

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Densidad de plantas y extracto de algas en el rendimiento
de Brócoli (*Brassica oleracea* L. Var. *Itálica*).**

Canaán 2750 msnm - Ayacucho

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Presentado por:

Bach. Rokin Royer Cuadros Gutierrez

Asesor:

M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo

Ayacucho - Perú

2024

El presente trabajo de tesis está dedicado a mi madre Gudelia Cuadros Palomino quien supo formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores; así mismo, por haber dedicado todo su tiempo y esfuerzo para que pueda lograr mis objetivos.

A mis abuelos Hipólito Cuadros Carrera y Delfina Palomino Valladolid que desde el cielo iluminan y guían mis pasos para seguir adelante con mis metas establecidas.

AGRADECIMIENTO

Mi profunda gratitud a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por su valiosa contribución en mi formación profesional, a la Facultad de Ciencias Agrarias, que me acogió en mi formación profesional.

A la Escuela Profesional de Agronomía y a mis maestros del Departamento Académico de Agronomía y Zootecnia, por sus enseñanzas y brindado sus conocimientos y experiencias para ser competente en el desempeño de mi carrera.

Al ingeniero Walter Augusto Mateu Mateo, por su apoyo en la ejecución y redacción del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras.....	viii
Índice de anexos.....	ix
Resumen.....	1
Introducción	2
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Del brócoli	11
1.2.1. <i>Taxonomía</i>	11
1.2.2. <i>Características botánicas</i>	11
1.2.3. <i>Variedades de brócoli</i>	13
1.2.4. <i>Clima y suelos</i>	15
1.2.5. <i>Sistemas de siembra</i>	18
1.2.6. <i>Labores culturales</i>	21
1.2.7. <i>Plagas de brócoli</i>	25
1.2.8. <i>Enfermedades de brócoli</i>	27
1.2.9. <i>Extracto de algas</i>	29
CAPÍTULO II	
METODOLOGÍA.....	31
2.1. Ubicación del experimento.....	31
2.1.1. <i>Ubicación política</i>	31
2.1.2. <i>Ubicación geográfica</i>	32
2.2. Características edáficas del terreno experimental	32
2.3. Características climatológicas del lugar experimental	33
2.4. Variables independientes e indicadores	36
2.4.1. <i>Densidad de plantas (D)</i>	36
2.4.2. <i>Dosis de extracto de algas marinas (Kelpak) (E)</i>	36
2.5. Formulación del problema.....	36

2.6. Indicadores de la variable dependiente y criterios de evaluación	36
2.7. Método procedimental.....	37
2.8. Diseño experimental.....	37
2.9. Instalación y conducción del experimento	40
CAPÍTULO III	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
3.1. Altura de planta	44
3.2. Número de hojas por planta.....	45
3.3. Peso de pellas de brócoli	47
3.4. Longitud de pella.....	49
3.5. Diámetro de pella de brócoli	51
3.6. Rendimiento de pellas	53
 CONCLUSIONES	 59
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. <i>Análisis físico químico de la muestra de suelo del campo experimental de Canaán</i>	32
Tabla 2.2. <i>Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínimo, promedio), precipitación y balance hídrico. Estación meteorológica INIA - 2735 msnm</i>	34
Tabla 2.3. <i>Código y descripción de los tratamientos establecidos en brócoli.....</i>	39
Tabla 2.4. <i>Cronología de las labores realizadas en el cultivo de brócoli</i>	43
Tabla 3.1. <i>ANVA de altura de planta de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho.....</i>	44
Tabla 3.2. <i>Prueba de Tukey de altura de planta de brócoli con extracto de algas. Canaán, Ayacucho</i>	45
Tabla 3.3. <i>ANVA de número de hojas por planta de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho</i>	46
Tabla 3.4. <i>Prueba de Tukey de numero de hojas por planta de brócoli con densidad de plantas. Canaán, Ayacucho</i>	46
Tabla 3.5. <i>ANVA de peso de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho.....</i>	47
Tabla 3.6. <i>Prueba de Tukey de peso de pellas de brócoli con extracto de algas. Canaán, Ayacucho</i>	47
Tabla 3.7. <i>ANVA de longitud de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho.....</i>	49
Tabla 3.8. <i>Prueba de Tukey de longitud de pellas de brócoli con extracto de algas. Canaán, Ayacucho.....</i>	50
Tabla 3.9. <i>Prueba de Tukey de longitud de pellas de brócoli con densidad de plantas. Canaán, Ayacucho.....</i>	50
Tabla 3.10. <i>ANVA de diámetro de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho.....</i>	51
Tabla 3.11. <i>Prueba de Tukey de diámetro de pellas de brócoli con extracto de algas. Canaán, Ayacucho.....</i>	52
Tabla 3.12. <i>ANVA de rendimiento de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho.....</i>	54

Tabla 3.13. <i>Prueba de Tukey de rendimiento de pellas de brócoli con densidad de plantas. Canaán, Ayacucho.....</i>	55
Tabla 3.14. <i>Análisis económico de costo/beneficio en el cultivo de brócoli con extracto de algas y densidad de plantas. Canaán.....</i>	57

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. <i>Ubicación política del Centro Experimental Canaán de la UNSCH.....</i>	31
Figura 2.2. <i>Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínimo, promedio), precipitación y balance hídrico. Estación meteorológica INIA - 2735 msnm</i>	35
Figura 2.3. <i>Croquis del campo experimental, parcela y distribución de los tratamientos en brócoli</i>	40
Figura 3.1. <i>Tendencia de peso de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas. Canaán-Ayacucho</i>	48
Figura 3.2. <i>Tendencia de longitud de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas. Canaán-Ayacucho</i>	50
Figura 3.3. <i>Tendencia de diámetro de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas. Canaán-Ayacucho</i>	53
Figura 3.4. <i>Tendencia de rendimiento de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas. Canaán-Ayacucho</i>	56

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Datos promedios de brócoli.....	68
Anexo 2. Costos de producción por tratamiento.....	69
Anexo 3. Panel fotográfico	81

RESUMEN

El experimento se realizó en el Centro Experimental Canaán a 2750 msnm, distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, tuvo como objetivo determinar la influencia de la densidad de plantas y dosis de extracto de algas en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Itálica). La conducción del experimento se realizó bajo riego por goteo y las labores de manejo fueron oportunas. Los resultados encontrados fueron: la densidad de plantas influyó en el número de hojas de brócoli con 17.77 hojas con 17,858 plantas/ha; longitud de pella con 14.88 cm con 25,000 plantas/ha y rendimiento con 12,687.50 kg con 25,000 plantas/ha, sin embargo, no tuvo influencia en la altura de planta, peso de pella y diámetro de pella de brócoli; el extracto de algas influyó en altura de planta obteniendo el mayor valor con 56.40 cm con 4.5 L.ha⁻¹ de extracto de algas, en peso de pellas con 0.83 kg con 3 L.ha⁻¹ de extracto de algas, longitud de pellas con 15.20 cm con 3 L.ha⁻¹ de extracto de algas; diámetro de pellas con 19.07 cm con 3 L.ha⁻¹; numéricamente, 3 L.ha⁻¹ alcanzó el mayor rendimiento con 11,295.83 kg ha⁻¹, sin embargo, no hubo significación estadística en el número de hojas y en el rendimiento de pellas de brócoli. sin embargo, no tuvo influencia en el número de hojas y en el rendimiento de pellas de brócoli. Los tratamientos de 25,000 plantas/ha con 3 L.ha⁻¹ y 1.5 L.ha⁻¹ de extracto de algas tuvieron la mayor relación de beneficio/costo con 2.48 y 2.27, respectivamente.

Palabras clave: *Brassica oleracea* L. var. Itálica, densidad de plantas, extracto de algas, rendimiento de pellas.

INTRODUCCION

En los momentos actuales los insumos agrícolas se han encarecido lo que ha generado reducción de uso, disminución de las cosechas y menor rentabilidad para el agricultor. Adicionalmente, continua con la disminución de la fertilidad de los suelos. Ante esta situación los abonos orgánicos y otros biofertilizantes constituyen una alternativa para reducir los costos de producción y suplir ciertas deficiencias químicas del suelo.

Por otro lado, el uso de materia orgánica e insumos de origen orgánico que no contaminen el ambiente y dejen residuos tóxicos en el suelo y los alimentos es una necesidad, para ofertar al mercado productos sanos como es el caso de las hortalizas y promover la producción orgánica y sostenible.

La producción de brócoli va en incremento, sin embargo, existe desconocimiento en la utilización de la densidad de plantas adecuada, aplicación de biofertilizantes como extracto de algas y aminoácidos que respalden la obtención de cosechas aceptables.

El brócoli, es una hortaliza que se sembró a nivel nacional en 3,319 ha, con rendimiento de 13,893 kg/ha; Ayacucho no registra datos estadísticos aun cuando se cultiva en los valles aledaños a la ciudad, por lo que no solamente es necesario incrementar las áreas de producción, sino el rendimiento, encabezado por La libertad registró 19,547 kg/ha, seguido de Junín con 18,828 kg/ha (MINAGRI, 2021).

“El brócoli es crucífera rica en nutrientes y tiene beneficios importantes para la salud. Es una gran fuente de antioxidantes para mejorar la salud; reduce la inflamación, mejora el control del azúcar en sangre, refuerza la inmunidad y promueve la salud del corazón. La inflorescencia o pella tiene mucha fibra, vitaminas C, vitamina K y

minerales como hierro y potasio; tiene muy pocas calorías, solo proporciona 27 calorías cada ½ taza y se puede comer tanto crudo como cocido” (National Kidney Foundation, 2022).

Dentro de los insumos naturales, tenemos el extracto de algas que constituyen una fuente de aminoácidos y nutrientes que estimula el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Tomando en cuenta estas ventajas que ofrece se ha planteado la presente investigación.

Existe información muy limitada acerca de la densidad de plantas y uso de extracto de algas en brócoli en la región, como consecuencia los rendimientos son bajos.

El presente trabajo de investigación pretende aportar información sobre el efecto de biofertilizantes como el Kelpak y densidad de plantas adecuadas a fin de mejorar el rendimiento del cultivo de brócoli e incrementar la utilidad del productor, cuando obtenga rendimientos aceptables y saludables.

Objetivo general

Conocer el efecto de la densidad de plantas y extracto de algas en el rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea*. L. var. Itálica), en Ayacucho.

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de la densidad de plantas en el rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea*. L. var. Itálica) en Ayacucho.
2. Determinar el efecto de dosis de extracto de algas en el rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea*. L. var. Itálica) en Ayacucho.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Yépez (2021) estudió el efecto de bioestimulantes orgánicos (Phyllum Maxr y Seaweed Creme y un testigo) en el rendimiento de dos variedades de brócoli en Cusco y encontró que,

en peso fresco de pella se establece que el tratamiento Bio. Seaweed creme 19 l/ha x Var. Chou Cavolo con 465.93 g/planta (21.90 t/ha) ocupó el primer lugar; para peso fresco de residuo se establece que el tratamiento Bio. Phyllum R 5.6 l/ha x Var. Confidant con 1327.69 g/planta (53.10 t/ha) ocupó el primer lugar; en cuanto a altura de planta se establece que el tratamiento Sin bio. x Var. Chou Cavolo con 84.59 cm ocupó el primer lugar; en longitud de raíz se establece que el tratamiento Bio. Seaweed creme 19 l/ha x Var. Chou Cavolo con 12.72 cm de raíz por planta ocupó el primer lugar; en número de hojas por planta se establece que el tratamiento sin bio. x Var. Chou Cavolo con 18.50 ocupó el primer lugar; en diámetro de pella se establece que el tratamiento Bio. Seaweed creme 19 l/ha x Var. Confidant con 20.88 de diámetro de pella ocupó el primer lugar y en peso fresco de planta se establece que el tratamiento Bio. Phyllum l/ha x Var. Confidant con 1721.00 g/planta ocupó el primer lugar. Se debe aclarar que el Phyllum Maxr está preparado a base de extracto de algas marinas que además contiene N, P₂O₅, K₂O y micro elementos que estimula el metabolismo en las plantas y equilibra sus funciones fisiológicas. El Seaweed creme está preparada con las mejores algas marinas *Ascophyllum nodosum* del mundo. Estas algas crecen lentamente en las aguas frías del Atlántico Norte. (p. 14).

Noé (2020) en Cañete (Lima) estudió la fertilización foliar con extracto de algas marinas en brócoli y reportó que,

con la aplicación foliar del producto Fertimar y Biocrop L45 arrojaron los mayores rendimientos de brócoli (11,48 y 11,23 t/ha respectivamente) y fueron estadísticamente diferentes a los obtenidos con la aplicación de los productos QSI KBA2 y FX Algae. Sin embargo; estos resultados no fueron estadísticamente diferentes al testigo (sin aplicación de extractos de algas marinas). El contenido de materia seca en el producto comercial presentó diferencias significativas, el mayor valor se obtuvo con la aplicación del producto Biocrop L45 (10,65%). Así mismo, se presentó diferencias significativas en los resultados de área foliar, con la aplicación del producto QSI KBA2 se obtuvo una medida de 16,23 dm². Finalmente, el mayor valor de contenido de potasio en la masa foliar obtenido fue en el tratamiento con aplicación de FX Algae (396 ppm) pero este resultado no fue estadísticamente diferente al testigo. Las variables evaluadas restantes no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados (p. 11).

Alvarado (2021) aplicó extracto de algas marinas en coliflor variedad Nevada y encontró que,

la aplicación foliar de extractos de algas marinas no tuvo un efecto significativo en el rendimiento de coliflor en comparación con la aplicación de compost. La aplicación foliar de extractos de algas marinas no influyó significativamente en la calidad de la inflorescencia de coliflor en comparación con la aplicación de compost. La aplicación foliar de extractos de algas marinas no influyó significativamente en el contenido de materia seca de las hojas, tallo e inflorescencia de coliflor en comparación con la aplicación de compost. La aplicación foliar de extractos algas marinas no tuvo un efecto significativo en el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en las hojas de coliflor en comparación con la aplicación de compost (p. 47).

Coronado (2015) en Piura al aplicar 8 combinaciones de dos bioestimulantes orgánicos foliares (Biogen y Fertimar) ambos, a base de algas marinas, en el cultivo de brócoli, encontró que,

la formulación Biogen 800 L.ha⁻¹, fue la mejor al obtener el mayor rendimiento, con un valor de 4.39 t ha⁻¹, la formulación 800 L.ha⁻¹ fue superior al testigo en las características de rendimiento y peso de inflorescencia. En las demás características

todas las formulaciones fueron iguales al testigo, para las formulaciones de Biogen, la formulación 800 l.ha⁻¹ produce un efecto significativo sobre el rendimiento, peso de inflorescencia y materia seca, mientras que para las formulaciones de Fertimar, la formulación Fertimar 800 g.ha⁻¹, en las características rendimiento y peso de inflorescencia es mejor a las formulaciones Fertimar 200 g.ha⁻¹ y Fertimar 400 g.ha⁻¹, la formulación Biogen 800 L.ha⁻¹, obtuvo la mayor relación beneficio costo con un valor de 0.28 (p. 50).

Infante (2018) estudio el efecto de cuatro densidades en el rendimiento de brócoli var. Imperial en La Molina (Lima) y encontró que,

el rendimiento se vio afectado por las densidades de siembra. La densidad de 40,000 pl/ha produjo el mayor rendimiento (19.59 t/ha), mientras que la densidad de 20,000 pl/ha produjo el menor rendimiento (11.32 t/ha). El peso promedio de la inflorescencia no fue afectado por las densidades evaluadas. Sin embargo, el mayor peso promedio fue 593.86 g y se obtuvo con la densidad de 20,000 pl/ha. Este peso fue disminuyendo a medida que se incrementó la densidad de siembra. La densidad de siembra afectó el diámetro de la inflorescencia. La densidad de 20,000 pl/ha mostró el mayor diámetro con 14.38 cm, mientras que el menor diámetro lo presentó la densidad de 40,000 pl/ha con 11.79 cm. Las densidades de siembra evaluadas influyeron de forma significativa en la altura de la inflorescencia principal. La densidad de 60 cm mostró la mayor altura (12.70 cm) a diferencia de los demás tratamientos, de 50 cm (10.79 cm), 40 cm (10.02 cm) y 30 cm (9.24 cm). La densidad de siembra no influyó de forma significativa en la variable diámetro del pedúnculo de la inflorescencia (p. 39).

Huamán (2022) en Chachapoyas estudió el efecto de la aplicación de guano de islas en dos variedades de brócoli y encontró que,

las mejores dosis de guano de isla en el comportamiento agronómico del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.) var. Itálica, fueron las de 70 y 80 g/ planta, utilizando 2,6 t/ha, logrando obtener mejores respuestas en altura, extensión de planta, diámetro de pella, materia seca y peso fresco, asimismo se obtuvieron mejores respuestas en cuanto al rendimiento, logrando cosechar 18,53 y 22,51 t/ha. La densidad con 0,60 x 0,50 de plantas de brócoli, se obtuvo mejores resultados en cuanto a altura, extensión de planta, peso fresco de la pella, diámetro y materia

seca. Mientras que la densidad de 0,60 x 0,35 plantas de brócoli se obtuvieron mejores resultados en cuanto a rendimiento ya que a medida que se incrementa el número de plantas mayor número de pellas. Por último, desde el punto de vista agronómico se concluye que, el mejor rendimiento fue la interacción dosis/ siembra de 80 gr de guano de isla por 0,60 x 0,35 plantas de brócoli, ya que es favorable económicamente para los agricultores que se dedican a este cultivo, optimizando costos y obtuvieron mejores resultados (p. 42).

Moncada (2019) realizó un ensayo sobre densidad de siembra en el cultivo de coliflor en Lambayeque y concluye que,

En la altura de planta, encontró que las densidades no tuvieron efecto sobre la altura de planta, pues los tratamientos alcanzaron tamaños similares, T1 con 66.06cm, T2 con 67.83cm, T4 con 68.50cm y T3 con 70.98cm, significa que las densidades no afectan la altura de la planta. Respecto a diámetro de planta, se encontró que las densidades de siembra tuvieron fuerte efecto sobre el diámetro de planta, donde el tratamiento T4 con 88.13 cm que reportó mayor diámetro y los tratamientos T2 con 75.43cm, T3 con 76.63 cm y el tratamiento T1 con 81.45 cm los que presentaron menor diámetro de planta. En la variable diámetro de cabeza no se encontró diferencias estadísticas, siendo los diámetros: T1 (19.50cm), T3 (19.80cm), T2 (20.50cm) y T4 (21.03cm) o sea las densidades de siembra no tuvieron efecto en el diámetro de la pella o cabeza de coliflor. Con referencia a peso de cabeza de coliflor se halló diferencias estadísticas significativas, avalado porque el tratamiento T3 (1034.78 gr) tuvo el menor peso de cabeza pues fue el tratamiento con la menor densidad de siembra, mientras que el tratamiento T4 (testigo) alcanzó 1327.10 gr el cual fue superior al resto, por otro lado, los tratamientos T1 (1093.43 gr) y T2 (1175.80 gr) estadísticamente fueron similares. Se interpreta como que los distanciamientos tradicionales utilizados por los horticultores producen coliflores de mayor peso de cabeza. Respecto al rendimiento, entre los tratamientos T3 (28,973.70 t/ha), T2 (24,691.80 t/ha), T4 (15,925.20 t/ha) y T1 (18,369.54 t/ha) hubo diferencias estadísticas significativas. El tratamiento T3 alcanzó mayor rendimiento debido a que se sembró a menor densidad de siembra, mientras que los tratamientos T4 (15,925.20 t/ha) que es el distanciamiento con el cual trabajan los agricultores

fue el que alcanzó menor rendimiento. Por ello, se concluyó que acortando el distanciamiento entre plantas se pueden obtener mayor rendimiento. (p. 41-42).

Tesen (2021) estudió el comportamiento de dos cultivares de brócoli bajo tres densidades de siembra y concluye que, “la mejor densidad de siembra es de 31,250 plantas.ha⁻¹, por el mayor rendimiento obtenido y por no diferenciarse significativamente de las otras densidades en cuanto a parámetros de calidad en ambos cultivares bajo condiciones de La Molina” (p. 68).

Saire (2022) estudió el efecto de tres densidades y cuatro niveles de fertilización en brócoli y concluye que,

el rendimiento total (t/ha) fue influido por las densidades de siembra, donde la densidad de siembra de d1(40cm x 80cm) con 30,000 plantas/ha que arrojó el mayor rendimiento con 12.00 t/ha, mientras que la densidad de siembra d3 (60cm x 80cm) con 20,000 plantas/ha presentó el menor rendimiento con 8.96 t/ha; las diferencias encontradas, se atribuye principalmente al efecto del número de plantas por unidad de área, logrando los mayores rendimientos por hectárea cuando se empleó la densidad alta, pero se perjudicó en el peso fresco de pella, pues se tuvieron pellas mucho más pequeñas. El peso fresco de pella principal, fue afectado por los niveles de fertilización en estudio. El mayor peso fresco de pella (466.19 g) se obtuvo con el nivel de fertilización n1(157-100-198), mientras que sin fertilización n4 (00-00-00) obtuvo (133.79 g), siendo el menor peso fresco de pella principal; estas diferencias encontradas se atribuye al efecto inmediato de los elementos nutritivos (NPK) de los fertilizantes químicos que son de fácil solubilidad e inmediata asimilación por el sistema radicular de la planta, el cual fue beneficioso para el cultivo de brócoli que es de periodo vegetativo corto (100 días después del trasplante). El peso fresco de pella principal disminuyó a medida que disminuye las dosis de fertilización. La densidad de siembra y niveles de fertilización tuvieron efecto en el comportamiento agronómico de la altura de planta; el tratamiento d3n1(60cm x 80cm * 157-100-198) con altura de planta de 49.37 cm es estadísticamente superior a los demás tratamientos que ocupó el primer lugar. Los tratamientos d3n4 (60cm x 80cm * 00-00-00), d2n4 (50cm x 80cm * 00-00-00) y el d1n4 (40cm x 80cm * 00-00-00) con alturas de planta de 29.84 cm, 29.32 cm y 28.04 cm, respectivamente, sin diferencia entre ellos, que

ocuparon el último lugar. En la característica diámetro de pella principal, el tratamiento d3n1(60cm x 80cm * 157-100-198) con 14.77 cm de diámetro de pella, es estadísticamente superior a los demás tratamientos en estudio ocupando el primer lugar; mientras que los tratamientos d3n4 (60cm x 80cm * 00-00-00), d1n4(40cm x 80cm * 00-00- 00) y el d2n4 (50cm x 80cm * 00-00-00) con diámetro de pella de 9.23 cm, 8.92 cm y 7.76 cm sin diferencia estadística entre ellos, ocuparon los últimos lugares. Para longitud de pella principal, los tratamientos d3n1 (60cm x 80cm * 157-100-198) y d3n2 (60cm x 80cm * 100- 70- 150) con 12.51 cm y 12.01 cm, respectivamente, de longitud de pella principal son estadísticamente similares y superiores a los otros tratamientos y ocuparon los primeros lugares. A su vez, los tratamientos d3n4(60cm x 80cm * 00-00-00), d2n4 (50cm x 80cm * 00-00-00) y el d1n4 (40cm x 80cm * 00-00-00) con 7.12 cm, 7.09 cm y 6.21 cm de longitud de pella principal son estadísticamente iguales y ocuparon los últimos lugares (p.146-147).

Lozano (2019) encontró que,

la distancia de plantación (15 y 30 cm) en dos híbridos de brócoli (Formoso y Legacy) en la Argentina, en el número de floretes/pella no dependió de los híbridos ni de las distancias. La altura de pella fue mayor a 15 cm de distancia de trasplante solo para Formoso. El peso de las cabezas cosechadas fue mayor cuando se trasplantó a 30 cm, independientemente del híbrido. Finalmente, no se detectaron diferencias en rendimiento a las distancias comparadas. Debido a que una plantación a 15 cm insume más recursos y esfuerzos, y teniendo en cuenta que no mostró ser conveniente en cuanto al rendimiento, se recomienda plantar ambas variedades a 30 cm para maximizar el peso de las cabezas y satisfacer el deseo de los consumidores (p. 01).

Luna (2017) experimentando dos variedades de brócoli en tres densidades de plantación encontró que,

la altura de planta a la cosecha, Legacy obtuvo mayor promedio de altura con 0,52 m frente a UG 2111 con 0,45 m. La variedad UG 2111 registró 96 días desde la siembra a la madurez comercial, Legacy con 109 días. El diámetro de inflorescencia fue mayor en el T2 con 14,7 cm, seguida del T3 con 13,6 cm. Legacy alcanzó un peso promedio 370 gr con relación a UG 2111 330 gr. El

rendimiento del brócoli refleja que la D1 (17 plantas/m²) presentó un promedio igual a 26,85 t/ha, con respecto a la D2 (11 plantas/m²) que presentó un promedio de 19,88 t/ha y 15,28 t/ha la D3 (8 plantas/m²). El T1 se presentó como el más rentable con un valor igual a 3,63 Bs/m² y un beneficio de Bs. 2,63 (p. 01).

Torres (2016) probó dos variedades con cuatro densidades de siembra menciona que, la variedad Legacy con siembra de 66,666 plantas/ha reportaron excelente porcentaje de prendimiento y altura de planta a los 30, 60 y 90 días después del trasplante. La variedad Legacy floreció y se cosechó precozmente, a diferencia de la variedad Heritage. El mayor diámetro de los tallos y las pellas se alcanzó con la variedad Legacy con densidades de siembra de 62.500 y 66.666 plantas/ha. El mayor rendimiento de pellas, así como beneficio neto se consiguió con la variedad de brócoli Heritage con densidad de siembra de 50,000 plantas/ha con 13,236.8 kg/ha y \$ 1255,19 (p.35).

Santillán (2021) experimentando con dos variedades (Marathon y Legacy) y diferentes distanciamientos de siembra señala que,

la variedad Legacy más la distancia de siembra (0,50 x 0,40) obtuvo el promedio más alto en cuanto a la altura de la planta 55,25 cm y diámetro del mismo 13,40 cm. El rendimiento del cultivo obtuvo promedios altos con la variedad Legacy más la distancia (0,50 x 0,40) con 9930,00 kg/ha, seguido por la misma variedad más la distancia (0,30 x 0,60) con 8576,70 kg/ha. Los tratamientos presentaron rentabilidad, sin embargo, el tratamiento 1 comprendido por la variedad Legacy con distancia (0,50 x 0,40) presentó el valor neto más alto \$1,78 por cada dólar invertido (p. 40).

Bacarreza (2018) en Walpini, Bolivia reporta que,

La variedad Monte Cristo presentó los valores más altos en altura de planta, área foliar, diámetro de pella y rendimiento. Por el contrario, la variedad Green Storm alcanzó el mayor valor solo en la variable diámetro de tallo. En cuanto a las distancias de plantación se corrobora que la distancia 50 x 50 cm presentó los valores mayores en altura de planta 68,08 cm, diámetro de tallo 2,17 cm, área foliar 2 703,76 cm², diámetro de pella 12,17 cm y rendimiento. Los mayores rendimientos se dieron en el tratamiento 6 (variedad Monte Cristo a una distancia

50 x 50) con 9,095 kg/ha, también obtuvo el mayor beneficio neto con 10,670.3 Bs. La relación Beneficio/Costo fue favorable para los tratamientos 3, 4, 5, y 6, este último, alcanzó el valor de 1.46 (p. 11)

Gaspar (2021) en el Valle de Chillón - Lima, “cuando evaluó los distanciamientos 0.3 x 0.8, 0.4 x 0.8, 0.5 x 0.8 y 0.6 x 0.8 metros entre plantas con densidades de siembra de 41667, 31250, 25000 y 20833 plantas/ha, encontró mejor rendimiento en mayores densidades de plantas, mientras que las mejores características de calidad son mayores cuando la densidad de plantas es menor. Concluyendo que el brócoli cv. Imperial, bajo las condiciones evaluadas, tendrá un mejor rendimiento a una densidad de 41667 y mejor calidad a una densidad de siembra de 20833 plantas/ha” (p. 10).

1.2. Del brócoli

1.2.1. Taxonomía

De acuerdo a Fersini (1979), el brócoli se ubica taxonómicamente del siguiente modo:

Familia	: Crucíferas
Tribu	: Brassicae
Sub tribu	: Brassicinae
Género	: Brassica
Especie	: <i>Brassica oleraceae</i> L. Grupo Itálica
Nombre Común	: Bróculi (español), Brócoli (ingles)

1.2.2. Características botánicas

a. Raíces

“Son ramificadas, profundas, extendiéndose alrededor del tallo de 45 a 65 centímetros” (Jaramillo y Díaz, 2006).

“Esta hortaliza de raíz pivotante puede llegar a penetrar hasta 1,20 m de profundidad. Es una planta erecta con 60 a 90 cm de altura” (Maroto, 1995).

b. Tallo

Según Jaramillo y Díaz (2006), “los tallos del brócoli son herbáceos, cilíndricos; el tallo principal es relativamente grueso (3 a 6 cm diámetro), de 20 a 50 cm de alto, sobre el cual se disponen las hojas en forma helicoidal, con entrenudos cortos”.

c. Hojas

Maroto, (1995) menciona que, “el brócoli es una planta similar a la coliflor, aunque desnudos, limbos normalmente con los bordes más ondulados; así como nervaduras más marcadas y blancas”.

Para Jaramillo y Díaz (2006), “las hojas son de color verde oscuro, rizadas, festoneadas con ligerísimas espículas, usualmente alternas, simples o compuestas, enteras a variadamente lobuladas o dentadas, sin estipulas, de lámina foliar amplia, de color verde, cerosas, insertas en forma alterna y a distancias cortas, formando entrenudos cortos, lo que permite forma de roseta”.

d. Inflorescencia

“Las flores son de color amarillo sobre inflorescencias racimosas de polinización alógama” (Jaramillo y Díaz, 2006).

“El brócoli tiene algunas diferencias morfológicas con las coliflores, como son las pellas claras ligeramente menores de tamaño, superficie más granulada” (Sobrino, 1989).

“La inflorescencia del tipo pella es un corimbo conformado por numerosas flores, las que en estado inmaduro constituyen la parte comestible de esta hortaliza. En nuestro medio, a la pella se le conoce como "cabeza" y se denomina florete al conjunto de flores individuales que se insertan mediante un pedúnculo común al tallo principal de la inflorescencia. Un corimbo está formado por varios floretes.” (Toledo, 2003).

e. Cabeza o pella

“Es la parte comestible de la planta la cual es una masa densa de yemas florales de color verde grisáceo o morado, que puede alcanzar un diámetro de 20 a 35 cm; dependiendo del cultivar. Sin embargo, las cabezas de los rebrotes solamente alcanzan 10 cm. El grado de compactación es menor, presentando pellas más abiertas y los granos de los manojos son fisiológica y morfológicamente estados pre florales más avanzados que los de la coliflor; la pella no está cubierta por hojas, es de menor tamaño y esta sobre un tallo floral más largo” (Jaramillo y Díaz, 2006).

f. Fruto

Para Jaramillo y Díaz (2005), “es una silicua (pequeña vaina) de color verde oscuro cenizo, que mide en promedio 3 a 4 cm. y que contiene de tres a ocho semillas por silicua”.

Casseres (1980) indica que, “las flores del brócoli son pequeñas, en forma de cruz de color amarillo y el fruto es una silicua de valvas ligeramente convexas con un solo nervio longitudinal. Produce abundantes semillas redondas y de color rosáceo”.

g. Semillas

“Tienen forma de munición y miden de 2 a 3 mm, de diámetro. Un gramo de semilla contiene aproximadamente 350 semillas” (Jaramillo y Díaz, 2006).

1.2.3. Variedades de brócoli

Quintero (1986) refiere que,

el brócoli tiene poca difusión en el mundo; sin embargo, en otros países como Estados Unidos, Italia y Alemania en donde tiene gran aceptación, donde cada día va adquiriendo mayor importancia, sobre todo desde el punto de vista industrial. Actualmente, en el mercado existen gran número de variedades aptas para el mercado fresco y para el congelado. Entre las variedades de brócoli para la industria del congelado son mayormente híbridas, en las cuales, las plantas no producen semillas. En general, las variedades se clasifican, según su ciclo (entre 50 y 150 días), en tempranas, medias y tardías. Las diferencias también radican en color, tamaño de la planta y de la inflorescencia, en el grado de desarrollo de los brotes laterales, en su adaptabilidad a los diversos climas y suelos, y en sus características genéticas. Entre las variedades adaptadas para la industria de congelado y empaque se tiene: Early de Cicco, Walthsm, Corvet F-1, Lluat, Morada y Legacy.

Según Jaramillo y Díaz (2006), “actualmente los híbridos son preferidos por los supermercados, porque producen una pella y cabeza principal de aproximadamente 300 a 400 gramos de peso; entre los más utilizados en el país

están: Marathón, Performax, Legacy, Pyrate, Shogún, Coronado, Patriot, Fiesta y Conde, con un ciclo vegetativo entre 65 y 75 días”.

a. Legacy

“Se caracteriza principalmente por producir plantas de buen vigor y alto potencial de rendimiento, sus tallos son fuertes y no posee ramificaciones laterales, las cabezas son domos bien formados de grano liso, se adapta muy bien a regiones de clima frío, y se lo utiliza para mercados locales y extranjeros” (Haro y Maldonado, 2009).

b. Híbrido UG 2111

“Es el híbrido líder en el mercado por su adaptación y consistentes rendimientos. UG 2111 es el brócoli que ha marcado el referente tanto para la industria del congelado como para el mercado fresco. UG 2111 es una planta vigorosa, cabezas bien domadas, con grano fino y gran peso de color verde azulado. Su uniformidad de cabezas le da un beneficio para el empaque en caja para fresco y un buen aprovechamiento de floretes para el proceso. Tiene un ciclo de 85-90 días después del trasplante” (Seminis, 2012).

c. Domador

“Este híbrido posee la habilidad de superar las etapas de transición, entre invierno y verano, es decir no se ve afectado cuando se siembra en las postrimerías del invierno, con temperaturas bajas, debiendo cumplir con su ciclo fisiológico en climas más calientes. Es un híbrido que en la temporada invernal presenta grano fino, su maduración es intermedia” (Haro y Maldonado, 2009).

d. Brócoli imperial

“Imperial es un híbrido adaptado a zonas intermedias y cálidas. Sus floretes son compactos, de granos finos a medios y excelente color verde. Su cabeza única es de tamaño medio-grande, sin brotes laterales y apto para mercado fresco y la agroindustria. Peso: Ciclo: Tamaño de grano: Trasplante 0,8 - 1,1 kg. 75 - 90 días Fino a medio” (semillas, abe, 2023)

e. Brócoli híbrido pirata

“Híbrido líder en el mercado peruano, ideal para el consumo fresco, de gran adaptabilidad a las diferentes zonas de cultivo, con buena presentación y duración postcosecha, planta vigorosa y rustica, presenta alta uniformidad y productividad, ideal para el mercado en fresco, presenta resistencia a *Fusarium sp.* y mildiu, híbrido recomendado para estaciones de temperaturas bajas e intermedias, de cabeza compacta firme y de granos finos con llamativo color de cabeza verde azulado” (Seminis, 2012).

1.2.4. Clima y suelos

a. Clima

Según Jaramillo y Diaz (2006), el brócoli:

Es originario de una región sub-húmeda temperada y funciona óptimamente bajo condiciones de temperaturas moderadas, con suficiente provisión de agua, humedad relativa de media a alta y luminosidad moderada. La planta de brócoli tolera heladas suaves, pero no heladas fuertes que puede provocar el congelamiento de la inflorescencia y posterior pudrición de flores. Las plantas de brócoli, durante el periodo vegetativo cuando son expuestas a altas temperaturas por encima de 26° C a partir del inicio de la etapa reproductiva, presentan síntomas de daño por calor. En general, el crecimiento de esta especie durante la formación de inflorescencia es muy rápido a temperaturas por encima de 20° C, siendo necesario cosecharlo a tiempo, para evitar la apertura de las yemas florales. Las plantas de brócoli no resisten las heladas severas y no promueven buenas yemas florales a temperaturas superiores a 30°C. Contrariamente, las temperaturas bajas en la etapa vegetativa del brócoli, por debajo de 5°C, inducen a las plantas a formar estructuras florales prematuras, pequeñas, deformes, de grano grueso y de menor calidad; durante la fase reproductiva, las temperaturas bajas (5°C) causan trastornos en el color de las florecillas y hay una tendencia a deformar el domo (p. 32).

Wettstein (1994) señala que, “el brócoli es una hortaliza propia de climas fríos y frescos. Sin embargo, en México (región de El Bajío) se puede explotar durante todo el año”.

b. Temperatura

Wettstein (1994) indica que, “el rango de temperatura para la germinación es de 5 a 28°C, pudiendo llegar a emerger a los 8 a 3 días respectivamente. Las temperaturas ambientales para su desarrollo son de 15 a 25°C, siendo un óptima de 17°C. A temperaturas de 0°C y mayores a 30°C, puede detener su desarrollo”.

“La temperatura mínima para su crecimiento es de 5°C., siendo el óptimo entre 15 y 18°C. En el otro extremo temperaturas sobre los 24°C. con periodos prolongados causan aberturas de flores acelerada, elongación de los corimbos y otros problemas” (Krarup, 1992).

Ospina (1995) reporta que, “se siembran en altitudes entre 1,600 a 2,000 con temperaturas promedio de 15 a 20°C”.

Vigliola (1996) señala que, “las temperaturas de crecimiento son las siguientes: Óptima de 16 - 18°C, mínima de 3°C y máxima de 44°C”.

c. Humedad

Para el desarrollo vegetativo del cultivo de brócoli se requiere una humedad relativa del 80% con una mínima de 60%. Se puede cultivar brócoli adecuadamente en zonas comprendidas entre los 2200 y 2800 m.s.n.m., sin embargo, en la actualidad existen cultivares adaptados a rangos mas amplios. Las condiciones de iluminación, humedad y temperatura influyen enormemente en las diferentes fases de germinación, floración y maduración. De aquí la importancia de saber elegir las épocas más convenientes para el cultivo de brócoli (Krarup, 1992, citado por Canchari, 2022).

d. Suelo

“El desarrollo del brócoli se produce en todo tipo de suelos, prosperando de mejor manera en los franco-arenosos, profundos, con drenaje y con un buen contenido de materia orgánica (6%). Sobre el pH es ligeramente tolerante (6-6.8) y medianamente tolerante a la salinidad (4mmhos de C.E. o 2560 ppm)” (Barahona, 1998)

Ramírez (1995) sostiene que, “el brócoli necesita más nitrógeno al desarrollar las yemas laterales después de cortar la cabeza principal. El brócoli también requiere de 60 kg de N, 20 kg de P y 50 kg de K”.

Ospina (1995) indica que, “estas plantas no son exigentes en los suelos, pero requieren terrenos de textura media, franco, francos arcillosos o francos limosos, con una buena capacidad de retención de humedad, profundos con un buen contenido de materia orgánica y el pH entre 5 a 6.8”.

“Para una adecuada producción se requiere un pH alto lo más cercano a la neutralidad. El intervalo más aconsejable para un mayor aprovechamiento de los nutrientes del suelo por parte de las plantas está entre 6,0 y 6,8 ya que es una planta poco tolerante a la acidez. Se desarrolla en una amplia gama de suelos, pero son preferibles los francos, franco-arcillosos o franco-limosos, profundos con buen contenido de materia orgánica y con una buena capacidad de retener agua. En suelos pesados es necesario llevar a cabo labores de drenaje tanto interno como superficial” (Vera y Vilaña, 2004).

e. Agua

“El brócoli es una planta mesófita y, por lo mismo, requiere una disponibilidad de agua de buena calidad (sin elementos tóxicos, bajo contenido salino, etc.), de manera de evitar situaciones de estrés hídrico” (Krarup, 1992).

Albiac *et al.* (1998), citado por Vera y Vilaña (2004) sostiene que, “los requerimientos de agua del brócoli dependen del tipo de riego que se está utilizando, manifiesta de manera general que, por inundación, el brócoli necesita aproximadamente 1286 m³/ha y en riego localizado 858 m³/ha para llegar a capacidad de campo.”

f. Luz

“El brócoli es una especie de fotoperiodo neutro, es decir la inducción y la diferenciación floral no son afectadas por la luz. Condiciones extremas de luminosidad pueden limitar el crecimiento y algunas características de las plantas, sin embargo, la mayoría de las situaciones agrícolas, la luz no es un limitante para su cultivo” (Krarup, 1992).

Lozada (2005), citado por Vera y Vilaña (2004), menciona que, “la cantidad de horas luz del brócoli depende de la variedad con la que se está trabajando, hay variedades muy susceptibles y otras como la variedad Legacy, que soporta un máximo de 16 horas luz por día, si supera esta cantidad se pueden tener fuertes problemas con la pella”.

1.2.5. Sistemas de siembra

“Puede ser establecido de forma directa o trasplante, pero actualmente la mejor forma de establecimiento es a través de trasplantes, debido que las nuevas variedades requieren de la siembra en charolas para aprovechar el 100% de la semilla que se compra a las casas comercializadoras” (Santoyo y Martínez, 2011).

a. Densidad de plantación

Las distancias de siembra más utilizadas dentro del cultivo según (Valadez, 1997) son las siguientes:

Entre surcos:

Hilera simple: 0,65 a 0,75 m.

En doble hilera: 0,9 a 1 m.

Entre plantas: Ya sea en hilera simple o doble se recomienda una distancia entre planta de 0,30 a 0,35 m (3 plantas/m).

Según Galeón (2012), menciona que, “normalmente se emplean unas densidades de 12000 a 30000 plantas/ha, que en marcos de plantación son de 0,80 – 1,00 m entre líneas y 0,40 - 0,80 m entre plantas”.

Porco y Terrazas, (2009), sugieren que, “la distancia de siembra para el cultivo de brócoli, debería ser de 60 cm entre plantas y 65 cm entre surcos”.

Holle y Montes (1985) indican que,

entre plantas puede haber competencias interespecíficas (entre cultivo y otras especies) e intraespecíficas (entre las plantas del mismo cultivo). La competencia intraespecífica (densidades), son las características de las plantas como rendimiento, calidad y otras variables que se ven afectadas por la densidad

poblacional por lo que para el cultivo existe un tamaño ideal de población a partir del cual se establecen las relaciones de competencia en el caso hortícola. Existen las siguientes competencias: a) Competencia intervegetal efecto de la población vegetal por cada unidad de superficie, cuando la población se encuentra por debajo del nivel de competencia, el rendimiento por unidad de área se encuentra en razón directa al aumento del número de plantas, entre tanto que, por encima del nivel de competencia, el rendimiento por unidad de superficie está en función del cambio en rendimiento por planta; b) la competencia intra vegetal efecto de la población de la planta misma, afecta a las distintas partes de la planta, generalmente afectando al tamaño de la flor y el fruto porque es necesario tener una densidad óptima para cada especie.

b. Siembra directa

En caso de siembra directa, “para asegurar la emergencia se colocará por golpe más de dos semillas, suponga que colocará tres (razón por la cual no consideramos el % de germinación) para un posterior raleo de plántulas” (Porco y Terrazas, 2009).

Krarp (1992) sostiene que, “en la siembra directa se requiere realizar una buena preparación del suelo, que permita la ubicación y cobertura uniforme de la semilla (2 mm), que debe quedar entre 1 y 2 cm de profundidad. Con este método se utiliza entre 700 a 1000 g/ha de semilla y la necesidad de una sembradora adecuada, requiere de un sistema de riego que permita mantener húmeda la zona superficial del suelo”.

c. Siembra indirecta

Siembra en almácigos o semilleros

La semilla se debe cubrir ligeramente con una capa de tierra de 1-1,5 cm y dar riegos frecuentes para conseguir una planta desarrollada dentro de 45-55 días. La germinación tiene lugar aproximadamente 5 días después de la siembra. En general, la cantidad de semilla necesaria para una hectárea de plantación es de 250 a 300 gramos, en función del marco de plantación y de la variedad que se utilice (Limachi, 2011).

Según Sánchez (2004), considera que la siembra en almácigo o semillero,

es el método más utilizado por las ventajas que proporciona como ser el ahorro de semillas, desarrollo uniforme, buena calidad de plántulas, desarrollo radicular

dirigido y conociendo la cantidad exacta de semillas a sembrar y de plántulas a trasplantar, se permite una mayor planificación de las siembras en campo. En un gramo de semilla se encuentra 250 semillas de brócoli y el periodo de tiempo transcurrido entre fases es de 10 días desde la siembra hasta la germinación, 20 a 22 días desde la germinación hasta el trasplante y 75 días desde el trasplante hasta la cosecha.

En general, “la cantidad de semilla necesaria para una hectárea de plantación es de 250 a 300 gramos, en función del marco de plantación y variedad que se plante” (Galeón, 2012).

Siembra en bandejas

Krarup (1992) menciona que, “se realiza en bandejas plásticas con cavidades que permiten el posterior trasplante con un cubo de suelo pudiendo utilizar maquinaria para el establecimiento definitivo de las plantas; junto al sistema de semillero o almacigo ambos requieren prácticas similares”.

Preparación del terreno

Las labores de preparación de suelo se realizan con el propósito de obtener una capa de suelo suelta con una profundidad de 25-30 cm y consta de dos labores necesarias y una opcional. La aradura consiste en romper la costra superior del suelo e incorporar todos los residuos vegetales. Una o varias cruza de arado si es que la primera es insuficiente deben efectuarse a una profundidad de 30-40 cm en sentido perpendicular a la anterior. El pase de rastra se realiza para desmenuzar los terrones del suelo y lograr una capa suelta y debe lograr una profundidad de suelo desmenuzado de 25 cm. En cuanto a los surcos o líneas de siembra para brócoli, deben realizarse a 0.7 m de distancia cuando la disposición es de hilera simple. (Alfaro, 2023).

Trasplante

Bussard (2004) señala que,

se realiza a raíz desnuda cuando las plántulas tienen de 5 a 6 hojas verdaderas es decir de 0,15 a 0,20 m de altura o de 35 a 42 días de siembra. De una forma más tecnificada la plántula se lleva al campo con pan de tierra, para evitar el stress

producido por el “saque” de la misma. Se deberá tomar en cuenta que la edad de la plántula no debe sobrepasar la sexta semana.

Luna (2017) mencionan que,

El brócoli es fácil de manejar en el trasplante, por presentar buena resistencia a las condiciones de estrés en el campo. La oportunidad de trasplante está determinada por el tamaño de la plántula; bajo el sistema de bandejas se obtienen plántulas de excelente calidad, están listas para el trasplante cuando tienen de 10-12 cm de altura y cuentan con cuatro hojas verdaderas, a los 20-25 días después de la germinación. Para el trasplante se seleccionan las plántulas más desarrolladas y con mejores sistemas radiculares. No conviene abonar demasiado, pues las plantas procedentes de semilleros muy abonados, especialmente con abonos nitrogenados, adelantan el desarrollo, pero dan mayor porcentaje de pellas deficientes. Así mismo no deben utilizarse plantas deformes, plantas ahiladas, muy altas y con poco vigor. Para un buen establecimiento de las plántulas en campo, es conveniente que al momento del trasplante se debe afirmar bien el suelo junto a la plántula. Se recomienda también que, para realizar la resiembra, no dejar pasar más de ocho días después del trasplante para permitir un crecimiento homogéneo de las plantas en el lote.

1.2.6. *Labores culturales*

a. Preparación del terreno

Gómez (1986) buscando la rotación de cultivo de brócoli, “recomienda los cultivos más adecuados como son: papas, cebollas, tomates, melones, maíz, etc. Deben evitarse las rotaciones con otras crucíferas como rábanos, repollos, nabos, etc.”.

b. Control de malezas

Según Jaramillo y Díaz (2006),

la época crítica para el control de malezas, son los primeros cuarenta y cinco días después del trasplante, siendo necesario en algunos casos realizar hasta dos desyerbas; la primera se hace a los 15 – 20 días después del trasplante, al momento de aplicar la fertilización química, si las malezas en el cultivo no interfieren con el desarrollo del mismo, es recomendable dejar estas para el refugio de enemigos naturales reguladores de plagas que afectan el cultivo.

Maroto (1995) menciona que,

el brócoli puede considerarse básicamente los mismos herbicidas y dosis que la coliflor, aunque siempre es aconsejable la experimentación previa. Pueden utilizarse trifluralina, a la dosis de 0,80-1,20 kg de ma^1/ha en pre plantación; Alacor, a la dosis de 2-3 kg de ma^1/ha en post plantación. Simazina, a la dosis de 0,30-0,40 kg/ha en post plantación, no usar en suelos muy ligeros.

“En las especies de almacigo-trasplante es importante partir con un cultivo limpio, por lo que es recomendable utilizar herbicidas incorporados al suelo en pre trasplante. Para el control de las malezas gramíneas y hoja ancha se recomienda utilizar Herbadox (pendimethalin) en dosis de 3 l de producto comercial/ha, más una o dos limpiezas manuales” (Kher y Díaz, 2012).

Ruiz (2007) define que, “los herbicidas son productos químicos que, puestos en contacto con las plantas, se produce la muerte o alteraciones que evitan su crecimiento normal y producen deformaciones y al final la muerte”.

c. Control fitosanitario

Ruiz (2007) indica que,

para el procedimiento operativo de la evaluación fitosanitaria se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos: a) fecha de inicio de infestación, b) tendencia de las densidades de infestaciones a través de evaluaciones periódicas, registros constantes, c) muestreo de las poblaciones de insectos con monitoreos cada 8 – 15 días, d) formas de muestreo, por observación o conteo directo (número de insectos/ m^2) y por captura o trampa, para tomar la decisión adecuada.

Herbas (1981) indica que “se llevan a cabo pulverizaciones con fungicida fito tóxicos preventivo que no tengan poder residual prolongado, se recomienda practicar todas las labores culturales”.

d. Riego

Según Kher y Díaz (2012), “en brassicas en general se puede utilizar riego por aspersión al comienzo del cultivo, y luego cuando las plantas tengan un mayor tamaño,

se puede instalar riego por cintas o riego por surcos cuando no hay limitante de agua, y regar hasta la cosecha”.

Jaramillo y Díaz (2006) mencionan que,

es necesario asegurar un abundante suministro de agua, sobre todo durante la fase de germinación, desarrollo de plántula, al momento de trasplante y durante la etapa de formación de cabeza. En épocas secas, se hace necesario un riego por semana. Pero este dependerá del tipo de suelo, de su capacidad de retención de humedad y de su tasa de infiltración. Aunque es conveniente llevar los registros de precipitación y evaporación para definir acertadamente las necesidades de riego, hay necesidad de determinar cantidad de agua y frecuencia de riego. No se conocen exactamente las necesidades hídricas del cultivo, aspecto que también dificulta la decisión de cuanto y cuando regar, pero el máximo crecimiento y rendimiento se logra solo cuando se provee a la planta de una buena cantidad de agua a lo largo del ciclo productivo, recordando que la etapa fenológica de mayor demanda de agua es la época de formación de cabeza; un déficit en esta etapa ocasionará reducciones en los rendimientos. Se debe disponer de agua para riego en las épocas secas; agua de alta calidad, libre de contaminantes biológicos y químicos. Un sistema de riego apropiado es el de cinta, que humedece el follaje, es un sistema económico y eficiente que permite un ahorro de agua. En este punto no se tienen datos específicos sobre la cantidad de agua requerida. Sin embargo, los requerimientos son elevados, siendo su etapa crítica en los primeros estados de desarrollo (desde el trasplante hasta los 55 días).

e. Aporque y escarda

Sánchez (2004) indica que,

el termino aporque significa acercar una porción del sustrato a la base de la planta. Escarda significa romper la costra que se forma en el sustrato (causada por la solución de nutrientes y partículas de polvo que se van depositando). Esta costra causa una reducción de la entrada de aire al sustrato, por lo que la escarda mejora la aireación del mismo.

Valadez (1997) recomienda que “es importante la práctica de la escarda, cuyo objetivo principal es oxigenar y aflojar el suelo. Se recomienda realizar las escardas

necesarias, sobre todo cuando los suelos son arcillosos. Esta labor se realiza antes de cada riego”.

“A los 10 días de trasplantado se escardilla, se aporca y se hace una carpida antes de cosecharlo. Se hace un riego por surco una vez por semana en primavera y verano. En invierno se riega poco, salvo que sea seco” (Goites, 2008).

f. Cosecha

Según Goites (2008), “se cosecha la inflorescencia principal y luego las laterales, en forma manual con un cuchillo, cuando las inflorescencias estén bien desarrolladas, compactas y las yemas sin abrir”.

Sobrino et al. (1989) señalan que, “con el fin de no perder la calidad del producto, por el manejo y roces hasta la comercialización, deben cosecharse con el número de hojas exteriores necesario para su protección”.

“La recolección de los brócolis es manual y comienza con el corte de las inflorescencias principales, las cuales se cortan con una longitud de tallo de aproximadamente 8 a 10 cm., eliminándose parte del follaje, de acuerdo con los requerimientos del mercado” (Jaramillo y Díaz, 2006).

g. Postcosecha

Jaramillo y Díaz (2006) mencionan que,

los procesos postcosecha son todas aquellas prácticas que se realizan desde la recolección del producto hasta el momento antes de que lo adquiera el consumidor final; sus objetivos son garantizar la inocuidad y asegurar la calidad final de las hortalizas. Las cabezas cosechadas se acomodan en canastillas plásticas, teniendo cuidado de no maltratar las pellas, depositándolas con cuidado y sin colocar más de dos tendidos del producto en cada canastilla. Después de la recolección y de forma permanente, se debe procurar una humedad constante de las cabezas para evitar su deshidratación y decoloración, esta operación se realiza con agua de buena calidad.

Barahona (1998) indica que “bajo las mejores condiciones el brócoli presenta una duración potencial de 21 días sin perder sus características nutritivas, lo que limita sus posibilidades de comercialización en mercados distantes que requieran de transportación prolongada”.

h. Rendimiento

Según Ospina (1995), “una producción de 36.000 kg/ha se considera normal. Galeón (2012) indica que el rendimiento por hectárea puede oscilar entre 15 y 25 t/ha y está en función del lugar de cultivo, la variedad y el manejo agronómico que se le dé al cultivo”.

1.2.7. Plagas de brócoli

Ruíz (2007) define desde el punto agrícola que “la plaga es una población de organismos vivos que reducen la producción del cultivo o afecta el valor agregado de la cosecha e incrementa sus costos de producción”.

“Los insectos son habitantes comunes en cultivos de crucíferas. Algunos de ellos limitan la producción o deterioran la calidad de la hortaliza a cosechar” (Posada et al., 1976, citado por Luna, 2017).

Según Luna (2017)) dentro de las plagas más comunes en el cultivo de brócoli podemos mencionar las siguientes:

Minador (*Liriomyza huidobrensis*): **Agente causal:** Pequeñas moscas del género *Liriomyza*. Una vez que las larvas han finalizado su desarrollo realizan la fase de pupa, bien en las propias hojas o dejándose caer al suelo. Posteriormente salen los adultos para repetir el ciclo. **Síntomas:** Las hembras adultas hacen posturas en el interior del tejido de hojas jóvenes, aquí se desarrollan las larvas que se alimentan del parénquima foliar produciendo galerías, que posteriormente se necrosa. **Control:** Mantener el suelo libre de malezas, implementación de trampas amarillas adhesivas o aplicación de productos cuyo ingrediente activo sea Acefato.

Tríps (*Frankliniella occidentalis*): Los adultos colonizan los cultivos realizando las puestas dentro de los tejidos vegetales en hojas, frutos y, preferentemente, en

flores (son florícolas), donde se localizan los mayores niveles de población de adultos y larvas nacidas de las puestas. Los daños directos se producen por la alimentación de larvas y adultos, sobre todo en el envés de las hojas, dejando un aspecto plateado en los órganos afectados que luego se necrosan. Control preventivo y técnicas culturales: Colocación de mallas en las bandas del invernadero. Limpieza de malas hierbas y restos de cultivo. Colocación de trampas cromáticas azules.

Gusanos cortadores (*Agrotis* spp.): Es una mariposa de color blanco, cuya oruga de color gris de unos 2 – 3 cm. provoca cortaduras a nivel del cuello de la raíz, llegando a veces a cortar íntegramente el tallo. Es una oruga nocturna, y durante el día penetra unos pocos cm en el suelo. **Control:** se debe realizar mediante aplicaciones y fumigaciones de Cipermetrina al suelo y al cuello de la raíz.

Pulgones (*Aphis gossypii*)

Son las especies de pulgón más comunes y abundantes en los invernaderos. Presentan polimorfismo, con hembras aladas y ápteras de reproducción vivípara. Las formas ápteras del primero presentan sifones negros en el cuerpo verde o amarillento. Forman colonias y se distribuyen en focos que se dispersan, principalmente en primavera y otoño. **Control preventivo y técnicas culturales:** “Colocación de mallas en las bandas del invernadero. Eliminación de malas hierbas y restos del cultivo anterior. Colocación de trampas cromáticas amarillas” (Guzmán, 1987, citado por Luna, 2017).

Defoliadores (*Spodoptera* sp.)

“Es considerada una plaga aérea, ya que los daños son siempre sobre los órganos superiores. Mordisquean el limbo foliar, dejando las nervaduras. **Control:** Pueden ser controladas con bioinsecticidas a base *Bacillus thuringensis*, cuando las plantas están pequeñas es recomendable el uso de cebos con afrecho melaza e insecticidas como Carbaryl y Dipterex” (CABI, 2007, citado por Luna, 2017).

Nematodos (*Meloidogyne* spp.)

Dentro de los nematodos, la mayoría al género *Meloidogyne* sp., aunque también las plantas pueden ser atacados por nematodos de otros géneros como *Aphelenchus*, *Bracylenchus*, etc. En general, los nematodos, afectan prácticamente a todos los cultivos hortícolas, produciendo los típicos nódulos en las raíces que le dan el nombre común de

“batatilla”. Penetran en las raíces desde el suelo. Estos signos, unido a la hipertrofia que producen en los tejidos de las mismas, da lugar a la formación de los típicos “rosarios”. El daño que ocurre en las raíces produce la obstrucción de vasos e impiden la absorción por las raíces, traduciéndose en un menor desarrollo de la planta, se distribuyen por rodales o líneas y se transmiten con facilidad por el agua de riego, con el calzado, con los aperos y con cualquier medio de transporte de tierra. Además, los nematodos interaccionan con otros organismos patógenos, bien de manera activa como vectores de virus (Denisen, 1987).

“Control preventivo y técnicas culturales, mediante la utilización de variedades resistentes. Desinfección del suelo en parcelas con ataques anteriores. Utilización de plántulas sanas” (Suquilanda, 1996, citado por Luna, 2017)

1.2.8. Enfermedades de brócoli

a. Marchites fungosa (*Verticillium dahliae*)

Es un hongo presente en el suelo con capacidad de penetrar a la planta a través de sus raíces o bien puede diseminarse a partir de estacas infectadas. Prefiere temperaturas bajas para su desarrollo. Ataca a varias especies botánicas. El patógeno se desarrolla en los vasos conductores de la planta por lo que su acción es dificultar o anular el transporte de savia dentro de la planta, como consecuencia se produce un retraso en el desarrollo y posteriormente una marchites visible de la planta. Al cortar los tallos infectados, se nota un oscurecimiento interno de la zona vascular, permaneciendo el resto de la planta normal (Denisen, 1987, citado por Luna, 2017).

Control. Todas las medidas a tomar para el control de este hongo son de tipo preventivo. Ya que una vez que infecta a la planta no es posible combatirlo de manera práctica, ni rentable. A partir de esto las medidas a tomarse serán: No debe extraerse nunca material para la multiplicación de las plantas sospechosas o enfermas; practicar la rotación de cultivos con cereales o bulbos, especies poco sensibles al patógeno; si el suelo está infectado, el único recurso disponible es su desinfección química o por solarización evaluando antes la rentabilidad de estas prácticas (CABI, 2007, citado por Luna, 2017).

b. Oídio (*Leveillula taurica*)

“Es el amarillamiento de las hojas que se extiende en forma progresiva hasta producir el secamiento y muerte de las plantas, es indispensable la presencia de un técnico para diferenciar el amarillamiento por posibles deficiencias nutricionales, se puede aplicar Propiconazol” (Topas) al follaje. **Control.** el control preventivo es el mejor a base de azufres mojables y buen manejo de riego. Fungicidas del grupo de los triazoles, pirimidinas, estrobirulinas” (Luna, 2017).

c. Alternaria (*Alternaria brassicae* Berk.)

Los primeros síntomas se pueden observar al nacer los cotiledones y en la aparición de las primeras hojas. Se forman unas manchas negras de un centímetro de diámetro. Con anillos concéntricos más fuertes de color. Control: cada 7 – 10 días dar tratamientos preventivos con alguno de los productos siguientes: Oxiclورو de cobre, Mancozeb, Propineb. Una vez que aparece la enfermedad se tratará con Clorotalonil 5%, presentado como polvo para espolvoreo a una dosis de 20 kg/ha (Infojardin,2023).

d. Hernia o potra de la col (*Plasmodiophora brassicae* Wor.)

Esta enfermedad ataca a las raíces que se ven afectadas de grandes abultamientos o protuberancias. Como consecuencia del atrofiamiento que sufren los vasos conductores, la parte aérea no se desarrolla bien y las hojas se marchitan en los momentos de mayor sequedad en el ambiente para volver a recuperarse más tarde cuando aumenta la humedad. Si arrancamos las plantas afectadas por la enfermedad aparecen malformaciones de las raíces (alargamiento de las zonas carnosas y formación de excrecencias) y raicillas que al principio son de color blanco en su interior, después se hacen grisáceas y al final sufren podredumbre blanda. Al cabo de cierto tiempo el hongo produce innumerables esporas que son las que reproducen la enfermedad en la primavera siguiente.

Control. los suelos de naturaleza son desfavorables para esta enfermedad, pudiendo realizar encalados para mantener una inactividad temporal, emplear variedades resistentes, desinfectar el suelo, eliminar plantas atacadas en el momento del trasplante, realizar rotaciones en los terrenos donde existe la enfermedad, evitando la plantación de especies susceptibles (Luna, 2017).

e. Mancha angular (*Mycosphaerella brassicicola*)

En las hojas viejas se forman unas manchas circulares que pueden alcanzar 2 cm de diámetro, de color oscuro y aspecto acorchado. **Control.** emplear semillas exentas de la enfermedad y tratar las semillas. Tratamientos preventivos con alguno de los productos siguientes: Oxicloruro de cobre, Mancozeb, Propineb (Luna, 2017).

1.2.9. Extracto de algas

“Uno de los extractos vegetales más conocidos son los derivados de algas marinas. En África del Sur, la industria del alga marina se basa en *Ecklonia* y *Laminaria*. Esta alga se utiliza extensamente como fertilizante. *Ecklonia máxima* incluso se utiliza como suplemento alimenticio para los animales; también se cosecha para la producción de un estimulante muy acertado del crecimiento vegetal y se ha demostrado que es una fuente de microelementos” (Maneveldt y Frans, 2003).

“Los productos que salen de *Ecklonia máxima* son para la alimentación animal, ingredientes de alimentos y fertilizantes; y las aplicaciones que tienen es como ingrediente industrial y como biopolímero” (Horneman, 2002).

a. Kelpak

Es un bioestimulante orgánico, 100% derivado del alga marina *Ecklonia máxima*, es un bioestimulante muy activo que, aplicado al suelo, promueve el desarrollo radicular en vides, frutales, hortalizas y ornamentales, y vía foliar actúa como bioestimulante para incrementar el tamaño de frutos en vides y kiwis. En papa la dosis es de 2 L ha⁻¹, y se recomienda una aplicación cuando las plantas tienen de 3 a 4 hojas. Se compone de Auxinas 11 mgL⁻¹, ácido indolacético, ácido indolcarboxílico, dimetiltriptamina. Citoquininas 0,031 mgL⁻¹, aminoácidos 2,48 gL⁻¹, macro y micronutrientes, carbohidratos 16,90 gL⁻¹, proteínas 3,0 gL⁻¹ y vitaminas (AFIPA,2002).

b. Uso de Kelpak en cultivos agrícolas

En un estudio hecho por Basly (2003),

el efecto del uso de un bioestimulante a base de algas marinas sobre el rendimiento de dos cultivares de papas, Desirée y Pukara, destinados a la producción de consumo en el área de riego del llano central de la IX Región,

utilizando como tratamiento a: 1) Kelpak ® a la semilla (inmersión del tubérculo), Kelpak ® en dosis de 2L ha⁻¹, aplicado foliarmente 10 días después de la emergencia, 2) Kelpak ® en dosis de 2L ha⁻¹, aplicado foliarmente mezclado con 2 Kg ha⁻¹ de NFK ® 10 días después de la emergencia, 3) Kelpak ® en dosis de 2L ha⁻¹, aplicado foliarmente 30 días después de la emergencia, 4) Kelpak ® en dosis de 1 ha⁻¹, aplicado foliarmente mezclado con 2 kg ha⁻¹ NFK ® 30 días después de la emergencia y el tratamiento testigo. No encontró diferencias estadísticamente significativas en: porcentaje de emergencia, número de tallos por planta, porcentaje de materia seca de los tubérculos y distribución de tubérculos por categorías. Solo encontró diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos cuando se evaluó el rendimiento comercial de los cultivares; aumentando éste en un 16% promedio cuando se utilizó Kelpak ® a la semilla en dosis de 2L ha⁻¹. Otro parámetro que el autor encontró diferencias estadísticamente significativas fue el rendimiento total; éste se vio aumentado en un 12% cuando se usó Kelpak ® a la semilla en dosis de 2L ha⁻¹, en un 13% al usar Kelpak ® en dosis de 2L ha⁻¹, aplicado foliarmente 30 días después de la emergencia y en un 15% al usar Kelpak ® en dosis de 2L ha⁻¹ + 2 Kg ha⁻¹ de NFK ® a los 30 días de emergida las plantas.

Figuerola (2003) realizó un estudio que consistió en:

comparativo de bioestimulantes en el desarrollo y rendimiento de melón en la región metropolitana (Kelpak ®, Terrasorb ®, Zoberaminol ® y Profert ®) aplicados en tres momentos de aplicación 1) aplicación de bioestimulante por inmersión de plántulas en pre trasplante, no habiendo diferencias significativas; 2) aplicación de bioestimulantes por riego de plántulas en pre trasplante, donde Kelpak ® (al 5%) fue superior su rendimiento significativamente en un 10% respecto al testigo y 3) aplicación de bioestimulantes al follaje en post-trasplante, donde Kelpak ® (al 5%) fue el único bioestimulante significativamente superior en peso seco radicular al testigo en un 7%.

CAPÍTULO II

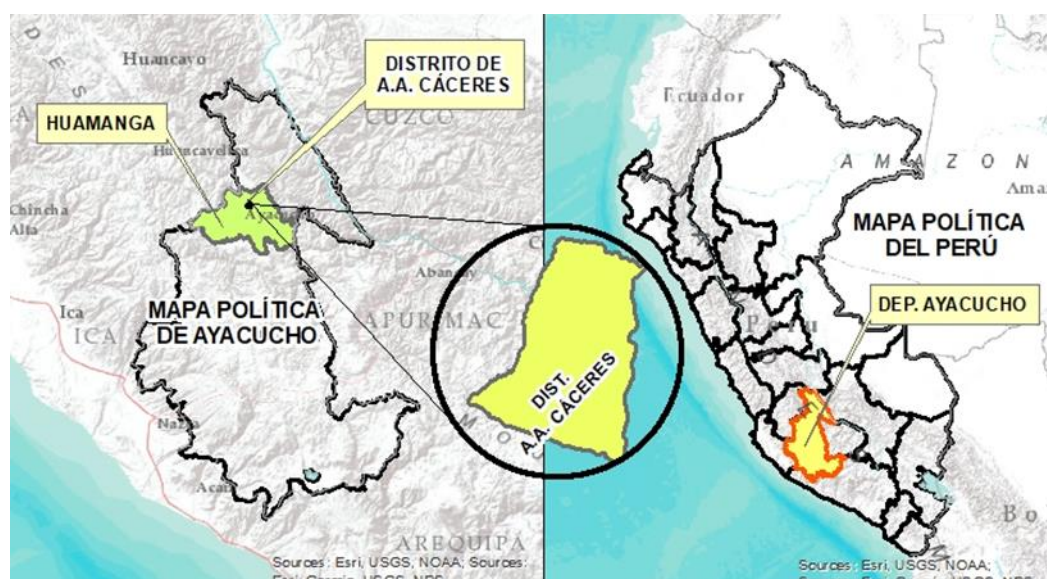
METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en Centro Experimental de Canaán, distrito de Andrés Avelino Cáceres, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

Figura 2.1

Ubicación política del Centro Experimental Canaán de la UNSCH



El terreno designado para el experimento de brócoli estuvo ocupado en la campaña anterior con el cultivo de maíz.

2.1.1. Ubicación política

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

2.1.2. Ubicación geográfica

Latitud : 13°10'8.72" S
Longitud : 74° 12' 12.85" O
Altitud : 2,750 msnm.

2.2. Características edáficas del terreno experimental

Para conocer las características edáficas del suelo se realizó un muestreo de suelo del campo experimental a una profundidad de 0.25 m utilizando una pala recta y un balde.

Las sub muestras fueron mezcladas y mediante la técnica de cuarteo se obtuvo una muestra representativa de un kilogramo, que fue remitido para su análisis al Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas y Aguas “Nicolás Roulet” de Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga cuyos resultados se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1

Análisis físico químico de la muestra de suelo del campo experimental de Canaán

Componentes	Valor	Interpretación
pH (H ₂ O)	7.85	Moderadamente alcalino
M.O. (%)	2.79	Medio
N total (%)	0.14	Medio
P disponible (ppm)	21.4	Medio
K disponible (ppm)	212.7	Medio
Arena (%)	45.8	Clase textural (franco)
Limo (%)	28.9	
Arcilla (%)	25.3	

Nota: Analizado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar “Nicolás Roulet” UNSCH-2021

Para la interpretación se tomó en cuenta las consideraciones de Ibáñez y Aguirre (1983); el pH, determinado en H₂O, corresponde a un suelo de reacción moderadamente alcalino. El porcentaje de materia orgánica 2.79 % corresponde a un suelo con contenido medio, el nitrógeno total 0.14 % es medio, el fósforo disponible 21.4 ppm es

de medio y potasio disponible 212.7 ppm es también medio. La clase textural corresponde a un suelo franco.

2.3. Características climatológicas del lugar experimental

Las condiciones climatológicas que presenta Canaán registrados en la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA, ubicada entre las coordenadas del 13° 10' 09'' Latitud sur y 74° 12' 82'' Longitud Oeste y a una altitud 2735 msnm, encontrándose en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga – Ayacucho, se presentan en la tabla 2.2.

Se observa que la temperatura promedio mensual es de 17.17 °C, con una temperatura máxima promedio de 25.12 °C y una mínima promedio de 9.23 °C, que es adecuada para el cultivo de brócoli.

En cuanto a la precipitación se tiene que todos los meses son deficientes en humedad, y solo existe suficiente humedad en los meses de diciembre, enero y febrero; el déficit de humedad se pudo compensar con la aplicación de riego por goteo para cubrir las necesidades hídricas del cultivo.

Se puede deducir del registro de datos que la zona de Canaán presenta un clima templado, pero con déficit de humedad como producto de la estación de lluvia.

Tabla 2.2

Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínimo, promedio), precipitación y balance hídrico. Estación meteorológica INIA - 2735 msnm

Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray

Altitud : 2735 msnm

Provincia : Huamanga

Latitud : 13° 10' 09" S

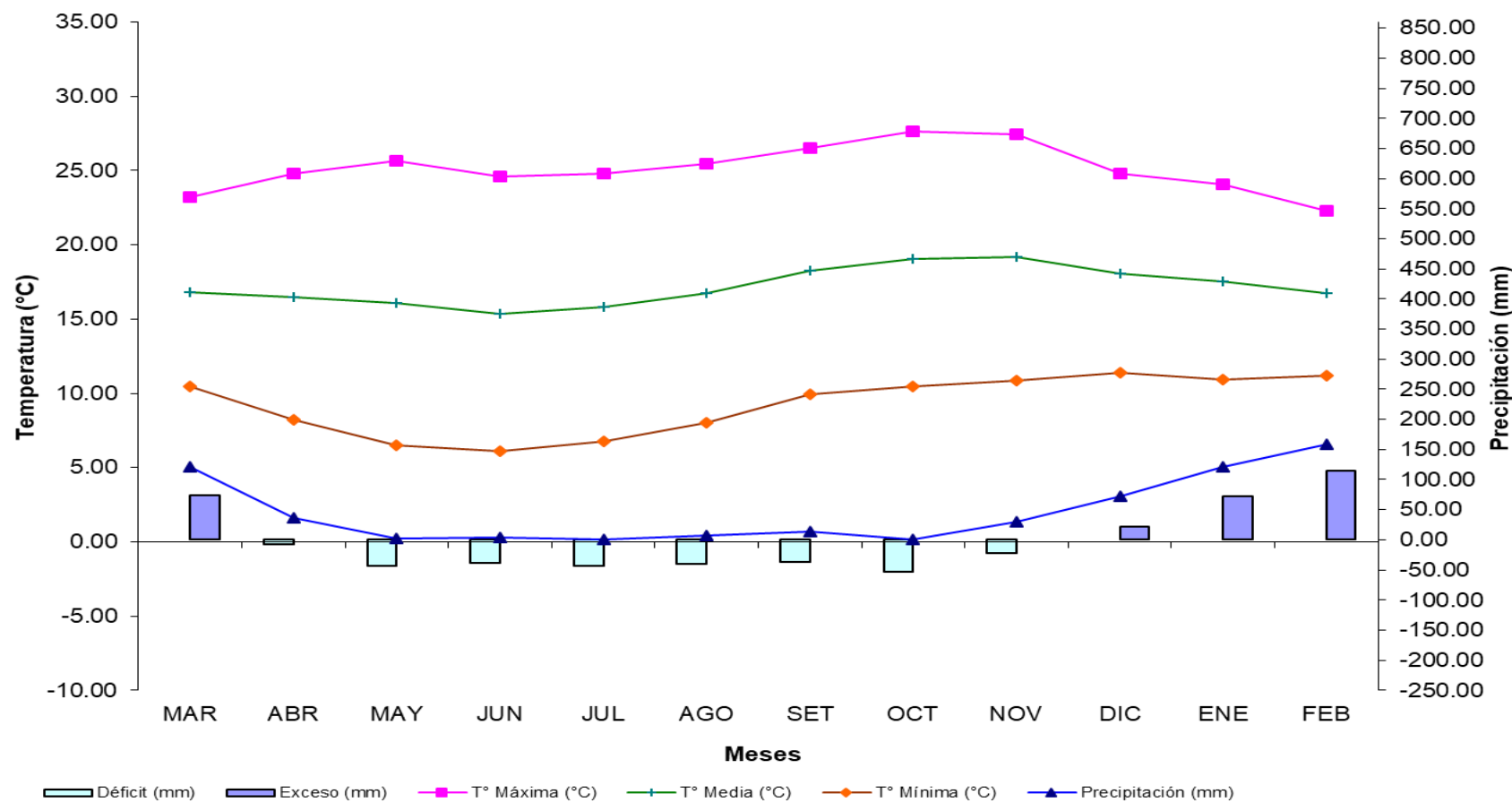
Departamento : Ayacucho

Longitud : 74° 12' 82" W

AÑO	2022										2023		TOTAL	PROMEDIO
MESES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB		
T° Máxima (°C)	23.21	24.8	25.65	24.63	24.83	25.45	26.53	27.66	27.46	24.81	24.1	22.3	301.42	25.12
T° Mínima (°C)	10.45	8.19	6.5	6.11	6.74	8.01	9.93	10.49	10.85	11.37	10.9	11.2	110.74	9.23
T° Media (°C)	16.83	16.5	16.07	15.37	15.79	16.73	18.23	19.07	19.16	18.09	17.5	16.75	206.08	17.17
Precipitación (mm)	120.5	37.2	1.7	3.8	1.1	7.4	13.3	0.9	29.7	73.0	121.8	159.2	569.6	47.47
Factor	4.96	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96	4.64	58.56	4.88
ETP (mm)	83.5	79.2	79.7	73.8	78.3	83.0	87.5	94.6	92.0	89.7	86.8	77.7	1005.70	83.81
ETP corregida (mm)	47.3	44.8	45.1	41.8	44.3	47.0	49.6	53.6	52.1	50.8	49.2	44.0	569.6	47.47
Humedad del suelo (mm)	73.2	-7.6	-43.4	-38.0	-43.2	-39.6	-36.3	-52.7	-22.4	22.2	72.6	115.2		
Exceso (mm)	73.2									22.2	72.6	115.2		
Déficit (mm)		-7.6	-43.4	-38	-43.2	-39.6	-36.3	-52.7	-22.4					

Figura 2.2

Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínimo, promedio), precipitación y balance hídrico. Estación meteorológica INIA - 2735 msnm



2.4. Variables independientes e indicadores

2.4.1. Densidad de plantas (D)

- d1 25,000 ps/ha (50 x 80 cm)
- d2 20,833 ps/ha (60 x 80 cm)
- d3 17,857 ps/ha (70 x 80 cm)

2.4.2. Dosis de extracto de algas marinas (Kelpak) (E)

- e1 testigo sin extracto de algas
- e2 1.5 L ha⁻¹
- e3 3.0 L ha⁻¹
- e4 4.5 L ha⁻¹

2.5. Formulación del problema

Problema general

¿De qué manera la densidad de plantas y extracto de algas influyen en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Itálica). Canaán 2750 m.s.n.m - Ayacucho?

Problemas específicos

1. ¿De qué manera la densidad de plantas influye en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Itálica) en Ayacucho?
2. ¿De qué manera las dosis de extracto de algas influyen en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Itálica) en Ayacucho?

2.6. Indicadores de la variable dependiente y criterios de evaluación

a. Altura de planta (cm)

En 5 plantas al azar se midió la altura de planta desde el cuello hasta el ápice de la hoja de mayor desarrollo.

b. Número de hojas por planta

En 5 plantas al azar se procedió a contar el número total de hojas por planta en cada bloque y tratamiento evaluado.

c. Longitud de pella (cm)

En 5 plantas al azar se midió la longitud de pella, cuya medida comprende desde el cuello de la planta hasta el punto más alto de la pella.

d. Diámetro ecuatorial de pella (cm)

En 5 plantas al azar se midió el diámetro en la parte ancha de la inflorescencia.

Se consideró para el efecto el diámetro ecuatorial midiendo con un flexómetro se expresó su valor en centímetros.

e. Peso de pella (kg)

Se pesaron 5 pellas cosechadas de cada parcela haciendo uso de una balanza, luego se obtuvo el peso promedio en kilogramos.

f. Rendimiento (kg/ha)

El rendimiento total de pellas se obtuvo luego de la cosecha de cada parcela, para lo cual se pesaron las pellas cosechadas y luego se infirieron a kilogramos por hectárea.

g. Análisis económico

Para el análisis económico de los tratamientos se consideraron los costos de producción y los ingresos generados por la venta de la producción de cada tratamiento y luego se estableció el costo beneficio.

2.7. Método procedimental

El experimento se realizó en el C. E. de Canaán de la FCA, ubicado en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, donde se probaron la densidad de plantas y dosis de extracto de algas en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea*. L var. Itálica).

2.8. Diseño experimental

En el experimento se utilizó el Diseño de bloque completo randomizado (DBCR), con arreglo factorial de 3D x 4E, con 12 tratamientos y 3 repeticiones.

El análisis estadístico consistió en el Análisis de (ANVA), la prueba de significación de Tukey para la comparación de la media de los tratamientos y el análisis de regresión y correlación lineal y simple para las variables evaluadas.

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$y_{ijk} : \mu + \beta_k + \tau_i + \alpha_j + \tau\alpha_{(ij)} + \varepsilon_{ijk}$$

y_{ijk} : observación de la i – esimo densidad de plantas con el j – esimo dosis de kelpak y en el k – esimo bloque.

μ : media general.

β_k : efecto del k – esimo bloque.

τ_i : efecto principal de la i – esimo densidad de plantas.

α_j : efecto principal de la j – esimo dosis de kelpak.

$\tau\alpha_{ij}$: efecto simple de la interacción de la i – esimo densidad de plantas por el j – esimo dosis de kelpak.

ε_{ijk} : error experimental.

a. Variedad de brócoli utilizada

Se utilizó la variedad Imperial es un híbrido adaptado a zonas intermedias y cálidas. Sus floretes son compactos, de granos finos a medios y excelente color verde. Su cabeza única es de tamaño medio-grande, sin brotes laterales y apto para mercado fresco y la agroindustria (Semillas Abe, 2023).

Esta variedad híbrida es originaria de México, distribuida por la empresa Sakata de dicho país.

b. Tratamientos

Los tratamientos resultan de la combinación de los dos factores estudiados.

Tabla 2.3*Código y descripción de los tratamientos establecidos en brócoli*

Código	Descripción
T1	25,000 plantas/ha x sin extracto de algas
T2	25,000 plantas/ha x 1.5 L/ha de extracto de algas
T3	25,000 plantas/ha x 3.0 L/ha de extracto de algas
T4	25,000 plantas/ha x 4.5 L/ha de extracto de algas
T5	20,833 plantas/ha x sin extracto de algas
T6	20,833 plantas/ha x 1.5 L/ha de extracto de algas
T7	20,833 plantas/ha x 3.0 L/ha de extracto de algas
T8	20,833 plantas/ha x 4.5 L/ha de extracto de algas
T9	17,857 plantas/ha x sin extracto de algas
T10	17,857 plantas/ha x 1.5 L/ha de extracto de algas
T11	17,857 plantas/ha x 3.0 L/ha de extracto de algas
T12	17,857 plantas/ha x 4.5 L/ha de extracto de algas

c. Características del campo experimental**Parcelas**

- ❖ Ancho : 2.40 m
- ❖ Largo : 5.0 m
- ❖ Área : 12 m²
- ❖ Distanciamiento entre surcos : 0.80 m
- ❖ N° total de parcelas por bloque : 12
- ❖ N° total de parcelas : 36 unidades

Bloques

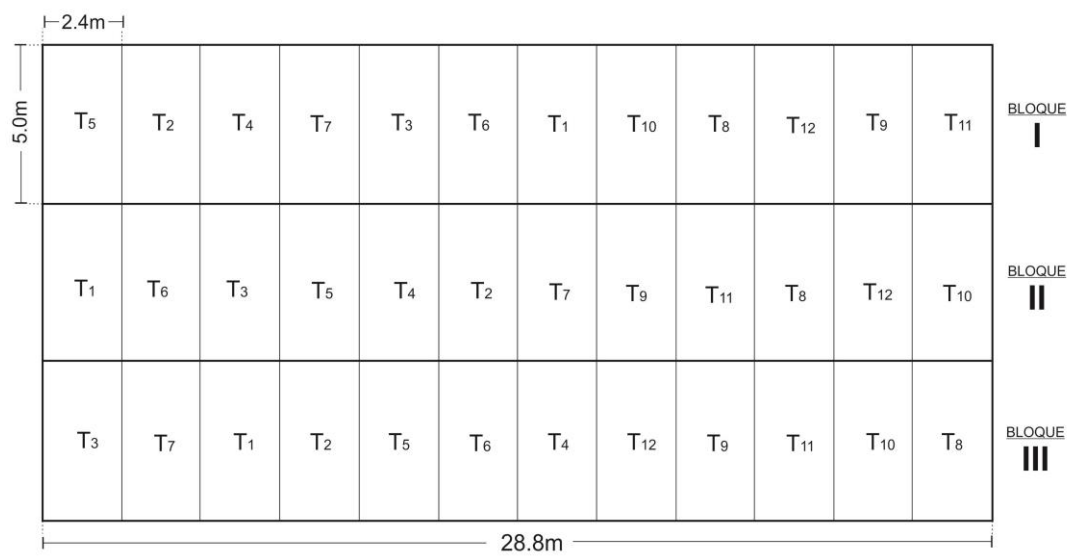
- ❖ N° de Bloques : 3
- ❖ Largo del bloque : 28.80 m
- ❖ Ancho del bloque : 5.00 m
- ❖ Área del bloque : 144 m²

Campo experimental

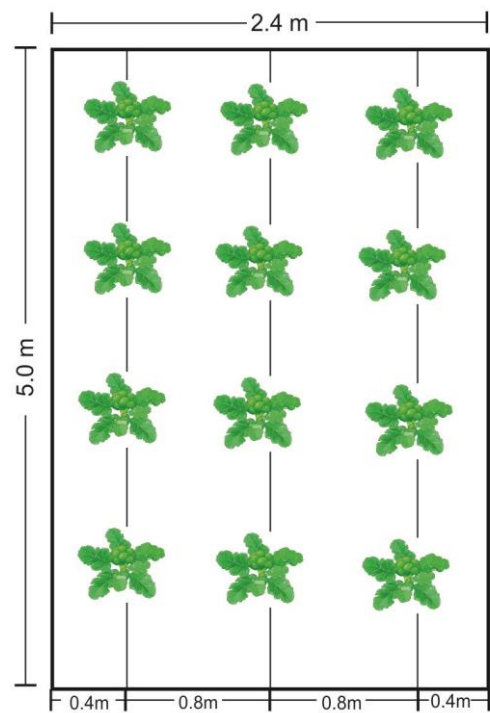
- ❖ Largo : 28.80 m
- ❖ Ancho : 15 m
- ❖ Área total del experimento : 432 m²

Figura 2.3

Croquis del campo experimental, parcela y distribución de los tratamientos en brócoli



d. Parcela experimental



2.9. Instalación y conducción del experimento

a. Preparación del terreno

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

b. Demarcación y estacado del campo experimental

Para la demarcación del campo experimental se utilizaron estacas, los trazos se realizaron con la ayuda de una wincha y un cordel según el croquis experimental.

c. Surcado del terreno

Se realizó en forma manual teniendo en cuenta el espaciamiento de 80 cm. entre surcos.

d. Abonamiento

La aplicación de la gallinaza se efectuó antes del trasplante a chorro continuo en el fondo del surco, luego se cubrió con tierra para luego hacer los hoyos para el trasplante de los plantines de brócoli. La cantidad de gallinaza fue de 3 t/ha y 10-10-10 de NPK, como abono de arranque. Según Toledo (2003) una fórmula de abonamiento sería 80-60-60 de NPK.

e. Trasplante

La siembra se llevó a cabo en el mes de abril del año 2022. Se colocaron los plantines de brócoli en los hoyos previamente preparados luego se presionaron ligeramente el terreno para fijarlo. La distancia entre hoyos fue de 50, 60 y 70 cm; en una sola línea.

f. Aplicación del extracto de algas (kelpak)

La aplicación del Kelpak se realizó en dos momentos, para lo cual se determinó la cantidad de agua por parcela mediante una prueba en blanco, luego de agregar el extracto de algas según los tratamientos, la solución se asperjó sobre las plantas de brócoli.

g. Recalce

Se llevó a cabo a los cinco días del trasplante en los hoyos donde se perdieron plantines de brócoli.

h. Control de malezas

Se controlaron en forma manual utilizando azadones con el fin de evitar la competencia de las malezas con el cultivo, pues el brócoli es muy sensible a la presencia de éstas.

i. Aporque

El aporque se realizó aproximadamente a los 30 días después del trasplante en campo definitivo, cuando la planta de brócoli alcanzó una altura de 15 cm.

j. Riego

Para complementar el déficit de humedad del suelo, dado que hubo un déficit de lluvias, se utilizó agua de riego que fue suministrada bajo el sistema de riego por goteo, según la necesidad del cultivo. Luego del trasplante, los riegos fueron frecuentes cada 3 días, luego de esta etapa se distanciaron cada 5 días. Los riegos de preferencia se aplicaron por las tardes.

k. Control de plagas

Se efectuó durante el tiempo de duración del experimento a través de diversos métodos de control químico, etc.

l. Cosecha

La cosecha de las plantas se realizó utilizando un cuchillo cuando las plantas de brócoli han formado completamente la pella y tomaron una consistencia adecuada. La cosecha fue selectiva según la madurez comercial de las pellas. La cosecha de las pellas se inició a los 98 días después del trasplante.

Tabla 2.4*Cronología de las labores realizadas en el cultivo de brócoli*

Labor	Fecha
Preparación del terreno	10/04/2022
Demarcación del terreno experimental	15/04/2022
Apertura de surcos e instalación de riego por goteo.	16/04/2022
Incorporación de Terrasur y fertilizante 20-20-20 de NPK	16/04/2022
Primer riego pesado para la siembra	18/04/2022
Riegos post trasplante	13 riegos
Trasplante	19/04/2022
Recalce de plantas de brócoli	24/04/2022
Aplicación de ciperklin+bronco contra cortadores	21/04/2022
Aplicación de benomil contra chupadera	22/04/2022
Aplicación de captan+carboxin contra chupadera	02/05/2022
Aplicación de regent contra pulgones y plutella	12/05/2022
Deshierbo-control de malezas	17/05/2022
Primera aplicación de kelpak	18/05/2022
Aporque las plantas de brócoli	19/05/2022
Segunda aplicación de kelpak	04/06/2022
Primera cosecha	25/07/2022
Segunda cosecha	30/07/2022

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura de planta

El ANVA de altura de planta de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas (tabla 3.1) muestra que existe significación en dosis de extracto de algas. No existe diferencias entre bloque, densidades de plantas y en la interacción de dosis de extracto de algas y densidad de plantas.

Existe una buena confiabilidad de los datos pues se tiene un coeficiente de variación de 3.77 %.

Tabla 3.1

ANVA de altura de planta de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	6.25	2	3.12	0.73	0.4927 ns
Kelpak	42.39	3	14.13	3.31	0.0390 *
Densidad	22.07	2	11.03	2.58	0.0983 ns
Kelpak * Densidad	4.27	6	0.71	0.17	0.9831 ns
Error	94.02	22	4.27		
Total	169.00	35			

C.V. = 3.77 %

La prueba de Tukey de altura de brócoli (tabla 3.2) con extracto de algas muestra que las dosis de extracto de algas de 4.50 L ha⁻¹, 3.0 L ha⁻¹ y 1.5 L ha⁻¹ tiene mayor longitud que el testigo, sin extracto de algas.

La respuesta está relacionada con el aporte de aminoácidos, proteínas y bioestimulantes que provocan el mayor crecimiento de las pellas que se manifiesta en mayor altura de las plantas de brócoli.

Yépez (2012) “no encontró respuesta a la aplicación de extracto de algas Seaweed creme. Sin embargo, Infante (2018), con la variedad Imperial encontró que las densidades de 20,000 y 40,000 plantas/ha influyeron de forma significativa en la altura de la inflorescencia”. Saire (2022) también corrobora los resultados encontrados en el presente experimento, pues con “el tratamiento d3n1 (60cm x 80cm * 157-100-198) alcanzo mayor altura de planta con 49.37 cm, superior a los demás tratamientos que estudió”. También Santillán (2021) “en la variedad Legacy encontró mayor altura de planta con la distancia de siembra 0.50m x 0.40 m con altura de 55.25 cm, similar a la altura encontrada en nuestro experimento”.

Tabla 3.2

Prueba de Tukey de altura de planta de brócoli con extracto de algas. Canaán, Ayacucho

Kelpak (L ha⁻¹)	Media	AES_t
4.50	56.40	a
3.00	55.27	a b
1.50	54.44	a b
0.00	53.44	b

Luna (2018) “encontró mayor altura de planta en la variedad Legacy con 0.52 m, frente a UG 2111 que tuvo 0.45m.” Santillán (2021) encontró que, “la variedad Legacy con la distancia de siembra de 0.50 m x 0.40 m obtuvo la mayor altura de planta con 55.25 cm”.

Moncada (2019) reporta que, “los distanciamientos no tuvieron efecto sobre la altura de planta, debido a que los tratamientos alcanzaron tamaños muy similares T1 con 66.06cm, T2 con 67.83cm, T4 con 68.50cm y T3 con 70.98cm, es decir los distanciamientos no definen la altura de la planta”.

3.2. Número de hojas por planta

El ANVA de numero de hojas por planta de brócoli (tabla 3.3) reporta que existen diferencias significativas entre densidades de plantas. No existe diferencias estadísticas entre bloques, dosis de extracto de algas y en la interacción de extracto de algas por densidad de plantas.

El coeficiente de variabilidad 5.39 % indica que los datos obtenidos tienen buena confiabilidad.

Tabla 3.3

ANVA de número de hojas por planta de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	2.75	2	1.37	1.61	0.2231 ns
Kelpak	2.83	3	0.94	1.10	0.3686 ns
Densidad	8.45	2	4.22	4.94	0.0169 *
Kelpak * Densidad	1.61	6	0.27	0.31	0.9231 ns
Error	18.80	22	0.85		
Total	34.43	35			

C. V. = 5.39 %

La prueba de Tukey del número de hojas de brócoli (tabla 3.4) indica que la densidad de plantas de 70 cm, es diferente de la densidad de plantas 60 cm, sin embargo, tiene similar número de hojas que 50 cm.

Este resultado se atribuye al hecho de que las plantas de brócoli con menor densidad tienen mayor espacio y menor competencia intraespecífica y por lo tanto tienen mayor desarrollo, presentan mayor número de hojas frente a las densidades más altas de cultivo de brócoli.

Tabla 3.4

Prueba de Tukey de numero de hojas por planta de brócoli con densidad de plantas. Canaán, Ayacucho

Densidad (plantas/ha)	Media	AES
17,857	17.77	a
25,000	17.10	a b
20,833	16.89	b

Yépez (2012) “no encontró efecto del extracto de algas en el número de hojas, pues el testigo sin extracto de algas alcanzó a tener 18.50 hojas, mayor que el reportado en nuestro experimento”.

3.3. Peso de pellas de brócoli

El ANVA de peso de pellas con densidad de plantas y extracto de algas (tabla 3.5) reporta alta significación estadística en las dosis de extracto de algas, mientras que en las fuentes de bloques, densidad e interacción extracto de algas por densidad de plantas no hubo significación estadística.

El coeficiente de variabilidad 14.30% significa que los datos son confiables, puesto que se encuentran en el rango permisible.

Tabla 3.5

ANVA de peso de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	0.0011	2	0.00054	0.05	0.9548 ns
Kelpak	0.21	3	0.07	6.00	0.0038 **
Densidad	0.05	2	0.02	2.06	0.1517 ns
Kelpak * Densidad	0.05	6	0.01	0.74	0.6268 ns
Error	0.26	22	0.01		
Total	0.57	35			

C.V. = 14.30 %

En la prueba de Tukey del peso de pella (tabla 3.6) el experimento reporta que las dosis 3.0 L ha⁻¹, 1.5 L ha⁻¹ y 4.5 L ha⁻¹ presentan similar peso de pellas, pero superiores al testigo donde no se aplicó extracto de algas. Quiere decir que hubo efecto del extracto de algas en el peso de pellas, producto de la adición de aminoácidos, proteínas y otras sustancias que contiene el extracto en el metabolismo de la planta y por lo tanto en el peso de las pellas de brócoli.

Tabla 3.6

Prueba de Tukey de peso de pellas de brócoli con extracto de algas. Canaán, Ayacucho

Kelpak (L ha ⁻¹)	Media	AEST
3.0	0.83	a
1.5	0.79	a
4.5	0.78	a
0.0	0.63	b

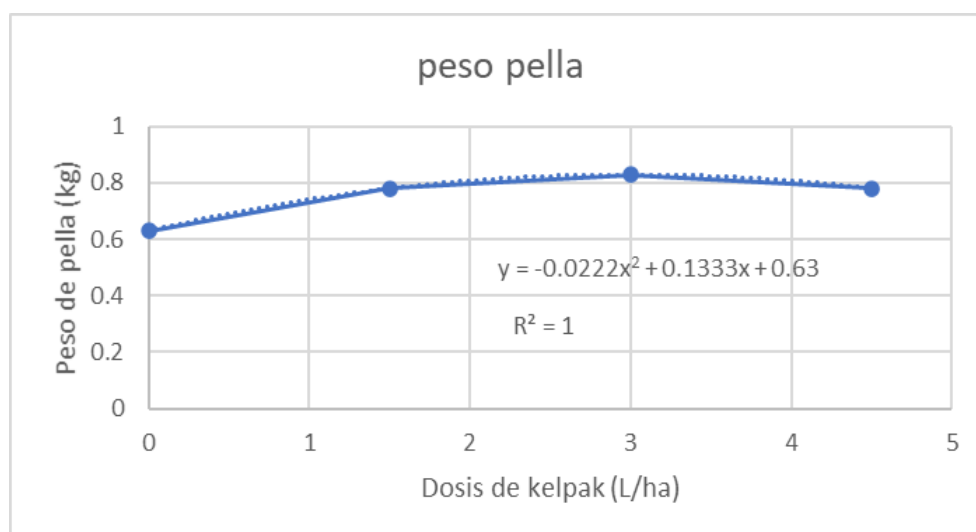
Yépez (2021) reporta “mayor peso fresco de pellas en el tratamiento con Seaweed creme 19 l/ha (extracto de algas) con valor de 465.92g, que es menor a lo que se encontró en nuestro experimento; con phyllum con la var. Confidant encontró 1721 g”, superior al nuestro; sin embargo, Coronado (2015) al aplicar los bioestimulantes Biogen y Fertimar en base a extracto de algas, mencionan que “encontraron un efecto significativo en el peso de las inflorescencias”. Infante (2018) asegura que, “la densidad de plantas no afecta el peso de la inflorescencia, siendo el peso promedio de 593.86 g”; Huamán (2022) “obtuvo el mayor peso de pella con la densidad 0.60 x 0.35 m”; Moncada (2019) encontró “mayor peso de pella con el testigo con 1327.10 g, ósea con el distanciamiento tradicional que manejan los agricultores”.

Saire (2022) señala que, “cuando se eleva el número de plantas por unidad de área se logró elevar los rendimientos por hectárea, pero esto a su vez fue perjudicando en el peso fresco de pella, donde se observó pellas mucho más pequeñas. El peso fresco de pella principal, se vio afectado por los niveles de fertilización en estudio. El mayor peso fresco de pella principal fue de 466.19 g/planta y se obtuvo con el nivel de fertilización n1 (157-100-198), mientras que el nivel de fertilización n4 (00-00-00), sin fertilizante con 133.79 g/planta obtuvo el menor peso fresco de pella principal”.

Lozano menciona que, “la densidad de plantas afecta el peso de las inflorescencias, y logró pellas de mayor peso cuando trasplantó a 30 cm de distancia”.

Figura 3.1

Tendencia de peso de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas. Canaán-Ayacucho



En la figura 3.1 se observa que el peso de pellas se incrementa ligeramente hasta la aplicación de 3 L/ha de extracto de algas, disminuyendo cuando se incrementa la dosis de extracto de algas, o sea, que la respuesta del peso de pellas se ajusta a una tendencia cuadrática siendo la ecuación regresión $y = -0.0222X^2 + 0.1333X + 0.63$.

3.4. Longitud de pella

El ANVA de la longitud de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas (tabla 3.7) muestra que las dosis de extracto de algas y la densidad de plantas tienen alta significación. No existe significación en la interacción dosis de extracto de algas por densidad de plantas.

El coeficiente de variabilidad 4.94 % indica que los datos son de buena confiabilidad.

Tabla 3.7

ANVA de longitud de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	0.73	2	0.37	0.73	0.4916 ns
Kelpak	37.61	3	12.54	25.06	<0.0001 **
Densidad	6.14	2	3.07	6.14	0.0076 **
Kelpak * Densidad	3.96	6	0.66	1.32	0.2906 ns
Error	11.01	22	0.50		
Total	59.44	35			

C.V. = 4.94 %

En la prueba de Tukey de longitud de pellas de brócoli con extracto de algas (tabla 3.8) demuestra que las dosis 3.0 L ha⁻¹, 1.5 L ha⁻¹ y 4.5 L ha⁻¹ similares entre ellos son diferentes del testigo, sin extracto de algas.

Quiere decir, que existe efecto positivo de las dosis de extracto de algas en la longitud de pellas de brócoli. Esta respuesta, se atribuye a que los extractos de algas contienen aminoácidos, proteínas, estimulantes que favorecen el desarrollo de la planta de brócoli, en este caso favorece el crecimiento y longitud de las pellas.

Tabla 3.8

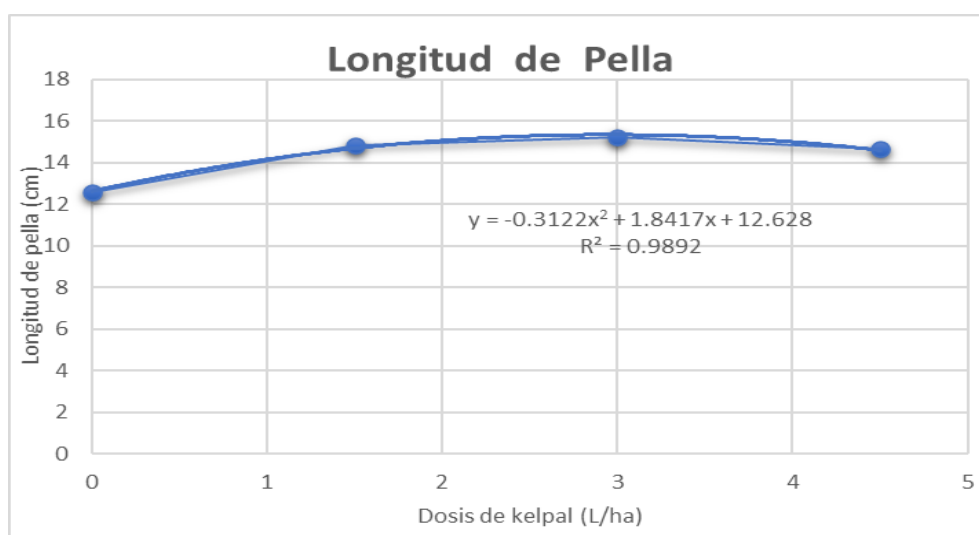
Prueba de Tukey de longitud de pellas de brócoli con extracto de algas. Canaán, Ayacucho

Kelpak (L/ha)	Media (cm)	AEST
3.0	15.20	a
1.5	14.83	a
4.5	14.64	a
0.0	12.58	b

En la prueba de Tukey de longitud de pellas de brócoli con densidad de plantas (tabla 3.8) demuestra que la densidad 50 cm tiene mayor longitud que las densidades 60 y 70 cm. Esta respuesta se asume que se debe a la mayor población de plantas de brócoli que al encontrarse más juntas desarrollan más la longitud de pellas.

Figura 3.2

Tendencia de longitud de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas. Canaán-Ayacucho



La figura 3.2 muestra el incremento de la longitud de pella hasta la aplicación de 3 L/ha de extracto de algas y luego desciende cuando se incrementa la dosis de extracto de algas a 4.5 L/ha. La tendencia es cuadrática ajustándose a la ecuación $Y = -0.3222 X^2 + 1.8417 X + 12.628$.

Tabla 3.9

Prueba de Tukey de longitud de pellas de brócoli con densidad de plantas. Canaán, Ayacucho

Densidad (plantas/ha)	Media (cm)	AEST
25,000	14.88	a
20,833	14.14	b
17,857	13.92	b

Saire (2022) encontró que, “la longitud de pella principal de los tratamientos d3n1 (60cm x 80cm * 157-100-198) y d3n2 (60cm x 80cm * 100- 70-150) es de 12.51 cm y 12.01 cm, respectivamente, son estadísticamente iguales y superiores a los demás tratamientos, que los primeros lugares. A su vez los tratamientos d3n4 (60cm x 80cm * 00-00-00), d2n4 (50cm x 80cm * 00-00-00) y d1n4 (40cm x 80cm * 00-00-00) presentaron longitud de pella principal de 7.12 cm, 7.09 cm y 6.21 cm, estadísticamente iguales, ocuparon los últimos lugares”. Lozano (2019), encontró que, “la variedad Formoso alcanzó mayor altura de pella con la distancia de trasplante de 15 cm”.

Infante (2018) reportó que, “las densidades de siembra influyeron de forma significativa en la altura de la inflorescencia principal. La densidad de 60 cm mostró la mayor altura (12.70 cm) diferenciándose de los demás tratamientos, de 50 cm (10.79 cm), 40 cm (10.02 cm) y 30 cm (9.24 cm)”.

3.5. Diámetro de pella de brócoli

El ANVA de diámetro de pellas con densidad de plantas y extracto de algas (tabla 3.10) muestra que existe alta significación en las dosis de extracto de algas. No existe diferencia en las otras fuentes de variabilidad.

El coeficiente de variación 5.46 % significa que los datos son de buena confiabilidad.

Tabla 3.10

ANVA de diámetro de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	15.05	2	7.53	7.76	0.0028 **
Kelpak	38.14	3	12.71	13.11	<0.0001 **
Densidad	4.73	2	2.36	2.44	0.1107 ns
Kelpak * Densidad	4.88	6	0.81	0.84	0.5542 ns
Error	21.34	22	0.97		
Total	84.14	35			

C.V. = 5.46 %

En la prueba de Tukey de diámetro de pellas (tabla 3.11) se observa que las dosis de extracto de algas influyen positivamente en el diámetro de las pellas frente al testigo donde no se aplicó extracto de algas.

La respuesta está relacionada con el aporte de aminoácidos, proteínas y bioestimulantes que provocan el mayor crecimiento de las pellas que se manifiesta en mayor diámetro de las pellas.

Tabla 3.11

Prueba de Tukey de diámetro de pellas de brócoli con extracto de algas. Canaán, Ayacucho

Kelpak (L ha ⁻¹)	Media (cm)	AEST
3.0	19.07	a
1.5	18.47	a
4.5	18.27	a
0.0	16.32	b

Yépez (2021) encontró mayor diámetro de pella con Seaweed creme con la variedad confidant con 20.88 cm, que ocupó el primer lugar. Sin embargo, Infante reportó en la variedad imperial que la densidad de siembra afectó el diámetro de la inflorescencia. La densidad de 20 000 pl/ha mostró el mayor diámetro con 14.38 cm, mientras que el menor diámetro lo presentó la densidad de 40 000 pl/ha con 11.79 cm.” También Huamán (2022) reporta que, “la densidad con 0,60 x 0,50 de plantas de brócoli, se obtuvo mejores resultados en diámetro de pella. Moncada (2019) en coliflor, por su parte no reporta respuesta en el diámetro de pella a los distanciamientos, ya que los diámetros fueron T1 (19.50cm), T3 (19.80cm), T2 (20.50cm) y T4 (21.03cm).

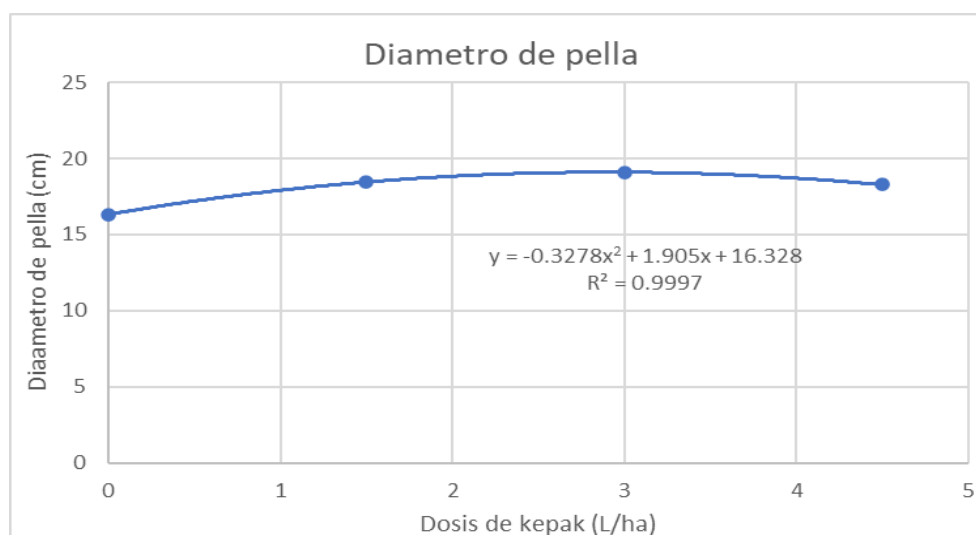
Saire (2022) también, encontró respuesta en el diámetro de pella a los distanciamientos, el tratamiento d3n1 (60cm x 80cm * 157-100-198) con diámetro de pella principal de 14.77 cm es estadísticamente superior a los demás tratamientos ocupando el primer lugar. A su vez los tratamientos d3n4 (60 cm x 80 cm * 00-00-00), d1n4 (40 cm x 80 cm * 00-00- 00) y el d2n4 (50 cm x 80 cm * 00-00-00) con diámetro de pella principal de 9.23 cm, 8.92 cm y 7.76 cm son estadísticamente iguales, ocuparon los últimos lugares”.

Luna (2018) en la variedad Legacy informa que, el diámetro de inflorescencia fue mayor en T2 con 14,7 cm, seguida del T3 con 13,6 cm. Por su parte Torres (2016), reporta también que alcanzó mayores diámetros de pellas con las densidades de 62,500 y 66,666 plantas/ha. Igualmente, Santillán (2021) encontró el mayor diámetro (13.40 cm) con la distancia 0.50 m x 0.40 m.

Bacarreza (2021), encontró, mayor diámetro de pella con la variedad Monte cristo y en cuanto a las distancias de siembra, 50 cm x 50 cm tuvo mayor diámetro de pella con 12.17 cm. Con estos resultados, se estaría demostrando que el diámetro depende de la variedad, distanciamiento de siembra y la zona de cultivo, porque los valores se diferencian bastante.

Figura 3.3

Tendencia de diámetro de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas. Canaán-Ayacucho



La figura 3.3 muestra la respuesta del diámetro de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas, la misma que se ajusta a una tendencia cuadrática, cuya ecuación es $Y = -0.3278 X^2 + 1.905 X + 16.328$.

3.6. Rendimiento de pellas

El ANVA de rendimiento de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas (tabla 3.12) reporta alta significación en la fuente de densidad de plantas. No existe significación entre dosis de extracto de algas y en la interacción densidad de plantas por extracto de algas.

La alta significación indica que por lo menos una de las densidades de plantas se diferencia en rendimiento de pellas de las otras densidades estudiadas.

El Coeficiente de variabilidad de 13.52 % indica que los datos tomados tienen buena confiabilidad.

Tabla 3.12

ANVA de rendimiento de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	18859713.54	2	9429856.77	4.66	0.0205 *
Kelpak	10508940.97	3	3502980.32	13.11	0.1896 ns
Densidad	86807604.17	2	43403802.08	21.47	<0.0001**
Kelpak * Densidad	12466111.11	6	2077685.19	1.03	0.4339 ns
Error	44485286.46	22	2022058.48		
Total	173127656.25	35			

C.V. = 13.52 %

En la prueba de Tukey de rendimiento de pellas de brócoli (tabla 3.13) se muestra que la densidad 50 cm con 12,687.50 kg/ha tiene mayor rendimiento de pellas que las densidades de 60 y 70 cm que tuvieron rendimientos de 9,733.33 y 9,135.42 kg/ha, respectivamente.

Se evidencia que la respuesta obtenida en el rendimiento de brócoli está asociada a la población de plantas de brócoli cosechadas, pues la densidad 50 cm tiene mayor número de plantas que 60 y 70 cm.

Noe (2020) “obtuvo buenos resultados con aplicación de extracto de algas a diferencia de lo reportado en nuestro experimento, los productos Fertimar y Biocrop L45 tuvieron mayores rendimientos de brócoli (11,48 y 11,23 t/ha respectivamente) y fueron estadísticamente diferentes a los obtenidos con la aplicación de los productos QSI KBA2 y FX Algae.” Sin embargo, estos resultados no fueron estadísticamente diferentes al testigo. Alvarado “no obtuvo con la variedad nevado respuesta a la aplicación de extracto, en comparación al compost aplicado”. Sin embargo, Coronado (2015) “con Biogen (en base a

extracto de algas) tuvo mayor rendimiento con Biogen 800 l/ha con 4.39 t/ha, superior al testigo”.

Tabla 3.13

Prueba de Tukey de rendimiento de pellas de brócoli con densidad de plantas. Canaán, Ayacucho

Densidad (plantas/ha)	Media(kg/ha)	AEST
25,000	12687.50	a
20,833	9733.33	b
17,857	9135.42	b

Infante (2018) encontró que, “el rendimiento se vio afectado por las densidades de siembra. La densidad de 40,000 pl/ha produjo el mayor rendimiento (19.59 t/ha), mientras que la densidad de 20,000 pl/ha produjo el menor rendimiento (11.32 t/ha).”

Moncada (2019), encontró que, “el tratamiento T3 fue el que alcanzó mayor rendimiento debido a que fue el tratamiento con menor distanciamiento, mientras que el tratamiento T4 (15,925.20 kg/ha) el cual es el distanciamiento con el cual trabajan los agricultores fue el que alcanzó un menor rendimiento”.

Tesen (2021) también concluye que, “la mejor densidad de siembra es de 31,250 plantas.ha⁻¹, por el mayor rendimiento obtenido y por no diferenciarse significativamente de las otras densidades en cuanto a parámetros de calidad en ambos cultivares bajo condiciones de La Molina”. Coincide con Saire (2022) que menciona que, “el rendimiento total (t/ha), estuvo influenciado por las densidades de siembra, siendo la densidad de siembra de d1(40cm x 80cm) con 30,000 plantas/ha que obtuvo el mayor rendimiento con 12.00 t/ha, mientras que la densidad de siembra d3(60cm x 80cm) con 20,000 plantas/ha obtuvo el menor rendimiento con 8.96 t/ha, la superioridad encontrada, se debe principalmente al efecto del número de plantas por unidad de área”. Lozano (2019), sin embargo, “no encontró diferencias en rendimiento entre las distancias 15 y 30 cm, independientemente del híbrido, sin embargo, recomienda sembrar a 30 cm porque se consigue mayor peso de pella”.

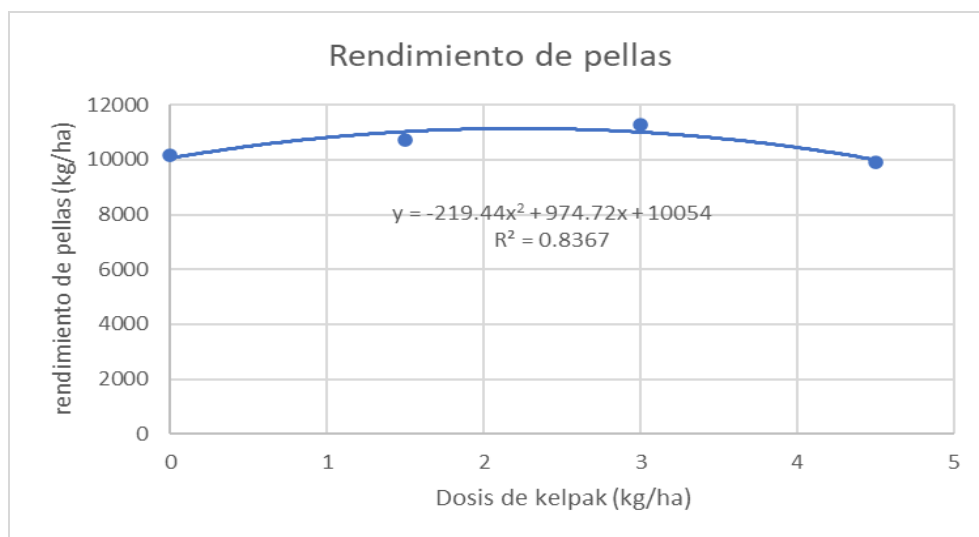
Luna (2018) reporta que, “la D1 (17 plantas/m²) presentó un promedio igual a 26,85 t/ha, con respecto a la D2 (11 plantas/m²) que presentó un promedio de 19,88 t/ha y 15,28 t/ha la D3 (8 plantas/m²)”. Torres (2016) reportó “mayor rendimiento de pellas con la variedad de brócoli Heritage con densidad de siembra de 50,000 plantas/ha con 13,236.8 kg/ha”.

Santillán (2021) reportó “rendimientos altos con la variedad Legacy con la distancia de siembra de 0.50 x 0.40 m con 9,930 kg/ha, seguido de la distancia 0.30 x 0.60m con 8,576.70 kg/ha”. Bacarreza (2018) encontró “mayor rendimiento con la variedad Monte Cristo con 9,095 kg/ha a la distancia 50 cm x 50 cm”.

Gaspar evidencia que, “se obtienen mejores rendimientos con mayores densidades de plantas, mientras que las mejores características de calidad se consiguieron con menor densidad de plantas. En la variedad Imperial el mejor rendimiento fue con la densidad de 41,667 plantas y la mejor calidad con la densidad de siembra 20,833 plantas/ha”.

Figura 3.4

Tendencia de rendimiento de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas. Canaán-Ayacucho



La figura 3.4 muestra la respuesta en rendimiento de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas, donde se alcanza el mayor rendimiento con 3 L/ha de extracto de algas, la misma que se ajusta a una tendencia cuadrática, cuya ecuación es $Y = -219.44X^2 + 974.72X + 10054$.

Tabla 3.14

Análisis económico de costo/beneficio en el cultivo de brócoli con extracto de algas y densidad de plantas. Canaán

Trat.	Densidad x Kelpak	Rdto (kg/ha)	Costos producción (S/)	Categ.pella	Precio
	Valor de cosecha	Beneficio neto (S/)	Beneficio/Costo		
T1	25000x0 L ha ⁻¹	11800.0	8547.00	1ra	1.00
	23750.00	15203.00	1.77		
T2	25000x1.5 L ha ⁻¹	12666.7	8703.75	1ra	1.20
	28500.00	19796.25	2.27		
T3	25000x3 L ha ⁻¹	13520.8	8860.50	1ra	1.30
	30875.00	22014.50	2.48		
T4	25000x4.5 L ha ⁻¹	11762.5	9017.25	1ra	1.00
	23750.00	14732.75	1.63		
T5	20833x 0 L ha ⁻¹	8324.5	8501.35	1ra	0.90
	17812.80	9311.45	1.09		
T6	20833x1.5 L ha ⁻¹	9225.0	6,867.30	1ra	0.90
	17812.80	10945.50	1.59		
T7	20833x3 L ha ⁻¹	10629.2	8658.10	1ra	1.20
	23750.40	15092.30	1.74		
T8	20833x 4.5 L ha ⁻¹	9800.0	8814.85	1ra	1.00
	19792.00	10977.15	1.24		
T9	17858x0 L ha ⁻¹	7491.7	8192.80	1ra	0.90
	15267.60	7074.80	0.86		
T10	17858x1.5 L ha ⁻¹	10295.8	8349.55	1ra	1.30
	22053.20	13703.65	1.64		
T11	17858x3 L ha ⁻¹	10454.2	8506.30	1ra	1.30
	22053.20	13546.9	1.59		
T12	17858x4.5 L ha ⁻¹	8800.0	8663.05	1ra	1.20
	20356.80	11693.75	1.34		

En la tabla 3.14, se representa el análisis de costo beneficio de los tratamientos, donde se coloca el valor del costo total de producción para los tratamientos estudiados, elaborado sobre los costos de producción, rendimiento y el precio de venta que fluctúa en 0.90 a 1.30 soles por cada pella de las categorías primera, segunda, respectivamente.

Se observa que todos los tratamientos arrojaron índices superiores a cero lo que demuestra que con esta actividad es posible generar rentabilidad económica al productor de brócoli.

Cabe indicar que los tratamientos T3 (25,000 plantas/ha y 3.0 L/ha de kelpak), T2 (25,000 plantas/ha y 1.5 L ha⁻¹ de kelpak) y T7 (20,833 plantas/ha y 3.0 L ha⁻¹ de kelpak) son los que alcanzaron el mayor índice de Beneficio/Costo con 2.48, 2.27 y 1.74 y un beneficio neto de S/. 22,014.50 y S/. 19,796.25 y S/. 15,092.30, respectivamente.

CONCLUSIONES

1. La densidad de plantas en promedio de extracto de algas influyó en el número de hojas de brócoli con 17.77 hojas con 17,858 plantas/ha, en la longitud de pella con 14.88 cm con 25,000 plantas/ha y en el rendimiento con 12,687.50 kg con 25,000 plantas/ha, sin embargo, no tuvo influencia en la altura de planta, peso de pella y diámetro de pella de brócoli.
2. El extracto de algas en promedio de densidades influyó en altura de planta obteniendo el mayor valor con 56.40 cm con 4.5 Lha⁻¹ de extracto de algas, en peso de pellas con 0.83 kg con 3.0 Lha⁻¹ de extracto de algas, en la longitud de pellas con 15.20 cm con 3.0 Lha⁻¹ de extracto de algas y en el diámetro de pellas con 19.07 cm con 3.0 L ha⁻¹; numéricamente, 3 Lha⁻¹ alcanzó el mayor rendimiento con 11,295.83 kg/ha, sin embargo, no hubo significación estadística en el número de hojas y en el rendimiento de pellas de brócoli.
3. La rentabilidad del cultivo de brócoli con los tratamientos de 25,000 plantas/ha con 3.0 L ha⁻¹ de extracto de algas y 25,000 plantas/ha con 1.5 L ha⁻¹ de extracto de algas reportó la mayor relación de beneficio/costo con 2.48 y 2.27, respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar para obtener el mayor rendimiento, calidad y rentabilidad del cultivo la densidad de 25,000 plantas/ha con 3.0 L/ha de extracto de algas y 25,000 plantas/ha y 1.5 L ha⁻¹ de extracto de algas.
- Repetir el ensayo de brócoli, con densidades y dosis de extracto de algas, bajo condiciones de lluvia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFIPA. (2002). Manual fitosanitario 2001-2003. Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas A.G. Chile. 937-938, 1125 p.
- Alfaro, D. (2023). “*Rendimiento en brócoli (Brassica oleracea var. italica) cv. Avenger empleando enmiendas orgánicas*”. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/6093/alfaro-quinto-diana-del-pilar.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Alvarado, B. (2021). *Extracto de algas marinas en el rendimiento y calidad de coliflor (Brassica oleracea L. var. botrytis) cv. Nevada*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4976/alvarado-delgado-bruno-sebastian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bacarreza, R. (2018). *Producción de dos variedades de brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica) en tres distancias de plantación en condiciones de Walipini*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/17178/TD-2526.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barahona, M. (1998). Manual Hortícola. Primera edición. Sangolqui, Ecuador.
- Basly, P. (2003). *Efecto del uso de un bioestimulante a base de algas marinas en el rendimiento de dos cultivares de papas, Desiré y Pukara, destinados a la producción de consumo en el área de riego del llano central de la IX Región*. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de la Frontera. 62 p. Chile.
- Blancard, D. (1996). Enfermedades del tomate. INRA Estación de Patología. Ed. Mundi-Prensa. España.
- Bussard, L. (2004). Cultivo Hortícola. 4ta. Edición. Ed. Salvat. Barcelona, España.
- Canchari, B. (2022). *Dosis de abono orgánico y mineral en el rendimiento del cultivo de brócoli (Brassica oleraceae var. itálica), Canaán - Ayacucho 2750 msnm*. Tesis In. Agrónoma. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bac37366-f4ee-4072-bd46-2c6b83a2b0d2/content>

- Coronado, J. (2015). *Efecto de ocho combinaciones de dos bioestimulantes orgánicos foliares con cuatro dosis en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea L. Var Itálica Plenck)*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Piura. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/371?locale-attribute=en>
- Denisen, E. y H. Nichols. (1991). Manual de horticultura. Editorial CECSA. México.
- Fersini, A. (1979). Horticultura Practica. 2da edición Editorial Diana. México.
- Figueroa, V. (2003). *Efectos de bioestimulantes en el desarrollo y rendimiento de melón en la región metropolitana*. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Escuela de Agronomía. Universidad Santo Tomas. 85 p.
- Galeón. (2012). Disponible en: <http://www.agriculturaurbana.galeon.com./productos159686.html>
- Gaspar, A. (2021). *Rendimiento y calidad de brócoli (Brassica oleracea var. italica) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra en el Valle Chillón*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4993/gaspar-rios-aquilino-hector.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Los%20resultados%20evidenciaron%20un%20mejor,Concluyendo%20que%20le%20br%C3%B3coli%20cv.>
- Goites, E. (2008). Manual de cultivos para la huerta orgánica familiar. 1ra Edición. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA. Buenos Aires, Argentina.
- Gómez, L. (1986). Efecto del nitrógeno, fosforo, abono orgánico y densidad de siembra en trigo en Villa Madero. Michoacan, México.
- Haro y Maldonado, L. (2009). Guía Técnica para el cultivo del brócoli en la serranía ecuatoriana. Editorial Freire. Riobamba, Ecuador.
- Hartman, F. (1990). Invernaderos y Ambientes Controlados. Editorial Fades. 1ra Edición. La Paz, Bolivia.
- Herbas, R. (1981). Manual de Fitopatología. Editorial Universitaria. Oruro – Bolivia.
- Holle, M. y Montes, A. (1985). Manual de Enseñanza Práctica de Producción de Hortalizas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Ediciones IICA. 1ra Edición. San José, Costa Rica. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/15267/BVE21031214e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Horneman. (2002). The Sea Plant Handbook. <http://www.surialink.com>.

- Huamán, F. (2022). Dosis óptima de guano de isla en el comportamiento agronómico del cultivo *Brassica oleracea* L. Var. itálica. Disponible en: Revista Científica UNTRM Ciencias Naturales e Ingeniería 5(1):42. DOI:10.25127/ucni.v5i1.888.
- Infante, O. (2018). *Rendimiento y calidad de brócoli (Brassica oleracea var. Itálica) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3717>
- Infojardin. (2023). Cultivo del brócoli. https://articulos.infojardin.com/huerto/cultivo-brocoli-broculis.htm#google_vignette
- Jaramillo N. J. E.; Díaz, D. C.A. (2006). El cultivo de las crucíferas. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13457>
- Kher, E., y Díaz, P. (2012). Producción de brócoli para la industria. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4489/NR38925.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Krarup, C. (1992). Seminario sobre la producción de Brócoli. PROEXANT – AGRIDEC/CHEMONICS. Quito, Ecuador.
- Limachi, 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 grado. Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/7407/T-1578.pdf?sequence=1>
- Lozano, L., Tálamo, A. y Artenian, A. (2019). Efecto de la distancia de plantación sobre la calidad de la pella y el rendimiento en dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* var. Italica Plenck) en el Valle de Lerma (Salta). Revista de la Facultad de Agronomía. Volumen 118. Número 12. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/95441>
- Luna, E. (2017). *Evaluación de dos variedades de brócoli (Brassica oleracea) bajo tres densidades de plantación en ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota-Cota*. Tesis de grado. Universidad Mayor de Sn Andrés. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/12871>
- MINAGRI. (2021). Estadística de Producción. Lima, Perú. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-diarios?download=1639:agricola-2021>

- Maroto, J. (1995). *Horticultura Herbácea Especial*. Editorial Mundi Prens. 4ta Edición. Madrid, España. <https://pdfcoffee.com/qdownload/botanica-agricultura-libro-horticultura-herbacea-especial-maroto-borrego-jv-mundi-prensa-1983-pdf-4-pdf-free.html>
- Moncada, R. (2019). *Ensayo de densidad de siembra del cultivo de coliflor (Brassica oleracea L. var. botrytis) en la región Lambayeque*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9845/Moncada%20Burgos%20Rodrigo%20Martin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- National Kidney Foundation. (2022). Brócoli. Superalimentos buenos para los riñones. https://www.kidney.org/sites/default/files/broccoli_spanish.pdf
- Noe, M. (2020). *Fertilización foliar con extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de brócoli (Brassica oleracea L. var. Italica cv. 'Paraíso')*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4340/noe-soria-maria-jose.pdf?sequence=1>
- Ospina, M. (1995). *Enciclopedia Agropecuaria Terranova (Producción Agrícola 2)*, Editorial Terranova Ltda. Santa Fe de Bogotá – Colombia.
- Porco, F. y Terrazas, J. (2009). *Horticultura Aplicaciones Prácticas*. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz. Bolivia.
- Posada, et al. (1976). *Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia*. Ministerio de Agricultura, Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Subgerencia de Investigación, División de Agronomía, Programa de Entomología. Boletín Técnico N° 43. Bogotá, Colombia.
- Quintero, J. (1986). *Cultivo de brócoli y de la Col de Bruselas*. Hojas divulgativas. España.
- Ramírez, J. (1995). *Incidencia de la Densidad de Siembra y Fitoreguladores en la Calidad y Rendimiento de Brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica) en el Valle Central de Cochabamba*. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Agronomía. Cochabamba – Bolivia.
- Ruiz, T. (1993). *Manual de horticultura*. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz Bolivia.
- Saire, D. (2022). *Efecto de tres densidades de siembra con cuatro niveles de fertilización en el rendimiento de una variedad de brócoli (Brassica oleracea*

- var. itálica*) en la comunidad de Caytupampa provincia de Calca, región Cusco. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Disponible en: https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/6959/253T20220372_TC.pdf?sequence=1
- Sánchez, C. (2004). Hidroponía. Colección Granja Negocios. Edición Ripalme. Lima – Perú.
- Santillán, J. (2021). *Comportamiento de dos variedades de brócoli con diferente distanciamiento de siembra en el Centro Experimental “Dr. Jacobo Bucaram Ortiz”*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Agraria del Ecuador. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SANTILLAN%20FREIRE%20JHONNY%20ARON.pdf>
- Santoyo, J. y Martínez, C. (2011). Tecnología de producción de brócoli. Fundación Produce. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Sinaloa – México.
- Semillas Abe. (2023). Brócoli imperial. Recuperado de: https://www.semillasabe.cl/documentos/Brocoli_-_Imperial.pdf
- Seminis vegetable seed. (2012). Registro. Semillas Arroyave S.A. (en línea). Bogotá D.C., Colombia. Disponible en: <http://www.semillasarroyave.com>
- Sobrino E. y E. Sobrino. (1989). Tratado de horticultura herbácea. Biblioteca agrícola Aedos. España.
- Tesen, V. (2021). *Rendimiento y calidad de dos cultivares de Brócoli (Brassica oleracea var. italica Plenck.) bajo tres densidades de siembra*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5134/tesen-gallardo-victor-hugo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Torres, L. (2016). *Comportamiento agronómico de dos variedades de Brócoli (Brassica oleracea) sometidas a cuatro densidades de siembra en la parroquia “Chanduy”, provincia de Santa Elena*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3043/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000015.pdf?sequence=1>

- Toledo, J. (2003). Cultivo de brócoli. INIA. Perú. Disponible en:
https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/272/1/Cultivo_brocoli%20INIA%20MINAGRI.pdf
- Valadez, A. (1997). Producción de Hortalizas, México, Editorial Limusa.
- Vera, C. y Vilaña, I. (2004). *Efecto de la aplicación alternada de fungicidas, fosfonatos y evergreen, en el control del pie negro (Phoma lingam) y otras enfermedades en brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica)*. Tesis Ing. Agropecuario. Escuela Politécnica del Ejercito Facultad de Ciencias Agropecuarias I.A.S.A. Santoquí – Ecuador.
- Vigliola, M. (1996). Manual de horticultura., S.A. Editorial hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina.
- Wettstein, R. (1994), Tratado de Botánica Sistemática. Editorial Labor. Barcelona. España.
- Yepes, D. (2021). *Efecto de bioestimulantes orgánicos en el rendimiento de dos variedades de brócoli (Brassica oleracea var. italica) por fertirriego en condiciones de fitotoldo del Centro Agronómico K'ayra – Cusco*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Disponible en:
<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.5>

ANEXOS

Anexo 1. Datos promedios de brócoli

Bloque	densidad	kelpak	Altura	Diámetro	Longitud	Pesop	Hojas	Rendimiento
1	50	0	53.6	15.9	12.4	0.706	16.80	13037.5
1	50	1.5	54.6	18.6	15.6	0.888	18.00	13125.0
1	50	3	53.0	19.4	16.8	0.824	17.80	10862.5
1	50	4.5	56.8	18.6	16.2	0.784	16.00	10400.0
1	60	0	54.4	16.0	12.5	0.698	17.60	8135.0
1	60	1.5	54.6	16.6	14.4	0.708	16.20	8325.0
1	60	3	55.4	16.0	14.2	0.684	16.20	8100.0
1	60	4.5	58.0	16.8	14.4	0.684	16.40	7950.0
1	70	0	55.4	17.2	11.7	0.772	20.00	6837.5
1	70	1.5	55.8	17.6	13.9	0.898	17.80	10787.5
1	70	3	56.0	17.8	15.8	0.816	18.40	9075.0
1	70	4.5	57.0	17.2	14.6	0.698	18.20	8562.5
2	50	0	53.0	16.8	13.4	0.596	18.40	9950.0
2	50	1.5	53.0	17.8	16.0	0.646	15.60	11062.5
2	50	3	54.8	19.4	15.2	0.864	16.40	13662.5
2	50	4.5	54.0	17.8	14.2	0.766	17.60	11975.0
2	60	0	50.8	16.2	13.2	0.590	17.80	8400.0
2	60	1.5	54.6	19.0	16.0	0.806	16.00	9512.5
2	60	3	54.8	18.8	14.8	0.780	16.80	11375.0
2	60	4.5	54.2	17.8	14.2	0.766	17.60	10212.5
2	70	0	54.2	14.4	11.0	0.518	18.20	7537.5
2	70	1.5	54.0	18.0	15.0	0.794	18.00	8937.5
2	70	3	57.8	18.6	15.2	0.902	16.60	9325.0
2	70	4.5	59.2	18.8	15.2	1.022	17.60	9325.0
3	50	0	50.6	17.4	13.8	0.596	17.00	12412.5
3	50	1.5	55.6	19.6	14.6	0.818	17.60	13812.5
3	50	3	58.6	21.0	15.6	0.938	17.40	16037.5
3	50	4.5	56.6	20.0	14.8	0.798	16.60	12912.5
3	60	0	50.4	16.8	13.2	0.590	16.20	8437.5
3	60	1.5	52.4	18.4	13.8	0.700	16.60	9837.5
3	60	3	55.2	19.6	14.4	0.782	15.20	12412.5
3	60	4.5	55.6	19.0	14.6	0.828	16.40	11237.5
3	70	0	51.6	15.2	12.0	0.524	16.60	8100.0
3	70	1.5	55.4	20.6	14.2	0.874	16.20	11162.5
3	70	3	55.8	21.0	14.8	1.002	18.40	12962.5
3	70	4.5	56.2	18.4	13.6	0.740	17.20	8512.5

Anexo 2. Costos de producción por tratamiento

Tratamiento 1: 25,000 plantas/ha + 0 l/ha

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total (S/)
a. Preparación del terreno				520
Arado del terreno	HM	4	65	260
Rastrado	HM	2	65	130
Surcado	HM	2	65	130
b. Trasplante				500
Trasplante	Jornal	10	50	500
c. Labores culturales				2,220.00
Recalce	Jornal	1	50	70
1er abonamiento	Jornal	4	50	200
Aporque	Jornal	10	50	500
Deshierbo	Jornal	15	50	750
Riegos	Jornal	10	50	500
Control fitosanitario	Jornal	4	50	200
d. Insumos y pesticidas				3,780.00
Análisis de suelo	Muestra	1	70	70
Plántulas	Bandejas	50	23	1,150.00
kelpak	litros	0	95	0.00
Abono 20-20-20 NPK	saco	1	180	180
Terrasur (50 kg)	saco	75	25	1,875.00
Insecticida (bronco)	l	4	85	340
Fungicida (parachupadera)	kg	1	150	150
Adherentes (wettex)	l	0.5	30	15
c. Cosecha				750
Corte, limpieza y selección	Jornal	15	50	750
Total Costos Directos				7,770.00
Gastos Administrativos (10%)				777.00
Total Costos de Producción				8,547.00

Tratamiento 2: 25,000 plantas/ha + 1.5 l/ha

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total (S/)
a. Preparación del terreno				520
Arado del terreno	HM	4	65	260
Rastrado	HM	2	65	130
Surcado	HM	2	65	130
b. Trasplante				500
Trasplante	Jornal	10	50	500
c. Labores culturales				2,220.00
Recalce	Jornal	1	50	70
1er abonamiento	Jornal	4	50	200
Aporque	Jornal	10	50	500
Deshierbo	Jornal	15	50	750
Riegos	Jornal	10	50	500
Control fitosanitario	Jornal	4	50	200
d. Insumos y pesticidas				3,922.50
Análisis de suelo	Muestra	1	70	70
Plántulas	Bandejas	50	23	1,150.00
kelpak	litros	1.5	95	142.50
Abono 20-20-20 NPK	saco	1	180	180
Terrasur (50 kg)	saco	75	25	1,875.00
Insecticida (bronco)	l	4	85	340
Fungicida (parachupadera)	kg	1	150	150
Adherentes (wettex)	l	0.5	30	15
c. Cosecha				750
Corte, limpieza y selección	Jornal	15	50	750
Total Costos Directos				7,912.50
Gastos Administrativos (10%)				791.25
Total Costos de Producción				8,703.75

Tratamiento 3: 25,000 plantas/ha + 3 l/ha

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total (S/)
a. Preparación del terreno				520
Arado del terreno	HM	4	65	260
Rastrado	HM	2	65	130
Surcado	HM	2	65	130
b. Trasplante				500
Trasplante	Jornal	10	50	500
c. Labores culturales				2,220.00
Recalce	Jornal	1	50	70
1er abonamiento	Jornal	4	50	200
Aporque	Jornal	10	50	500
Deshierbo	Jornal	15	50	750
Riegos	Jornal	10	50	500
Control fitosanitario	Jornal	4	50	200
d. Insumos y pesticidas				4,065.00
Análisis de suelo	Muestra	1	70	70
Plántulas	Bandejas	50	23	1,150.00
kelpak	litros	3	95	285.00
Abono 20-20-20 NPK	saco	1	180	180
Terrasur (50 kg)	saco	75	25	1,875.00
Insecticida (bronco)	l	4	85	340
Fungicida (parachupadera)	kg	1	150	150
Adherentes (wettex)	l	0.5	30	15
c. Cosecha				750
Corte, limpieza y selección	Jornal	15	50	750
Total Costos Directos				8,055.00
Gastos Administrativos (10%)				805.50
Total Costos de Producción				8,860.50

Tratamiento 4: 25,000 plantas/ha + 4.5 l/ha

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total (S/)
a. Preparación del terreno				520
Arado del terreno	HM	4	65	260
Rastrado	HM	2	65	130
Surcado	HM	2	65	130
b. Trasplante				500
Trasplante	Jornal	10	50	500
c. Labores culturales				2,220.00
Recalce	Jornal	1	50	70
1er abonamiento	Jornal	4	50	200
Aporque	Jornal	10	50	500
Deshierbo	Jornal	15	50	750
Riegos	Jornal	10	50	500
Control fitosanitario	Jornal	4	50	200
d. Insumos y pesticidas				4,207.50
Análisis de suelo	Muestra	1	70	70
Plántulas	Bandejas	50	23	1,150.00
Kelpak	litros	4.5	95	427.50
Abono 20-20-20 NPK	saco	1	180	180
Terrasur (50 kg)	saco	75	25	1,875.00
Insecticida (bronco)	l	4	85	340
Fungicida (parachupadera)	kg	1	150	150
Adherentes (wettex)	l	0.5	30	15
c. Cosecha				750
Corte, limpieza y selección	Jornal	15	50	750
Total Costos Directos				8,197.50
Gastos Administrativos (10%)				819.75
Total Costos de Producción				9,017.25

Tratamiento 5: 20833 plantas/ha + 0 l/ha

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total (S/)
a. Preparación del terreno				520
Arado del terreno	HM	4	65	260
Rastrado	HM	2	65	130
Surcado	HM	2	65	130
b. Trasplante				500
Trasplante	Jornal	10	50	500
c. Labores culturales				2,220.00
Recalce	Jornal	1	50	70
1er abonamiento	Jornal	4	50	200
Aporque	Jornal	10	50	500
Deshierbo	Jornal	15	50	750
Riegos	Jornal	10	50	500
Control fitosanitario	Jornal	4	50	200
d. Insumos y pesticidas				3,596.00
Análisis de suelo	Muestra	1	70	70
Plántulas	Bandejas	42	23	966.00
kelpak	litros	0	95	0.00
Abono 20-20-20 NPK	saco	1	180	180
Terrasur (50 kg)	saco	75	25	1,875.00
Insecticida (bronco)	l	4	85	340
Fungicida (parachupadera)	kg	1	150	150
Adherentes (wettex)	l	0.5	30	15
c. Cosecha				750
Corte, limpieza y selección	Jornal	15	50	750
Total Costos Directos				7,586.00
Gastos Administrativos (10%)				758.60
Total Costos de Producción				8,344.60

Tratamiento 6: 20833 plantas/ha + 1.5 l/ha

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total (S/)
a. Preparación del terreno				520
Arado del terreno	HM	4	65	260
Rastrado	HM	2	65	130
Surcado	HM	2	65	130
b. Trasplante				500
Trasplante	Jornal	10	50	500
c. Labores culturales				2,220.00
Recalce	Jornal	1	50	70
1er abonamiento	Jornal	4	50	200
Aporque	Jornal	10	50	500
Deshierbo	Jornal	15	50	750
Riegos	Jornal	10	50	500
Control fitosanitario	Jornal	4	50	200
d. Insumos y pesticidas				3,738.50
Análisis de suelo	Muestra	1	70	70
Plántulas	Bandejas	42	23	966.00
kelpak	litros	1.5	95	142.50
Abono 20-20-20 NPK	saco	1	180	180
Terrasur (50 kg)	saco	75	25	1,875.00
Insecticida (bronco)	l	4	85	340
Fungicida (parachupadera)	kg	1	150	150
Adherentes (wettex)	l	0.5	30	15
c. Cosecha				750
Corte, limpieza y selección	Jornal	15	50	750
Total Costos Directos				7,728.50
Gastos Administrativos (10%)				772.85
Total Costos de Producción				8,501.35

Tratamiento 7: 20833 plantas/ha + 3 l/ha

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total (S/)
a. Preparación del terreno				520
Arado del terreno	HM	4	65	260
Rastrado	HM	2	65	130
Surcado	HM	2	65	130
b. Trasplante				500
Trasplante	Jornal	10	50	500
c. Labores culturales				2,220.00
Recalce	Jornal	1	50	70
1er abonamiento	Jornal	4	50	200
Aporque	Jornal	10	50	500
Deshierbo	Jornal	15	50	750
Riegos	Jornal	10	50	500
Control fitosanitario	Jornal	4	50	200
d. Insumos y pesticidas				3,881.00
Análisis de suelo	Muestra	1	70	70
Plántulas	Bandejas	42	23	966.00
kelpak	litros	3	95	285.00
Abono 20-20-20 NPK	saco	1	180	180
Terrasur (50 kg)	saco	75	25	1,875.00
Insecticida (bronco)	l	4	85	340
Fungicida (parachupadera)	kg	1	150	150
Adherentes (wettex)	l	0.5	30	15
c. Cosecha				750
Corte, limpieza y selección	Jornal	15	50	750
Total Costos Directos				7,871.00
Gastos Administrativos (10%)				787.10
Total Costos de Producción				8,658.10

Tratamiento 8: 20833 plantas/ha + 4.5 l/ha

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total (S/)
a. Preparación del terreno				520
Arado del terreno	HM	4	65	260
Rastrado	HM	2	65	130
Surcado	HM	2	65	130
b. Trasplante				500
Trasplante	Jornal	10	50	500
c. Labores culturales				2,220.00
Recalce	Jornal	1	50	70
1er abonamiento	Jornal	4	50	200
Aporque	Jornal	10	50	500
Deshierbo	Jornal	15	50	750
Riegos	Jornal	10	50	500
Control fitosanitario	Jornal	4	50	200
d. Insumos y pesticidas				4,023.50
Análisis de suelo	Muestra	1	70	70
Plántulas	Bandejas	42	23	966.00
kelpak	litros	4.5	95	427.50
Abono 20-20-20 NPK	saco	1	180	180
Terrasur (50 kg)	saco	75	25	1,875.00
Insecticida (bronco)	l	4	85	340
Fungicida (parachupadera)	kg	1	150	150
Adherentes (wettex)	l	0.5	30	15
c. Cosecha				750
Corte, limpieza y selección	Jornal	15	50	750
Total Costos Directos				8,013.50
Gastos Administrativos (10%)				801.35
Total Costos de Producción				8,814.85

Tratamiento 9: 17,857 plantas/ha + 0 l/ha

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total (S/)
a. Preparación del terreno				520
Arado del terreno	HM	4	65	260
Rastrado	HM	2	65	130
Surcado	HM	2	65	130
b. Trasplante				500
Trasplante	Jornal	10	50	500
c. Labores culturales				2,220.00
Recalce	Jornal	1	50	70
1er abonamiento	Jornal	4	50	200
Aporque	Jornal	10	50	500
Deshierbo	Jornal	15	50	750
Riegos	Jornal	10	50	500
Control fitosanitario	Jornal	4	50	200
d. Insumos y pesticidas				3,458.00
Análisis de suelo	Muestra	1	70	70
Plántulas	Bandejas	36	23	828.00
kelpak	litros	0	95	0.00
Abono 20-20-20 NPK	saco	1	180	180
Terrasur (50 kg)	saco	75	25	1,875.00
Insecticida (bronco)	l	4	85	340
Fungicida (parachupadera)	kg	1	150	150
Adherentes (wettex)	l	0.5	30	15
c. Cosecha				750
Corte, limpieza y selección	Jornal	15	50	750
Total Costos Directos				7,448.00
Gastos Administrativos (10%)				744.80
Total Costos de Producción				8,192.80

Tratamiento 10: 17857 plantas/ha + 1.5 l/ha

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total (S/)
a. Preparación del terreno				520
Arado del terreno	HM	4	65	260
Rastrado	HM	2	65	130
Surcado	HM	2	65	130
b. Trasplante				500
Trasplante	Jornal	10	50	500
c. Labores culturales				2,220.00
Recalce	Jornal	1	50	70
1er abonamiento	Jornal	4	50	200
Aporque	Jornal	10	50	500
Deshierbo	Jornal	15	50	750
Riegos	Jornal	10	50	500
Control fitosanitario	Jornal	4	50	200
d. Insumos y pesticidas				3,600.50
Análisis de suelo	Muestra	1	70	70
Plántulas	Bandejas	36	23	828.00
kelpak	litros	1.5	95	142.50
Abono 20-20-20 NPK	saco	1	180	180
Terrasur (50 kg)	saco	75	25	1,875.00
Insecticida (bronco)	l	4	85	340
Fungicida (parachupadera)	kg	1	150	150
Adherentes (wettex)	l	0.5	30	15
c. Cosecha				750
Corte, limpieza y selección	Jornal	15	50	750
Total Costos Directos				7,590.50
Gastos Administrativos (10%)				759.05
Total Costos de Producción				8,349.55

Tratamiento 11: 17857 plantas/ha + 3 l/ha

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total (S/)
a. Preparación del terreno				520
Arado del terreno	HM	4	65	260
Rastrado	HM	2	65	130
Surcado	HM	2	65	130
b. Trasplante				500
Trasplante	Jornal	10	50	500
c. Labores culturales				2,220.00
Recalce	Jornal	1	50	70
1er abonamiento	Jornal	4	50	200
Aporque	Jornal	10	50	500
Deshierbo	Jornal	15	50	750
Riegos	Jornal	10	50	500
Control fitosanitario	Jornal	4	50	200
d. Insumos y pesticidas				3,743.00
Análisis de suelo	Muestra	1	70	70
Plántulas	Bandejas	36	23	828.00
kelpak	litros	3	95	285.00
Abono 20-20-20 NPK	saco	1	180	180
Terrasur (50 kg)	saco	75	25	1,875.00
Insecticida (bronco)	l	4	85	340
Fungicida (parachupadera)	kg	1	150	150
Adherentes (wettex)	l	0.5	30	15
c. Cosecha				750
Corte, limpieza y selección	Jornal	15	50	750
Total Costos Directos				7,733.00
Gastos Administrativos (10%)				773.30
Total Costos de Producción				8,506.30

Tratamiento 12: 17857 plantas/ha + 4.5 l/ha

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total (S/)
a. Preparación del terreno				520
Arado del terreno	HM	4	65	260
Rastrado	HM	2	65	130
Surcado	HM	2	65	130
b. Trasplante				500
Trasplante	Jornal	10	50	500
c. Labores culturales				2,220.00
Recalce	Jornal	1	50	70
1er abonamiento	Jornal	4	50	200
Aporque	Jornal	10	50	500
Deshierbo	Jornal	15	50	750
Riegos	Jornal	10	50	500
Control fitosanitario	Jornal	4	50	200
d. Insumos y pesticidas				3,885.50
Análisis de suelo	Muestra	1	70	70
Plántulas	Bandejas	36	23	828.00
kelpak	litros	4.5	95	427.50
Abono 20-20-20 NPK	saco	1	180	180
Terrasur (50 kg)	saco	75	25	1,875.00
Insecticida (bronco)	l	4	85	340
Fungicida (parachupadera)	kg	1	150	150
Adherentes (wettex)	l	0.5	30	15
c. Cosecha				750
Corte, limpieza y selección	Jornal	15	50	750
Total Costos Directos				7,875.50
Gastos Administrativos (10%)				787.55
Total Costos de Producción				8,663.05

Anexo 3. Panel Fotográfico

Figura 1. *Incorporación de abono de fondo (Terrasur)*



Figura 2. *Instalación del sistema de riego por goteo*



Figura 3. *Aporque de Brócoli*



Figura 4. *Aplicación de extracto de algas en el cultivo de Brócoli*



Figura 5. Evaluación y cosecha de Brócoli



Figura 6. Pesado de pellas de Brócoli



Figura 7. *Medición de altura de planta de Brócoli*



Figura 8. *Medición del diametro de pella de Brócoli*



Densidad de plantas y extracto de algas en el rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea* L. Var. Itálica). Canaán 2750 msnm - Ayacucho

Bach. Rokin Royer Cuadros Gutierrez

rokin.cuadros.01@unsch.edu.pe

M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo

walter.mateu@unsch.edu.pe

Área: Medio ambiente

Línea de investigación: Sistemas de producción agrícola

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el Centro Experimental Canaán a 2750 msnm, distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho; con el objetivo de determinar la influencia de la densidad de plantas y dosis de extracto de algas (Kelpak) en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Itálica). El experimento se realizó bajo riego por goteo y las labores de manejo fueron las que corresponden a esta especie. Los resultados indican que, la densidad de plantas influyó en el número de hojas de brócoli con 17.77 hojas con 17,858 plantas/ha; longitud de pella con 14.88 cm con 25,000 plantas/ha y rendimiento con 12,687.50 kg con 25,000 plantas/ha, sin embargo, no tuvo influencia en la altura de planta, peso de pella y diámetro de pella de brócoli; el extracto de algas influyó en altura de planta obteniendo el mayor valor con 56.40 cm con 4.5 Lha⁻¹ de extracto de algas, en peso de pellas con 0.83 kg con 3 Lha⁻¹ de extracto de algas, longitud de pellas con 15.20 cm con 3 Lha⁻¹ de extracto de algas; diámetro de pellas con 19.07 cm con 3 Lha⁻¹; numéricamente, 3 Lha⁻¹ alcanzó el mayor rendimiento con 11,295.83 kg ha⁻¹, sin embargo, no hubo significación estadística en el número de hojas y en el rendimiento de pellas de brócoli. sin embargo, no tuvo influencia en el número de hojas y en el rendimiento de pellas de brócoli. Los tratamientos de 25,000 plantas/ha con 3 Lha⁻¹ y 1.5 Lha⁻¹ de extracto de algas tuvieron el mayor beneficio/costo con 2.48 y 2.27, respectivamente.

Palabras clave: *Brassica oleracea* L. var. Itálica, densidad de plantas, extracto de algas, rendimiento de pellas.

**Plant density and algae extract in the yield of broccoli
(*Brassica oleracea* L. Var. Italics). Canaan 2750 masl - Ayacucho**

SUMMARY

The research was carried out at the Canaán Experimental Center at 2750 meters above sea level, Andrés Avelino Cáceres Dorregaray district, Huamanga province, Ayacucho department; with the aim of determining the influence of plant density and algae extract (Kelpak) dosage on broccoli yield (*Brassica oleracea* L. var. Italics). The experiment was carried out under drip irrigation and the management tasks were those corresponding to this species. The results indicate that plant density influenced the number of broccoli leaves with 17.77 leaves with 17,858 plants/ha; pella length with 14.88 cm with 25,000 plants/ha and yield with 12,687.50 kg with 25,000 plants/ha, however, it had no influence on plant height, pellet weight and broccoli pellet diameter; the algae extract influenced plant height obtaining the highest value with 56.40 cm with 4.5 Lha-1 of algae extract, in pellas weight with 0.83 kg with 3 Lha-1 of algae extract, length of pellas with 15.20 cm with 3 Lha-1 of algae extract; pellet diameter with 19.07 cm with 3 Lha-1; Numerically, 3 Lha-1 reached the highest yield with 11,295.83 kg ha-1, however, there was no statistical significance in the number of leaves and in the yield of broccoli peels. however, it had no influence on the number of leaves and the yield of broccoli peels. however, it had no influence on the number of leaves and the yield of broccoli peels. Treatments of 25,000 plants/ha with 3 Lha-1 and 1.5 Lha-1 of algae extract had the highest benefit/cost with 2.48 and 2.27, respectively.

Key words: *Brassica oleracea* L. var. Italics, plant density, algae extract, pellet yield

INTRODUCCION

El incremento en los precios de los insumos agrícolas ha generado reducción de uso, disminución de las cosechas y menor rentabilidad para el agricultor. Adicionalmente, continúa con la disminución de la fertilidad de los suelos. Ante esta situación los abonos orgánicos y otros biofertilizantes constituyen una alternativa para reducir los costos de producción y suplir ciertas deficiencias químicas del suelo.

Por otro lado, el uso de materia orgánica e insumos de origen orgánico que no contaminen el ambiente y dejen residuos tóxicos en el suelo y los alimentos es una necesidad, para ofertar al mercado productos sanos como es el caso de las hortalizas y promover la producción orgánica y sostenible.

La producción de brócoli va en incremento, sin embargo, existe desconocimiento en la utilización de la densidad de plantas adecuada, aplicación de biofertilizantes como extracto de algas y aminoácidos que respalden la obtención de cosechas aceptables.

El brócoli, es una hortaliza que se sembró a nivel nacional 3,319 ha, cuyo rendimiento fue de 13,893 kg/ha; Ayacucho no aparece en los datos estadísticos aun cuando se cultiva en los valles aledaños a la ciudad, por lo que, no solamente es necesario incrementar las áreas de producción, sino el rendimiento, encabezado por La libertad que registró 19,547 kg/ha, seguido de Junín con 18,828 kg/ha (MINAGRI, 2021).

El brócoli se puede considerar como una de las verduras de mayor valor nutritivo, es rica en beta-carotenos, vitamina C, ácido fólico y potasio. El componente mayoritario de esta verdura es el agua, por lo que su valor calórico es muy bajo. Las vitaminas A y C también son reconocidas por su acción antioxidante y protectora para la salud.

Dentro de los insumos naturales, tenemos el extracto de algas que constituyen una fuente de aminoácidos y nutrientes que estimula el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Tomando en cuenta estas ventajas que ofrece se ha planteado la presente investigación con los siguientes objetivos:

Objetivo general

Conocer el efecto de la densidad de plantas y extracto de algas en el rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea*. L. var. Itálica), en Ayacucho.

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de la densidad de plantas en el rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea*. L. var. Itálica) en Ayacucho.
2. Determinar el efecto de dosis de extracto de algas en el rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea*. L. var. Itálica) en Ayacucho.

METODOLOGÍA

Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en Centro Experimental de Canaán, distrito de Andrés Avelino Cáceres, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. Geográficamente se ubica en la Latitud : 13°10'8.72" S, Longitud: 74° 12' 12.85" O y Altitud: 2,750 msnm.

Características edáficas del terreno experimental

El terreno designado para el experimento de brócoli estuvo ocupado en la campaña anterior con el cultivo de maíz.

Para conocer las características edáficas del suelo se realizó un muestreo de suelo del campo experimental a una profundidad de 0.25 m utilizando una pala recta y un balde.

Las sub muestras fueron mezcladas y mediante la técnica de cuarteo se obtuvo una muestra representativa de un kilogramo, que fue remitido para su análisis al Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas y Aguas “Nicolás Roulet” de Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga cuyos resultados se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Análisis físico químico de la muestra de suelo del campo experimental de Canaán.

Componentes	Valor	Interpretación
pH (H ₂ O)	7.85	Moderadamente alcalino
M.O. (%)	2.79	Medio
N total (%)	0.14	Medio
P disponible (ppm)	21.4	Medio
K disponible (ppm)	212.7	Medio
Arena (%)	45.8	
Limo (%)	28.9	Clase textural
Arcilla (%)	25.3	(franco)

Nota: Analizado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar “Nicolás Roulet” UNSCH-2021

Para la interpretación se tomó en cuenta las consideraciones de Ibáñez y Aguirre (1983); el pH, determinado en H₂O, corresponde a un suelo de reacción moderadamente alcalino. El porcentaje de materia orgánica 2.79 % corresponde a un suelo con contenido medio, el nitrógeno total 0.14 % es medio, el fósforo disponible 21.4 ppm es de medio y potasio disponible 212.7 ppm es también medio. La clase textural corresponde a un suelo franco.

Características climatológicas del lugar experimental

Las condiciones climatológicas que presenta Canaán registrados en la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA, ubicada entre las coordenadas de 13° 10' 09'' Latitud sur y 74° 12' 82'' Longitud Oeste y a una altitud 2735 msnm, encontrándose en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga – Ayacucho, se presentan en la tabla 2.2.

Se observa que la temperatura promedio mensual es de 17.17 °C, con una temperatura máxima promedio de 25.12 °C y una mínima promedio de 9.23 °C, que es adecuada para el cultivo de brócoli.

En cuanto a la precipitación del periodo marzo 2022 a febrero de 2023 fue 569.6 mm, donde 8 meses son deficientes en humedad, y solo presentan suficiente humedad los meses de marzo 2022 y diciembre, enero y febrero de 2023; el déficit de humedad se pudo compensar con la aplicación de riego por goteo para cubrir las necesidades hídricas del cultivo.

Variables independientes e indicadores

a. Densidad de plantas (D)

- d1 25,000 ps/ha (50 x 80 cm)
- d2 20,833 ps/ha (60 x 80 cm)
- d3 17,857 ps/ha (70 x 80 cm)

b. Dosis de extracto de algas marinas (Kelpak) (E)

- e1 testigo sin extracto de algas
- e2 1.5 L ha⁻¹
- e3 3.0 L ha⁻¹
- e4 4.5 L ha⁻¹

Indicadores de la variable dependiente y criterios de evaluación

a. Diámetro ecuatorial de pella (cm)

En 5 plantas al azar se midió el diámetro en la parte ancha de la inflorescencia. Se consideró para el efecto el diámetro ecuatorial midiendo con un flexómetro se expresó su valor en centímetros.

b. Peso de pella (kg)

Se pesaron 5 pellas cosechadas de cada parcela haciendo uso de una balanza, luego se obtuvo el peso promedio en kilogramos.

c. Rendimiento (kg/ha)

El rendimiento total de pellas se obtuvo luego de la cosecha de cada parcela, para lo cual se pesaron las pellas cosechadas y luego se infirieron a kilogramos por hectárea.

Método Procedimental

En el experimento se probaron la densidad de plantas y dosis de extracto de algas en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea*. L var. Itálica).

Diseño Experimental

Se utilizó el Diseño de bloque completo randomizado (DBCR), con arreglo factorial de 3D x 4E, con 12 tratamientos y 3 repeticiones. El análisis estadístico consistió en el análisis de variancia (ANVA), la prueba de contraste de Tukey donde se comparó la media de los tratamientos y el análisis de regresión y correlación lineal y simple para las variables evaluadas.

Variedad de brócoli utilizada

Se utilizó la variedad Imperial, híbrido adaptado a zonas intermedias y cálidas. Sus floretes son compactos, de granos finos a medios y excelente color verde. Su cabeza única es de tamaño medio-grande, sin brotes laterales y apto para mercado fresco y la agroindustria (Semillas Abe, 2023).

Esta variedad híbrida es originaria de México, distribuida por la empresa Sakata de dicho país.

Tratamientos

Los tratamientos resultan de la combinación de los dos factores estudiados.

Tabla 2

Código y descripción de los tratamientos establecidos en brócoli.

Código	Descripción
T1	25,000 plantas/ha x sin extracto de algas
T2	25,000 plantas/ha x 1.5 L/ha de extracto de algas
T3	25,000 plantas/ha x 3.0 L/ha de extracto de algas
T4	25,000 plantas/ha x 4.5 L/ha de extracto de algas
T5	20,833 plantas/ha x sin extracto de algas
T6	20,833 plantas/ha x 1.5 L/ha de extracto de algas
T7	20,833 plantas/ha x 3.0 L/ha de extracto de algas
T8	20,833 plantas/ha x 4.5 L/ha de extracto de algas
T9	17,857 plantas/ha x sin extracto de algas
T10	17,857 plantas/ha x 1.5 L/ha de extracto de algas
T11	17,857 plantas/ha x 3.0 L/ha de extracto de algas
T12	17,857 plantas/ha x 4.5 L/ha de extracto de algas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Peso de pellas de brócoli

El ANVA de peso de pellas con densidad de plantas y extracto de algas (tabla 4) reporta alta significación estadística en las dosis de extracto de algas, mientras que en las fuentes de bloques, densidad e interacción extracto de algas por densidad de plantas no hubo significación estadística. El coeficiente de variabilidad, 14.30% significa que los datos son confiables, porque se encuentran en el rango permisible.

Tabla 4

ANVA de peso de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	0.0011	2	0.00054	0.05	0.9548 ns
Kelpak	0.21	3	0.07	6.00	0.0038 **
Densidad	0.05	2	0.02	2.06	0.1517 ns
Kelpak * Densidad	0.05	6	0.01	0.74	0.6268 ns
Error	0.26	22	0.01		
Total	0.57	35			

C.V. = 14.30 %

En la prueba de Tukey del peso de pella (tabla 5) el experimento reporta que las dosis 3.0 L ha⁻¹, 1.5 L ha⁻¹ y 4.5 L ha⁻¹ presentan similar peso de pellas, pero superiores al testigo donde no se aplicó extracto de algas. Quiere decir, que hubo efecto del extracto de algas en el peso de pellas, producto de la adición de aminoácidos, proteínas y otras sustancias que contiene el extracto en el metabolismo de la planta y por lo tanto en el peso de las pellas de brócoli.

Tabla 5

Prueba de Tukey de peso de pellas de brócoli con extracto de algas. Canaán, Ayacucho.

Kelpak (L ha ⁻¹)	Media	AES
3.0	0.83	a
1.5	0.79	a
4.5	0.78	a
0.0	0.63	b

Yépez (2021) reporta “mayor peso fresco de pellas en el tratamiento con Seaweed creme 19 l/ha (extracto de algas) con valor de 465.92g, que es menor a lo que se encontró en nuestro experimento; con phyllum con la var. Confidant encontró 1721 g”, superior al

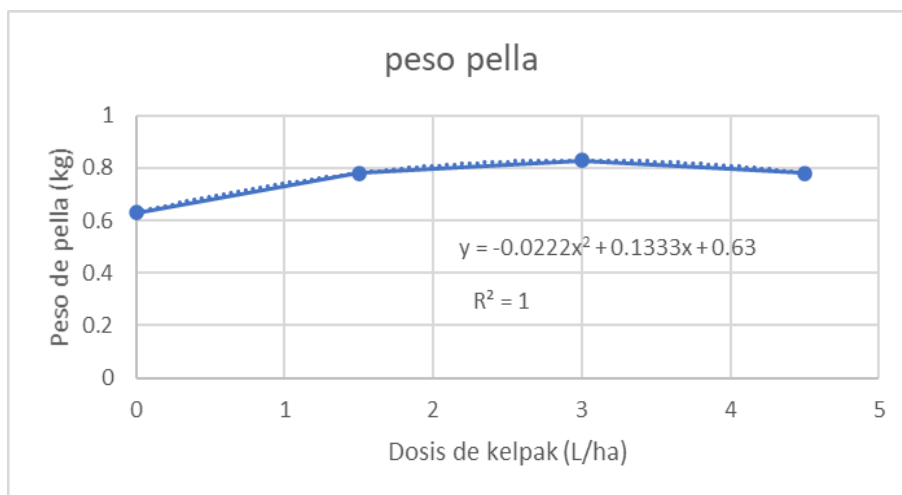
nuestro; sin embargo, Coronado (2015) al aplicar los bioestimulantes Biogen y Fertimar en base a extracto de algas, mencionan que “encontraron un efecto significativo en el peso de las inflorescencias”. Infante (2018) asegura que, “la densidad de plantas no afecta el peso de la inflorescencia, siendo el peso promedio de 593.86 g”; Huamán (2022) “obtuvo el mayor peso de pella con la densidad 0.60 x 0.35 m”; Moncada (2019) encontró “mayor peso de pella con el testigo con 1327.10 g, ósea con el distanciamiento tradicional que manejan los agricultores”.

Saire (2022) señala que, “al elevar el número de plantas por unidad de área se elevan los rendimientos por hectárea, pero, esto a su vez, perjudicó el peso fresco de pella, donde se observó pellas mucho más pequeñas. El peso fresco de pella principal, se vio afectado por los niveles de fertilización en estudio. El mayor peso fresco de pella principal fue de 466.19 g/planta y se obtuvo con el nivel de fertilización n1 (157-100-198), mientras que el nivel de fertilización n4 (00-00-00), sin fertilizante con 133.79 g/planta obtuvo el menor peso fresco de pella principal”.

Lozano (2019) menciona que, “la densidad de plantas afecta el peso de las inflorescencias, y logró pellas de mayor peso cuando trasplantó a 30 cm de distancia”.

Figura 1

Tendencia de peso de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas. Canaán-Ayacucho.



En la figura 1 se observa que el peso de pellas se incrementa ligeramente hasta la aplicación de 3 L/ha de extracto de algas, disminuyendo cuando se incrementa la dosis de extracto de algas, o sea, que la respuesta del peso de pellas se ajusta a una tendencia cuadrática siendo la ecuación regresión $y = -0.0222X^2 + 0.1333X + 0.63$.

2. Diámetro de pella de brócoli

El ANVA de diámetro de pellas con densidad de plantas y extracto de algas (tabla 6) muestra que existe alta significación en las dosis de extracto de algas. No existe diferencia en las otras fuentes de variabilidad.

El coeficiente de variación 5.46 % significa que los datos son de buena confiabilidad.

Tabla 6

ANVA de diámetro de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	15.05	2	7.53	7.76	0.0028 **
Kelpak	38.14	3	12.71	13.11	<0.0001 **
Densidad	4.73	2	2.36	2.44	0.1107 ns
Kelpak * Densidad	4.88	6	0.81	0.84	0.5542 ns
Error	21.34	22	0.97		
Total	84.14	35			

C.V. = 5.46 %

En la tabla 7 se muestra la prueba de Tukey de diámetro de pellas donde se observa que las dosis de extracto de algas influyen positivamente en el diámetro de las pellas frente al testigo donde no se aplicó extracto de algas.

La respuesta está relacionada con el aporte de aminoácidos, proteínas y bioestimulantes que provocan el mayor crecimiento de las pellas que se manifiesta en mayor diámetro de las pellas.

Tabla 7

Prueba de Tukey de diámetro de pellas de brócoli con extracto de algas. Canaán, Ayacucho.

Kelpak (L ha ⁻¹)	Media (cm)	AEST
3.0	19.07	a
1.5	18.47	a
4.5	18.27	a
0.0	16.32	b

Yépez (2021) encontró mayor diámetro de pella con Seaweed creme con la variedad confidant con 20.88 cm, que ocupó el primer lugar. Sin embargo, Infante (2018) reportó en la variedad imperial que, la densidad de siembra afectó el diámetro de la inflorescencia. La densidad de 20 000 pl/ha mostró el mayor diámetro con 14.38 cm, mientras que el menor diámetro lo presentó la densidad de 40 000 pl/ha con 11.79 cm.” También Huamán (2022)

reporta que, “la densidad con 0,60 x 0,50 de plantas de brócoli, se obtuvo mejores resultados en diámetro de pella. Moncada (2019) en coliflor, por su parte no reporta respuesta en el diámetro de pella a los distanciamientos, ya que los diámetros fueron T1 (19.50cm), T3 (19.80cm), T2 (20.50cm) y T4 (21.03cm).

Saire (2022) también, encontró respuesta en el diámetro de pella a los distanciamientos, el tratamiento d3n1 (60cm x 80cm * 157-100-198) con diámetro de pella principal de 14.77 cm es estadísticamente superior a los demás tratamientos ocupando el primer lugar.

A su vez los tratamientos d3n4 (60 cm x 80 cm * 00-00-00), d1n4 (40 cm x 80 cm * 00-00-00) y el d2n4 (50 cm x 80 cm * 00-00-00) con diámetro de pella principal de 9.23 cm, 8.92 cm y 7.76 cm son estadísticamente iguales, ocuparon los últimos lugares”.

Luna (2018) en la variedad Legacy informa que, el diámetro de inflorescencia fue mayor en T2 con 14,7 cm, seguida del T3 con 13,6 cm.

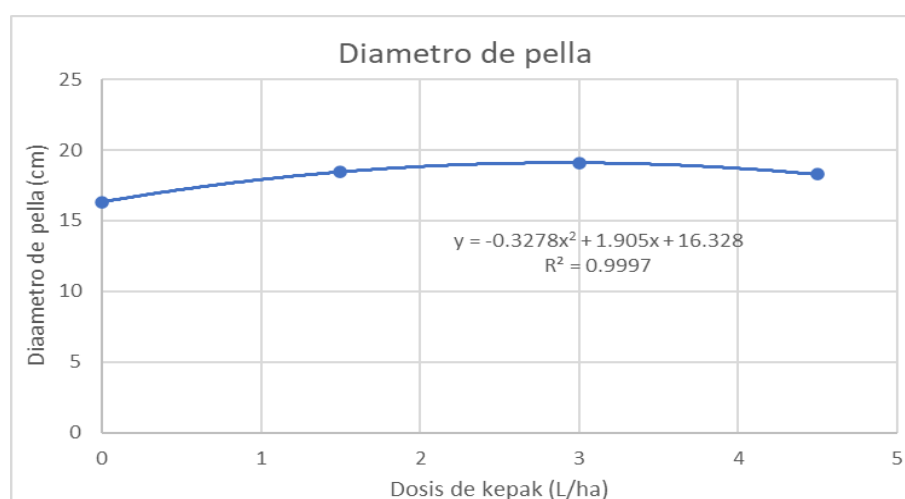
Por su parte Torres (2016), reporta también que alcanzó mayores diámetros de pellas con las densidades de 62,500 y 66,666 plantas/ha. Igualmente, Santillán (2021) encontró el mayor diámetro (13.40 cm) con la distancia 0.50 m x 0.40 m.

Bacarreza (2021), encontró, mayor diámetro de pella con la variedad Monte cristo y en cuanto a las distancias de siembra, 50 cm x 50 cm tuvo mayor diámetro de pella con 12.17 cm.

Con estos resultados, se demuestra que el diámetro depende de la variedad, distanciamiento de siembra y la zona de cultivo, porque los valores se diferencian bastante.

Figura 2

Tendencia de diámetro de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas. Canaán-Ayacucho.



La figura 2 muestra la respuesta del diámetro de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas, la misma que se ajusta a una tendencia cuadrática, cuya ecuación es $Y = -0.3278X^2 + 1.905X + 16.328$.

3. Rendimiento de pellas

El ANVA de rendimiento de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas (tabla 8) reporta alta significación en la fuente de densidad de plantas. No existe significación entre dosis de extracto de algas y en la interacción densidad de plantas por extracto de algas. La alta significación indica que por lo menos una de las densidades de plantas se diferencia en rendimiento de pellas de las otras densidades estudiadas. El Coeficiente de variabilidad de 13.52 % indica que los datos tomados tienen buena confiabilidad

Tabla 8

ANVA de rendimiento de pellas de brócoli con densidad de plantas y extracto de algas. Canaán, Ayacucho.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	18859713.54	2	9429856.77	4.66	0.0205 *
Kelpak	10508940.97	3	3502980.32	13.11	0.1896 ns
Densidad	86807604.17	2	43403802.08	21.47	<0.0001**
Kelpak * Densidad	12466111.11	6	2077685.19	1.03	0.4339 ns
Error	44485286.46	22	2022058.48		
Total	173127656.25	35			

C.V. = 13.52 %

En la prueba de Tukey de rendimiento de pellas de brócoli (tabla 9) se muestra que la densidad 50 cm con 12,687.50 kg/ha tiene mayor rendimiento de pellas que las densidades de 60 y 70 cm que tuvieron rendimientos de 9,733.33 y 9,135.42 kg/ha, respectivamente.

Se evidencia que la respuesta obtenida en el rendimiento de brócoli está asociada a la población de plantas de brócoli cosechadas, pues la densidad 50 cm tiene mayor número de plantas que 60 y 70 cm.

Noe (2020) “obtuvo buenos resultados con aplicación de extracto de algas a diferencia de lo reportado en nuestro experimento, los productos Fertimar y Biocrop L45 tuvieron mayores rendimientos de brócoli (11,48 y 11,23 t/ha respectivamente) y fueron estadísticamente diferentes a los obtenidos con la aplicación de los productos QSI KBA2 y FX Algae.” Sin embargo, estos resultados no fueron estadísticamente diferentes al testigo. Alvarado “no obtuvo con la variedad nevado respuesta a la aplicación de extracto, en comparación al compost aplicado”. Sin embargo, Coronado (2015) “con Biogen (en base a extracto de algas) tuvo mayor rendimiento con Biogen 800 l/ha con 4.39 t/ha, superior al testigo”.

Tabla 9

Prueba de Tukey de rendimiento de pellas de brócoli con densidad de plantas. Canaán, Ayacucho.

Densidad (plantas/ha)	Media(kg/ha)	AEST
25,000	12687.50	a
20,833	9733.33	b
17,857	9135.42	b

Infante (2018) encontró que, “el rendimiento se vio afectado por las densidades de siembra. La densidad de 40,000 pl/ha produjo el mayor rendimiento (19.59 t/ha), mientras que la densidad de 20,000 pl/ha produjo el menor rendimiento (11.32 t/ha).”

Moncada (2019), encontró que, “el tratamiento T3 fue el que alcanzó mayor rendimiento debido a que fue el tratamiento con menor distanciamiento, mientras que el tratamiento T4 (15,925.20 kg/ha) el cual es el distanciamiento con el cual trabajan los agricultores fue el que alcanzó un menor rendimiento”.

Tesen (2021) también concluye que, “la mejor densidad de siembra es de 31,250 plantas.ha⁻¹, por el mayor rendimiento obtenido y por no diferenciarse significativamente de las otras densidades en cuanto a parámetros de calidad en ambos cultivares bajo condiciones de La Molina”, afirmación que coincide con Saire (2022) que menciona que, “el rendimiento total (t/ha), estuvo influenciado por las densidades de siembra, siendo la densidad de siembra de d1(40cm x 80cm) con 30,000 plantas/ha que obtuvo el mayor rendimiento con 12.00 t/ha, mientras que la densidad de siembra d3(60cm x 80cm) con 20,000 plantas/ha obtuvo el menor rendimiento con 8.96 t/ha, la superioridad encontrada, se debe principalmente al efecto del número de plantas por unidad de área”.

Lozano (2019), sin embargo, “no encontró diferencias en rendimiento entre las distancias 15 y 30 cm, independientemente del híbrido, sin embargo, recomienda sembrar a 30 cm porque se consigue mayor peso de pella”.

Luna (2018) reporta que, “la D1 (17 plantas/m²) presentó un promedio igual a 26,85 t/ha, con respecto a la D2 (11 plantas/m²) que presentó un promedio de 19,88 t/ha y 15,28 t/ha la D3 (8 plantas/m²)”.

Torres (2016) reportó “mayor rendimiento de pellas con la variedad de brócoli Heritage con densidad de siembra de 50,000 plantas/ha con 13,236.8 kg/ha”.

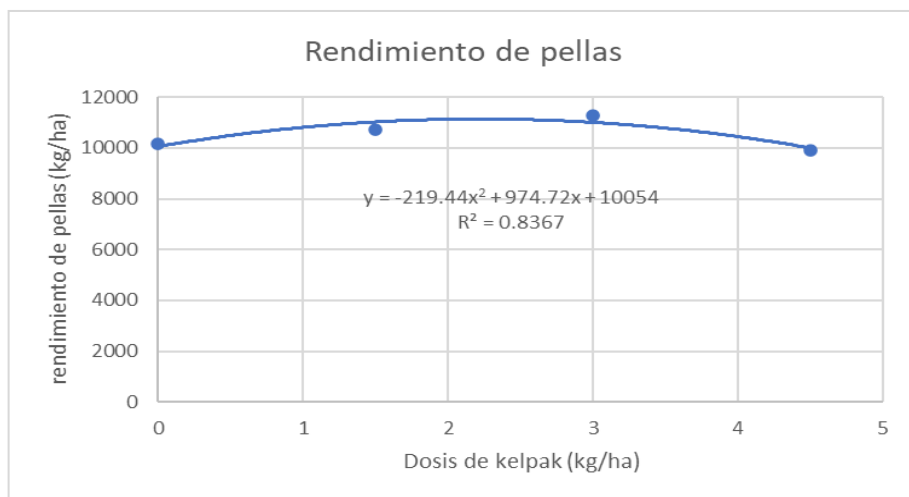
Santillán (2021) reportó “rendimientos altos con la variedad Legacy con la distancia de siembra de 0.50 x 0.40 m con 9,930 kg/ha, seguido de la distancia 0.30 x 0.60m con 8,576.70 kg/ha”. Bacarreza (2018) encontró “mayor rendimiento con la variedad Monte Cristo con 9,095 kg/ha a la distancia 50 cm x 50 cm”.

Gaspar (2021) evidencia que, “se obtienen mejores rendimientos con mayores densidades de plantas, mientras que las mejores características de calidad se consiguieron con menor densidad de plantas.

En la variedad Imperial el mejor rendimiento fue con la densidad de 41,667 plantas y la mejor calidad con la densidad de siembra 20,833 plantas/ha”.

Figura 3

Tendencia de rendimiento de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas. Canaán-Ayacucho.



La figura 3 muestra la respuesta en rendimiento de pellas de brócoli con dosis de extracto de algas, donde se alcanza el mayor rendimiento con 3 L/ha de extracto de algas, la misma que se ajusta a una tendencia cuadrática, cuya ecuación es $Y = -219.44 X^2 + 974.72 X + 10054$.

4. Análisis económico

El análisis de costo beneficio de los tratamientos se ha elaborado tomando en cuenta el costo total de producción para los tratamientos estudiados, en base a los costos de producción, rendimiento y el precio de venta que fluctúa en 0.90 a 1.30 soles por cada pella de las categorías primera, segunda, respectivamente.

Se observó que todos los tratamientos arrojaron índices superiores a cero lo que demuestra que con esta actividad es posible generar rentabilidad económica al productor de brócoli.

Cabe indicar que los tratamientos T3 (25,000 plantas/ha y 3.0 L/ha de kelpak), T2 (25,000 plantas/ha y 1.5 L ha⁻¹ de kelpak) y T7 (20,833 plantas/ha y 3.0 L ha⁻¹ de kelpak) son los que alcanzaron el mayor índice de Beneficio/Costo con 2.48, 2.27 y 1.74 y un beneficio neto de S/. 22,014.50 y S/. 19,796.25 y S/. 15,092.30, respectivamente.

CONCLUSIONES

1. La densidad de plantas en promedio de extracto de algas influyó en el rendimiento con 12,687.50 kg con 25,000 plantas/ha, sin embargo, no tuvo influencia en peso de pella y diámetro de pella de brócoli.
2. El extracto de algas en promedio de densidades influyó en el peso de pellas con 0.83 kg con 3.0 Lha⁻¹ de extracto de algas y en el diámetro de pellas con 19.07 cm con 3.0 L ha⁻¹; numéricamente, 3 Lha⁻¹ alcanzó el mayor rendimiento con 11,295.83 kg/ha, sin embargo, no hubo significación en el rendimiento de pellas de brócoli.
3. En rentabilidad del cultivo de brócoli, los tratamientos de 25,000 plantas/ha con 3.0 L ha⁻¹ y con 1.5 L ha⁻¹ de extracto de algas tuvieron la mayor relación de beneficio/costo con 2.48 y 2.27, respectivamente.

REFERENCIAS

- Bacarreza, R. (2018). *Producción de dos variedades de brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica) en tres distancias de plantación en condiciones de Walipini*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/17178/TD-2526.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Coronado, J. (2015). *Efecto de ocho combinaciones de dos bioestimulantes orgánicos foliares con cuatro dosis en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea L. Var Itálica Plenck)*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Piura. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/371?locale-attribute=en>
- Gaspar, A. (2021). *Rendimiento y calidad de brócoli (Brassica oleracea var. italica) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra en el Valle Chillón*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4993/gaspar-rios-aquilino-hector.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Los%20resultados%20evidenciaron%20un%20mejor,Concluyendo%20que%20le%20br%C3%B3coli%20cv.>
- Huamán, F. (2022). Dosis óptima de guano de isla en el comportamiento agronómico del cultivo *Brassica oleracea* L.Var. itálica. Revista Científica UNTRM Ciencias Naturales e Ingeniería 5(1):42. DOI:10.25127/ucni.v5i1.888.

- Infante, O. (2018). *Rendimiento y calidad de brócoli (Brassica oleracea var. Itálica) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3717>
- Lozano, L., Tálamo, A. y Artenian, A. (2019). Efecto de la distancia de plantación sobre la calidad de la pella y el rendimiento en dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica Plenck) en el Valle de Lerma (Salta). Revista de la Facultad de Agronomía. Volumen 118. Número 12. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/95441>
- Luna, 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. *CienciaAgro* (2018) 8(1): 22-31. http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/rca/v8n1/v8n1_a03.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI] (2021). Estadística de Producción. Lima, Perú. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-diarios?download=1639:agricola-2021>
- Moncada, R. (2019). *Ensayo de densidad de siembra del cultivo de coliflor (Brassica oleracea L. var. botrytis) en la región Lambayeque*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9845/Moncada%20Burgos%20Rodrigo%20Martin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Noe, M. (2020). *Fertilización foliar con extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de brócoli (Brassica oleracea L. var. Itálica cv. 'Paraíso')*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4340/noe-soria-maria-jose.pdf?sequence=1>
- Saire, D. (2022). *Efecto de tres densidades de siembra con cuatro niveles de fertilización en el rendimiento de una variedad de brócoli (Brassica oleracea var. itálica) en la comunidad de Caytupampa provincia de Calca, región Cusco*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/6959/253T20220372_TC.pdf?sequence=1

- Santillán, J. (2021). *Comportamiento de dos variedades de brócoli con diferente distanciamiento de siembra en el Centro Experimental “Dr. Jacobo Bucaram Ortiz”*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SANTILLAN%20FREIRE%20JHONNY%20ARON.pdf>
- Semillas Abe. (2023). Brócoli imperial. https://www.semillasabe.cl/documentos/Brocoli_-_Imperial.pdf
- Tesen, V. (2021). *Rendimiento y calidad de dos cultivares de Brócoli (Brassica oleracea var. italica Plenck.) bajo tres densidades de siembra*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5134/tesen-gallardo-victor-hugo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Torres, L. (2016). *Comportamiento agronómico de dos variedades de Brócoli (Brassica oleracea) sometidas a cuatro densidades de siembra en la parroquia “Chanduy”, provincia de Santa Elena*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3043/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000015.pdf?sequence=1>

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**
Bach. ROKIN ROYER CUADROS GUTIERREZ**R.D. N° 062-2024-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los veintiún días del mes de marzo del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. José Antonio Quispe Tenorio Decano(e) de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del jurado conformado por el Dr. José Antonio Quispe Tenorio, Mtro. Walter Augusto Mateu Mateo como asesor, Ing. Eduardo Robles García y Ing. Jorge Luis Huamancusi Morales; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulada: **Densidad de plantas y extracto de algas en el rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea* L. Var. *Itálica*). Canaán 2750 msnm - Ayacucho.** para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **ROKIN ROYER CUADROS GUTIERREZ**.

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

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	16	16	16	16
Mtro. Walter Augusto Mateu Mateo	17	16	16	16
Ing. Eduardo Robles García	16	16	16	16
Ing. Jorge Luis Huamancusi Morales	16	16	16	16
PROMEDIO GENERAL				16

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


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


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


.....
Ing. Eduardo Robles García
Jurado


.....
Ing. Jorge Luis Huamancusi Morales
Jurado


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



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y contolar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R y la R.D. N° N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo titulado;

Densidad de plantas y extracto de algas en el rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea* L. Var. *Itálica*). Canaán 2750 msnm - Ayacucho.

Autor : Rokin Royer Cuadros Gutierrez

Asesor : Walter Augusto Mateu Mateo

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **veinte por ciento (20%)** 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: 2346416407

Ayacucho, 24 de junio de 2024

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

Densidad de plantas y extracto de algas en el rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea* L. Var. *Itálica*). Canaán 2750 msnm - Ayacucho

por Rokin Royer Cuadros Gutierrez

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

Identificador de la entrega: 2346416407

Nombre del archivo: Tesis_Rokin_Brócoli_23-06-2024.doc (11.89M)

Total de palabras: 20378

Total de caracteres: 106507

Densidad de plantas y extracto de algas en el rendimiento de Brócoli (Brassica oleracea L. Var. Itálica). Canaán 2750 msnm - Ayacucho.

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	7%
	Trabajo del estudiante	
2	repositorio.umsa.bo	5%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.unsch.edu.pe	4%
	Fuente de Internet	
4	hdl.handle.net	2%
	Fuente de Internet	
5	dspace.utb.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	
6	repositorio.lamolina.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
7	idoc.pub	<1%
	Fuente de Internet	
8	repositorio.unjbg.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	

9

purl.org

Fuente de Internet

<1 %

10

www.semillasabe.cl

Fuente de Internet

<1 %

11

1library.co

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo