11	D3(17,857)	N(100)	64.3	2.343	1066.7	16.2	4.1	15.7	20.5	870.5	15.5
T12	D3(17,857)	N(150)	62.5	2.490	1072.7	16.3	4.0	15.7	21.0	941.4	16.8

Anexo 7. Ficha técnica de Terrasur, analizado en el laboratorio de UNALM, a favor de TERRASUR S.A.C



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : ABONOS TERRASUR S.A.C.

PROCEDENCIA : ICA/ CHINCHA

MUESTRA DE : BIOL

REFERENCIA : H.R. 75860

FACTURA : 8304

FECHA : 21/12/2021

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
574		8.50	20.10	8.88	3.83	3220.00	109.68	1700.00

Nº LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
574		89.17	8.67	600.00

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L
574		6.20	0.60	2.33	1.03	3.43



Constantino Calderón Mendoza
Jefe de Laboratorio

Anexo 8. Costos de producción para cada tratamiento en cultivo de brócoli, Canaán, 2024

Costo de producción para 1 ha de cultivo anual - T1				
Cultivo	BRÓCOLI	T1	d1 (25,000 plantas ha-1)x n1 (0 kg ha-1) + 2 t.ha-1 terrasur	
Área de producción :	1 ha			
Densidad (0.50x0.8)	25,000.00	Rdt	13618.33 kg. Ha-1	
COSTOS DIRECTOS				6,562.03
				6,562.03
PREPARACIÓN DEL TERENO				585.00
Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
Aradura	HM	4	70.00	280.00
Rastra	HM	2	70.00	140.00
Surcado	HM	2	70.00	140.00
PROCESO DE TRASPLANTE				600.00
Incorporacion de gallinasa y úrea	Jornal	2	50.00	100.00
Trasplante en campo definitivo	Jornal	10	50.00	500.00
LABORES CULTURALES				1,500.00
Recalce	jornal	2	50.00	100.00
Control de arvenses	Jornal	4	50.00	200.00
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	15	50.00	750.00
Aporque y 2da aplicacon del 50 % de N	Jornal	6	50.00	300.00
Control fitosanitario	Jornal	3	50.00	150.00
COSECHA				600.00
Primera cosecha	Jornal	6	50.00	300.00
Segunda cosecha	Jornal	6	50.00	300.00
INSUMOS				3,174.03
Fuentes de fertilizantes N y orgánico				
Urea	kg	0	2.40	-
Gallinaza terrasur	kg	2000	0.50	1,000.00
Pesticidas				
Fungicidas	L	2	45.00	90.00
Insecticidas	kg	2	35.00	70.00
Adherente	L	0.5	35.00	17.50
Compra de plantines				
Plantines	Unidad	25000	0.08	1,996.53
MATERIALES Y EQUIPOS				103.00
Mantas	und	5	2.50	12.50
Costales	und	5	2.50	12.50
Pitas	und	2	1.50	3.00
Cuchillos para cosecha	unid	3	25.00	75.00
COSTOS INDIRECTOS				519.34
Analisis del suelo		1	60.00	60.00
Gastos administrativos 5% CD			5%	328.10
Imprevistos 2% CD			2%	131.24
COSTOS TOTALES				7,081.37

Costo de producción para 1 ha de cultivo anual - T2					
Cultivo	BROCOLI	T2	d1 (25,000 plantas ha-1)x n2 (50 kg ha-1) + 2		
Área de producción :	1 ha		t.ha-1 terrasur		
Densidad (0.50x0.8)	25,000.00	Rdt	13,788.333 kg. Ha-1		
ACTIVIDADES: T2		Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS					6,826.38
					6,826.38
PREPARACIÓN DEL TERENO					585.00
Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00	
Aradura	HM	4	70.00	280.00	
Rastra	HM	2	70.00	140.00	
Surcado	HM	2	70.00	140.00	
PROCESO DE TRASPLANTE					600.00
Incorporacion de gallinasa y úrea	Jornal	2	50.00	100.00	
Trasplante en campo definitivo	Jornal	10	50.00	500.00	
LABORES CULTURALES					1,500.00
Recalce	jornal	2	50.00	100.00	
Control de arvenses	Jornal	4	50.00	200.00	
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	15	50.00	750.00	
Aporque y 2da aplicacon del 50 % de N	Jornal	6	50.00	300.00	
Control fitosanitario	Jornal	3	50.00	150.00	
COSECHA					600.00
Primera cosecha	Jornal	6	50.00	300.00	
Segunda cosecha	Jornal	6	50.00	300.00	
INSUMOS					3,438.38
Fuentes de fertilizantes N y orgánico					
Urea	kg	108.7	2.40	260.88	
Gallinaza terrasur	kg	2000	0.50	1,000.00	
Pesticidas					
Fungicidas	L	2	45.00	90.00	
Insecticidas	kg	2	35.00	70.00	
Adherente	L	0.5	35.00	17.50	
Compra de plantines					
Plantines	Und	25000	0.08	2,000.00	
MATERIALES Y EQUIPOS					103.00
Mantas	und	5	2.50	12.50	
Costales	und	5	2.50	12.50	
Pitas	und	2	1.50	3.00	
Cuchillos para cosecha	unid	3	25.00	75.00	
COSTOS INDIRECTOS					537.85
Analisis del suelo		1	60.00	60.00	
Gastos administrativos 5% CD			5%	341.32	
Imprevistos 2% CD			2%	136.53	
COSTOS TOTALES					7,364.23

Costo de producción para 1 ha de cultivo anual - T3					
Cultivo	BRÓCOLI	T3	d1 (25,000 plantas ha-1)x n3 (100 kg ha-1) +		
Área de producción :	1 ha		2 t.ha-1 terrasur		
Densidad (0.50x0.8)	25,000.00	Rdt	17925 kg. Ha-1		
ACTIVIDADES : T3		Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (\$/.)	Sub Total por Actividad (\$/.)
COSTOS DIRECTOS					7,087.26
					7,087.26
PREPARACIÓN DEL TERENO					585.00
Limpieza del terreno		Jornal	0.5	50.00	25.00
Aradura		HM	4	70.00	280.00
Rastra		HM	2	70.00	140.00
Surcado		HM	2	70.00	140.00
PROCESO DE TRASPLANTE					600.00
Incorporacion de gallinasa y úrea		Jornal	2	50.00	100.00
Trasplante en campo definitivo		Jornal	10	50.00	500.00
LABORES CULTURALES					1,500.00
Recalce		Jornal	2	50.00	100.00
Control de arvenses		Jornal	4	50.00	200.00
Riego por goteo por campaña (global)		Jornal	15	50.00	750.00
Aporque y 2da aplicacon del 50 % de N		Jornal	6	50.00	300.00
Control fitosanitario		Jornal	3	50.00	150.00
COSECHA					600.00
Primera cosecha		Jornal	6	50.00	300.00
Segunda cosecha		Jornal	6	50.00	300.00
INSUMOS					3,699.26
Fuentes de fertilizantes N y orgánico					
Urea		kg	217.4	2.40	521.76
Gallinaza terrasur		kg	2000	0.50	1,000.00
Pesticidas					
Fungicidas		L	2	45.00	90.00
Insecticidas		kg	2	35.00	70.00
Adherente		L	0.5	35.00	17.50
Compra de plantines					
Plantulas		und	25000	0.08	2,000.00
MATERIALES Y EQUIPOS					103.00
Mantas		und	5	2.50	12.50
Costales		und	5	2.50	12.50
Pitas		und	2	1.50	3.00
Cuchillos para cosecha		unid	3	25.00	75.00
COSTOS INDIRECTOS					556.11
Analisis del suelo			1	60.00	60.00
Gastos administrativos 5% CD				5%	354.36
Imprevistos 2% CD				2%	141.75
COSTOS TOTALES					7,643.37

Costo de producción para 1 ha de cultivo anual - T4					
Cultivo	BROCOLI	T4	d1 (25,000 plantas ha-1)x n4 (150 kg ha-1) +		
Área de producción :	1 ha		2 t.ha-1 terrasur		
Densidad (0.50x0.8)	25,000.00	Rdt	18493.33 kg. Ha-1		
ACTIVIDADES : T4		Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS					7,348.14
					7,348.14
PREPARACIÓN DEL TERENO					585.00
Limpieza del terreno		Jornal	0.5	50.00	25.00
Aradura		HM	4	70.00	280.00
Rastra		HM	2	70.00	140.00
Surcado		HM	2	70.00	140.00
PROCESO DE TRASPLANTE					600.00
Incorporacion de gallinasa y úrea		Jornal	2	50.00	100.00
Trasplante en campo definitivo		Jornal	10	50.00	500.00
LABORES CULTURALES					1,500.00
Recalce		Jornal	2	50.00	100.00
Control de arvenses		Jornal	4	50.00	200.00
Riego por goteo por campaña (global)		Jornal	15	50.00	750.00
Aporque y 2da aplicacon del 50 % de N		Jornal	6	50.00	300.00
Control fitosanitario		Jornal	3	50.00	150.00
COSECHA					600.00
Primera cosecha		Jornal	6	50.00	300.00
Segunda cosecha		Jornal	6	50.00	300.00
INSUMOS					3,960.14
Fuentes de fertilizantes N y orgánico					
Urea		kg	326.1	2.40	782.64
Gallinaza terrasur		kg	2000	0.50	1,000.00
Pesticidas					
Fungicidas		L	2	45.00	90.00
Insecticidas		kg	2	35.00	70.00
Adherente		L	0.5	35.00	17.50
compra de plantines					
Plantines		und	25000	0.08	2,000.00
MATERIALES Y EQUIPOS					103.00
Mantas		und	5	2.50	12.50
Costales		und	5	2.50	12.50
Pitas		und	2	1.50	3.00
Cuchillos para cosecha		unid	3	25.00	75.00
COSTOS INDIRECTOS					574.37
Analisis del suelo			1	60.00	60.00
Gastos administrativos 5% CD				5%	367.41
Imprevistos 2% CD				2%	146.96
COSTOS TOTALES					7,922.51

Costo de producción para 1 ha de cultivo anual - T5					
Cultivo	BRÓCOLI	T5	d2 (20,833 plantas ha-1)x n1 (0 kg ha-1) + 2		
Área de producción :	1 ha		t.ha-1 terrasur		
Densidad (0.60x0.8)	20,833.00	Rdt	12673.41 kg. Ha-1		
ACTIVIDADES : T5		Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (\$/.)	Sub Total por Actividad (\$/.)
COSTOS DIRECTOS					6,232.14
					6,232.14
PREPARACIÓN DEL TERENO					585.00
Limpieza del terreno		Jornal	0.5	50.00	25.00
Aradura		HM	4	70.00	280.00
Rastra		HM	2	70.00	140.00
Surcado		HM	2	70.00	140.00
PROCESO DE TRASPLANTE					600.00
Incorporacion de gallinasa y úrea		Jornal	2	50.00	100.00
Trasplante en campo definitivo		Jornal	10	50.00	500.00
LABORES CULTURALES					1,500.00
Recalce		Jornal	2	50.00	100.00
Control de arvenses		Jornal	4	50.00	200.00
Riego por goteo por campaña (global)		Jornal	15	50.00	750.00
Aporque y 2da aplicacon del 50 % de N		Jornal	6	50.00	300.00
Control fitosanitario		Jornal	3	50.00	150.00
COSECHA					600.00
Primera cosecha		Jornal	6	50.00	300.00
Segunda cosecha		Jornal	6	50.00	300.00
INSUMOS					2,844.14
Fuentes de fertilizantes N y orgánico					
Urea		kg	0	2.40	-
Gallinaza terrasur		kg	2000	0.50	1,000.00
Pesticidas					
Fungicidas		L	2	45.00	90.00
Insecticidas		kg	2	35.00	70.00
Adherente		L	0.5	35.00	17.50
Compra de plantines					
Plantines		und	20833	0.08	1,666.64
MATERIALES Y EQUIPOS					103.00
Mantas		und	5	2.50	12.50
Costales		und	5	2.50	12.50
Pitas		und	2	1.50	3.00
Cuchillos para cosecha		unid	3	25.00	75.00
COSTOS INDIRECTOS					496.25
Análisis del suelo			1	60.00	60.00
Gastos administrativos 5% CD				5%	311.61
Imprevistos 2% CD				2%	124.64
COSTOS TOTALES					6,728.39

Costo de producción para 1 ha de cultivo anual - T6					
Cultivo	BRÓCOLI	T6	d2 (20,833 plantas ha-1)x n2 (50 kg ha-1) +		
Área de producción :	1 ha		2 t.ha-1 terrasur		
Densidad (0.60x0.8)	20,833.00	Rdt	13594.23 kg. Ha-1		
ACTIVIDADES : T6		Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (\$/.)	Sub Total por Actividad (\$/.)
COSTOS DIRECTOS					6,493.02
					6,493.02
PREPARACIÓN DEL TERENO					585.00
Limpieza del terreno		Jornal	0.5	50.00	25.00
Aradura		HM	4	70.00	280.00
Rastra		HM	2	70.00	140.00
Surcado		HM	2	70.00	140.00
PROCESO DE TRASPLANTE					600.00
Incorporacion de gallinasa y úrea		Jornal	2	50.00	100.00
Trasplante en campo definitivo		Jornal	10	50.00	500.00
LABORES CULTURALES					1,500.00
Recalce		Jornal	2	50.00	100.00
Control de arvenses		Jornal	4	50.00	200.00
Riego por goteo por campaña (global)		Jornal	15	50.00	750.00
Aporque y 2da aplicacon del 50 % de N		Jornal	6	50.00	300.00
Control fitosanitario		Jornal	3	50.00	150.00
COSECHA					600.00
Primera cosecha		Jornal	6	50.00	300.00
Segunda cosecha		Jornal	6	50.00	300.00
INSUMOS					3,105.02
Fuentes de fertilizantes N y orgánico					
Urea		kg	108.7	2.40	260.88
Gallinaza terrasur		kg	2000	0.50	1,000.00
Pesticidas					
Fungicidas		L	2	45.00	90.00
Insecticidas		kg	2	35.00	70.00
Adherente		L	0.5	35.00	17.50
Compra de plantines					
Plantines		und	20833	0.08	1,666.64
MATERIALES Y EQUIPOS					103.00
Mantas		und	5	2.50	12.50
Costales		und	5	2.50	12.50
Pitas		und	2	1.50	3.00
Cuchillos para cosecha		unid	3	25.00	75.00
COSTOS INDIRECTOS					514.51
Análisis del suelo			1	60.00	60.00
Gastos administrativos 5% CD				5%	324.65
Imprevistos 2% CD				2%	129.86
COSTOS TOTALES					7,007.53

Costo de producción para 1 ha de cultivo anual - T7					
Cultivo	BROCOLI	T7	d2 (20,833 plantas ha-1)x n3 (100 kg ha-1) +		
Área de producción :	1 ha		2 t.ha-1 terrasur		
Densidad (0.60x0.8)	20,833.00	Rdt	16462.237 kg. Ha-1		
ACTIVIDADES : T7		Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS					6,753.90
					6,753.90
PREPARACIÓN DEL TERENO					585.00
Limpieza del terreno		Jornal	0.5	50.00	25.00
Aradura		HM	4	70.00	280.00
Rastra		HM	2	70.00	140.00
Surcado		HM	2	70.00	140.00
PROCESO DE TRASPLANTE					600.00
Incorporacion de gallinasa y úrea		Jornal	2	50.00	100.00
Trasplante en campo definitivo		Jornal	10	50.00	500.00
LABORES CULTURALES					1,500.00
Recalce		Jornal	2	50.00	100.00
Control de arvenses		Jornal	4	50.00	200.00
Riego por goteo por campaña (global)		Jornal	15	50.00	750.00
Aporque y 2da aplicacon del 50 % de N		Jornal	6	50.00	300.00
Control fitosanitario		Jornal	3	50.00	150.00
COSECHA					600.00
Primera cosecha		Jornal	6	50.00	300.00
Segunda cosecha		Jornal	6	50.00	300.00
INSUMOS					3,365.90
Fuentes de fertilizantes N y orgánico					
Urea		kg	217.4	2.40	521.76
Gallinaza terrasur		kg	2000	0.50	1,000.00
Pesticidas					
Fungicidas		L	2	45.00	90.00
Insecticidas		kg	2	35.00	70.00
Adherente		L	0.5	35.00	17.50
Compra de plantines					
Plantines		und	20833	0.08	1,666.64
MATERIALES Y EQUIPOS					103.00
Mantas		und	5	2.50	12.50
Costales		und	5	2.50	12.50
Pitas		und	2	1.50	3.00
Cuchillos para cosecha		unid	3	25.00	75.00
		unid	0	-	-
COSTOS INDIRECTOS					532.77
Análisis del suelo			1	60.00	60.00
Gastos administrativos 5% CD				5%	337.70
Imprevistos 2% CD				2%	135.08
COSTOS TOTALES					7,286.67

Cultivo	BROCOLI	T8	d2 (20,833 plantas ha-1)x n4 (150 kg ha-1) +		
Área de producción :	1 ha		2 t.ha-1 terrasur		
Densidad (0.60x0.8)	20,833.00	Rdt	17398.333 kg. Ha-1		
ACTIVIDADES : T8		Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (\$/)	Sub Total por Actividad (\$/)
COSTOS DIRECTOS					7,014.78
					7,014.78
PREPARACIÓN DEL TERENO					585.00
Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00	
Aradura	HM	4	70.00	280.00	
Rastra	HM	2	70.00	140.00	
Surcado	HM	2	70.00	140.00	
PROCESO DE TRASPLANTE					600.00
Incorporacion de gallinasa y úrea	Jornal	2	50.00	100.00	
Trasplante en campo definitivo	Jornal	10	50.00	500.00	
LABORES CULTURALES					1,500.00
Recalce	Jornal	2	50.00	100.00	
Control de arvenses	Jornal	4	50.00	200.00	
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	15	50.00	750.00	
Aporque y 2da aplicacon del 50 % de N	Jornal	6	50.00	300.00	
Control fitosanitario	Jornal	3	50.00	150.00	
COSECHA					600.00
Primera cosecha	Jornal	6	50.00	300.00	
Segunda cosecha	Jornal	6	50.00	300.00	
INSUMOS					3,626.78
Fuentes de fertilizantes N y orgánico					
Urea	kg	326.1	2.40	782.64	
Gallinaza terrasur	kg	2000	0.50	1,000.00	
Pesticidas					
Fungicidas	L	2	45.00	90.00	
Insecticidas	L	2	35.00	70.00	
Adherente	L	0.5	35.00	17.50	
Compra de plantines					
Plantines	und	20833	0.08	1,666.64	
MATERIALES Y EQUIPOS					103.00
Mantas	und	5	2.50	12.50	
Costales	und	5	2.50	12.50	
Pitas	und	2	1.50	3.00	
Cuchillos para cosecha	unid	3	25.00	75.00	
COSTOS INDIRECTOS					551.03
Analisis del suelo		1	60.00	60.00	
Gastos administrativos 5% CD			5%	350.74	
Imprevistos 2% CD			2%	140.30	
COSTOS TOTALES					7,565.81

Costo de producción para 1 ha de cultivo anual - T9					
Cultivo	BROCOLI	T9	d3 (17,857 plantas ha-1)x n1 (0 kg ha-1) + 2		
Área de producción :	1 ha		t.ha-1 terrasur		
Densidad (0.70x0.8)	17,857.00	Rdt	13534.416 kg. Ha-1		
ACTIVIDADES : T9		Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS					5,994.06
					5,994.06
PREPARACIÓN DEL TERENO					585.00
Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00	
Aradura	HM	4	70.00	280.00	
Rastra	HM	2	70.00	140.00	
Surcado	HM	2	70.00	140.00	
PROCESO DE TRASPLANTE					600.00
Incorporacion de gallinasa y úrea	Jornal	2	50.00	100.00	
Trasplante en campo definitivo	Jornal	10	50.00	500.00	
LABORES CULTURALES					1,500.00
Recalce	Jornal	2	50.00	100.00	
Control de arvenses	Jornal	4	50.00	200.00	
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	15	50.00	750.00	
Aporque y 2da aplicacon del 50 % de N	Jornal	6	50.00	300.00	
Control fitosanitario	Jornal	3	50.00	150.00	
COSECHA					600.00
Primera cosecha	Jornal	6	50.00	300.00	
Segunda cosecha	Jornal	6	50.00	300.00	
INSUMOS					2,606.06
Fuentes de fertilizantes N y orgánico					
Urea	kg	0	2.40	-	
Gallinaza terrasur	kg	2000	0.50	1,000.00	
Pesticidas					
Fungicidas	L	2	45.00	90.00	
Insecticidas	kg	2	35.00	70.00	
Adherente	L	0.5	35.00	17.50	
Compra de plantines					
Plantines	und	17857	0.08	1,428.56	
MATERIALES Y EQUIPOS					103.00
Mantas	und	5	2.50	12.50	
Costales	und	5	2.50	12.50	
Pitas	und	2	1.50	3.00	
Cuchillos para cosecha	unid	3	25.00	75.00	
COSTOS INDIRECTOS					479.58
Análisis del suelo			1	60.00	60.00
Gastos administrativos 5% CD				5%	299.70
Imprevistos 2% CD				2%	119.88
COSTOS TOTALES					6,473.64

Costo de producción para 1 ha de cultivo anual - T10					
Cultivo	BROCOLI	T10	d3 (17,857 plantas ha-1)x n2 (50 kg ha-1) +		
Área de producción :	1 ha		2 t.ha-1 terrasur		
Densidad (0.70x0.8)	17,857.00	Rdt	15430.829 kg. Ha-1		
ACTIVIDADES : T10		Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS					6,254.94
					6,254.94
PREPARACIÓN DEL TERENO					585.00
Limpieza del terreno		Jornal	0.5	50.00	25.00
Aradura		HM	4	70.00	280.00
Rastra		HM	2	70.00	140.00
Surcado		HM	2	70.00	140.00
PROCESO DE TRASPLANTE					600.00
Incorporacion de gallinasa y úrea		Jornal	2	50.00	100.00
Trasplante en campo definitivo		Jornal	10	50.00	500.00
LABORES CULTURALES					1,500.00
Recalce		Jornal	2	50.00	100.00
Control de arvenses		Jornal	4	50.00	200.00
Riego por goteo por campaña (global)		Jornal	15	50.00	750.00
Aporque y 2da aplicacon del 50 % de N		Jornal	6	50.00	300.00
Control fitosanitario		Jornal	3	50.00	150.00
COSECHA					600.00
Primera cosecha		Jornal	6	50.00	300.00
Segunda cosecha		Jornal	6	50.00	300.00
INSUMOS					2,866.94
Fuentes de fertilizantes N y orgánico					
Urea		kg	108.7	2.40	260.88
Gallinaza terrasur		kg	2000	0.50	1,000.00
Pesticidas					
Fungicidas		L	2	45.00	90.00
Insecticidas		kg	2	35.00	70.00
Adherente		L	0.5	35.00	17.50
Compra de plantines					
Plantines		und	17857	0.08	1,428.56
MATERIALES Y EQUIPOS					103.00
Mantas		und	5	2.50	12.50
Costales		und	5	2.50	12.50
Pitas		und	2	1.50	3.00
Cuchillos para cosecha		unid	3	25.00	75.00
		unid	0	-	-
COSTOS INDIRECTOS					497.85
Analisis del suelo			1	60.00	60.00
Gastos administrativos 5% CD				5%	312.75
Imprevistos 2% CD				2%	125.10
COSTOS TOTALES					6,752.79

Costo de producción para 1 ha de cultivo anual - T11					
Cultivo	BROCOLI	T11	d3 (17,857 plantas ha-1)x n3 (100 kg ha-1) +		
Área de producción :	1 ha		2 t.ha-1 terrasur		
Densidad (0.70x0.8)	17,857.00	Rdt	15543.923 kg. Ha-1		
ACTIVIDADES : T11		Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS					6,515.82
					6,515.82
PREPARACIÓN DEL TERENO					585.00
Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00	
Aradura	HM	4	70.00	280.00	
Rastra	HM	2	70.00	140.00	
Surcado	HM	2	70.00	140.00	
PROCESO DE TRASPLANTE					600.00
Incorporacion de gallinasa y úrea	Jornal	2	50.00	100.00	
Trasplante en campo definitivo	Jornal	10	50.00	500.00	
LABORES CULTURALES					1,500.00
Recalce	Jornal	2	50.00	100.00	
Control de arvenses	Jornal	4	50.00	200.00	
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	15	50.00	750.00	
Aporque y 2da aplicacon del 50 % de N	Jornal	6	50.00	300.00	
Control fitosanitario	Jornal	3	50.00	150.00	
COSECHA					600.00
Primera cosecha	Jornal	6	50.00	300.00	
Segunda cosecha	Jornal	6	50.00	300.00	
INSUMOS					3,127.82
Fuentes de fertilizantes N y orgánico					
Urea	kg	217.4	2.40	521.76	
Gallinaza terrasur	kg	2000	0.50	1,000.00	
Pesticidas					
Fungicidas	L	2	45.00	90.00	
Insecticidas	kg	2	35.00	70.00	
Adherente	L	0.5	35.00	17.50	
Compra de plantines					
Plantines	und	17857	0.08	1,428.56	
MATERIALES Y EQUIPOS					103.00
Mantas	und	5	2.50	12.50	
Costales	und	5	2.50	12.50	
Pitas	und	2	1.50	3.00	
Cuchillos para cosecha	unid	3	25.00	75.00	
COSTOS INDIRECTOS					516.11
Analisis del suelo		1	60.00	60.00	
Gastos administrativos 5% CD			5%	325.79	
Imprevistos 2% CD			2%	130.32	
COSTOS TOTALES					7,031.93

Costo de producción para 1 ha de cultivo anual - T12					
Cultivo	BROCOLI	T12	d3 (17,857 plantas ha-1)x n4 (150 kg ha-1) +		
Área de producción :	1 ha		2 t.ha-1 terrasur		
Densidad (0.70x0.8)	17,857.00	Rdt	16810.58 kg. Ha-1		
ACTIVIDADES : T12		Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS					6,826.70
					6,826.70
PREPARACIÓN DEL TERENO					585.00
Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00	
Aradura	HM	4	70.00	280.00	
Rastra	HM	2	70.00	140.00	
Surcado	HM	2	70.00	140.00	
PROCESO DE TRASPLANTE					600.00
Incorporacion de gallinasa y úrea	Jornal	2	50.00	100.00	
Trasplante en campo definitivo	Jornal	10	50.00	500.00	
LABORES CULTURALES					1,550.00
Control de arvenses	Jornal	5	50.00	250.00	
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	15	50.00	750.00	
Aporque	Jornal	6	50.00	300.00	
2da apliacion del 50% de N	Jornal	2	50.00	100.00	
Control fitosanitario	Jornal	3	50.00	150.00	
COSECHA					600.00
Primera cosecha	Jornal	6	50.00	300.00	
Segunda cosecha	Jornal	6	50.00	300.00	
INSUMOS					3,388.70
Fuentes de fertilizantes N y orgánico					
Urea	kg	326.1	2.40	782.64	
Gallinaza terrasur	kg	2000	0.50	1,000.00	
Pesticidas					
Fungicidas	L	2	45.00	90.00	
Insecticidas	kg	2	35.00	70.00	
Adherente	L	0.5	35.00	17.50	
Compra de plantines					
Plantines	und	17857	0.08	1,428.56	
MATERIALES Y EQUIPOS					103.00
Mantas	und	5	2.50	12.50	
Costales	und	5	2.50	12.50	
Pitas	und	2	1.50	3.00	
Cuchillos para cosecha	unid	3	25.00	75.00	
COSTOS INDIRECTOS					537.87
Analisis del suelo		1	60.00	60.00	
Gastos administrativos 5% CD			5%	341.34	
Imprevistos 2% CD			2%	136.53	
COSTOS TOTALES					7,364.57

Anexo 9. Catálogo de fotografías del proceso de elaboración de la tesis



Fotografía 1: Limpieza de terreno, apertura de surcos y colocación de cintas para riego por goteo



Fotografía 2: Abonamiento orgánico con gallinaza (Terrasur)



Fotografía 3: Demarcación de parcelas



Fotografía 4: trasplante de plantines de 40 días después del almacigado



Fotografía 5: Fertilización inorgánica (urea)



Fotografía 6: Crecimiento vegetativo del brócoli imperial en 30 ddt



Fotografía 7: Aporque del cultivo de brocoli imperial



Fotografía 8: Inicio de formación de pella de imperial



Fotografía 9: control fitosanitario



Fotografía 10: Pella completamente formada



Fotografía 11: Evaluación de altura de planta y peso de pella del brócoli imperial



Fotografía 12: evaluación del diámetro ecuatorial



Fotografía 13: Cosecha del cultivo de brócoli imperial



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. FLOR PAMELA CURI CUADROS
R.D. N° 282-2024-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los dos días del mes de octubre 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 Dr. José Antonio Quispe Tenorio, Mtro. Walter Augusto Mateu Mateo como asesor y el M.Sc. Alejandro Camasca Vargas; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Densidad de plantas y niveles de nitrógeno en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad *italica*) cv. Imperial. Canaán, 2750 msnm - Ayacucho, 2024**, para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agrónoma presentado por la Bachiller **FLOR PAMELA CURI CUADROS**.

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

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	16	15	16	16
Mtro. Walter Augusto Mateu Mateo	16	16	16	16
M.Sc. Alejandro Camasca Vargas	17	16	16	16
PROMEDIO GENERAL				16

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


.....
Dr. José Antonio Quispe Tenorio
Presidente


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


.....
M.Sc. Alejandro Camasca Vargas
Jurado


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



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe coordinador responsable de la valoración y verificación de originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, designado mediante la RCF N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

Densidad de plantas y niveles de nitrógeno en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad italiana) cv. Imperial. Canaán, 2750 msnm – Ayacucho, 2024

Autor : Flor Pamela CURI CUADROS
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 RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **veintitres (23 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

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

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2501473824

Ayacucho, 29 de octubre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Coordinador de Control de originalidad de
trabajos de investigación y tesis

Densidad de plantas y niveles
de nitrógeno en el rendimiento
de brócoli (*Brassica oleracea* L.
variedad italica) cv. Imperial.
Canaán, 2750 msnm –
Ayacucho, 2024

por Flor Pamela CURI CUADROS

Fecha de entrega: 24-oct-2024 09:10a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2487508794

Nombre del archivo: TESIS_CORREGIDO_FLOR_PAMELA_CURI_CUADROS_1.docx (16.03M)

Total de palabras: 20195

Total de caracteres: 109515

Densidad de plantas y niveles de nitrógeno en el
rendimiento de brócoli (Brassica oleracea L. variedad italica)
cv. Imperial. Canaán, 2750 msnm – Ayacucho, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe	6%
	Fuente de Internet	
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	5%
	Trabajo del estudiante	
3	hdl.handle.net	3%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.lamolina.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
5	scielo.iics.una.py	1%
	Fuente de Internet	
6	dspace.unitru.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
7	tesis.ipn.mx	1%
	Fuente de Internet	
8	repositorio.uta.edu.ec	<1%
	Fuente de Internet	

9	colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
12	dspace.usc.es Fuente de Internet	<1 %
13	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
15	www.buenastareas.com Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.sidalc.net Fuente de Internet	<1 %
19	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
20	dx.doi.org Fuente de Internet	<1 %

21

doczz.es

Fuente de Internet

<1 %

22

aprenderly.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Densidad de plantas y niveles de nitrógeno en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad italiana) cv. Imperial. Canaán, 2750 msnm – Ayacucho, 2024

Flor Pamela Curi Cuadros; Walter Augusto Mateu-Mateo

Área de investigación: Medio ambiente

Línea de investigación: Sistema de producción agrícola

flor.curi.01@unsch.edu.pe

walter.mateu.@unsch.edu.pe

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la densidad de plantas y los niveles de nitrógeno en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad italiana) cv. Imperial, en condiciones de C.E. Canaán, 2750msnm – UNSCH y realizar la rentabilidad económica de los tratamientos. Se utilizó Diseño de Bloques Completamente Randomizado (DBCR), con arreglo factorial de 3 densidades de siembra (25,000, 20,833 y 17,857 plantas. hectárea⁻¹) y 4 niveles de nitrógeno (0, 50, 100 y 150 kg ha⁻¹), manejando 12 tratamientos, 3 repeticiones y 36 unidades experimentales. Como resultado, según las diferencias estadísticas en efecto de la densidad de plantas con mayor rendimiento de brócoli, se encontró con una densidad de 25,000 plantas/hectárea (0.50m entre planta y 0.80m entre surco); En la influencia del factor nitrógeno en el rendimiento del brócoli, se encontró con 150-0-0 NPK muestra mejores resultados en el rendimiento obteniendo diferencia estadística, obtuvo 21.00 cm en diámetro de pella, 15.73 cm en altura de pella y 2.490 kg de peso total de la planta. En cuanto a los tratamientos el T4 (25,000 plantas. ha⁻¹ * 150-0-0 NPK + 2 t. ha⁻¹ Terrasur) presentó mayor rendimiento de pella con 18,493.33 kg ha⁻¹, seguido del T3 (25,000 plantas. ha⁻¹ * 100-0-0 NPK + 2 t. ha⁻¹ Terrasur) con 17,925.10 kg ha⁻¹. Se obtuvo mayor rentabilidad con el tratamiento T4 (25,000 plantas. ha⁻¹ * 150-0-0 NPK + 2 t. ha⁻¹ Terrasur) con 205.46 %.

Palabras clave: brócoli, rendimiento, nitrógeno, densidad de plantas.

Density of plants and levels of nitrogen in yield of broccoli (*Brassica oleracea* L. variety italiana) cv. Imperial. Canaan, 2750 msnm – Ayacucho, 2024

ABSTRACT

With the objective of determining plant density and nitrogen levels in the yield of broccoli (*Brassica oleracea* L. variety italiana) cv. Imperial, in C.E. conditions. Canaan, 2750 meters above sea level – UNSCH and realize the economic profitability of the treatments. Completely Randomized Block Design (DBCR) was used, with a factorial arrangement of 3 planting densities (25,000, 20,833 and 17,857 plants. hectare⁻¹) and 4 nitrogen levels (0, 50, 100 and 150 kg ha⁻¹), managing 12 treatments, 3 repetitions and 36 experimental units. As a result, according to the statistical differences in the effect of the density of plants with the highest yield of broccoli, a density of 25,000 plants/hectare was found (0.50m between plants and 0.80m between rows); In the influence of the nitrogen factor on the yield of broccoli, 150-0-0 NPK was found to show better results in yield, obtaining a statistical difference, it obtained 21.00 cm in pellet diameter, 15.73 cm in pellet height and 2,490 kg in weight. total of the plant. Regarding the treatments, T4 (25,000 plants. ha⁻¹ * 150-0-0 NPK + 2 t. ha⁻¹ Terrasur) presented the highest pellet yield with 18,493.33 kg ha⁻¹, followed by T3 (25,000 plants. ha⁻¹ * 100-0-0 NPK + 2 t. ha⁻¹ Terrasur) with 17,925.10 kg ha⁻¹. Greater profitability was obtained with the T4 treatment (25,000 plants. ha⁻¹ * 150-0-0 NPK + 2 t. ha⁻¹ Terrasur) with 205.46%.

Keywords: broccoli, yield, nitrogen, plant density.

I. INTRODUCCIÓN

El brócoli se cultiva en 3,845 hectáreas de tierra en Perú, con un rendimiento promedio de 13,602 kg ha⁻¹. Los departamentos con mayor producción son Lima (28,828 toneladas), Lima Metropolitana (11,610 toneladas), La Libertad (5,974 toneladas) y Arequipa (2,241 toneladas). Sin embargo, en el departamento de Ayacucho no hay datos estadísticos de la producción del cultivo de brócoli. Pese a ello, su consumo ha aumentado por sus cualidades nutricionales y nutraceuticas, por lo que se cultiva menos en los valles interandinos, a pesar de que el clima de esta región es ideal para el cultivo de esta hortaliza. Comparado con otras zonas como Junín, que registra 17,085 kg ha⁻¹, Apurímac, cuyas condiciones edafoclimáticas son similares a las de Ayacucho, rinde sólo 6,517 kg ha⁻¹, lo que indica que se obtienen bajos rendimientos (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2018).

El mayor porcentaje del suelo agrícola de la región de Ayacucho, presenta niveles bajos de materia orgánica y de baja fertilidad, por lo que se consideran como suelos pobres en elementos nutritivos, a causa de la extracción de nutrientes de las cosechas y la erosión de los suelos lo que genera la baja disponibilidad de nutrientes y materia orgánica en el suelo, por lo tanto, esta característica se traduce en bajo rendimiento de los cultivos, ya sea en cantidad como en calidad alimenticia de las cosechas. Para enmendar dichos nutrientes es necesario adicionar fertilización mineral al suelo, cuando se trata de mejorar la parte física del suelo se añade materia orgánica.

Por consiguiente, la investigación busca determinar la mejor densidad de las plantas al cultivar brócoli y la dosis de nitrógeno que permite obtener el mayor rendimiento de brócoli, tomando en consideración la fertilización orgánica, dicha información servirá como guía para los agricultores.

Objetivo general

Evaluar la influencia de la densidad de plantas y los niveles de nitrógeno en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán a 2750 msnm, Ayacucho, 2024.

Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia de la densidad de plantas en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán a 2750 msnm, Ayacucho, 2024.
2. Evaluar la influencia de los niveles de nitrógeno en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán a 2750 msnm, Ayacucho, 2024.
3. Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación

Este trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Andrés Bello Cáceres, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. A una altitud de 2750° m.s.n.m. encontrándose entre las coordenadas geográficas 13°10'8.72" latitud sur y 74°12'12.85" longitud oeste.

2.2. Variables y tratamientos

Los tratamientos estuvieron conformados por la combinación de los factores densidad de plantas por hectárea (25000, 20833 y 17,857 plantas. ha⁻¹) y 4 niveles de nitrógeno (N₁: 0-0-0 N- P₂O₅- K₂O + 2 t. ha⁻¹ Terrasur, N₂: 50-0-0 N- P₂O₅- K₂O + 2 t. ha⁻¹ Terrasur, N₃: 100-0-0 N- P₂O₅- K₂O + 2 t. ha⁻¹ Terrasur, N₄: 150-0-0 N- P₂O₅- K₂O + 2 t. ha⁻¹ Terrasur), los detalles se muestran a continuación:

Tabla 2.1

Descripción de los tratamientos resultaron de la combinación de la densidad de plantas. ha⁻¹ y nitrógeno en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán a 2750 msnm, Ayacucho, 2024.

Tratamientos	Código	Descripción
T ₁	d1*n1	25000 plantas. ha ⁻¹ * 0-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₂	d1*n2	25000 plantas. ha ⁻¹ * 50-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₃	d1*n3	25000 plantas. ha ⁻¹ * 100-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₄	d1*n4	25000 plantas. ha ⁻¹ * 150-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₅	d2*n1	20833 plantas. ha ⁻¹ * 0-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₆	d2*n2	20833 plantas. ha ⁻¹ * 50-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₇	d2*n3	20833 plantas. ha ⁻¹ * 100-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₈	d2*n4	20833 plantas. ha ⁻¹ * 150-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₉	d3*n1	17857 plantas. ha ⁻¹ * 0-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₁₀	d3*n2	17857 plantas. ha ⁻¹ * 50-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₁₁	d3*n3	17857 plantas. ha ⁻¹ * 100-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur
T ₁₂	d3*n4	17857 plantas. ha ⁻¹ * 150-0-0 N- P ₂ O ₅ - K ₂ O + 2 t. ha ⁻¹ Terrasur

Nota: n = niveles de nitrógeno, d = densidad de plantas. ha⁻¹.

2.3. Unidades experimentales

La unidad experimental está constituida por 9.6 m², con un distanciamiento entre surco de 0.8m y distanciamiento entre plantas dependiendo a la densidad de plantas (0.50,0.60 y 0.70 m), 3 bloques, área total del campo experimental de 403.2 m². Se combinó 3Dx4N (D: densidad de plantas por hectárea y N: niveles de nitrógeno), con 3 repeticiones por tratamiento.

2.4. Conducción del experimento

La investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Se preparó el almácigo de las semillas de brócoli, pasado los 40 días se procedió a trasplantar a campo definitivo. La fertilización se realizó en base a nitrógeno (N₁: 0kg, N₂: 50kg, N₃: 100 kg, N₄: 150 kg de N ha⁻¹) + 2 t. ha⁻¹ Terrasur como abono de fondo. las fuentes de elemento son urea y Terrasur, respectivamente. Pasado los 78 días se procedió a cosechar las plantas de brócoli, se tomó datos las variables evaluadas: número de hojas por planta (Und.), diámetro de pedúnculo (cm), altura de la planta (cm), diámetro de pella (cm), altura de la pella (cm), peso total de la planta (g), peso de hojas (g), y realizar los cálculos respectivos (rendimiento y rentabilidad).

I.5. Diseño experimental

Se utilizó el diseño estadístico de Bloque Completamente Randomizado con arreglo factorial de 3D*4N (D: densidad de plantas por hectárea y N: niveles de nitrógeno), 12 tratamientos, con 3 repeticiones; manejando en total 36 unidades experimentales.

El modelo aditivo lineal del diseño se describe a continuación:

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

Dónde:

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

μ : Media general

β_i : Efecto del i-ésimo bloque

δ_j : Efecto de la j-ésima densidad de plantas

α_k : Efecto de k-ésimo nivel de nitrógeno

(δ_j α_k) : Efecto de la interacción de densidad de plantas x niveles de nitrógeno

ε_{ijk} : Error experimental

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I.1. Análisis de variables de respuesta

I.1.1. Número de hojas (unidad)

Tabla 3.1

Análisis de varianza en el número de hojas del cultivo de brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

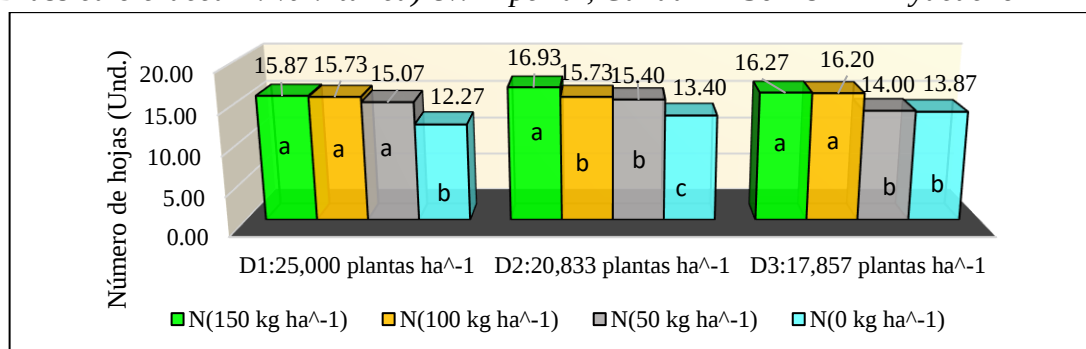
F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	0.596	0.298	2.326	0.1213ns
Densidad (D)	2	2.416	1.208	9.431	0.0011**
Nitrógeno (N)	3	53.683	17.894	139.700	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	7.033	1.172	9.151	<0.0001**
Error	22	2.818	0.128		
Total	35	66.546	20.701		

C.V (%): 2.38

En la Tabla 3.1, se observa a las fuentes de variación, densidad, nitrógeno e interacción altamente significativos (p-valor < 0.01), lo cual es evidencia de que estos factores influyeron de manera positiva en el número de hojas promedio de la planta. La interacción positiva significa que, la influencia favorable de la densidad de siembra en número de hojas depende también del factor nitrógeno y viceversa. En este análisis reporta coeficiente de variación 2.38%, lo cual nos muestra la precisión y confiabilidad de los resultados encontrados en este trabajo. Debido a que existe interacción significativa, se realizará análisis de comparación de medias en función de los efectos simples.

Figura 3.1

Prueba de Tukey (α = 0.05) de los efectos simples en el número de hojas del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho



En la Figura 3.1, con una densidad de 25,000 plantas ha^{-1} , bajo fertilización nitrogenada de 150, 100 y 50 kg ha^{-1} no se encontró diferencias estadísticas, obteniendo resultados similares de 15.87, 15.73 y 15.07 unidades de hojas por planta, respectivamente. Con una densidad de 20,833 plantas por hectárea, bajo fertilización de 150 kg ha^{-1} se encontró un mejor promedio de hojas, 16.93 unidades, lo cual es distinto estadísticamente. Con densidad de 17,857 plantas, no existe diferencia estadística para el efecto de los niveles 150 y 100 kg ha^{-1} de nitrógeno, 16.27 y 16.20 unidades, respectivamente. En general, para todas las densidades, los testigos resultaron con promedio más bajo.

Risco Arias et al. (2016), realizaron trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, con la finalidad de evaluar el efecto de niveles de nitrógeno (250, 300, 350 y 400 kg ha^{-1}) en el rendimiento, bajo condiciones de Ecuador. La fuente utilizada fue nitrato de amonio con 33% de nitrógeno. Evaluando a los 50 días después de la siembra (DDS), encontraron 9.0 hojas y a los 70 DDS 14 hojas.

I.1.2. Diámetro de pedúnculo (cm)

Tabla 3.2

Análisis de varianza en diámetro de pedúnculo del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

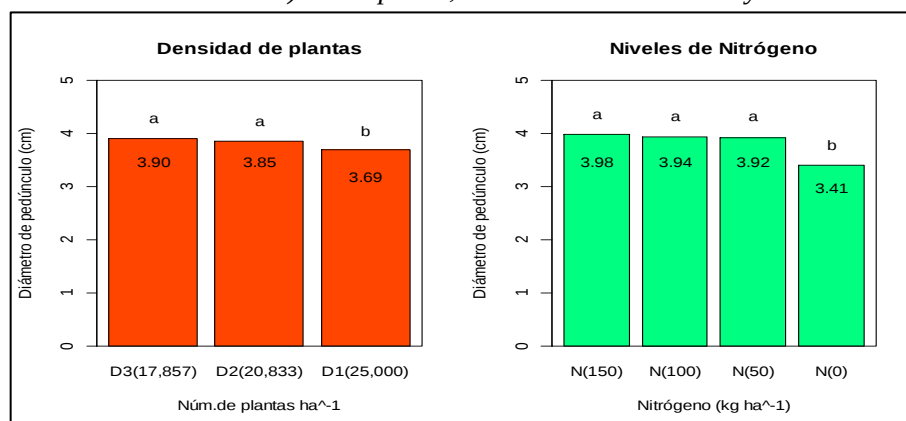
F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	0.027	0.014	1.216	0.3153ns
Densidad (D)	2	0.284	0.142	12.690	0.000216**
Nitrógeno (N)	3	1.961	0.654	58.428	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	0.165	0.028	2.458	0.0567ns
Error	22	0.246	0.011		
Total	35	2.683	0.848		

C.V (%): 2.77

En la Tabla 3.2, se encontró altamente significativa en los efectos principales, densidad y nitrógeno, excepto en la interacción. Entonces, la respuesta de la planta en su diámetro de pedúnculo fue positiva. Como la interacción resultó no significativa, deducimos que el efecto de la densidad de plantas no depende necesariamente del efecto del factor nitrógeno o viceversa, porque la influencia de uno en el otro es muy poco. Se encontró coeficiente de variación 2.77%, lo cual es indicio de precisión y confiabilidad de los resultados reportados en este trabajo.

Figura 3.2

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en diámetro de pedúnculo del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho



En la Figura 3.2, con densidades 17,857 y 20,833 plantas por hectárea, se encontró diámetros promedios del pedúnculo mayores, 3.90 y 3.85 cm, respectivamente; no obstante, entre estos no hay diferencia estadística. Asimismo, en función del efecto de los niveles de nitrógeno, con 150, 100 y 50 kg ha⁻¹, tampoco se encontraron respuesta diferenciada, donde se obtuvieron valores de 3.98, 3.94 y 3.92 cm, respectivamente. En este caso sin fertilización, se encontró respuesta más bajo, 3.41 cm.

Este resultado encontrado en este trabajo resultaron inferiores a las dimensiones encontrados por Vivanco (2023), quien realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli. Como resultado, reportó datos no significativos en el efecto del factor densidad de plantas; sin embargo, encontró diámetro de pedúnculo máximo de 4.5 cm con nivel de fertilización 120-60-60, lo cual aporta 120 kg de N.

Infante (2018), realizando trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, donde evaluó cuatro densidades de siembra (20,000, 25,000, 30,000 y 40,000 plantas/ha). Quien reportó diámetro de pedúnculo de 4.23 cm con densidad de 25,000 plantas por hectárea; este resultado no tuvo diferencia significativa.

Los resultados encontrados en este trabajo son similares a los reportes de Luna (2018), quien realizó trabajo de investigación en dos variedades del cultivo de brócoli (Legacy y UG2111), con la finalidad de evaluar efecto de tres densidades de siembra (8, 11 y 17 plantas por metro cuadrado). Reportó altura promedio de 3.37 cm en variedad de Legacy con 8 plantas por metro cuadrado (83250 plantas. ha⁻¹).

Choque, (2011) menciona que, a mayor densidad incrementa la competencia de luz y espacio, lo que aumenta el diámetro del tallo. Sin embargo, cuando hay menos densidad, la competencia de los factores mencionados anteriormente disminuye y el diámetro del tallo aumenta ligeramente en relación con las densidades de plantación de brócoli. De manera similar, Gliessman et al. (1998), afirman que, a menor distancia de trasplante, hay una mayor competencia por espacio, nutrientes y luz. Esto tiene un impacto negativo en ciertas variables de crecimiento de la planta, como el grosor del tallo.

I.1.3. Altura de planta (cm)

Tabla 3.3

Análisis de varianza en altura de planta del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	20.720	10.360	3.183	0.0611ns
Densidad (D)	2	138.960	69.480	21.349	<0.0001**
Nitrógeno (N)	3	114.940	38.313	11.772	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	31.170	5.195	1.596	0.1953ns
Error	22	71.600	3.255		
Total	35	377.390	126.603		

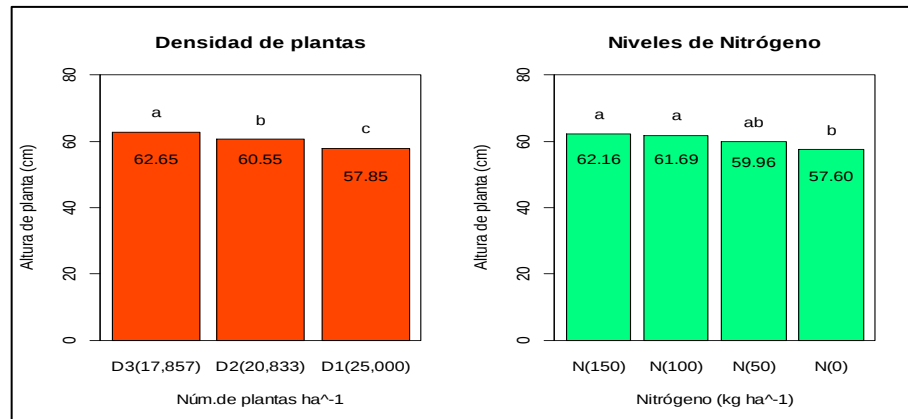
C.V (%): 2.98

En la Tabla 3.3, se encontraron altamente significativa en los efectos principales, densidad y nitrógeno, excepto en la interacción. Entonces, la respuesta de la planta fue positiva a la aplicación de los factores en mención. La interacción resultó no significativa, por lo que deducimos que, el efecto de la densidad de plantas no depende necesariamente

del efecto del factor nitrógeno o viceversa. Se encontró coeficiente de variación 2.98%, lo cual es indicio de precisión y confiabilidad de los resultados reportados en este trabajo. Dado que no existe interacción, se realizará análisis de comparación de medias en función de los efectos principales.

Figura 3.3

*Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en altura de planta del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho*



En la Figura 3.3, con densidad 17,857 plantas por hectárea, se encontró una altura superior al resto (62.65 cm); mientras, con una densidad 25,000 plantas, se obtuvo altura más baja. En función del efecto de los niveles de nitrógeno, se encontró mayor altura de la planta con 150 kg ha⁻¹; habiendo cierta diferencia estadística con el resto de los niveles. La respuesta más baja se obtuvo sin fertilización nitrogenada, 57.60 cm.

Vivanco (2023), realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli. Como resultado, reportó datos no significativos en el efecto del factor densidad de plantas; sin embargo, encontró altura máxima de 50.17 cm con nivel de fertilización 120-60-60, lo cual aporta 120 kg de N.

Luna (2018), realizó trabajo de investigación en dos variedades del cultivo de brócoli (Legacy y UG2111), con la finalidad de evaluar el efecto de tres densidades de siembra (8, 11 y 17 plantas por metro cuadrado). Reportó altura promedio de 53 cm en variedad de Legacy con 8 plantas por metro cuadrado.

Limachi (2011), realizó trabajo de investigación en cultivo de brócoli bajo tres densidades de siembra (8, 10 y 14 plantas por metro cuadrado) en sustrato sólido hidropónico. Reportó altura máxima de 46 cm en variedad pirata; mientras para efecto de densidades no se encontró diferencias.

Mamani (2014); menciona que “el genotipo de cada cultivar determina el crecimiento en cuanto la altura, al igual que otros factores como el sustrato y la nutrición que se les proporcione a las plantas.”

I.1.4. Diámetro de pella (cm)

Tabla 3.4

Análisis de varianza en diámetro de la pella del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	1.460	0.730	1.098	0.352ns
Densidad (D)	2	31.600	15.800	23.759	<0.0001**
Nitrógeno (N)	3	69.960	23.320	35.068	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	4.720	0.787	1.183	0.351ns
Error	22	14.630	0.665		
Total	35	122.370	41.302		

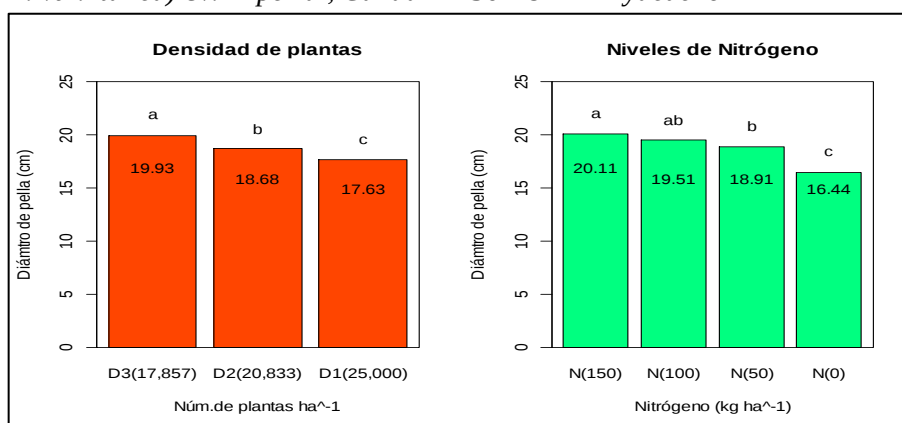
C.V (%): 4.35

En la Tabla 3.4, se encontró altamente significativa en los efectos principales, densidad y nitrógeno, excepto en la interacción. Por lo que deducimos que la respuesta de la planta en su diámetro de pella fue positivo y diferenciado, tanto a la aplicación de nitrógeno y densidad. Se encontró coeficiente de variación 4.35%, lo cual es indicio de precisión y confiabilidad de los resultados reportados en este trabajo. Dado que no existe interacción, se realizará análisis de comparación de medias en función de los efectos principales.

Lozano et al, (2019), encontró que los diámetros promedio de la pella no se alteraron a una menor distancia de siembra; sin embargo, en otros estudios se encontró que el diámetro más bajo a una mayor densidad de plantas se debía al impacto negativo de la competencia intraespecífica. Fraire-Cordero et al. (2010) ubicó que el cultivo de brócoli mostró variaciones notables en función de la densidad. Los cultivares Mónaco y Heritage tuvieron un tamaño de inflorescencia de 22,7 cm y 22,6 cm a una densidad de 55 000 plantas/ha. El cultivar Patriot tenía una densidad de 65 000 plantas/ha con un diámetro de inflorescencia promedio de 15.4 cm, mientras que los registros con menor tamaño fueron los más pequeños.

Figura 3.4

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en diámetro de pella del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho



En la Figura 3.4, se encontró una respuesta superior (19.93 cm) con una densidad de 17,857 plantas por hectárea. Lo cual es una respuesta diferenciada estadísticamente; mientras, con una densidad alta (25,000 plantas), se obtuvo una respuesta más baja, 17.63 cm. En la comparación de medias en función del efecto de los niveles de nitrógeno, con

150 kg ha⁻¹ se obtuvo un diámetro de 20.11 cm; no obstante, este no se diferencia estadísticamente respecto al efecto del nivel 100 kg ha⁻¹ (19.51 cm).

Este resultado es similar a las dimensiones encontradas por Vivanco (2023), quién realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli. Como resultado, reportó datos no significativos en el efecto del factor densidad de plantas; sin embargo, encontró diámetro de la pella de 20.64 cm con nivel de fertilización 120-60-60, lo cual aporta 120 kg de N.

Infante (2018), realizando trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, donde evaluó cuatro densidades de siembra (20,000, 25,000, 30,000 y 40,000 plantas/ha). Quien reportó diámetro de inflorescencia o pella de 13.15 cm con densidad de 25,000 plantas por hectárea; donde tampoco encontró diferencia estadística.

Risco Arias et al. (2016), realizaron trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, con la finalidad de evaluar el efecto de niveles de nitrógeno (250, 300, 350 y 400 kg ha⁻¹) en el rendimiento, bajo condiciones de Ecuador. Quienes reportaron diámetro de pella de 11.49 cm, el más alto.

Los resultados encontrados en este trabajo son superiores a los reportes de Luna (2018), quien realizó trabajo de investigación en dos variedades del cultivo de brócoli (Legacy y UG2111), con la finalidad de evaluar efecto de tres densidades de siembra (8, 11 y 17 plantas por metro cuadrado). Reportó diámetro promedio de pella 13.0 cm en variedad de Legacy y 10 cm en UG2111.

I.1.5. Altura de pella (cm)

Tabla 3.5

Análisis de varianza en altura de pella del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

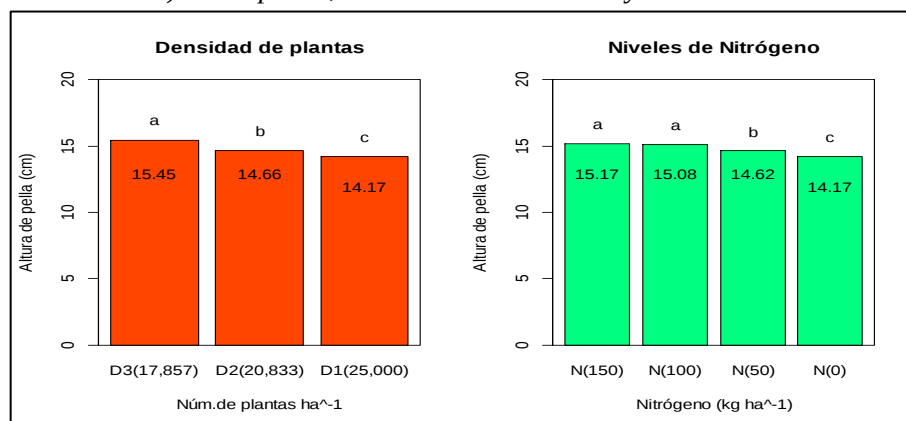
F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	0.167	0.084	0.745	0.4871ns
Densidad (D)	2	10.062	5.031	44.865	<0.0001**
Nitrógeno (N)	3	5.736	1.912	17.051	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	1.496	0.249	2.223	0.0791ns
Error	22	2.467	0.112		
Total	35	19.928	7.388		

C.V (%): 2.27

En la Tabla 3.5, además de la interacción, se encontró que los principales efectos, densidad y el nitrógeno resultaron significativos. Por tanto, concluimos que las plantas responden positiva y diferencialmente en su altura de pella a la aplicación de los factores en evaluación. Dado que la interacción no fue significativa, concluimos que el efecto diferenciado de la densidad de plantas no depende necesariamente del efecto del factor nitrógeno o viceversa. El coeficiente de variación resultó ser de 2.27%, lo que demuestra la precisión y confiabilidad de los resultados presentados en este trabajo. Como no hay interacciones, las comparaciones del análisis de medias se basarán en los efectos principales.

Figura 3.5

*Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en altura de pella del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho*



En la Figura 3.5, con densidad de 17,857 plantas por hectárea, se encontró altura promedio diferenciado (15.45 cm) y, una altura mínima de 14.17 cm con densidad más alta (25,000 plantas). Mientras, en función de los efectos de los niveles de nitrógeno, se encontró una mayor altura (15.17 cm) no diferenciada estadísticamente. Sin fertilización nitrogenada la altura promedio resultante fue 14.17 cm.

Este resultado encontrado en este trabajo resultaron inferiores a las dimensiones encontrados por Vivanco (2023), quién realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli. Como resultado, reportó datos no significativos en el efecto del factor densidad de plantas; sin embargo, encontró altura de la pella de 17.40 cm con nivel de fertilización 120-60-60, lo cual aporta 120 kg de N.

Infante (2018), realizando trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, donde evaluó cuatro densidades de siembra (20,000, 25,000, 30,000 y 40,000 plantas/ha). Quien reportó altura de inflorescencia o pella de 10.79 cm con densidad de 25,000 plantas por hectárea; este resultado tuvo diferencia significativa.

I.1.6. Peso total de la planta (kg)

Tabla 3.6

*Análisis de varianza en peso total de la planta del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho*

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	0.002	0.001	0.270	0.764ns
Densidad (D)	2	1.736	0.868	203.606	<0.0001**
Nitrógeno (N)	3	3.140	1.047	245.518	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	0.207	0.035	8.092	0.000108**
Error	22	0.094	0.004		
Total	35	5.180	1.955		

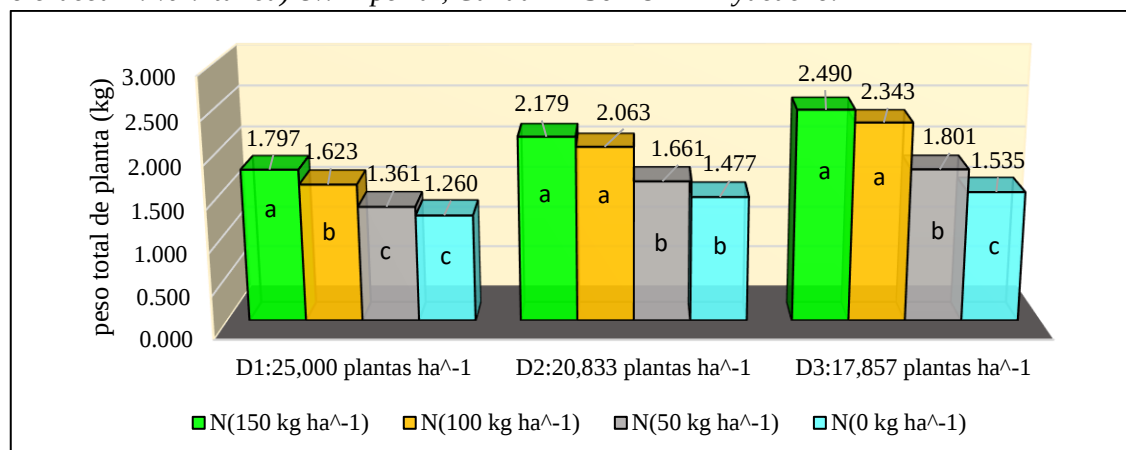
C.V (%): 3.63

En la Tabla 3.6, las fuentes de variación densidad, el nitrógeno y la interacción fueron altamente significativas (p-valor < 0,01), lo que indica que estos factores tienen un efecto positivo en el peso total de la planta. Una interacción positiva significa que el efecto beneficioso de la densidad de plantas sobre el peso depende también del efecto del factor

nitrógeno o viceversa. Se encontró que el coeficiente de variación fue del 3,63%, lo que demuestra la precisión y confiabilidad de los resultados de este trabajo. Debido a que existe una interacción significativa, se realizará un análisis de comparación de medias basadas en efectos simples.

Figura 3.6

*Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples en peso total de la planta del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm - Ayacucho.*



En la Figura 3.6, con densidad de 25,000 plantas por hectárea se encontró peso promedio total de la planta de 1.797 kg con 150 kg ha⁻¹, lo cual es distinto estadísticamente respecto a la influencia del resto de los niveles de nitrógeno. Mientras, con el mismo nivel de nitrógeno, se encontró pesos 2.179 y 2.490 kg por planta, con densidades 20,833 y 17,857 plantas, respectivamente. Estos últimos resultados mencionados no defieren estadísticamente del efecto de 100 kg ha⁻¹. De manera general, en las tres densidades, sin fertilización nitrogenada resultaron con peso más bajo.

Vivanco (2023), quién realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli. Como resultado, reportó 1.85 kg de peso de biomasa con densidad de 25,000 plantas, lo cual fue superior estadísticamente.

I.1.7. Peso de las hojas (g)

Tabla 3.7

*Análisis de varianza en peso de hojas de la planta del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho*

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	239604.00	119802.00	20.459	<0.0001**
Densidad (D)	2	113291.00	56645.50	9.674	<0.00097**
Nitrógeno (N)	3	210463.00	70154.33	11.981	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	54673.00	9112.17	1.556	0.2069ns
Error	22	128825.00	5855.68		
Total	35	746856.00	261569.68		

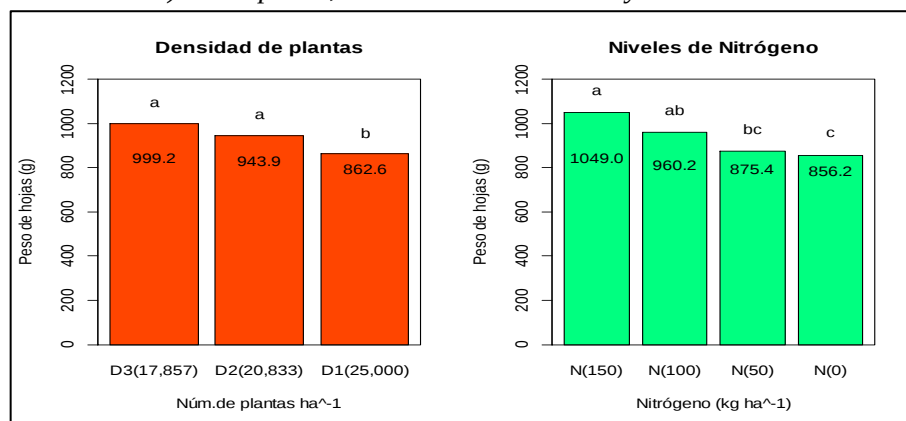
C.V (%): 8.18

En la Tabla 3.7, las fuentes de variación densidad y el nitrógeno fueron altamente significativas, excepto la interacción; lo que indica que estos factores significativos tienen un efecto positivo en el peso de las hojas. La no existencia de la interacción significa que,

el efecto de la densidad de plantas sobre el peso de hojas principalmente depende de sí mismo y muy poco del factor nitrógeno y viceversa. Se encontró que el coeficiente de variación fue del 8.18%, lo que demuestra la precisión y confiabilidad de los resultados de este trabajo. Debido a que no existe una interacción significativa, se realizará un análisis de comparación de medias basada en efectos principales.

Figura 3.7

*Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos principales en peso de hojas del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. *Imperial*, Canaán 2750 msnm – Ayacucho*



En la Figura 3.7, el efecto de las densidades de plantas 17,857 y 20,833, se mostraron similares, 999.2 y 943.9 g, respectivamente. Esto significa que solo observamos diferencias numéricas entre los resultados. Mientras, según el efecto de los niveles de nitrógeno, tampoco se encontraron una diferencia marcada entre el efecto de los niveles de 150 y 100 kg ha⁻¹ de N, cuyas influencias mostraron 1049.0 y 960.2 g, respectivamente.

I.1.8. Peso de pella (g)

Tabla 3.8

*Análisis de varianza en peso de pella del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. *Imperial*, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.*

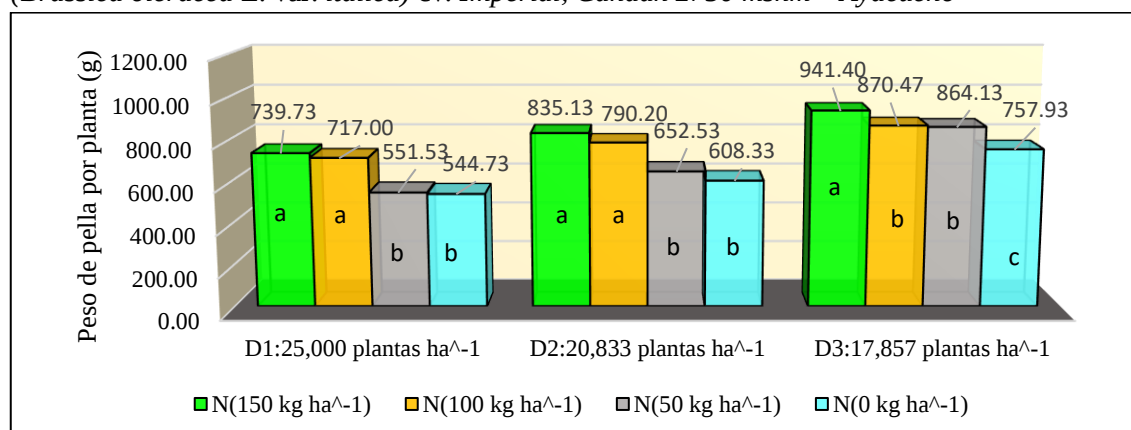
F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	2224.36	1112.18	2.369	0.1170ns
Densidad (D)	2	296769.40	148384.70	316.026	<0.0001**
Nitrógeno (N)	3	231145.17	77048.39	164.096	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	24220.49	4036.75	8.597	0.0001**
Error	22	10329.72	469.53		
Total	35	564689.14	231051.55		

C.V (%): 2.93

En ANVA de la Tabla 3.8, todos los efectos principales resultaron altamente significativos, esto significa que los factores evaluados influyeron de manera diferenciada en peso de la pella. Se reporta un coeficiente de variación 2.93%, lo cual es indicio de que los resultados son confiables y de alta precisión. Debido a la existencia de interacción significativa, se realizará análisis de los efectos simples.

Figura 3.8

*Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples en pesos de pella por planta en brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho*



En la Figura 3.8, con densidad de 25,000 y 20,833 plantas por hectárea se encontraron pesos de pella de 739.73 y 835.13 g, respectivamente; en los dos casos con la influencia de 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno; no obstante, estos resultados no difieren del efecto de 100 kg ha⁻¹ en ambas densidades. Asimismo, con densidad de 17,857 plantas, se obtuvo 941.40 g de pella, el cual se muestra con diferencia estadística respecto al efecto del resto de los niveles de nitrógeno. En general, sin fertilización nitrogenada resultaron pesos promedios de pella más bajos. En conclusión, con densidad más baja se obtuvo peso de pella por planta más altas respecto a las densidades más altas.

Los resultados encontrados en este trabajo son superiores a los reportes de Luna (2018), quien realizó trabajo de investigación en dos variedades del cultivo de brócoli (Legacy y UG2111), con la finalidad de evaluar efecto de tres densidades de siembra (8, 11 y 17 plantas por metro cuadrado). Reportó un peso promedio de pella 370 g por planta en variedad Legacy y 330 g en UG2111. Mientras, se reportó 26.85 t ha⁻¹ de pella con 166,500 plantas por hectárea.

En este trabajo se encontró peso de pella más alto con densidad más baja; no obstante, Vivanco (2023), quién realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli. Como resultado, reportó 570.33 g de peso de pella con densidad de 25,000 plantas, lo cual fue superior estadísticamente.

Sin embargo, Lozano et al., (2019); Observaron que el peso de las inflorescencias cosechadas aumenta con la distancia de trasplante, teniendo 257 gr por inflorescencia con un distanciamiento de 30x30 cm y 207.3 gr por inflorescencia con un distanciamiento de 15x15. Tejaswini et al. (2018) también encontraron resultados similares. Obtuvieron un peso fresco máximo de 275.53 gr a un distanciamiento de 45x45 cm y un peso fresco menor de 220.8 gr a un distanciamiento de 30x30 cm. En general, se encontró una correlación significativa entre el peso fresco de la inflorescencia y la densidad poblacional. Esto se debe al espacio entre las plantas, que permite un mejor desarrollo, una mayor recepción de luz, una menor competencia por nutrientes y espacio, y una buena acumulación de fotosintatos en la inflorescencia principal. Esto concuerda con los

estudios anteriores realizado por Dev (2012), Bhangre et al., (2011), Thirupal et al., (2014) y Vinod et al., (2011) en brócoli.

Risco Arias et al. (2016), realizaron trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, con la finalidad de evaluar el efecto de niveles de nitrógeno (250, 300, 350 y 400 kg ha⁻¹) en el rendimiento, bajo condiciones de Ecuador. La fuente utilizada fue nitrato de amonio con 33% de nitrógeno. Evaluando a los 70 días después de la siembra, encontró 230 g de pella por planta.

I.1.9. Rendimiento de pella por hectárea (t.ha⁻¹)

Tabla 3.9

Análisis de varianza en rendimiento de la pella por hectárea del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

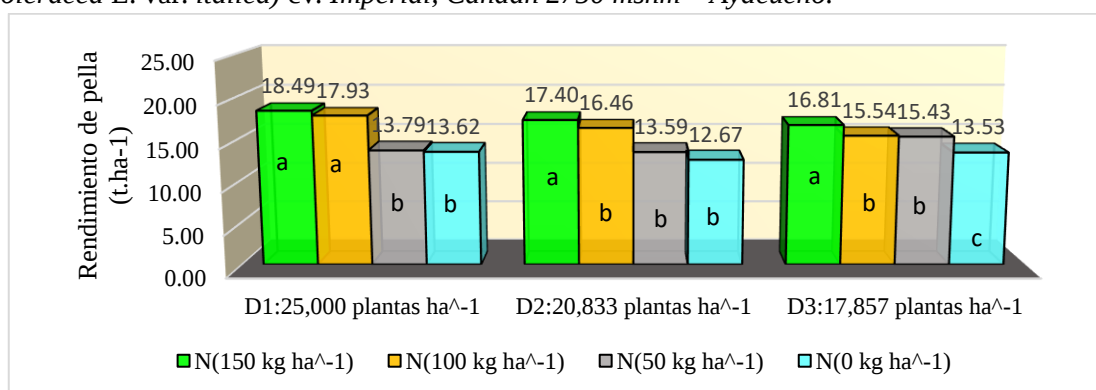
F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	2224.36	1112.18	2.369	0.1170ns
Densidad (D)	2	296769.40	148384.70	316.026	<0.0001**
Nitrógeno (N)	3	231145.17	77048.39	164.096	<0.0001**
Interacción (D*N)	6	24220.49	4036.75	8.597	0.0001**
Error	22	10329.72	469.53		
Total	35	564689.14	231051.55		

C.V (%): 2.93

En la Tabla 3.9, se aprecia a las fuentes de variación, densidad, nitrógeno e interacción altamente significativas; es decir, la planta responde muy bien a la densidad de plantas y niveles de nitrógeno evaluado. La interacción positiva significa que, la influencia favorable de la densidad de siembra en el rendimiento depende también del factor nitrógeno y viceversa. Se encontró coeficiente de variación 2.93%, lo cual nos indica la precisión y confiabilidad en los resultados. Como siguiente análisis, se realizará comparación de medias en función de los efectos simples, con la finalidad de visualizar la interacción de manera más detallada.

Figura 3.9

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples en rendimiento de pella del brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.



En la Figura 3.9, con densidad de 25,000 plantas. ha⁻¹, se obtuvo el rendimiento más alto con 18.49 t. ha⁻¹, el cual se muestra con diferencia estadística respecto al efecto del resto de los niveles de nitrógeno. Asimismo, con densidad de 20,833 y 17,857 plantas por hectárea se encontraron rendimientos de pella de 17.40 t. ha⁻¹, 16.81 t. ha⁻¹, respectivamente; en los dos casos con la influencia de 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno; no obstante, estos resultados no difieren del efecto de 100 kg ha⁻¹.

Sin embargo, Lozano et al, (2019) registró en su trabajo un resultado similar sin registrar diferencias estadísticas significativas. Indica que “una alta densidad de siembra está relacionado con una reducción en el tamaño y peso de la inflorescencia o pella y con el aumento del rendimiento por unidad de área”.

Vivanco (2023), quién realizó trabajos de investigación de densidad de plantas (31,250 y 25,000 plantas por hectárea) y fórmulas de abonamientos (40-20-20, 80-40-40 y 120-60-60), con la finalidad de evaluar el rendimiento en el cultivo de brócoli. Como resultado, reportó rendimiento de 15,285 kg ha⁻¹ con densidad de 31,250 plantas por hectárea; lo cual difiere estadísticamente del efecto de la densidad de 25,000 plantas.

Infante (2018), realizando trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, donde evaluó cuatro densidades de siembra (20,000, 25,000, 30,000 y 40,000 plantas/ha). Quien reportó rendimiento total de 19.59 t ha⁻¹ con densidad de 40 mil plantas por hectárea. Sin embargo, este resultado no estuvo claramente diferenciado estadísticamente.

Los rendimientos encontrados en este trabajo son superiores a los reportados por Risco Arias et al. (2016), quienes realizaron trabajo de investigación en el cultivo de brócoli, con la finalidad de evaluar el efecto de niveles de nitrógeno (250, 300, 350 y 400 kg ha⁻¹) en el rendimiento, bajo condiciones de Ecuador. La fuente utilizada fue nitrato de amonio con 33% de nitrógeno. Evaluando a los 70 días después de la siembra, encontró 14.45 t ha⁻¹ de pella por planta

Los resultados encontrados en este trabajo son similares a los reportes de Limachi (2011), quien realizó trabajo de investigación en cultivo de brócoli bajo tres densidades de siembra (8, 10 y 14 plantas por metro cuadrado) en sustrato sólido hidropónico. Reportó rendimiento promedio de pella máximo de 17,324 kg ha⁻¹ en variedad pirata; mientras en centenario, 15,573 kg ha⁻¹.

Acosta et al. (2023), realizaron trabajo investigación en brócoli con la finalidad de evaluar influencia de fertilización nitrogenada y potásica en el rendimiento. Quienes reportaron rendimientos promedios de la pella 36 t ha⁻¹ con 400 kg ha⁻¹ de nitrógeno.

Tabla 3.10

Rendimiento de pellas por hectárea según el tratamiento aplicado en brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Tratamientos	Densidad de siembra	N (kg. ha ⁻¹)	Rdt (t. ha ⁻¹)
T1	25,000.00	0	13618.33
T2	25,000.00	50	13788.33
T3	25,000.00	100	17925.00
T4	25,000.00	150	18493.33
T5	20,833.00	0	12673.41
T6	20,833.00	50	13594.23
T7	20,833.00	100	16462.24
T8	20,833.00	150	17398.33
T9	17,857.00	0	13534.42
T10	17,857.00	50	15430.83
T11	17,857.00	100	15543.92
T12	17,857.00	150	16810.58

I.1.10. Análisis de regresión de la densidad en niveles de nitrógeno y nitrógeno en niveles de densidad

En la Tabla 3.11, nos muestra el análisis de regresión del rendimiento vs la densidad y rendimiento vs nitrógeno, donde se observa que en la interacción de la densidad y nitrógeno resultó significativo, es decir, la planta responde muy bien a la densidad de plantas y niveles de nitrógeno evaluado. Como siguiente análisis, se realizará comparación de los factores en función al rendimiento, con la finalidad de visualizar la interacción de manera más detallada.

Tabla 3.11

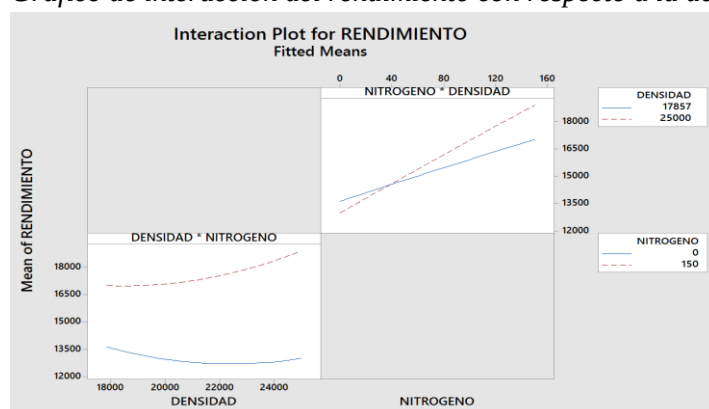
Análisis de regresión: Rendimiento vs. Densidad; Rendimiento vs nitrógeno

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Regresión	5	115382740	23076548	36.11	0.001 **
Densidad (D)	1	2670467.00	2670467.00	4.179	0.05 ns
Nitrógeno (N)	1	601446.00	601446.00	0.941	0.34 ns
Densidad * Densidad	1	2475367.00	2475367.00	3.874	0.058 ns
Nitrógeno * Nitrógeno	1	11680.00	11680.00	0.02	0.893 ns
Densidad * Nitrógeno	1	5395477.00	5395477.00	8.440	0.007 *
Error	30	19169242.00	638974.73		
Total	35	134551983.00			

Resumen del modelo				
S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq(pred)	
799.359	85.75%	83.38%	80.43	

Figura 3.10

Gráfico de interacción del rendimiento con respecto a la densidad y niveles de nitrógeno



En la Figura 3.10, la interacción Densidad x Nitrógeno es directamente proporcional al rendimiento es decir que a medida que se incrementa los niveles de nitrógeno (150 kg. ha⁻¹) y los niveles de densidad de plantas, el rendimiento incrementa, Pero a medida que los niveles de nitrógeno y niveles de densidad disminuyen baja el rendimiento de brócoli. En la interacción Nitrógeno x Densidad es significativa es decir que a medida que se incrementa los niveles de densidad de planta y los niveles de nitrógeno (150 kg. ha⁻¹) el rendimiento también se incrementa, Pero a medida que los niveles de nitrógeno y niveles de densidad disminuyen baja el rendimiento de brócoli.

A medida que aumenta la densidad de siembra se obtiene mayores rendimientos. Debido a al mayor número de plantas por unidad de superficie, mas no como resultado de un incremento en el peso promedio de inflorescencia.

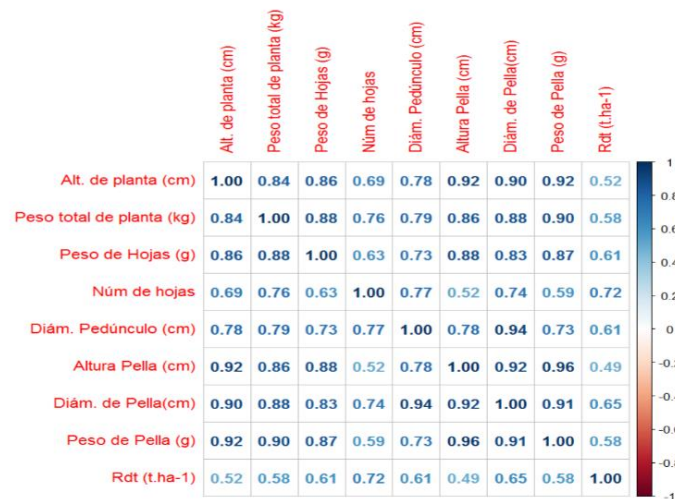
En este trabajo se encontró rendimiento de pella más alto con densidad más baja. El resultado obtenido es similar con los registrados por Muñoz (2014); quien evaluó densidades de siembra de 0.30x0.60m, 0.4x0.6m, 0.5x0,6 m y 0.35x0.6m, obteniendo mayor rendimiento con el distanciamiento 0.3x0.6m alcanzando 21.48 t/ha de producción. Sin embargo, Infante (2018) al evaluar densidades de siembra de 0.3x0.8m, 0.4 x0.8m, 0.5x 0.8m y 0.6x0.8m, tuvo un mayor rendimiento (19.59 t/ha) el distanciamiento de 0.3x0.8m.

Collantes (1994) encontró que existe una diferencia altamente significativa para el factor densidad. Debido a que hay menor competencia con la densidad baja, por ende el peso promedio incrementa.

I.1.11. Correlación de las variables

Figura 3.11

Correlación de los variables evaluados en brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, bajo efecto de niveles de gallinaza procesada y nitrógeno, Canaán 2750 msnm – Ayacucho



En la figura 3.11, se muestra correlación de las variables evaluadas, cuando la correlación se acerca a la unidad es favorable ya que muestra una relación directa entre las variables. Se muestra una correlación alta y positiva entre el rendimiento con los variables peso de pella y diámetro de pella, 0.58 y 0.65, respectivamente; esto significa que, el peso de la pella y diámetro de pella influyen positivamente en el rendimiento del brócoli.

Asimismo, se observa una correlación alta y significativa del rendimiento con los variables de peso total de la planta, altura de la planta, diámetro de pedúnculo, altura de pella y numero de hojas; con valores de 0.58, 0.52, 0.61, 0.49 y 0.72, respectivamente. Estos significan que, hay una dependencia entre uno con el otro, es decir, hay una relación directamente proporcional.

I.2. Análisis de rentabilidad

En la tabla 3.12, se muestra la estimación de los costos de producción para cada tratamiento, se observa que, para el T9 (17857 plantas. ha⁻¹ * 0 kg ha⁻¹ N +2 t ha⁻¹ gallinaza) el costo de producción resultó más bajo que todos (S/. 7,921.83). El mayor costo de producción resultó para T4 (25000 plantas. ha⁻¹ * 150 kg ha⁻¹ N +2 t ha⁻¹ gallinaza) con S/. 9,901.30. La diferencia en los costos de producción radica principalmente en las cantidades de fertilizantes aplicados y las densidades de plantas.

Tabla 3.12

Estimación de los costos de producción para cada tratamiento aplicado en brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Tratamientos	Costos directos (S/.)	Costos indirectos (S/.)	Costo de producción
T1	6,562.03	519.34	7,081.37
T2	6,826.38	537.85	7,364.23
T3	7,087.26	556.11	7,643.37
T4	7,348.14	574.37	7,922.51
T5	6,232.14	496.25	6,728.39
T6	6,493.02	514.51	7,007.53
T7	6,753.90	532.77	7,286.67
T8	7,014.78	551.03	7,565.81
T9	5,994.06	479.58	6,473.64
T10	6,254.94	497.85	6,752.79
T11	6,515.82	516.11	7,031.93
T12	6,826.70	537.87	7,364.57

En la tabla 3.13 se muestra estimación porcentaje de rentabilidad basado en costos de producción y utilidad bruta para cada tratamiento. En la que se puede notar que, en el T12 (17857 plantas. ha⁻¹ * 150 kg ha⁻¹ N +2 t ha⁻¹ gallinaza) se encontró una rentabilidad más baja de 124.82 % en chacra. Es decir, el beneficio económico superó al costo de producción invertido. El porcentaje de rentabilidad más alta se muestra para el T4 (25000 plantas. ha⁻¹ * 150 kg ha⁻¹ N +2 t ha⁻¹ gallinaza), con 205.46 %. Quiere decir, que con este tratamiento se logra obtener rentabilidad más alta. A diferencia de los porcentajes de rentabilidad de este trabajo, los reportes de Lazo (2016) son inferiores, quien investigó influencia de 5 niveles de gallinaza en el cultivo de brócoli en condiciones de Lamas, San Martín; donde reportó un beneficio económico más alto (37.38%) para con nivel de gallinaza 40 t ha⁻¹.

Cálculo porcentaje de rentabilidad (%R)

$$\%R(T4) = \frac{16,227.49}{7,922.51} * 100 = 205.46 \%, \text{ en chacra.}$$

Tabla 3.13

Análisis económico mediante la estimación de porcentaje de rentabilidad para cada tratamiento aplicado en brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) cv. Imperial, Canaán

Trat.	Niveles de			Num. Pella /ha	Costo de prod. (S/.)	En chacra			
	Densidad de siembra	N (kg. ha ⁻¹)	Rdt. (kg/ha)			Precio / docena (S/.)	Valor de venta (S/.)	Utilidad bruta (S/.)	Porcentaje de rentabilidad (%)
T1	25,000.00	0	13,618.33	21,500	7,081.37	12.0	21,500.00	14,418.63	203.61
T2	25,000.00	50	13,788.33	22,400	7,364.23	12.0	22,400.00	15,035.77	204.17
T3	25,000.00	100	17,925.00	23,300	7,643.37	12.0	23,300.00	15,656.63	204.84
T4	25,000.00	150	18,493.33	24,200	7,922.51	12.0	24,200.00	16,277.49	205.46
T5	20,833.00	0	12,673.41	18,533	6,728.39	12.0	18,533.00	11,804.61	175.44
T6	20,833.00	50	13,594.23	19,333	7,007.53	12.0	19,333.00	12,325.47	175.89
T7	20,833.00	100	16,462.24	19,933	7,286.67	12.0	19,933.00	12,646.33	173.55
T8	20,833.00	150	17,398.33	19,913	7,565.81	12.0	19,913.00	12,347.19	163.20
T9	17,857.00	0	13,534.42	15,857	6,473.64	12.0	15,857.00	9,383.36	144.95
T10	17,857.00	50	15,430.83	16,357	6,752.79	12.0	16,357.00	9,604.21	142.23
T11	17,857.00	100	15,543.92	16,457	7,031.93	12.0	16,457.00	9,425.07	134.03
T12	17,857.00	150	16,810.58	16,557	7,364.57	12.0	16,557.00	9,192.43	124.82

CONCLUSIONES

1. La densidad de plantas tuvo influencia positiva en el rendimiento de brócoli, con densidad de 25,000 plantas/ha (0.50 x 0.80 m). Las variables evaluadas: número de hojas, diámetro de pella, peso de pella, peso de hojas, peso total de la planta muestran una correlación positiva en el rendimiento de brócoli.
2. Los niveles de nitrógeno influyen positivamente en el rendimiento de brócoli, el nivel 150-0-0 NPK + 2 t ha⁻¹ Terrasur, arrojó un rendimiento de 18,493.33 kg ha⁻¹ y 2.490 kg de peso/planta.
3. Según el análisis de rentabilidad, el tratamiento T4 (25,000 plantas. ha⁻¹ * 150-0-0 NPK + 2 t ha⁻¹ Terrasur), es más rentable con 205.46 % de rentabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J., Aldás, E., Heredia, E. M., & Núñez, M. (2023). Respuesta del brócoli var. SK6-401, a la aplicación de nitrógeno y potasio en Machachi Ecuador (p. 8). https://ojs.estudiantesucree.edu.ec/index.php/sucree_review/article/view/95
- Choque L, F. (2011). Evaluación de dos variedades de brocoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación, en sustrato sólido hidropónico, en ambiente atemperado en el Municipio de El Alto. [Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía]. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=cidab.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=018738>
- COLLANTES, C. (1994). Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento y calidad del brócoli (*Brassica oleracea* L. (Grupo italica)) cv. "Pirate". Tesis (Ingeniero Agrónomo). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.Facultad de Agronomía. 74 p.
- Infante, F. O. (2018). Rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea* var. italica) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria LaMolina].<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3717/infante-fuentes-oscar-julian.pdf?sequence=1>
- Limachi, C. F. (2011). Evaluación de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación, en sustrato solido (hidropónico), en ambiente atemperado en el municipio de El Alto [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/7407/T-1578.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lozano, L., Tálamo, A., & Arnitian, A. L. (2019). Efecto de la distancia de plantación sobre la calidad de la pella y el rendimiento en dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* var.italicaPlenk) en el Valle de Lerma (Salta). Revista de la Facultad de Agronomía, 118(2), 1-7. doi:<https://doi.org/10.24215/16699513e027>
- Luna Quispe, E. (2018). Evaluación de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación en ambiente atemperado en la Estación

- Experimental de Cota-Cota. Revista CienciAgro, 8(1), 22-31.
doi:<https://doi.org/10.24215/16699513e027>
- Mamani Rojas, V. P. (2014). Evaluación de tres densidades de siembra en dos variedades de Brócoli (*Brassica oleracea*) [Tesis]. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía.
- Risco Arias, D., Gutiérrez Albán, A. C., & Buenaño Sánchez, M. E. (2016). Crecimiento, producción y calidad en brócoli cultivado bajo diferentes dosis de abono nitrogenado. Investigación Agraria, 18(1), 44–48.
<https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2016.junio.44-48>
- Vivanco, K. O. (2023). Densidad de plantas y fórmulas de abonamiento orgánico-mineral en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad italiana) Canaán, 2750 msnm – Ayacucho [Tesis pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/5697/1/TESIS_AG1310_Viv.pdf
- Ward, B., Smith, P., James, S., Stansell, Z., and Farnham, M. (2018). Increasing Plant Density in Eastern United States Broccoli Production Systems to Maximize Marketable Head Yields.