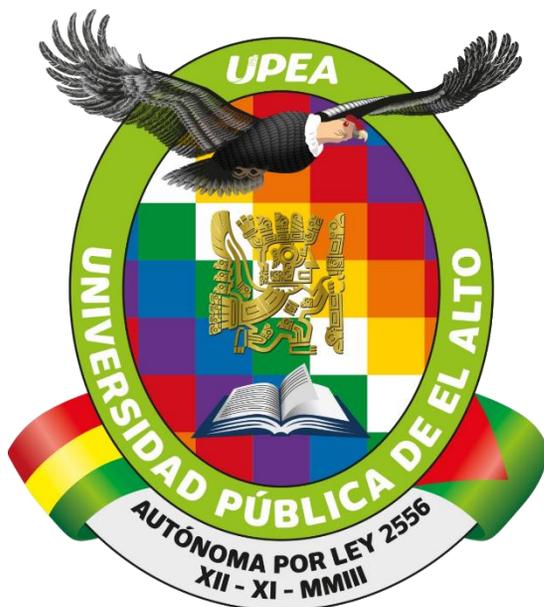


**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS
VARIETADES DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L.) CON
DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ABONO ORGÁNICO
BOCASHI BAJO AMBIENTE ATEMPERADO EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

Por:

Ximena Ajnota Limachi

EL ALTO – BOLIVIA

septiembre, 2025

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE
BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L.) CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE
ABONO ORGÁNICO BOCASHI BAJO AMBIENTE ATEMPERADO EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniera Agrónoma*

Ximena Ajnota Limachi

Asesores:

M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez

Tribunal Revisor:

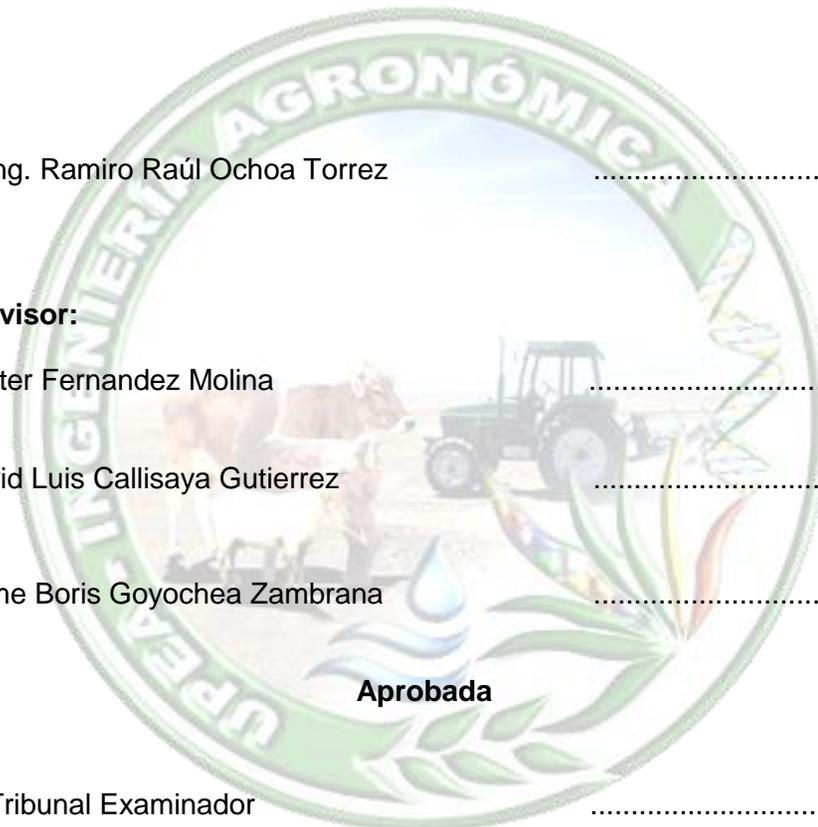
Lic. Ing. Walter Fernandez Molina

Lic. Ing. David Luis Callisaya Gutierrez

Lic. Ing. Jaime Boris Goyochea Zambrana

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

El presente trabajo está dedicado:

A mis queridos padres: Feliciano Ajnota y Emeteria Limachi por el apoyo incondicional, comprensión y aliento que me brindo durante estos años, en cada paso de mi formación profesional.

A mis hermanos (as): Ruben, Amalia, Nancy, Franklin, Ofelia, Omar y Esther Ajnota Limachi por la comprensión y apoyo constante en todos estos años.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por darme la fortaleza, sabiduría, la perseverancia en los momentos difíciles y permitir llegar hasta aquí.

A la Universidad Pública de El Alto al Área de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Recursos Naturales a la Carrera de Ingeniería Agronómica, por abrirme la puerta y haberme acogido. Asimismo, al cuerpo docente, por haberme transmitido sus conocimientos y enseñanzas, mis más sinceros agradecimientos a ellos.

Mi más sincero agradecimiento a mi asesor M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez por el apoyo, orientación y por guiarme en todo el proceso trabajo de investigación, así mismo el orgullo y la satisfacción de haber podido trabajar.

A mis Tribunal Revisor, al Lic. Ing. David Luis Callisaya Gutierrez, Lic. Ing. Walter Fernandez Molina, Lic. Ing. Jaime Boris Goyochea Zambrana, por apoyar con sugerencias para culminar la presente investigación.

A toda mi familia, por el apoyo incondicional que me brindaron en todo el proceso de mi Carrera Universitaria, en especial a mi papá y a mi mamá, a mis hermanos (as), por estar ahí siempre, por darme sus consejos, y su amor.

A mis amigos y compañeros de la Carrera Ingeniería Agronómica, por brindarme su amistad en especial a mi amiga Silvia F. Quispe por el apoyo contantes y aliento durante todos los años de estudio.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS	i
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
ABREVIATURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Características generales del cultivo.....	5
2.1.1. Origen de brócoli.....	5
2.1.2. Clasificación taxonómica.....	5
2.1.3. Descripción morfológica	6
2.1.4. Importancia de brócoli	6
2.1.5. Propiedades nutricionales de brócoli.....	7
2.1.6. Fase fenológica.....	7

2.1.7.	Variedades.....	7
2.1.7.1.	Izabal	7
2.1.7.2.	Maracaibo	8
2.1.7.3.	Variedades híbridas.....	8
2.1.8.	Rendimiento de brócoli.....	8
2.2.	Requerimiento edafoclimático	8
2.2.1.	Clima.....	8
2.2.2.	Temperatura	8
2.2.3.	Suelo.....	9
2.2.4.	Agua	9
2.2.5.	Humedad	9
2.3.	Requerimiento nutricional	9
2.4.	Manejo agronómico de cultivo.....	10
2.4.1.	Siembra de semillas	10
2.4.2.	Trasplante	10
2.5.	Labores culturales.....	10
2.5.1.	Siembra.....	10
2.5.2.	Deshierbe.....	10
2.5.3.	Aporque	11
2.5.4.	Cosecha.....	11
2.6.	Abono orgánico.....	11
2.7.	Elaboración de bocashi.....	12
2.8.	Abono orgánico bocashi.....	13
2.8.1.	Importancia de abono orgánico bocashi.....	13
2.8.2.	Beneficios de usar bocashi.....	13
2.8.3.	Características físicas y químicas	14

2.8.4.	Aporte nutricional de bocashi	14
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1.	Localización	16
3.1.1.	Ubicación Geográfica	16
3.1.2.	Características Edafoclimáticas	17
3.1.2.1.	Clima.....	17
3.1.2.2.	Suelo.....	17
3.1.2.3.	Flora.....	17
3.2.	Materiales	17
3.2.1.	Material de biológico	17
3.2.2.	Insumo	17
3.2.3.	Material de campo.....	17
3.2.4.	Material de gabinete.....	18
3.3.	Metodología	18
3.3.1.	Procedimiento experimental	18
3.3.1.1.	Siembra en almacigo.....	18
3.3.1.2.	Preparación de terreno.....	19
3.3.1.3.	Instalación del sistema de riego	19
3.3.1.4.	Delimitación del área de investigación.....	20
3.3.1.5.	Aplicación de bocashi.....	20
3.3.1.6.	Trasplante	20
3.3.1.7.	Labores culturales	20
3.3.2.	Diseño experimental	21
3.3.3.	Factores de estudio.....	22
3.3.3.1.	Formulación de tratamientos	22
3.3.4.	Croquis del experimento	23

3.3.5.	Variables de respuesta.....	24
3.3.5.1.	Altura de planta (AP)	24
3.3.5.2.	Número de hojas (NH).....	24
3.3.5.3.	Diámetro de tallo (DT)	24
3.3.5.4.	Días a la madurez comercial (DLMC).....	24
3.3.5.5.	Diámetro de pella (DP)	24
3.3.5.6.	Peso de pella (PP)	24
3.3.5.7.	Rendimiento(RTO)	25
3.3.6.	Análisis económico	25
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1.	Características climáticas	27
4.1.1.	Temperatura	27
4.1.2.	Humedad relativa	28
4.1.3.	Análisis físico químico de bocashi.....	29
4.1.4.	Análisis físico y químico de suelo.....	30
4.2.	Variables agronómicas.....	30
4.2.1.	Altura de planta	30
4.2.2.	Número de hojas.....	33
4.2.3.	Diámetro de tallo (cm)	36
4.2.4.	Días a la madurez comercial	39
4.2.5.	Diámetro de pella (cm)	42
4.2.6.	Peso de pella (g)	45
4.2.7.	Rendimiento (t/ha).....	49
4.2.8.	Análisis económico	52
5.	CONCLUSIONES.....	54
6.	RECOMENDACIONES.....	55

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	56
8. ANEXO.....	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de físico químico de abono bocashi	29
Cuadro 2. Análisis físico y químico de suelo	30
Cuadro 3. Análisis de varianza de la altura de planta de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi	31
Cuadro 4. Prueba de medias de Duncan de la altura de planta de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi	33
Cuadro 5. Análisis de varianza de número de hojas por planta de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi	34
Cuadro 6. Prueba de medias de Duncan número de hojas por planta de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi	36
Cuadro 7. Análisis de varianza de diámetro de tallo de variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi	37
Cuadro 8. Prueba de medias de Duncan de diámetro de tallo de variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi	39
Cuadro 9. Análisis de varianza de días a la madurez comercial de dos variedades brócoli con diferentes concentraciones de bocashi	40
Cuadro 10. Promedios de días a la madurez comercial de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi	42
Cuadro 11. Análisis de varianza de diámetro de pella de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi	43
Cuadro 12. Prueba de medias de Duncan de diámetro de pella de dos variedades con diferentes concentraciones de bocashi	45
Cuadro 13. Análisis de varianza del peso de pella de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi	46
Cuadro 14. Promedios de peso de pella de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi.....	48
Cuadro 15. Análisis de varianza de rendimiento dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi.....	49

Cuadro 16. Promedios de rendimiento de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi.....	51
Cuadro 17. Costo de la producción de Brócoli.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen satelital de los predios del Centro Experimental Kallutaca (Google Earth y Geografía, 2024).	16
Figura 2. Croquis del experimento	23
Figura 3. Temperatura de máxima, mínima y media registrada en el interior de la carpa durante el ciclo productivo de brócoli	27
Figura 4. Humedad relativa registrado en el interior del carpa	28
Figura 5. Promedios de la altura de planta dos variedades brócoli.....	31
Figura 6. Prueba de medias Duncan de la altura de planta de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi.....	32
Figura 7. Prueba de medias de Duncan de número de hojas de dos variedades de brócoli	34
Figura 8. Prueba de medias de Duncan de número de hoja por planta de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi	35
Figura 9. Promedios de diámetro de tallo de dos variedades de brócoli.....	37
Figura 10. Prueba de medias de Duncan de diámetro de tallo de variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi.....	38
Figura 11. Promedios de días a la madurez comercial de dos variedades de brócoli.	40
Figura 12. Prueba de medias de Duncan de días transcurridos a la madurez comercial de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi	41
Figura 13. Prueba de medias de Duncan de diámetro de pella de dos variedades de brócoli	43
Figura 14. Prueba de medias de Duncan de diámetro de pella de variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi.....	44
Figura 15. Promedios de peso de pella de dos variedades de brócoli.....	46
Figura 16. Prueba de medias de Duncan de peso de pellas de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi.....	47
Figura 17. Promedios de rendimiento de dos variedades de brócoli	50

Figura 18. Prueba de media de Duncan de rendimiento de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi..... 50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Preparación del terreno y delimitación del área de investigación	63
Anexo 2.	Abonado y trasplante	63
Anexo 3.	Toma de datos	63
Anexo 4.	Cosecha.....	64
Anexo 5.	Costo de producción por tratamiento.....	65
Anexo 6.	Análisis físico-químico de suelo	66
Anexo 7.	Análisis de bocashi	67
Anexo 8.	Calculo de nutrientes	68
Anexo 9.	Calculo de lámina de agua.....	69

ABREVIATURAS

cm	Centímetro
m	metro
km	Kilómetro
g	gramo
kg	Kilogramo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
t/ha	Toneladas por hectárea
CV	Coeficiente de variación
°C	Grados centígrados
mm	Milímetro
Zn	Zinc

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en predios del Centro Experimental de Kallutaca en la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, ubicado en Municipio de Laja del Departamento de La Paz, con el objetivo de principal “Evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea* L.) (Izabal y Maracaibo) con diferentes concentraciones de abono orgánico bocashi (0 kg/ha, 4980 kg/ha, 7980 kg/ha y 10980 kg/ha) bajo ambiente atemperado”, se empleó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo de parcelas divididas. Se consideraron las siguientes variables: altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, días a la madurez comercial, diámetro de pella, peso de pella y rendimiento. Los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo de investigación la variable altura de planta la variedad Maracaibo con 10980 kg/ha de bocashi obtuvo un mayor promedio de 45.14 cm y la variedad Izabal con 0 kg/ha de bocashi con un promedio de 34.55 cm de altura de planta. En la variable de número de hojas con mejor comportamiento fue la variedad Maracaibo con 7980 kg/ha de bocashi presentando 17 número de hojas y la variedad Izabal con 0 kg/ha como testigo llegando a obtener 13 hojas. En el diámetro de tallo la variedad Maracaibo con 10980 kg/ha de bocashi con promedios de 3.13 cm registró mejores con resultados y la variedad Izabal con ausencia de bocashi 0 kg/ha obtuvo un valor 1.97 cm. Para la variable días a la madurez comercial la variedad más precocidad presento la variedad Izabal con 10980 kg/ha de bocashi entrado a la madurez a los 100 días y la Maracaibo con 0 kg/ha sin bocashi con promedio 109 días transcurridos. En la variable de diámetro de pella la variedad Maracaibo con 10980 kg/ha alcanzado promedios de 12.58 cm y la variedad Izabal sin aplicar bocashi con resultados de 8.98 cm de diámetro de pella. La variable de peso de pella la variedad Maracaibo con 7980 kg/ha de bocashi obtuvieron 232,47 g y la variedad Izabal con 0 kg/ha sin de bocashi obteniendo 112.13 g y el variable rendimiento con mayores resultados es la variedad Maracaibo con 7980 kg/ha presentado 14.76 t/ha y la variedad Izabal con 0 kg/ha (Testigo) abono bocashi con resultado 6.47 t/ha. En el análisis económico con relación beneficio/costo el T₇ con la concentración de abono bocashi 7980 kg/ha de la variedad Maracaibo obtuvo una mayor ganancia 1.46 lo que indica que por cada Bs invertido se gana Bs 0.46 centavos en cambio el T₁ con concentraciones 4980 kg/ha, 0 kg/ha (Testigo) no obtuvo ganancias 0.73 centavos.

ABSTRACT

This research work was carried out on land at the Kallutaca Experimental Center in the Agricultural Engineering Program of the Public University of El Alto, located in the Municipality of Laja, Department of La Paz, with the main objective "To evaluate the agronomic behavior of two varieties of broccoli (*Brassica oleracea* L.) (Izabal and Maracaibo) with different concentrations of organic fertilizer bocashi (0 kg / ha, 4980 kg / ha, 7980 kg / ha and 10980 kg / ha) under a temperate environment", the Completely Randomized Block Design (DBCA) with a split-plot arrangement was used. The following variables were considered: plant height, number of leaves, stem diameter, days to commercial maturity, head diameter, head weight and yield. The results obtained in the present research work the variable plant height the Maracaibo variety with 10980 kg / ha of bocashi obtained a higher average of 45.14 cm and the Izabal variety with 0 kg / ha of bocashi with an average of 34.55 cm of plant height. In the variable of number of leaves with better behavior was the Maracaibo variety with 7980 kg / ha of bocashi presenting 17 number of leaves and the Izabal variety with 0 kg / ha as a control reaching to obtain 13 leaves. In the stem diameter the Maracaibo variety with 10980 kg / ha of bocashi with averages of 3.13 cm registered better results and the Izabal variety with absence of bocashi 0 kg / ha obtained a value of 1.97 cm. For the variable days to commercial maturity, the earliest variety was the Izabal variety with 10980 kg/ha of bocashi reaching maturity at 100 days, and the Maracaibo variety with 0 kg/ha without bocashi, with an average of 109 days elapsed. In the variable of head diameter, the Maracaibo variety with 10980 kg/ha reached averages of 12.58 cm, and the Izabal variety without applying bocashi with results of 8.98 cm of head diameter. The variable weight of the Maracaibo variety with 7980 kg / ha of bocashi obtained 232.47 g and the Izabal variety with 0 kg / ha without bocashi obtaining 112.13 g and the variable yield with the highest results is the Maracaibo variety with 7980 kg / ha presented 14.76 t / ha and the Izabal variety with 0 kg / ha (Witness) bocashi fertilizer with a result of 6.47 t / ha. In the economic analysis with benefit / cost ratio, T7 with the concentration of bocashi fertilizer 7980 kg / ha of the Maracaibo variety obtained a higher profit of 1.46, which indicates that for each Bs invested, Bs 0.46 cents are earned, while T1 with concentrations of 4980 kg / ha, 0 kg / ha (Witness) did not obtain profits of 0.73 cents.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en los países en vías de desarrollo, la agricultura orgánica adquiere una gran importancia social, por ofrecer productos orgánicos de buena calidad y con mejores características de ser saludables y libres de agentes químicos (Gomez, 2012).

El cultivo de brócoli ha mostrado un alto grado de adaptación en valles interandinos y parte del altiplano por su resistencia de bajas temperaturas. En zonas altiplánicas el principal problema de las hortalizas es la helada obteniendo bajos rendimientos en la producción en estación de invierno del año. La producción de brócoli en carpas solares garantiza una producción sostenible logrando un buen rendimiento y buena calidad (Quispe, 2018).

El cultivo del brócoli está adquiriendo mayor importancia en los mercados del país y en su producción que se prolonga a través de todo el año en ambientes atemperados como en condiciones de campo, su consumo principalmente se da en las áreas urbanas (Bacarreza, 2018).

Se producen 20 millones de toneladas de brócoli y coliflor en el mundo, sobre una superficie de 1.6 millones de hectáreas. China y la India son los principales productores con 8.9 y 6.7 millones de toneladas por año, respectivamente, y representa 74% de la producción mundial. Les siguen España, México, Italia, Francia, EEUU, Polonia, Paquistán y Egipto, todos produciendo más de 0.2 millones toneladas/año (Yara, 2011).

Según Servicio Departamental Agropecuario de Santa Cruz Sedacruz (2017), Santa Cruz es el mayor productor del cultivo de brócoli a nivel nacional con 396 toneladas que equivalen a 80.000 unidades/año en una extensión de 35 ha aproximadamente que significa 11314,29 kg/ha, durante el 2015 y 2016.

Con el manejo de sistemas atemperados se pretende aprovechar la alta radiación en el Altiplano y utilizar al máximo la tierra para producir hortalizas que mejoren la dieta de las familias, proporcionando productos frescos disponibles durante todo el año.

1.1. Antecedentes

Bernal y Antonio (2015), en su investigación Cultivo orgánico de brócoli (*Brassica oleracea* L.) con aplicaciones de abono orgánico bocashi y microorganismos eficaces. El tratamiento de mayor efectividad en el incremento del rendimiento total de pellas de brócoli fue B20M10 (20 t/ha de bocashi preparado en base a estiércol de cuy junto a aplicaciones foliares de microorganismos eficaces en dosis de 10 litros/200 litros de mezcla) logrando 18,820.5 kg/ha, este mismo tratamiento obtuvo un 90% de pellas de primera calidad (16,938.5 kg/ha) y un 10 % de pellas de segunda calidad (1,882.1 kg/ha).

En la investigación realizado por Hurtado (2021), muestra resultados en elaboración y uso del abono tipo bocashi en la producción de almácigos de brócoli (*Brassica oleracea*) var. Legacy. Los tratamientos evaluados fueron; Tratamiento 1 o testigo = 100% Tierra Agrícola, Tratamiento 2 = 30% de Abono Tipo Bocashi + 70% Tierra Agrícola, Tratamiento 3 = 60% tierra agrícola + 40% Abono Tipo Bocashi y el Tratamiento 4 = 50% Tierra Agrícola + 50% Abono Tipo Bocashi. De los tratamientos señalados, la aplicación del tratamiento 4 permite alcanzar los mejores resultados en las variables agronómicas en las plántulas de brócoli.

Según Huanca (2019), indica que el efecto de tres dosis de compost, en el cultivo de brócoli en ambiente atemperado, los tratamientos evaluados son: (T₀ 0 kg de compost/m², T₁ 2kg de compost/m², T₂ 4kg de compost/m² y T₃ 6kg de compost/m²). el tratamiento T₂ obtuvo el mayor promedio con 132,75 gramos, el rendimiento de brócoli refleja que el tratamiento T₂ presentó el promedio más alto con 13665,33 kg/ha. Se determinó que las dosis de 4 y 6 kg de compost/m² fueron las mejores en la mayoría de los parámetros evaluados, además el compost mejoró la fertilidad del suelo.

1.2. Planteamiento del problema

El principal problema que enfrentan los sectores del altiplano boliviano es la baja fertilidad del suelo, caracterizado por su pobreza en materia orgánica y acidez, lo que afecta el rendimiento de los cultivos. Ante esta situación, los productores buscan alternativas mediante la aplicación de fertilizantes químicos con el fin de lograr mayor rendimiento, lo cual genera una disminución en el uso de fertilizantes orgánicos. Sin embargo, la aplicación excesiva de fertilizantes químicos produce problemas ambientales como la contaminación de las aguas, la degradación del suelo y la reducción de la biodiversidad microbiana.

Asimismo, el cultivo de brócoli presenta inconvenientes en la productividad para los productores, ya que existen diversos problemas nutricionales y un inadecuado control agronómico que generan pérdidas económicas considerables a los agricultores. Por esta razón, en el sector altiplano cultiva en pequeñas parcelas destinadas al consumo familiar y local, debido a que su producción es menor. Otra de los problemas que presenta el cultivo de brócoli es que, a pesar de ser uno de los alimentos de gran importancia nutricional, tiene limitaciones de consumo por falta de información sobre sus propiedades.

1.3. Justificación

La presente investigación consiste en evaluar el comportamiento agronómico de cultivo del brócoli mediante la aplicación de abono orgánico bocashi, con el propósito de desarrollar una producción orgánica libre de agroquímicos. Este estudio busca incrementar la productividad de brócoli para contribuir al mejoramiento de la seguridad alimentaria y promover la salud humana.

El abono orgánico bocashi aporta una gran cantidad de microorganismos: hongos, bacterias, actinomicetos, que brindan al suelo mejores condiciones de sanidad. Debido a la gran cantidad de microorganismos que contiene, el bocashi muestra una intensa actividad biológica. Así también aporta muchos nutrientes necesarios para estimular el crecimiento y desarrollo de cultivo, mejorando poco a poco la fertilidad y vida del suelo (Fruticola, 2020).

De esta manera, el presente trabajo de investigación se evaluará el comportamiento agronómico de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea* L.) con diferentes concentraciones de abono orgánico bocashi bajo ambiente atemperado en el Centro Experimental de Kallutaca, con el objetivo de promover una alternativa que fomente la agricultura orgánica, mejorando y recuperando el equilibrio de la biodiversidad microbiana en suelos agrícolas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea* L.) con diferentes concentraciones de abono orgánico bocashi bajo ambiente atemperado en el Centro Experimental de Kallutaca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades de brócoli bajo diferentes concentraciones de abono orgánico bocashi.
- Determinar el nivel óptimo de abono orgánico bocashi sobre el rendimiento de dos variedades de brócoli.
- Determinar el beneficio/costo con diferentes concentraciones de bocashi en cultivo de brócoli.

1.5. Hipótesis

- La evaluación del comportamiento agronómico de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea* L.) con diferentes concentraciones de abono orgánico bocashi bajo ambiente atemperado en el Centro Experimental de Kallutaca no presenta diferencias significativas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características generales del cultivo

2.1.1. Origen de brócoli

Es originaria de las costas del Mediterráneo y Asia Occidental, donde actualmente se encuentran Grecia, Turquía y Siria, de allí fue llevada a Inglaterra, Dinamarca, Holanda, Francia, España y Grecia. Su nombre proviene del término Italiano «broco» que quiere decir brote, en alusión a la parte comestible y preciada de la planta. Su diseminación por el mundo se atribuye a comerciantes y navegantes del mediterráneo, como también a los intercambios culturales que se dieron durante la expansión y consolidación de las culturas del Mediterráneo (griega, romana, musulmana entre otras) (Unknown, 2012).

Según Quirónsalud (2020), aunque su origen es difuso, se cree que se empezó a utilizar en los países con climas templados a orilla del Mediterráneo oriental, en Oriente próximo. La Península de Anatolia, Líbano o Siria acogerían los primeros ejemplares de esta planta provenientes de una especie silvestre común con las coles y coliflores.

2.1.2. Clasificación taxonómica

García y Lopez (2015), señalan que el brócoli tiene la siguiente clasificación taxonómica.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Brassicales

Familia: Brassicaceae

Género: Brassica

Especie: *Brassica oleracea* L.

Nombre común: Brócoli

2.1.3. Descripción morfológica

Brócoli tiene un tallo acaule muy corto con nudos y entrenudos casi juntos formando una roseta de hojas con inflorescencia que forma una cabeza principal y otras laterales, no tan compactas, sobre un tallo floral menos corto y en un estado de desarrollo más avanzado. La parte comestible está formada por las yemas florales, el tallo y alguna porción de las hojas (Cosmo, 2015).

Bastidas (2015), menciona que las hojas del brócoli poseen peciolo alargados, limbos con hojas lobuladas de color verde grisáceos, muy ondulado y lóbulos profundos.

El fruto durante el proceso de fructificación se forman los frutos y las semillas, estas últimas se ubican en una especie de vaina que se conoce como silicua, que contiene 3 a 8 semillas y mide aproximadamente de 3 a 4 cm (Gonzales y Ayuso, 2021).

El sistema radicular de esta hortaliza es pivotante y leñoso, la raíz primaria puede profundizar hasta 0.8 m en el perfil del suelo y, generalmente, se pierde durante el proceso de extracción de plantas del almácigo. El sistema radicular del brócoli trasplantado en campo definitivo está principalmente conformado por raíces adventicias secundarias, terciarias y raicillas, las cuales se concentran en su mayor parte en los primeros 40 – 60 cm de profundidad (Infoagro, 2021).

2.1.4. Importancia de brócoli

El brócoli es un cultivo importante desde el punto de vista social, el consumo de brócoli ha aumentado significativamente debido a su valor nutricional y beneficios para la salud. Este vegetal es rico en vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes, lo que le convierte en una opción saludable en la dieta de las personas. Su consumo puede ayudar a prevenir enfermedades crónicas y promover un estilo de vida saludable (Axayacatl, 2023).

Se ha reportado que tiene propiedades antivirales y por su contenido de cromo, ayuda a regular la insulina y el azúcar en la sangre, reduciendo el riesgo de diabetes. También contiene una sustancia anticancerígena llamada sulforofano, compuesto que estimula el organismo a producir enzimas capaces de combatir el cáncer, al contrario del efecto que produce la vitamina E y otros antioxidantes, que inciden directamente sobre las moléculas que desencadenan el cáncer y reduce el riesgo de artritis y enfermedades del corazón, tiene

propiedades diuréticas, antianémicas, laxantes y depuradoras de la sangre (Bacarreza, 2018).

2.1.5. Propiedades nutricionales de brócoli

El brócoli se observa como una hortaliza muy nutritiva, ya que aporta a la dieta una gran cantidad de energía 22,00 kcal, Calorías 38, Proteínas 4,4 g, Grasa total 0,9 g, Carbohidratos 1,8 g, Fibra 2,6 g, Calcio 56 mg, Hierro 1,7 mg, Magnesio 22 mg, Zinc 0,6 mg, Sodio 8 mg, Potasio 370 mg, Fósforo 87 mg, Vitamina C 87 mg, Vitamina E 1,3 mg (Vanguardia, 2024).

2.1.6. Fase fenológica

Noboa (2020), indican que las distintas fases por las que la planta de brócoli pasa durante todo su ciclo son las siguientes:

- a) Crecimiento, aquí la planta únicamente forma hojas y desarrolla sus raíces.
- b) Inducción floral, la brotación de hojas continúa en esta fase con un tamaño menor a la anterior, aquí comienzan cambios fisiológicos que influyen en el apareamiento de la inflorescencia, el factor clave para alcanzar una buena formación de pellas es la temperatura que debe oscilar entre los 15 a 16 °C.
- c) Formación de pellas, en esta fase la inflorescencia formada anteriormente empieza a compactarse más y toma un color intenso, su tamaño aumenta, de igual manera en las yemas axilares empiezan a aparecer cabezas florales más pequeñas.
- d) Floración, los tallos empiezan a elongarse, existe una apertura de hojas y se produce la floración para luego de la fecundación se produzca la fructificación y producción de semillas.

2.1.7. Variedades

Zwaan (2024), menciona las siguientes variedades de brócoli:

2.1.7.1. Izabal

Brócoli con porte de planta medio y de buen vigor. Su florete es compacto, de color verde intenso, con un domo alto y de grano fino. Tiene mucha tolerancia a tallo hueco y se recomienda para cosechas de Otoño-Invierno.

2.1.7.2. Maracaibo

Variedad de la planta vigorosa, de buen sistema radicular y de un color verde intenso, con cabeza densa y pesada. Tiene buen comportamiento pos cosecha, muy uniforme y de buen tamaño en brotes. Ideal para fresco y proceso.

2.1.7.3. Variedades híbridas

Una planta híbrida es el resultado de un cruce entre dos especies o variedades diferentes. Los híbridos presentan mayor variabilidad genética que sus progenitores. Suelen ser más vigorosas y, a menudo, presenta un crecimiento rápido, mayor rendimiento y mayor tamaño (Munipalli, 2023).

2.1.8. Rendimiento de brócoli

Con base en los resultados encontrados el rendimiento medio (13.2 t/ha), es ligeramente superior al rendimiento medio comercial (7 y 12 t/ha) (Pérez y García, 2014).

2.2. Requerimiento edafoclimático

2.2.1. Clima

El brócoli es un cultivo agrícola que se desarrolla mejor en climas frescos y templados. Las temperaturas ideales para su crecimiento oscilan entre los 18°C y 23°C, evitando tanto las temperaturas extremadamente altas como las bajas. Además, el brócoli requiere de un periodo de crecimiento libre de heladas, ya que las temperaturas bajo cero pueden dañar las plantas y reducir su rendimiento (Bastida, 2023).

2.2.2. Temperatura

El brócoli es una verdura de situación fría, como temperatura óptima para el desarrollo de brócoli, considerados aquellas entre 10 y 20 °C. Si la planta de brócoli experimenta temperaturas más altas durante sus primeras etapas de crecimiento, lo más probable es que comience a realizar un crecimiento intenso del tallo y retrasara la formación de las cabezas de las flores. A temperaturas superiores a 20 °C. La temperatura superior a 26 °C probablemente harán que las cabezas florezcan, disminuyendo la calidad y valor comercial (Agribit, 2025).

2.2.3. Suelo

Como todas las crucíferas suelos con tendencia a acidez y no a la alcalinidad, estando óptimo de pH entre de 6.5 y 7. Requiere de suelos de textura media. Soporta mal a la salinidad excesiva del suelo y del aguade riego (Idrobo, 2018).

2.2.4. Agua

Los niveles de humedad suficiente favorecen un crecimiento sano y una formación adecuado de las cabezas. Cuando las precipitaciones naturales son escasas, el agricultor debe ayudar con riego suplementario que satisfaga las necesidades de humedad (Cherlinka, 2024).

Su condición de planta mesofítica, requiere disponer permanentemente de agua de buena calidad para la obtención de máximos rendimientos. La presencia de altos niveles de salinidad o de elementos tóxicos en el agua de riego afecta el potencial de rendimiento de este cultivo, disminuyendo su calidad. Esta hortaliza progresa mejor en ambientes con altos niveles de humedad relativa (Toledo, 2003).

Los riegos deberán ser ligeros y frecuentes, de tal forma que el cultivo disponga siempre de humedad. Se deben de evitar desbalances de humedad debido a que pueden ocasionar maduración prematura de las cabezas (Digege, 2024).

2.2.5. Humedad

Rocha (2016), menciona que la humedad relativa óptima para el cultivo de brócoli oscila entre 60 y 75%, para el desarrollo vegetativo hasta su maduración de la planta.

2.3. Requerimiento nutricional

Según Cendes (1992) citado por Zamora (2014), manifiesta que para el cultivo del brócoli es recomendable adicionar 200 kg de nitrógeno/ha, 220 kg de fosforo/ha y 200 kg de potasio.

2.4. Manejo agronómico de cultivo

2.4.1. Siembra de semillas

Según Kehr y Diaz (2012), menciona que se distinguen dos épocas de plantación, otoño-invierno y primavera-verano, existiendo variedades adaptadas a ambas. En general, los mejores resultados productivos se obtienen en primavera-verano, con pellas de mayor tamaño y menos problemas fitosanitarios.

Otoño-invierno: almácigo en enero-febrero y trasplante en febrero-marzo, considerando que las plantas permanecen largamente en campo en condiciones de bajas temperaturas y precipitaciones, cuyo ciclo se prolonga hasta la primavera (septiembre-octubre).

Primavera-verano: almácigo a inicios de septiembre, y trasplante a inicios de noviembre. Dos semanas antes del trasplante, los plantines requieren endurecimiento en condiciones intermedias entre cubierta y campo para reducir el estrés del trasplante.

2.4.2. Trasplante

El brócoli se siembra a unos 2 cm de profundidad en semillero al aire libre de abril a junio y de agosto a septiembre. Cuando las plantas alcanzan entre 10 y 15 cm trasplantan al aire libre en un marco de plantación en hileras, separados a unos 50-60 cm, debido a su gran porte (Celia, 2012).

2.5. Labores culturales

2.5.1. Siembra

Los riegos que se van a efectuar depende del tipo de suelo, (en suelos ligeros deben aplicarse menos riego en los suelos pesados) en las épocas frías y nubladas el número de riegos menor que en épocas calurosas y despejadas (Canqui, 2018).

2.5.2. Deshierbe

Según Cucul, (2016) citado por Cuji y Veloz (2022), indica que debido a la salida de arvenses durante la primera etapa de desarrollo se realizaron deshierbes manualmente a los 18 y 53 días después del trasplante a fin de que no compita con la planta joven ya sea bien por espacio, agua o nutrientes.

2.5.3. Aporque

Cayo (2025), menciona el aporque se realiza con el fin de estimular la emisión de raíces y proporcionales más agarre a la planta y control de malezas.

El aporque es la acción de amontonar tierra alrededor del tallo (al pie de la planta) para fortalecer el tallo y permitir un crecimiento ideal. Realizar esta labor cultural sencilla le dará grandes beneficios al cultivo incluyendo a fortalecer el tallo, generar mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades, promover el crecimiento de hojas nuevas, estimular el desarrollo de frutos o tubérculos, retener humedad para la planta, proteger los cultivos de las heladas (Rivera, 2015).

2.5.4. Cosecha

Según InfoAgro (2022) citado por Vivanco (2023), el brócoli de buena calidad debe tener las inflorescencias cerradas y de color verde oscuro brillante, compacta (firme a la presión de la mano) y el tallo bien cortado y de la longitud requerida. La cocha empieza cuando la longitud del tallo alcanza 5 o 6 cm, posteriormente se van cosechando a medida que se va produciendo los rebrotes de pellas laterales.

2.6. Abono orgánico

El abono orgánico es un tipo de material que surge de la descomposición natural de desechos vegetales. Estos desechos, al degradarse, mineralizan el suelo y optimizan sus cualidades. Las características físicas, biológicas y químicas de la tierra se potencian, creando un suelo más sano y rico en nutrientes para las futuras cosechas, entre los abonos orgánicos más comunes se conocen el humus de lombriz, el compost, el estiércol de animal, las hojas secas y el bocashi (Guardado, 2022).

Los abonos orgánicos constituyen un elemento crucial para la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola; son bien conocidas sus principales funciones, como sustrato o medio de cultivo, cobertura o mulch, mantenimiento de los niveles originales de materia orgánica del suelo y complemento o reemplazo de los fertilizantes de síntesis; este último aspecto reviste gran importancia, debido al auge de su implementación en sistemas de producción limpia y ecológica (Ramos y Terry, 2014).

2.7. Elaboración de bocashi

Para la elaboración de bocashi se emplean:

a) Ingredientes necesarios

- 2 sacos de estiércol seco (bovino)
- 2 sacos de paja o rastrojo seco (restos de cosecha)
- 2 sacos de cascarilla de arroz
- 1 sacos de carbón vegetal
- 5 kg de harina de roca/ceniza
- 2 sacos de tierra de lugar
- 100 g levadura
- 1 litro de melaza
- Agua natural NO clorada

b) Procedimiento

EAT (2019), menciona los siguientes pasos del proceso de elaboración de bocashi:

- ✓ Paso 1. Se extenderá una primera capa de los ingredientes, incorporándolos de la siguiente manera: Paja o rastrojo seco, estiércol seco, tierra, harina de roca o ceniza, cascarilla de arroz, carbón vegetal. Posteriormente se rociará bien la primera capa con un poco de la mezcla de la melaza y levadura junto con 5 litros de agua, para continuar con una segunda capa de los mismos ingredientes hasta terminar con todos los ingredientes.
- ✓ Paso 2. Se formará una pila de capas de los ingredientes la cual se deberá revolver con ayuda de pala hasta lograr una mezcla homogénea de todos los ingredientes.
- ✓ Paso 3. Una vez mezclados los ingredientes, se revisará la humedad; para ello, se tomará un puño de abono y se apretará. No debe escurrir ni tampoco sentirse seco, se debe sentir una consistencia fresca y moldeable.
- ✓ Paso 4. Una vez verificada la humedad de la pila, se tapaná con el hule y se le colocaran piedras encima para evitar que éste se vuele con el aire.
- ✓ Paso 5. Etapa de fermentación para el correcto proceso de fermentación, se deberá darle dos volteadas.

El proceso de volteos tiene una duración de 17 días consta de tres etapas: La etapa termófila ocurre durante la primera semana, donde el volteo se realizó 2 veces al día, la segunda semana corresponde a la etapa de maduración, en la cual el proceso de volteo se efectuó una vez al día. Finalmente, la etapa de enfriamiento abarca los tres días, durante los cuales el volteo es de una vez al día.

2.8. Abono orgánico bocashi

En el bocashi se busca activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo, pero también se busca nutrir el cultivo y ser un reservorio de nutrimentos para la microflora nativa del suelo, además en el proceso de fermentación los microorganismos benéficos eliminan a los patógenos mediante la combinación de la fermentación alcohólica, con una temperatura entre 40-55 °C (García y Herrán, 2014).

Se trata de un abono orgánico fermentado parcialmente, estable, económico y de fácil preparación. Este abono es producto de un proceso de degradación anaeróbica o aeróbica de materiales de origen animal y vegetal, el cual es más acelerado que el compostaje, permitiendo obtener el producto final de forma más rápida (Mosquera, 2010).

2.8.1. Importancia de abono orgánico bocashi

El bocashi es un abono orgánico que ha sido utilizado por los agricultores japoneses desde hace muchos años como un mejorador del suelo que aumenta la diversidad microbiana, mejora las condiciones físicas y químicas, previene enfermedades del suelo y lo suple de nutrientes para el desarrollo de los cultivos (Sarmiento y Amézquita, 2019).

Los abonos orgánicos mejoran la calidad del suelo, tanto en su estructura como en la fertilidad, incorporando nutrientes y microorganismos beneficiosos para la producción agrícola; así mismo, favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios (Salazar y Vidal, 2021).

2.8.2. Beneficios de usar bocashi

Según Entufinca (2019), los beneficios de usar bocashi son las siguientes:

- No hay formación de gases tóxicos ni produce malos olores

- Facilita el manejo del volumen de abono, su almacenamiento, transporte y disposición de los materiales para elaborarlo (se puede elaborar en pequeños o grandes volúmenes, de acuerdo con las condiciones económicas y con las necesidades de cada productor).
- Se puede producir en la mayoría de los ambientes y climas donde se realicen actividades agropecuarias.
- Autorregula agentes patógenos en el suelo, por medio de la inoculación biológica natural, principalmente de bacterias, actinomicetos, hongos y levaduras, entre otros.
- Permite su uso, al final en los cultivos, en un período relativamente corto y a costos muy bajos.
- Estimula el crecimiento de las plantas por una serie de fitohormonas y fitorreguladores naturales que se activan a través de los abonos fermentados.
- No exige inversiones económicas muy altas en obras de infraestructura rural.
- La gran variedad de los materiales que se encuentran disponibles en las diferentes localidades, más la creatividad de los campesinos, hace que se puedan variar las recetas, haciéndolo más apropiado a cada actividad agropecuaria y condición rural.

2.8.3. Características físicas y químicas

Según Agricultura (2022), menciona las características de bocashi:

- El aroma deberá ser a fermentado con un ligero olor a tierra de monte.
- Los ingredientes deberán estar a un 80% de desintegración.
- La temperatura deberá ser ambiente entre 19 a 23°C.
- El pH deberá estar entre 7.8 y 8.8.

2.8.4. Aporte nutricional de bocashi

No es correcto comparar el Bocashi con los fertilizantes convencionales, sólo por el contenido de nutrientes. Su aporte en términos nutricionales es pequeño pero acumulativo, siendo su principal función el aumento paulatino del contenido de materia orgánica y

microbiología en el suelo, así también como el mejoramiento de las propiedades físicas del mismo (Leod y Aguilar, 2021).

El bocashi incorpora al suelo materia orgánica y nutrientes esenciales como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, los cuales mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo. Este abono tiene como objetivo estimular la vida microbiana del suelo y la nutrición de las plantas (Suarez, 2011).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

El trabajo de investigación se realizó en predios del Centro Experimental de Kallutaca, perteneciente a la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, ubicado en el Municipio de Laja del Departamento de La Paz. Como se observa en la Figura 1, geográficamente se encuentra a $16^{\circ}31'28.26''$ de latitud sur y $68^{\circ}18'31.43''$ de longitud oeste, a una altura de 3908 m.s.n.m. (Google Earth y Geografia, 2024).

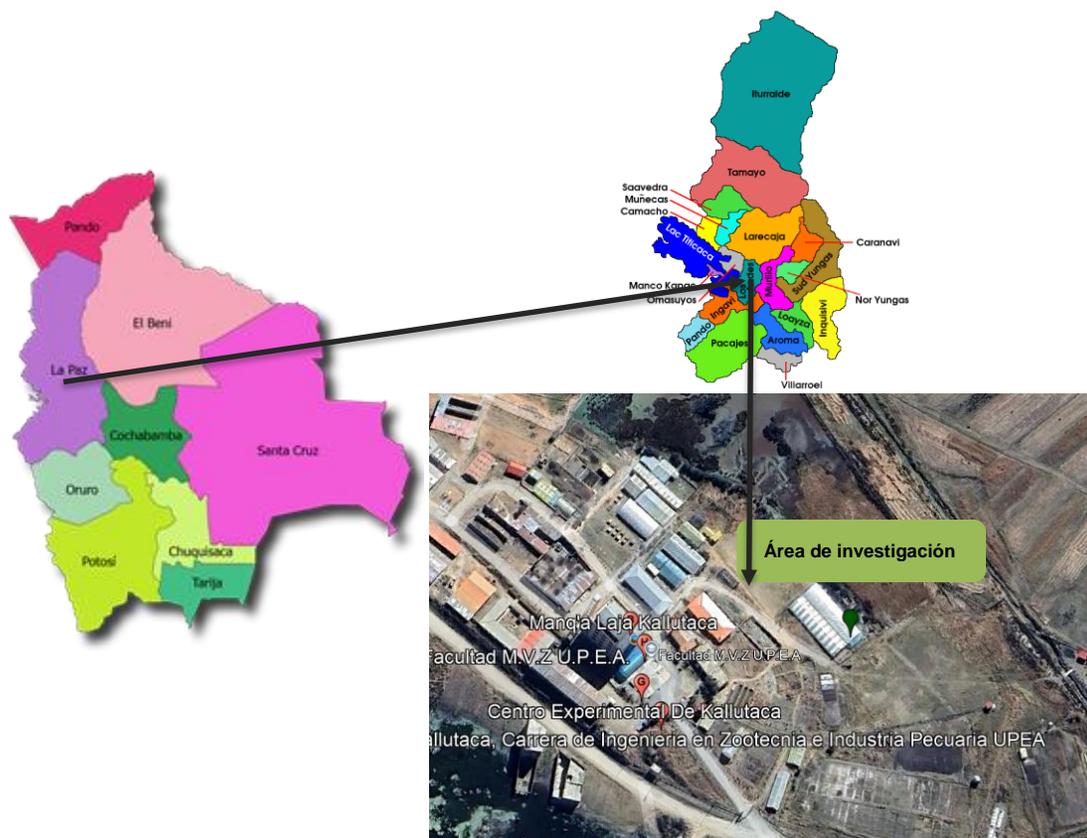


Figura 1. Imagen satelital de los predios del Centro Experimental Kallutaca (Google Earth y Geografia, 2024).

3.1.2. Características Edafoclimáticas

3.1.2.1. Clima

En el Centro Experimental de Kallutaca presenta un clima frío, la temperatura máxima promedio es de 17.5 °C, la temperatura media oscila entre 9.5 °C, la temperatura mínima promedio desde - 5°C., con una precipitación promedio de 435.6 mm y humedad relativa de 76% en promedio (SENAMHI, 2019).

3.1.2.2. Suelo

En Centro Experimental de Kallutaca de la UPEA presenta suelos en su mayoría superficiales de color pardo oscuro, textura franca se nota claramente la presencia de grava y piedras. Con origen tipo volcánica con erosión eólica e hídrico provocado por las lluvias característicos de sector del suelo altiplánico además con deficiencia de nitrógeno y fósforo y potasio que son notorios por ser seco en toda su dimensión, tiene suelos entre 5.5 a 7 de pH, y la humedad del suelo presenta 80 - 85% (Quiape *et al.*, 2020).

3.1.2.3. Flora

La vegetación con mayor presencia corresponde a Cebadilla, Chilliwa, Chiji, Carex, Deuxia, en los cultivos agrícolas son como el caso de papa, haba, cebada, avena, quinua, alfa alfa, entre los forestales presenta, Kiswara, Tola, Keñua, Kaylla, como especies naturales e introducidas, como el caso de Acacia, Retama, Pino, Ciprés (Cachi y Charcas, 2022).

3.2. Materiales

3.2.1. Material de biológico

- Variedad Izabal.
- Variedad Maracaibo.

3.2.2. Insumo

- Bocashi

3.2.3. Material de campo

Los materiales emplearon fueron:

- Cuaderno de campo
- Flexómetro
- Letrero
- Marbete
- Picota
- Rastrillo
- Pala
- Cinta métrica
- Estacas
- Regadera
- Carretilla
- Motocultor
- Vernier
- Chinche
- Cinta de agua
- Balde
- Balanza

3.2.4. Material de gabinete

- Computadora (Laptop)
- Cuaderno de registro
- Papel de escritorio
- Cámara fotográfica
- Lápiz
- Impresora

3.3. Metodología

3.3.1. Procedimiento experimental

3.3.1.1. Siembra en almacigo

La siembra de almacigo del brócoli inició con la preparación del sustrato que contiene tierra del lugar, turba y arena fina. Luego se mezcló encima de una loma, después se regó el

sustrato y se vació en dos platabandas de almacigueras. Posteriormente se niveló y se regó hasta dejarlo húmedo para lograr una germinación uniforme.

La siembra se realizó en el mes de agosto de 2024 mediante el método al voleo, esparciendo las semillas de forma manual lo más uniforme posible. Se utilizaron dos variedades, cada una en su respectiva almaciguera. Después de colocar las semillas en el sustrato, se procedió a cubrirlas con una capa fina y densa de sustrato. Al terminar la siembra, se cubrieron cuidadosamente las almacigueras con nailon negro para mantener la humedad necesaria para la germinación.

Después de una semana, cuando las plantas ya habían emergido, se retiró el nailon. Durante las primeras dos semanas, el riego se realizó con atomizador para controlar la humedad, con una frecuencia de tres a cuatro veces por semana. A medida que las plantas fueron creciendo, se redujo gradualmente la frecuencia de riego.

3.3.1.2. Preparación de terreno

Antes de iniciar la preparación de terreno, el área de investigación se estableció al interior de carpa solar de tipo túnel con medidas de 40 m por 10 m con una superficie de 400 m² ubicado en Centro Experimental de Kallutaca perteneciente a carrera Ingeniería Agronómica.

Previo a la preparación del terreno se realizó la limpieza de todos los residuos vegetales del área de investigación, posteriormente, el terreno fue roturado de acuerdo a los requerimientos del cultivo con la ayuda del motocultor agrícola. Una vez realizada la remoción y el desterronado del suelo se procedió al abonamiento general con una cantidad de 2 kg/m² para eso se mezcló con motocultor. Después se procedió a la nivelación del área experimental con la ayuda de tabla y un rastrillo; esta actividad facilitó la distribución de unidades experimentales.

3.3.1.3. Instalación del sistema de riego

El sistema de riego por goteo se instaló con una separación de 50 cm entre las cintas de goteo y 30 cm entre los orificios de goteo. Se alinearon los orificios de todas las cintas instaladas, y se distribuyeron dos hileras de cinta por cada bloque de investigación. Este sistema de riego facilitó la irrigación durante todo el transcurso de la investigación.

3.3.1.4. Delimitación del área de investigación

Se inició con la delimitación de toda el área experimental de acuerdo al croquis de investigación, utilizando cinta métrica, hilo y estacas que sirvieron para tomar los puntos de división de cada unidad experimental. Al finalizar la distribución, se cerraron todos los puntos marcados con cinta de agua.

3.3.1.5. Aplicación de bocashi

La aplicación de abono bocashi se realizó en cada unidad experimental con el previo pesaje del abono para cada una de las plantas. La investigación tuvo 4 niveles de abono bocashi y dos variedades de brócoli, con un total de 32 unidades experimentales. Los niveles aplicados fueron: 0 kg/ha, 4980 kg/ha, 7980 kg/ha y 10980 kg/ha.

3.3.1.6. Trasplante

El trasplante se realizó cuando las plantas tenían de 2 a 3 hojas verdaderas. Este procedimiento se llevó a cabo durante las horas de la tarde para evitar causar estrés a los plantines. Antes de iniciar el trasplante, se regó el terreno para luego abrir los hoyos a una distancia de 30 cm entre plantas y 50 cm entre hileras de cinta de goteo. El trasplante se realizó de forma manual.

3.3.1.7. Labores culturales

Las labores culturales que se realizaron en todo el proceso de investigación para la producción de brócoli, para eso se realizó lo siguiente labores:

- **Deshierbe**

El deshierbe se realizó con el objetivo de eliminar la competencia por nutrientes, agua y espacio lumínico entre el cultivo y las malezas presentes en el terreno. Esta práctica agrícola también contribuye significativamente a prevenir la aparición de enfermedades, así como a reducir la incidencia de plagas, garantizando el desarrollo del cultivo.

- **Aporque**

El aporque se realizó cuando las plantas comenzaron a formar pellas o cabezas, para evitar el desarrollo de enfermedades y plagas, y para que las plantas no se inclinen fácilmente

con el peso de la inflorescencia, lo cual puede favorecer el contacto directo con el suelo húmedo. Esta situación crea condiciones propicias para el desarrollo de algunos patógenos.

- **Riego**

Respecto al riego, se implementó un sistema de riego por goteo automatizado para controlar la duración del riego. Durante toda la fase fenológica del cultivo de brócoli, se estableció un riego cada 48 horas con una duración de 20 minutos, lo cual permitió mantener la humedad del suelo y prevenir problemas de encharcamiento en el área experimental.

- **Cosecha**

La cosecha se efectuó con la ayuda de navaja de forma manual, cuando las pellas se formaron de manera homogénea los flores y de un color verde intenso se cosecho con dos a tres hojas tiernas para mantener fresco la pella y proteger las pellas. Para toma de datos del peso de pella se utilizó la balanza para un dato preciso y eficiente.

3.3.2. Diseño experimental

En el trabajo de investigación se empleó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo de parcelas divididas (con 4 bloques). Donde el factor A corresponde a dos variedades y factor B corresponde a diferentes concentraciones de abono orgánico bocashi haciendo un total de ocho tratamientos y 32 unidades experimentales (Ochoa, 2013).

Por lo que el modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \epsilon_{ik} + \gamma_j + \alpha\gamma_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera de la variable de respuesta

μ = Media poblacional.

β_k = Efecto del k - ésimo bloque.

α_i = Efecto del i - ésimo nivel del factor A (variedades)

ϵ_{ik} = Error experimental de la parcela mayor (Ea).

γ_j = Efecto del j - ésimo nivel del factor B (nivel de bocashi)

$\alpha\gamma_{ij}$ = Efecto de la interacción del i - ésimo nivel del factor A (variedades) y el j – ésimo nivel de factor B (nivel de bocashi)

ϵ_{ijk} = Error experimental

3.3.3. Factores de estudio

Los factores de estudio fueron:

Factor A: Variedades de brócoli

a_1 = Izabal

a_2 = Maracaibo

Factor B: Concentraciones de bocashi

b_1 = 0 kg/ha

b_2 = 4980 kg/ha (0.83 kg/trat)

b_3 = 7980 kg/ha (1.33 kg/trat)

b_4 = 10980 kg/ha (1.83 kg/trat)

3.3.3.1. Formulación de tratamientos

Los tratamientos que se formularon fueron:

T_1 = a_1b_1 (Izabal y 0 kg/ha)

T_2 = a_1b_2 (Izabal y 4980 kg/ha)

T_3 = a_1b_3 (Izabal y 7980 kg/ha)

T_4 = a_1b_4 (Izabal y 10980 kg/ha)

T_5 = a_2b_1 (Maracaibo y 0 kg/ha)

T_6 = a_2b_2 (Maracaibo y 4980 kg/ha)

T_7 = a_2b_3 (Maracaibo y 7980 kg/ha)

T_8 = a_2b_4 (Maracaibo y 10980 kg/ha)

3.3.4. Croquis del experimento

La distribución de los tratamientos se aprecia en Figura 2.

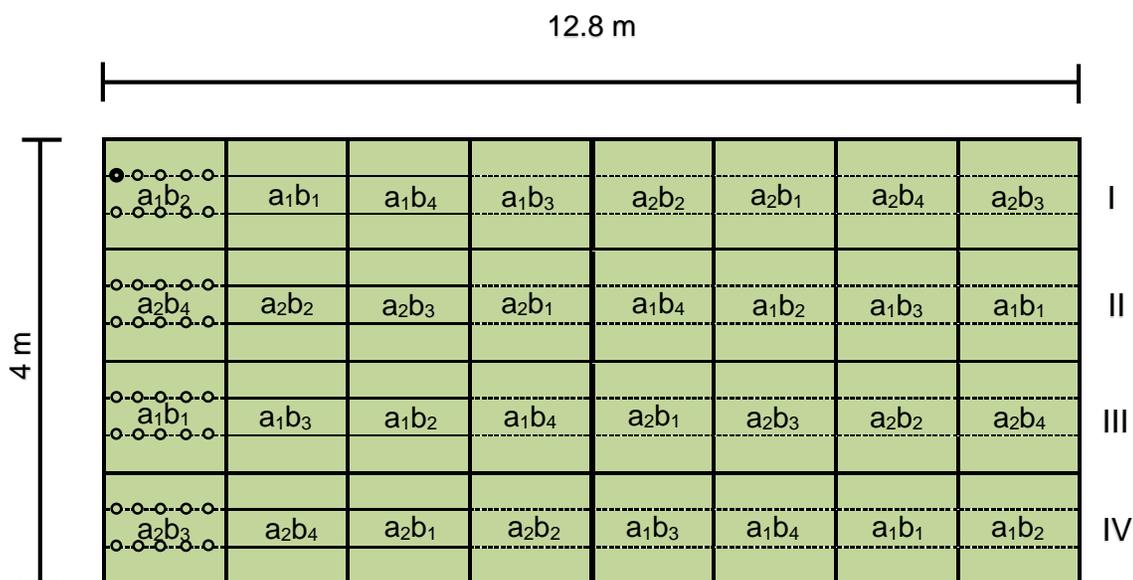
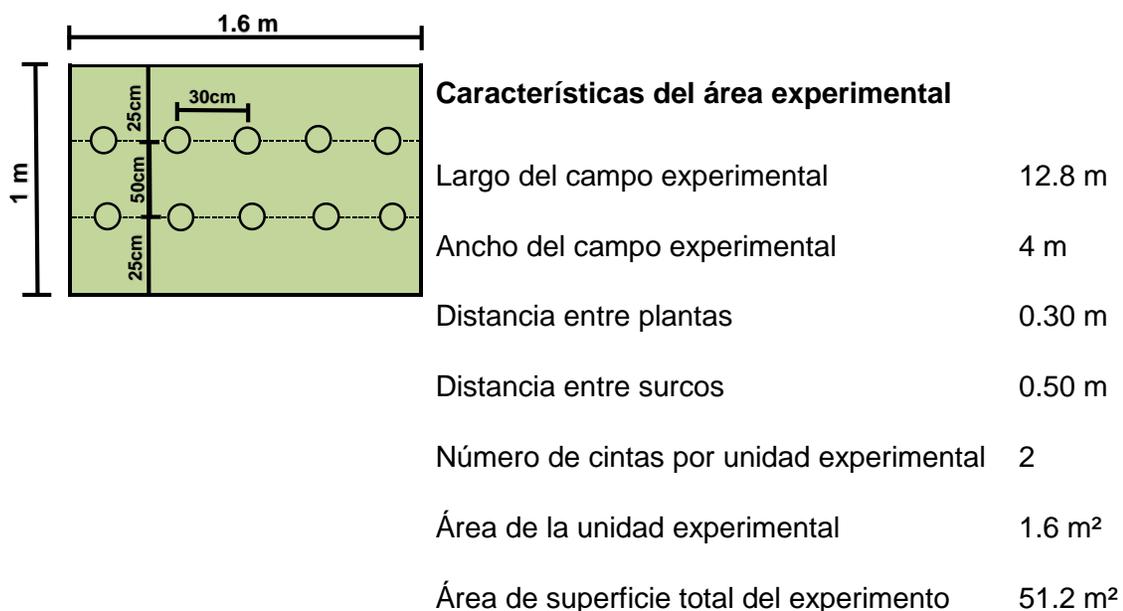


Figura 2. Croquis del experimento



3.3.5. Variables de respuesta

3.3.5.1. Altura de planta (AP)

La variable altura de planta se midió utilizando un flexómetro, los datos se registraron desde la base del tallo hasta el ápice de las plantas identificadas con marbetes durante todo el ciclo vegetativo del cultivo de brócoli en cada unidad experimental. Estas mediciones se realizaron para conocer la respuesta de las plantas a los diferentes tratamientos aplicados.

3.3.5.2. Número de hojas (NH)

El conteo de número de hojas se realizó manualmente de cada una de las plantas muestreadas, se registró el número de las hojas por planta.

3.3.5.3. Diámetro de tallo (DT)

Las medidas del diámetro del tallo se realizaron con la ayuda del calibrador vernier. Se tomaron los datos a una altura de 5 cm desde la base del tallo de las plantas, manteniendo esta altura constante en todas las muestras para asegurar la uniformidad de los resultados, se registró todas las mediciones en centímetros.

3.3.5.4. Días a la madurez comercial (DLMC)

Para determinar los días a la madurez comercial se tomó en cuenta el número de días transcurridos desde el día del trasplante, para disponer el momento de cosecha se observó el color y la homogeneidad de flores.

3.3.5.5. Diámetro de pella (DP)

El diámetro de las pellas se midió en la sección comercial utilizando un calibrador vernier manual. Los datos se obtuvieron de las plantas previamente identificadas con marbetes, registrando todas las mediciones en centímetros para su posterior análisis estadístico.

3.3.5.6. Peso de pella (PP)

Para obtener el peso comercial de las pellas cosechadas, se utilizó una balanza electrónica al momento de la cosecha para obtener el peso de cada una de las plantas muestreadas en el estudio. El pesaje se realizó inmediatamente después del corte para evitar la pérdida de humedad, se registró el peso fresco de cada pella de forma individual.

3.3.5.7. Rendimiento(RTO)

Para la evaluación del rendimiento, se pesaron las pellas de cada unidad experimental utilizando una balanza electrónica, se registraron los datos en g/m² y posteriormente se convirtieron estos valores a t/ha para facilitar la interpretación y comparación de los resultados.

3.3.6. Análisis económico

Para el análisis económico se considerará la relación beneficio costo, que está dado por la siguiente relación (Glenn, 2000) siendo:

– Ingreso Bruto

$$IB = R \times P$$

Dónde: **IB** = Ingreso bruto

R = Rendimiento

P = Precio

– Ingreso neto

$$IN = IB - C$$

Dónde: **IN** = Ingreso neto

IB = Ingreso bruto

C = Costo de producción

– Relación beneficio/costo

$$B/C = IB/CP$$

Dónde: **B/C** = Relación Beneficio Costo

IB = Ingreso Bruto

CP = Costos de Producción

La relación B/C > a 1: Los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción, por lo tanto, el cultivo es rentable.

La relación $B/C = a 1$: Los ingresos económicos son iguales a los gastos de producción, por lo tanto, el cultivo no es rentable, solo cubre los gastos de producción.

La relación $B/C < a 1$: No existe beneficio económico, por lo tanto, el cultivo no es rentable.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características climáticas

4.1.1. Temperatura

La temperatura en el interior del ambiente protegido registró valores de temperatura máxima, media y mínima, como se muestra en la Figura 3. Los datos indican que la temperatura máxima alcanzó 37.1°C en la semana 5, mientras que la temperatura media fue de 22.3°C durante la misma semana. Por otro lado, la temperatura mínima registrada fue de 3.9°C en la semana 1. Todos estos datos fueron obtenidos desde el trasplante hasta la culminación de la cosecha.

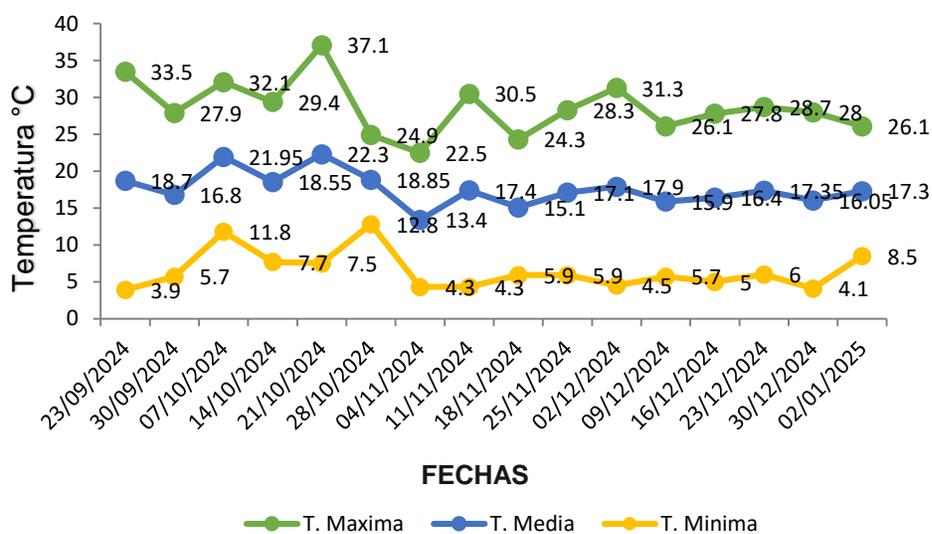


Figura 3. Temperatura de máxima, mínima y media registrada en el interior de la carpa durante el ciclo productivo de brócoli

El rango óptimo está entre 15 y 25 °C, también, soporta temperaturas bajas hasta de -2 °C siempre y cuando no se haya formado aún la inflorescencia. A muy altas temperaturas, las plantas desarrollan tamaño pequeño, cabezas deformes o cabezas normales, pero de color púrpura ocasionando una baja en calidad, mencionado por Zamora (2016). En esta investigación los datos fueron mucho más superiores a la temperatura adecuada, por lo que fueron afectados en desarrollo de plántines de brócoli afectando en la producción de brócoli.

Según Bastida (2023), el brócoli es un cultivo agrícola que se desarrolla mejor en climas frescos y templados. Las temperaturas ideales para su crecimiento oscilan entre los 18°C y 23°C, evitando tanto las temperaturas extremadamente altas como las bajas. Además, el brócoli requiere de un periodo de crecimiento libre de heladas, ya que las temperaturas bajo cero pueden dañar las plantas y reducir su rendimiento.

Los datos registrados en es elevado a comparación datos de Cherlinka (2024), menciona las plantas de brócoli prefieren temperaturas de crecimiento más frescas entre 15°C y 21°C.

4.1.2. Humedad relativa

La humedad relativa registrada en el interior del invernadero desde el día del trasplante y durante todo el transcurso del ciclo vegetativo del brócoli se presenta en la Figura 4. Se observa que la humedad relativa máxima se mantiene en 99% desde la tercera semana de noviembre hasta la cosecha. La humedad relativa media alcanzo su valor máximo de 89% en la última semana del ciclo y su valor mínimo de 34.5% en la segunda semana de octubre. En cuanto a la humedad mínima, se registra un 24% en la segunda semana de octubre.

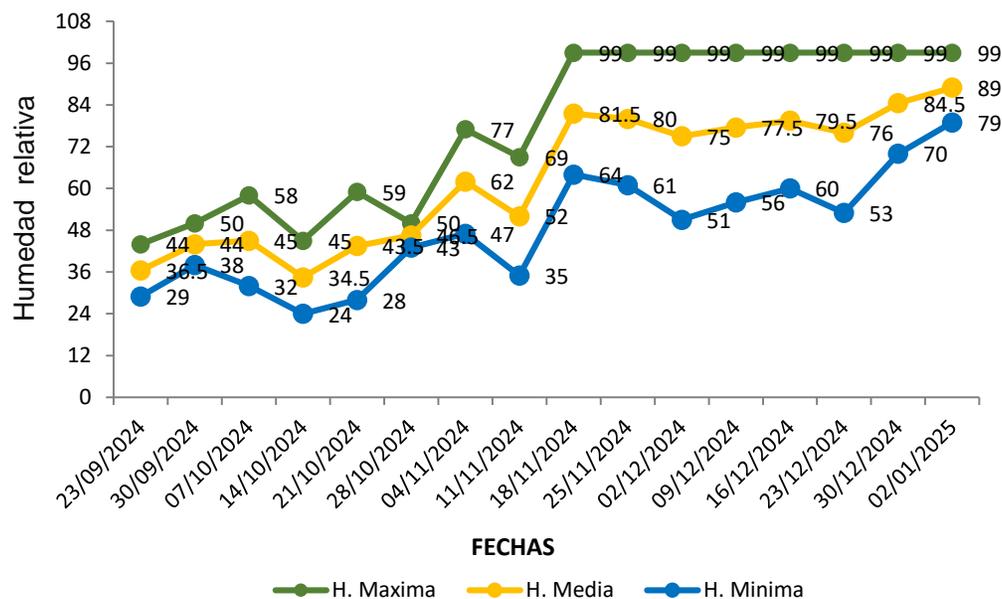


Figura 4. Humedad relativa registrado en el interior del carpa

Matos (2023), señala que la humedad relativa óptima para el cultivo de brócoli oscila entre el 60% y el 75%. Es importante mantener un equilibrio, ya que tanto la falta como el exceso de humedad pueden afectar el crecimiento y desarrollo de la planta.

4.1.3. Análisis físico químico de bocashi

En el Cuadro 1, los resultados del análisis del abono bocashi muestran un pH de 7.9, lo cual indica que es ligeramente alcalino. La conductividad eléctrica registrada fue de 2.07 mmhos/cm, valor que se considera ligeramente salino y representa un nivel alto para el cultivo de brócoli. El contenido de potasio total (1.126%) contribuyó a mantener un crecimiento saludable de la planta. Por su parte, el nitrógeno total (0.95%), aunque bajo, ayudó en el crecimiento de las hojas y el desarrollo de las pellas de brócoli. El alto contenido de materia orgánica (52%) fue de gran beneficio para retener agua y nutrientes, mejorando significativamente la estructura del suelo. Finalmente, el fósforo total, con un valor bajo de 0.31%, contribuyó al desarrollo del sistema radicular.

Cuadro 1. Análisis de físico químico de abono bocashi

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	-	7.9
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	2.07
potasio total	%	1.126
Nitrógeno total	%	0.95
Materia orgánica	%	52
Carbono Orgánico	%	29
Fosforo total	%	0.31

4.1.4. Análisis físico y químico de suelo

Cuadro 2. Análisis físico y químico de suelo

Parámetros	Unidades	Resultados
Densidad Aparente	g/cm	1.053
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	4.35
pH	-	8,22
Potasio intercambiable	meq/100Gs.	2.774
Nitrógeno total	%	0.48
Materia orgánica	%	7.70
Fosforo disponible	ppm	88.40
Textura		
Arena	%	21
Limo	%	45
Arcilla	%	34
Clase textural		Franco arcilloso

De acuerdo al análisis físico y químico de suelo en el Cuadro 2, muestra que la densidad aparente de 1.053 g/cm³, lo que indica un suelo con buena estructura y porosidad, conductividad eléctrica de 4.35 mmhos/cm indica salinidad moderada a alta. Este nivel puede afectar el crecimiento de plantas sensibles a la sal, pH de 8.22 es moderadamente alcalino, podría limitar la disponibilidad de algunos micronutrientes, potasio intercambiable 2.774 meq/100g nivel moderado, nitrógeno total de 0.48% con un alto contenido de materia orgánica, fósforo disponible de 88.40 ppm excelente para el desarrollo radicular y formación de cabezas. Materia orgánica de 7.70% se consideran ricos en materia orgánica, lo que mejora la estructura. Textura el suelo tiene 21% arena, 45% limo y 34% arcilla, clasificándose como franco arcilloso esta textura es buena para la agricultura.

4.2. Variables agronómicas

4.2.1. Altura de planta

El análisis de varianza para variable de altura de planta de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de abono bocashi en el Cuadro 3, muestra que no hay diferencias significativas entre bloques ($p > 0.05$) de la misma manera no hay diferencias significativas entre variedades, en cuanto a concentraciones de bocashi presentan diferencias altamente significativo ($p < 0.01$) y la interacción de variedad*Bocashi existen

diferencias significativas ($p < 0.05$). El coeficiente de variación de 7.15% que indica que los datos fueron confiable ($< 30\%$).

Cuadro 3. Análisis de varianza de la altura de planta de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	385.27	3	128.42	5.8	0.0914 NS
Variedad	3.26	1	3.26	0.15	0.7267 NS
Ea	66.43	3	22.14		
Bocashi	424.96	3	141.65	16.55	<0.0001 **
Variedad*Bocashi	84.47	3	28.16	3.29	0.0445 *
Error	154.07	18	8.56		
Total	1118.46	31			
CV %	7.15				

NS = No significativo ** = Altamente significativo * = Significativo

En la Figura 5, se observan los resultados obtenidos de dos variedades de brócoli para la variable altura de planta, las cuales no presentaron diferencias significativas. La variedad Maracaibo obtuvo un promedio de 41.21 cm, mientras que la variedad Izabal tuvo un promedio de 40.57 cm. Los datos obtenidos de ambas variedades fueron similares.

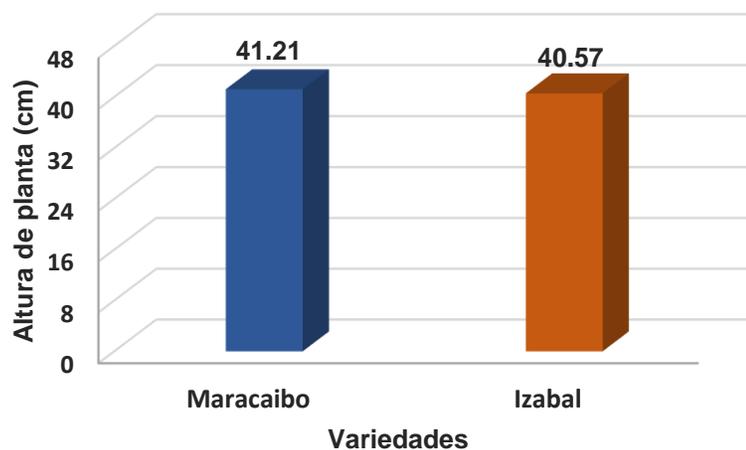


Figura 5. Promedios de la altura de planta dos variedades brócoli

En la Figura 6, mediante la prueba de Duncan para altura de planta con diferentes concentraciones de bocashi, se presentan dos grupos estadísticamente diferentes. El primer grupo, conformado con las aplicaciones de 10980 kg/ha de bocashi que registro un mayor desarrollo de 43.45 cm, continuando con la aplicación de 7980 kg/ha con datos obtenido media de altura de 42.78 cm y 4980 kg/ha que alcanzó una altura de 42.75 cm, mostro valores superiores en comparación con el segundo grupo. Con la ausencia de bocashi testigo 0 kg/ha presentó un resultado de 34.6 cm, demostrando promedios menores en comparación con la aplicación de bocashi.

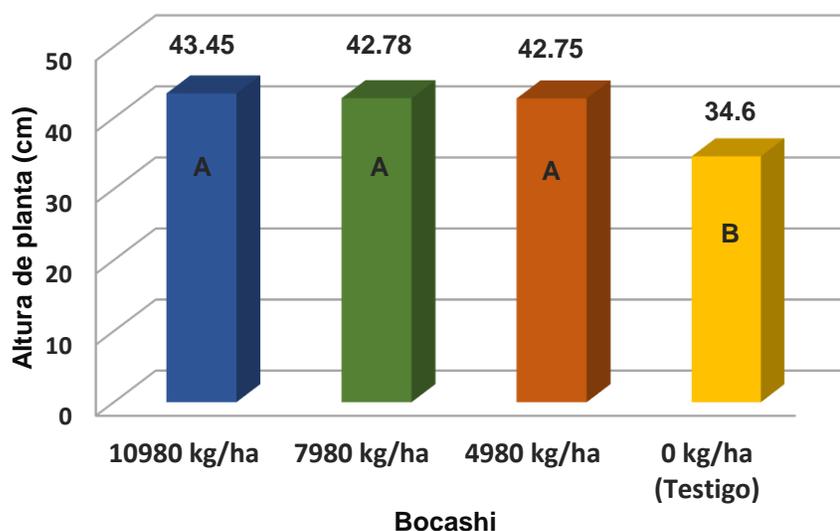


Figura 6. Prueba de medias Duncan de la altura de planta de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

Según la prueba de medias de Duncan para altura de planta en la interacción de variedad*abono orgánico bocashi en el Cuadro 4, se identificaron dos grupos significativamente diferentes. El mayor promedio de altura con la variedad Maracaibo aplicado 10980 kg/ha de bocashi, alcanzo 45.14 cm, seguido por la variedad Izabal con la aplicación de 4980 kg/ha que logró llegar a un promedio de 44.98 cm y la variedad Maracaibo con la aplicación de 7980 kg/ha que obtuvo 44.54 cm. La misma variedad Izabal con aplicaciones de 10980 kg/ha y 7980 kg/ha registraron valores 41.75 y 41.2 cm respectivamente, seguido por la variedad Maracaibo con la incorporación de 4980 kg/ha que alcanzo 40.51 cm de altura. Finalmente, ambas variedades Maracaibo e Izabal con ausencia de bocashi 0 kg/ha presentaron los menores promedios con 34.65 y 34.55 cm de altura de planta.

Cuadro 4. Prueba de medias de Duncan de la altura de planta de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

Variedad	Abono orgánico bocashi kg/ha	Medias	Duncan ($\alpha=0.05$)
Maracaibo	10980 kg/ha	45.14	A
Izabal	4980 kg/ha	44.98	A
Maracaibo	7980 kg/ha	44.54	A
Izabal	10980 kg/ha	41.75	A
Izabal	7980 kg/ha	41.02	A
Maracaibo	4980 kg/ha	40.51	A
Maracaibo	0 kg/ha (Testigo)	34.65	B
Izabal	0 kg/ha (Testigo)	34.55	B

Los resultados de la variable en estudio presentaron variaciones que se deben a la aplicación de diferentes concentraciones de abono bocashi, las características genéticas de las variedades y las condiciones ambientales. Habiendo alcanzado un máximo de 45.14 cm con la aplicación de bocashi de 10980 kg/ha.

Según Gonzalo (2023), indica con la incorporación de bocashi donde la dosis D3 (5 kg de Bocashi/m²) alcanzó un valor mayor con 50,02 cm, seguida de la dosis D2 (2 kg de Bocashi/m²) con 44,82 cm, finalmente está la dosis D1 (sin Bocashi) con 40,13 cm. Por lo que concuerda con la investigación los valores obtenidos son ligeramente similares.

Al respecto Molina (2015), en su investigación con aplicación de abono orgánico bocashi registro con T₃ Bocashi 15000 kg/ha con promedio de 36.41 cm, así como también el T₂ Bocashi 10000 Kg/ha con promedio de 35.03cm, el T₁ Bocashi 5000 kg/ha la altura de planta registrada fue de 29.46cm, la menor altura de planta fue de T₀ Testigo absoluto – sin fertilizar con un promedio de 28.55.

4.2.2. Número de hojas

De acuerdo al análisis de varianza de número de hojas de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi en el Cuadro 5, se puede apreciar que entre bloques existen diferencias significativas ($p < 0.05$). Para variedad, abono y la interacción variedad por abono se presentaron diferencias altamente significativas, estando estos valores

inferiores ($p < 0.01$). El coeficiente de variación obtenido fue de 3.67% por lo que los resultados están dentro del rango de aceptación y son confiables.

Cuadro 5. Análisis de varianza de número de hojas por planta de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	2.17	3	0.72	10.1	0.0447 *
Variedad	23.35	1	23.35	325.35	0.0004 **
Ea	0.22	3	0.07		
Bocashi	13.27	3	4.42	14.3	0.0001 **
Variedad*Bocashi	5.3	3	1.77	5.71	0.0063 **
Error	5.57	18	0.31		
Total	49.88	31			
CV (%)	3.67				

* = Significativo ** = Altamente significativo.

En la Figura 7, mediante la prueba de Duncan para variable de número de hojas de dos variedades, se observan dos grupos estadísticamente diferentes. El primer grupo, con resultados altos corresponde a la variedad Maracaibo, que presentó mayor número de hojas alcanzando un promedio de 16 hojas. Estos valores fueron significativamente superiores a los valores registrados por la variedad Izabal, que obtuvieron valores más bajos con 14 hojas.

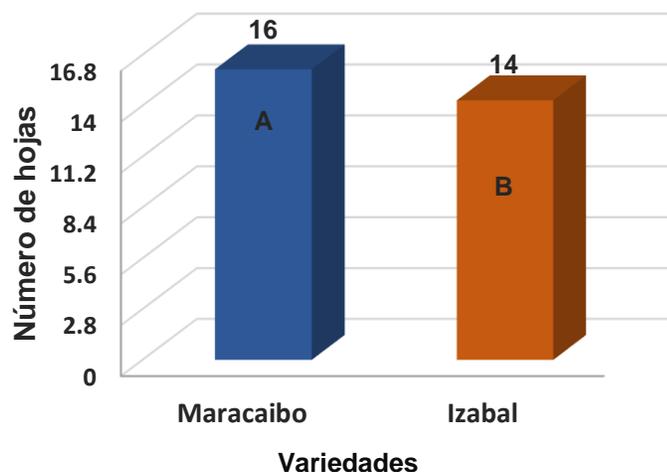


Figura 7. Prueba de medias de Duncan de número de hojas de dos variedades de brócoli

Según la prueba de Duncan de número de hoja de dos variedades con diferentes concentraciones de bocashi en la siguiente Figura 8, se visualiza tres grupos estadísticamente diferentes. El primer grupo presentó mayor número de hojas con la aplicación de 7980 kg/ha del abono bocashi, logrando obtener 16 hojas. El segundo grupo conformado por 4980 kg/ha y 10980 kg/ha de abono bocashi, obtuvo valores iguales 15 hojas. Por último, el tercer grupo con ausencia de bocashi 0 kg/ha se logró alcanzar 14 hojas, resultado inferior a los anteriores tratamientos. Estos resultados sugieren que las diferentes concentraciones de bocashi aplicadas pueden influir significativamente en el desarrollo foliar.

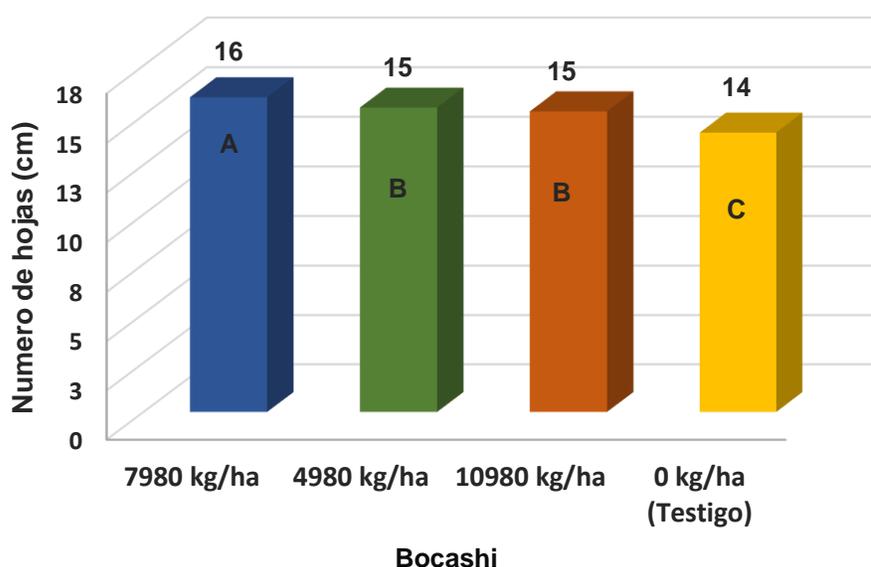


Figura 8. Prueba de medias de Duncan de número de hoja por planta de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

En la prueba de Duncan para el número de hojas por planta con diferentes concentraciones de bocashi en el Cuadro 6, se pueden apreciar tres grupos estadísticamente significativos. El primer grupo está conformado por la variedad Maracaibo con aplicación de 7980 kg/ha de bocashi, la cual resultó superior a las demás interacciones al alcanzar un promedio de 17 hojas por planta. Le sigue la misma variedad Maracaibo con aplicaciones de 4980 kg/ha y 10980 kg/ha, ambas obteniendo valores iguales de 16 hojas. Los valores van disminuyendo progresivamente hasta llegar al tratamiento testigo con la variedad Izabal sin aplicación de bocashi 0 kg/ha, que obtuvo 13 hojas por planta. Este último resultado es inferior a los primeros datos obtenidos.

Cuadro 6. Prueba de medias de Duncan número de hojas por planta de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

Variedad	Abono orgánico bocashi kg/ha	Medias	Duncan ($\alpha=0.05$)
Maracaibo	7980 kg/ha	17	A
Maracaibo	4980 kg/ha	16	B
Maracaibo	10980 kg/ha	16	B
Izabal	7980 kg/ha	14	C
Izabal	4980 kg/ha	14	C
Maracaibo	0 kg/ha (Testigo)	14	C
Izabal	10980 kg/ha	14	C
Izabal	0 kg/ha (Testigo)	13	C

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que la aplicación en una concentración de abono bocashi de 7980 kg/ha presenta un promedio alto de 17 hojas. Este resultado se puede atribuir a la cantidad de nitrógeno que aporta tanto el suelo como el abono aplicado, lo cual ayudando en el desarrollo de las hojas de las plantas. Al respecto Blanco (2017), en su investigación del cultivo de brócoli no encontró diferencia significativas en la variable de numero de hojas, registrando el testigo y la concentración de AOLA de 10% son iguales con un promedio de 11 hojas por planta, mientras con las concentraciones de AOLA de 20 y 30% también son iguales con un promedio de 12 hojas por planta.

Martínez (2015), indica la diferencia en número de hojas se deben a las características genéticas de cada híbrido y a la respuesta de las condiciones ambientales de la zona de ensayo.

4.2.3. Diámetro de tallo (cm)

En el Cuadro 7, del análisis de varianza del diámetro de tallo de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de brócoli, muestra que el coeficiente de variación es de 8.48% un valor inferior a 30%, por lo que los datos son confiables. Por otro lado, entre bloques y variedades no se presentan diferencias significativas, ya que los valores son superiores ($p > 0.05$). A diferencia de esto, para las concentraciones de bocashi se observa que existen diferencias altamente significativas, teniendo un valor inferior ($p < 0.01$). Para la interacción variedad por bocashi se aprecia diferencias significativas ($p < 0.05$).

Cuadro 7. Análisis de varianza de diámetro de tallo de variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	1.92	3	0.64	4.32	0.1302 NS
Variedad	0.97	1	0.97	6.52	0.0836 NS
Ea	0.44	3	0.15		
Bocashi	2.15	3	0.72	14.81	<0.0001 **
Variedad*Bocashi	0.65	3	0.22	4.46	0.0164 *
Error	0.87	18	0.05		
Total	7	31			
CV (%)	8.48				

NS = No significativo ** = Altamente significativo * = Significativo

En cuanto al diámetro de tallo de las dos variedades de brócoli en la Figura 9, se aprecia que no existen diferencias significativas entre variedades, La variedad Maracaibo obtuvo un diámetro promedio de 2.77 cm, mientras que la variedad Izabal presento un valor de 2.42 cm. Se puede mencionar que ambas variedades presentaron diámetro de tallo similares, con una diferencia mínima entre ellas.

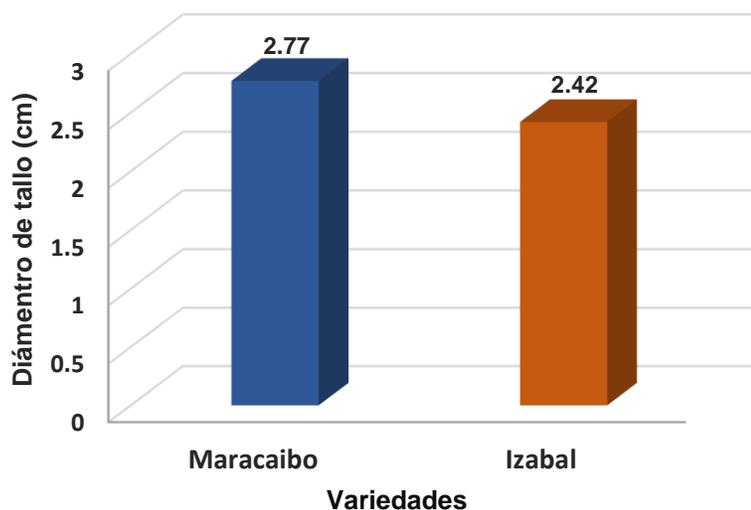


Figura 9. Promedios de diámetro de tallo de dos variedades de brócoli

En la Figura 10, mediante la prueba de medias de Duncan de diámetro de tallo aplicando diferentes concentraciones de bocashi, se puede apreciar dos grupos estadísticamente diferentes. El primer grupo se observa que con la aplicación de 7980 kg/ha se alcanzó el mayor promedio de diámetro con 2.83 cm, seguido de la aplicación de 10980 kg/ha de abono bocashi que logró un promedio de 2.74 cm, y finalmente con la aplicación de 4980 kg/ha de bocashi con un resultado de 2.65 cm. El segundo grupo está conformado únicamente de 0 kg/ha como testigo el cual obtuvo 2.16 cm de diámetro de tallo, valor inferior al de todas las demás concentraciones aplicadas.

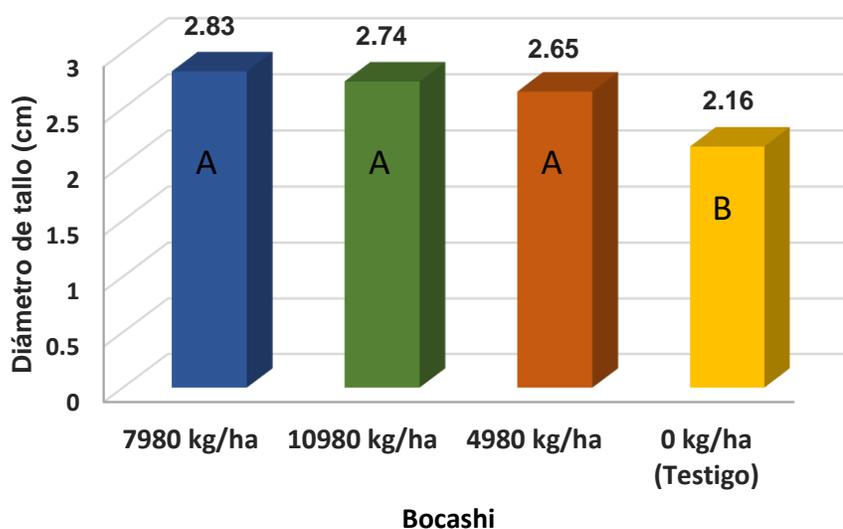


Figura 10. Prueba de medias de Duncan de diámetro de tallo de variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

Según la prueba de Duncan en Cuadro 8, se evidencia tres grupos estadísticamente diferentes en la interacción variedad por bocashi para la variable diámetro de tallo, se identifica el primer grupo con la variedad Maracaibo con aplicaciones de 10980 kg/ha y 7980 kg/ha de bocashi obtuvo mejores resultados, con diámetro de 3.13 y 2.95 cm respectivamente, superando significativamente a las demás interacciones, respecto con el segundo grupo conformados por la variedad Izabal con aplicaciones de 7980 kg/ha y 4980 kg/ha de bocashi, que registraron promedios de 2.7 y 2.66 cm, la variedad Maracaibo con la aplicación de 4980 kg/h con un resultado de 2.65 cm. Por otro lado, la variedad Izabal y Maracaibo con incorporación de 10980 kg/ha y el testigo sin bocashi 0 kg/ha, que obtuvieron promedios de 2.35 y 2.34 cm de diámetro de tallo. Finalmente, el tercer grupo con la variedad Izabal sin incorporación de bocashi testigo presento el menor valor con 1.97 cm de diámetro de tallo. Los resultados sugieren que la aplicación de bocashi en mayores

cantidades tiende a generar mejores resultados en el diámetro de tallo en comparación con los que no se incorporaron de bocashi.

Cuadro 8. Prueba de medias de Duncan de diámetro de tallo de variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

Variedad	Abono orgánico bocashi kg/ha	Medias	Duncan ($\alpha=0,05$)
Maracaibo	10980 kg/ha	3.13	A
Maracaibo	7980 kg/ha	2.95	A
Izabal	7980 kg/ha	2.7	B
Izabal	4980 kg/ha	2.66	B
Maracaibo	4980 kg/ha	2.65	B
Izabal	10980 kg/ha	2.35	B
Maracaibo	0 kg/ha (Testigo)	2.34	B
Izabal	0 kg/ha (Testigo)	1.97	C

En la variable de diámetro de tallo los datos obtenidos fueron mayores al aplicar con 10980 kg/ha, obteniéndose 3.13 cm en comparación con otros tratamientos. Esto se debe a la cantidad de abono incorporado que permitió un mejor aprovechamiento de los nutrientes, junto con la interacción favorable con la variedad.

Mamani (2014), en su investigación registro el variable diámetro de tallo, con resultados 2.31 a 1.80 cm esta diferencia se debe a las características genéticas de las variedades utilizadas en el experimento. Siendo ligeramente similares comparación realizada.

Lo datos obtenidos en la investigación en superior a comparación Condori (2019), de acuerdo a la investigación de diámetro de tallo donde obtuvo 1.61 cm diámetro de tallo por planta y a 1.55 cm diámetro de tallo por planta.

Según Huanca (2019), realizado el estudio de misma especie brócoli aplicando con diferentes dosis de compost, de la variable de diámetro de tallo alcanzo promedios de los tratamientos T_1 (2 kg de compost/m²), T_2 (3 kg de compost/m²) y T_3 (6 kg de compost/m²) con promedios de 1.83, 1,90 y 2.17 cm, el tratamiento T_0 (0 kg de compost/m²) con un promedio de 1.47 cm.

4.2.4. Días a la madurez comercial

El análisis de varianza para variable de días a la madurez comercial de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi en el Cuadro 9, se aprecia que no existe

diferencia significativos entre bloques ni entre variedades estando con valores superiores ($p > 0.05$). Con respecto a las concentraciones de bocashi, se observa diferencias altamente significativas con valores muy debajo ($p < 0.01$). Por otro lado, la interacción de variedad * abono no presenta diferencias significativas ($p > 0.05$). El coeficiente de variación obtenido fue de 1.91%, valor que se considera confiable ($< 30\%$).

Cuadro 9. Análisis de varianza de días a la madurez comercial de dos variedades brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	45.29	3	15.1	1.01	0.4976 NS
Variedad	106.58	1	106.58	7.11	0.0759 NS
Ea	44.95	3	14.98		
Bocashi	190.41	3	63.47	16.18	<0.0001 **
Variedad*Bocashi	23.25	3	7.75	1.98	0.1538 NS
Error	70.62	18	3.92		
Total	481.1	31			
CV (%)	1.91				

NS = No significativo ** = Altamente significativo

De acuerdo con la Figura 11, en relación con los días a la madurez de las dos variedades, se muestra que no existen diferencias estadísticas, lo que indica que los datos son similares. La variedad Maracaibo alcanzó la madurez a los 105 días transcurridos desde el trasplante y la variedad Izabal presentó un promedio de 102 días hasta la madurez de la pella.

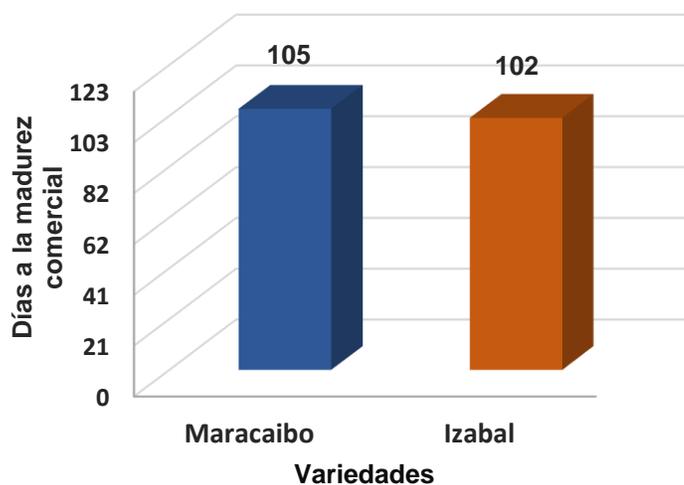


Figura 11. Promedios de días a la madurez comercial de dos variedades de brócoli

La Figura 12, muestra la prueba de medias del número de días transcurridos hasta la madurez comercial con la aplicación de diferentes concentraciones de bocashi en dos variedades. Se puede observar dos grupos estadísticamente significativos. Por lo tanto, sin aplicar de abono bocashi testigo 0 kg/ha obtuvo 108 días transcurridos hasta la madurez comercial. En contraste, el segundo grupo conformado por las concentraciones de 4980, 7980 y 10980 kg/ha de abono bocashi, registro valores de 103, 102 y 101 días transcurridos, respectivamente. Por lo tanto, se puede determinar el testigo demora más días en cuanto a madurez de pellas de brócoli, en cambio con el promedio más bajo sobre al estado de madures más rápida fue 101 días con abono de 10980 kg/ha de bocashi, evidenciando que la incorporación de bocashi acelera la madurez comercial y produce mejores resultados en comparación con la ausencia de este abono orgánico.

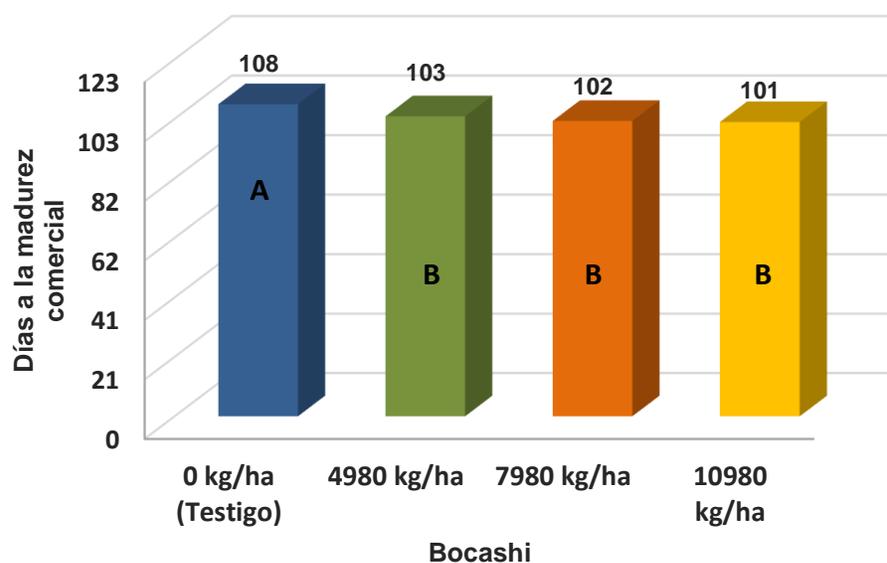


Figura 12. Prueba de medias de Duncan de días transcurridos a la madurez comercial de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

Los promedios de la variable días a la madurez comercial con la interacción de variedad*bocashi en el Cuadro 10, muestra que la variedad Maracaibo al 0 kg/ha testigo fue la más tardía en la maduración y formación de pellas desde el trasplante, con promedio de 109 días transcurridos. Le siguieron las variedades Maracaibo e Izabal con la aplicación de 4980 kg/ha y 0 kg/ha testigo, con resultados de 107 y 106 días, valores similares entre sí. Posteriormente, la variedad Maracaibo con dos aplicaciones diferentes de 7980 kg/ha y

10980 kg/ha evidenciado datos iguales 103 días. Finalmente, la variedad Izabal con aplicaciones de bocashi de 7980 kg/ha, 4980 kg/ha y 10980 kg/ha obtuvieron valores iguales de 100 días, siendo esta variedad fue la más rápida en cuanto a madurez de pellas.

Cuadro 10. Promedios de días a la madurez comercial de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

Variedad	Abono orgánico bocashi kg/ha	Medias
Maracaibo	0 kg/ha (Testigo)	109
Maracaibo	4980 kg/ha	107
Izabal	0 kg/ha (Testigo)	106
Maracaibo	7980 kg/ha	103
Maracaibo	10980 kg/ha	103
Izabal	7980 kg/ha	100
Izabal	4980 kg/ha	100
Izabal	10980 kg/ha	100

En cuanto a la variación de la variable días a la madurez comercial, se muestra que tanto la cantidad de bocashi aplicada como la genética de cada variedad, además de las condiciones del lugar ya sea humedad y temperatura son factores determinantes en esta variable. Según Cruz y Vega (2018), menciona que el promedio general de días transcurridos desde el trasplante hasta la cosecha de las pellas fue de 85 días, no detectó diferencias estadísticas significativas para tratamientos y factores en estudio.

De acuerdo a Mamani (2014), indica la variable días hasta la madurez comercial con menor tiempo con un total de 96 días y la de mayor tiempo con 108 días para la. Por lo que los valores son ligeramente similares a la investigación.

4.2.5. Diámetro de pella (cm)

El análisis de varianza para la variable de diámetro de pella de dos variedades con diferentes concentraciones de bocashi en el Cuadro 11, se observar que no existe diferencias significativas entre bloques ($p > 0.05$). Entre las variedades se muestra diferencias significativas ($p < 0.05$), mientras que para las concentraciones de bocashi se aprecia diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). La interacción variedad*abono

presentó diferencias significativas ($p < 0.05$). El coeficiente de variación fue de 9.19% para el diámetro de pella, lo que indica que los datos obtenidos son confiables.

Cuadro 11. Análisis de varianza de diámetro de pella de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Bloque	14.01	3	4.67	3.53	0.1639	NS
Variedad	17.89	1	17.89	13.52	0.0348	*
Ea	3.97	3	1.32			
Bocashi	21.79	3	7.26	7.85	0.0015	**
Variedad*Bocashi	8.97	3	2.99	3.23	0.0469	*
Error	16.65	18	0.92			
Total	83.28	31				
CV (%)	9.19					

NS = No significativo * = Significativo ** = Altamente significativo

En la prueba de Duncan para el diámetro de pella de dos variedades de brócoli en la Figura 13, se observan dos grupos significativamente diferentes. El primer grupo, con la variedad Maracaibo, presenta un promedio de 11.21 cm, superior en comparación con la variedad Izabal, que obtuvo un promedio de 9.71 cm de diámetro de pella.

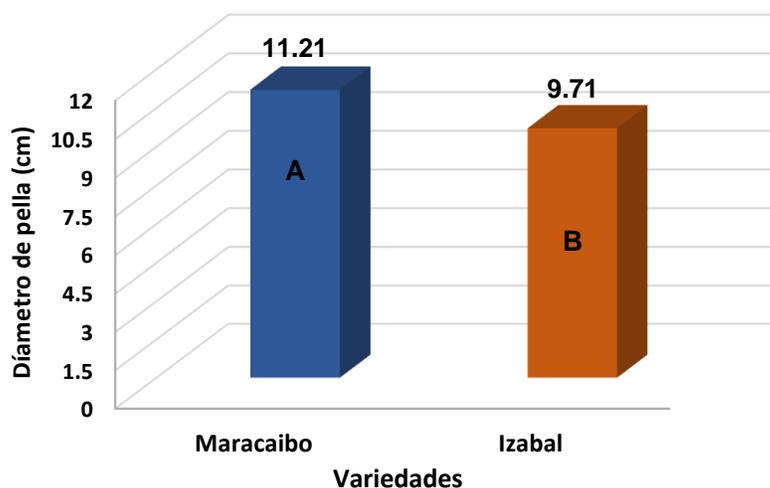


Figura 13. Prueba de medias de Duncan de diámetro de pella de dos variedades de brócoli

En cuanto a la prueba de medias de la variable diámetro de pella de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi como se observa en la Figura 14, dos grupos significativamente diferentes. El primer grupo está conformado por la concentración de 7980 kg/ha de abono bocashi, que obtuvo un promedio de 11.13 cm; seguido de 10980 kg/ha de abono bocashi, que alcanzó 11.08 cm, por último 4980 kg/ha de bocashi, que logró un promedio de 10.55 cm de diámetro de pella. En cambio, el segundo grupo sin incorporación de abono bocashi 0 kg/ha, alcanzó un promedio de 9.08 cm de diámetro de pella.

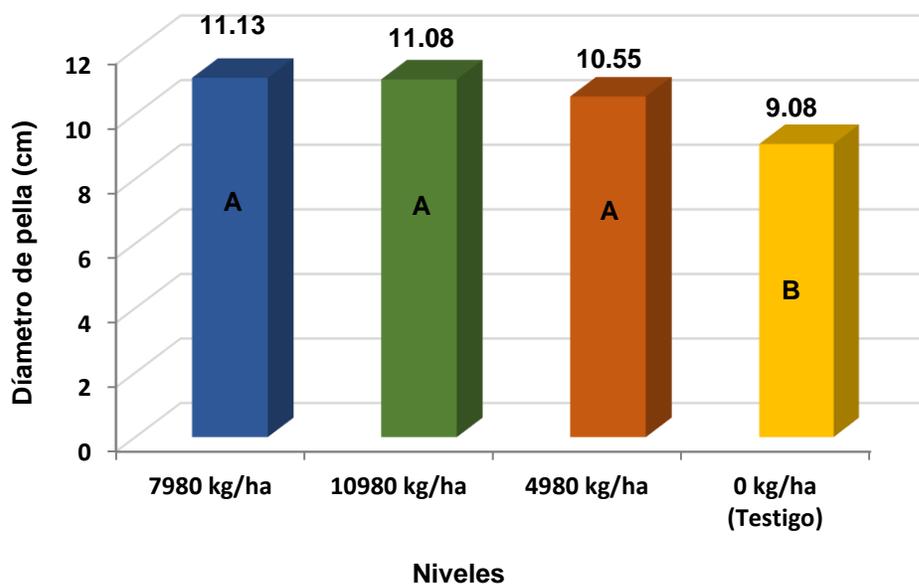


Figura 14. Prueba de medias de Duncan de diámetro de pella de variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

En el Cuadro 12, se evidencia dos grupos significativamente diferentes en la interacción de variedad*abono mediante la prueba de medias de la variable de diámetro de pella. El primer grupo corresponde a la variedad Maracaibo con diferentes incorporaciones de bocashi de 10980 kg/ha y 7980 kg/ha, que alcanzó promedios de 12.58 y 12.08 cm de diámetro de pella, siendo los más destacados con respecto al resto. El segundo grupo con la variedad Maracaibo con aplicación de 4980 kg/ha obtuvo el promedio de 10.99 cm, seguida de la variedad Izabal con diferentes aplicaciones de bocashi: 7980 kg/ha, 4980 kg/ha y 10980 kg/ha que alcanzaron resultados de 10.18, 10.12 y 9.58 cm. Finalmente, las variedades Maracaibo e Izabal sin aplicación de abono bocashi registraron los resultados bajos de 9.19 y 8.98 cm, teniendo una diferencia de 3.6 cm entre el primer valor y el último.

Cuadro 12. Prueba de medias de Duncan de diámetro de pella de dos variedades con diferentes concentraciones de bocashi

Variedad	Abono orgánico bocashi kg/ha	Medias	Duncan ($\alpha=0.05$)
Maracaibo	10980 kg/ha	12.58	A
Maracaibo	7980 kg/ha	12.08	A
Maracaibo	4980 kg/ha	10.99	B
Izabal	7980 kg/ha	10.18	B
Izabal	4980 kg/ha	10.12	B
Izabal	10980 kg/ha	9.58	B
Maracaibo	0 kg/ha (Testigo)	9.19	B
Izabal	0 kg/ha (Testigo)	8.98	B

Los datos obtenidos de esta investigación respecto a la presente variable se deben a la influencia de incorporación del abono bocashi, que proporciona nutrientes esenciales para la formación de pellas. Por otro lado, las características genéticas, la humedad del suelo y el tipo de suelo también fueron factores importantes, los datos obtenidos del este estudio son ligeramente similares en comparación con el estudio de Huanca (2019), en su investigación con abono de compost, alcanzó un promedio máximo de 10,22 cm con la aplicación de 6 kg/m².

Mamani (2014), en su investigación encontró diferencia significativa para variable de diámetro de pella obtuvo el mayor diámetro de inflorescencia al momento de la cosecha, con un promedio de 12,50 cm seguido con 8,98 centímetros.

Copari (2015), en su investigación sobre concentraciones de biol en dos variedades de brócoli, no encontró diferencia estadística para esta variable, logro registrar los promedios de 12,1 cm y 12,5 cm de diámetro de pella.

4.2.6. Peso de pella (g)

El análisis de varianza de la variable de pesos de pella de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi en el Cuadro 13, muestra que entre bloques no presentan diferencias significativas. De manera similar, las variedades tampoco presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$). Sin embargo, las concentraciones de bocashi si mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), en cuanto a la interacción variedad*abono, no se observa diferencias significativas por lo que indica el

valor es superior ($p > 0.05$). Por otro lado, el coeficiente de variación obtenido de 16.18%, valor que resulta aceptable al encontrarse por debajo del rango de 30%.

Cuadro 13. Análisis de varianza del peso de pella de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Bloque	15736.61	3	5245.54	3.73	0.1541	NS
Variedad	12580.95	1	12580.95	8.95	0.0581	NS
Ea	4217.41	3	1405.8			
Bocashi	25055.28	3	8351.76	10.89	0.0003	**
Variedad*Bocashi	3371.7	3	1123.9	1.46	0.2575	NS
Error	13810.59	18	767.25			
Total	74772.53	31				
CV (%)	16.18					

NS = No significativo ** = Altamente significativo

De acuerdo con la Figura 15, se observa que en la variable peso de pella de dos variedades no existen diferencias significativas. Por lo tanto, se puede determinar que las dos variedades obtuvieron datos similares en cuanto a peso de pella: la variedad Maracaibo alcanzó un promedio de 190.98 g, por otro lado, la variedad Izabal logró alcanzar un promedio de 151.33 g.

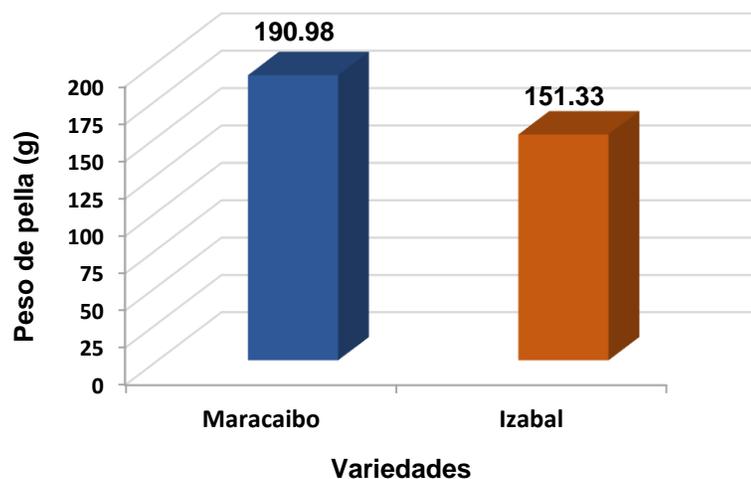


Figura 15. Promedios de peso de pella de dos variedades de brócoli

En la prueba de medias de Duncan del peso de pellas con la aplicación de diferentes concentraciones de bocashi en la Figura 16, se evidencia dos grupos significativamente diferentes. El primer grupo conformado por las concentraciones de 7980, 10980 y 4980 kg/ha, obtuvo promedios de 200.97, 184.42 y 173.48 g respectivamente en dos variedades de brócoli. En cambio, el segundo grupo mostró resultados inferiores, el tratamiento testigo sin aplicación de abono bocashi 0 kg/ha alcanzó un valor de 125.75 g.

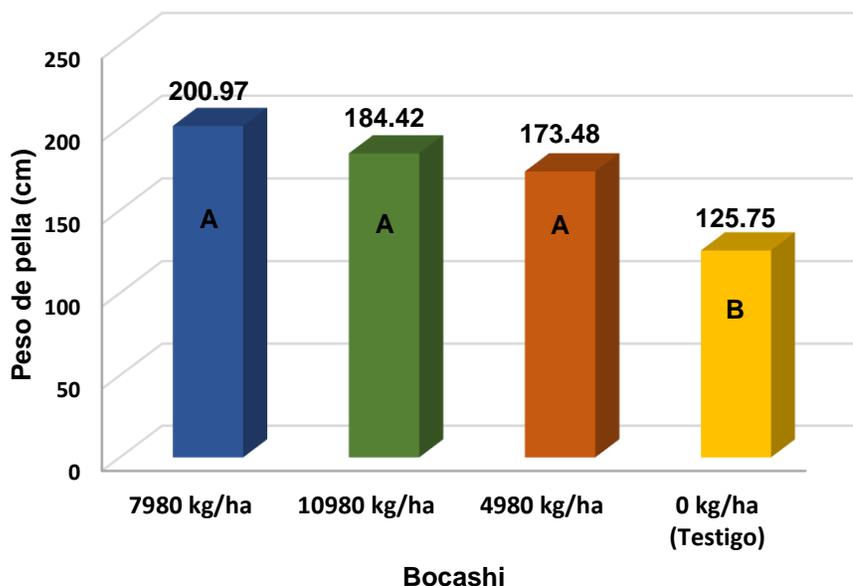


Figura 16. Prueba de medias de Duncan de peso de pellas de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

En el Cuadro 14, muestra los promedios de la variable de peso de pella en la interacción variedad*bocashi. Los resultados indican que la variedad Maracaibo con concentraciones de bocashi de 7980 kg/ha y 10980 kg/ha obtuvieron pesos de pella de 232.47 y 212.28 g, respectivamente. Le siguieron la variedad Izabal y Maracaibo con aplicando de 7980 kg/ha y 4980 kg/ha de bocashi, que alcanzaron promedios de 179.81 y 169.47 g. La variedad Izabal con diferentes concentraciones de bocashi de 4980 kg/ha y 10980 kg/ha registró valores de 167.16 y 156.56 g peso de pella. Por ultimo las variedades Maracaibo e Izabal, ambas sin aplicación de bocashi de 0 kg/ha testigo obtuvieron promedios de 139.38 y 112.13 g, registrando promedios bajos en comparación con los tratamientos que incluyeron abono bocashi, se observó una diferencia de 120.34 g entre la primera y el ultima interacción del cuadro.

Cuadro 14. Promedios de peso de pella de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

Variedad	Abono orgánico bocashi kg/ha	Medias
Maracaibo	7980 kg/ha	232.47
Maracaibo	10980 kg/ha	212.28
Maracaibo	4980 kg/ha	179.81
Izabal	7980 kg/ha	169.47
Izabal	4980 kg/ha	167.16
Izabal	10980 kg/ha	156.56
Maracaibo	0 kg/ha (Testigo)	139.38
Izabal	0 kg/ha (Testigo)	112.13

En la investigación realizada se puede observar que la variación posiblemente estuvo influenciada por las características de la variedad y las condiciones del ambiente de investigación. Otro factor importante fue la incorporación de abono bocashi, ya que los resultados fueron mayores en comparación con los tratamientos sin aplicar bocashi. Los tratamientos que no incluyeron bocashi mostraron resultados menor favorables en relación peso de las pellas.

De acuerdo en su estudio Huanca (2019), menciona la diferencia de pesos se atribuye a las dosis usadas en cada tratamiento en su investigación el tratamiento T₂ obtuvo el mayor promedio de 132,75 g, esto se atribuye a la cantidad de compost utilizado que fue de 4 kg/m².

Cruz y Vega (2018), en su investigación con tipos de abono, evidenció las pellas experimentaron mayor peso con la aplicación de compost (A1), con promedio de 0,97 kg, el peso fue menor en los tratamientos en los cuales se aplicó bocashi (A2), con promedio de 0,82 kg.

Blanco (2017), en su estudio registro con el nivel de AOLA de 20% obtuvo los valores más altos de peso de la pella con un promedio de 168,9 g, seguido por el nivel de AOLA de 30% con 155,22 g menciona que cuanto más concentrado es el AOLA tiene un efecto decreciente sobre el peso de la pella.

4.2.7. Rendimiento (t/ha)

En el Cuadro 15 de análisis de varianza de rendimiento de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi, muestra que no existe diferencias significativas entre bloques. De la misma manera, entre variedades tampoco se encontraron diferencias significativas, ya que el valor obtenido fue superior ($p > 0.05$). Sin embargo, para las concentraciones de bocashi se puede apreciar que existe diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), en la interacción de variedad*bocashi no existen diferencias significativas. En cuanto al coeficiente de variación obtenido fue de 16.73%, lo que indica que el dato es confiable.

Cuadro 15. Análisis de varianza de rendimiento dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Bloque	46.25	3	15.42	2.6	0.2265	NS
Variedad	54.52	1	54.52	9.2	0.0562	NS
Ea	17.78	3	5.93			
Bocashi	129.17	3	43.06	13.77	0.0001	**
Variedad*Bocashi	14.66	3	4.89	1.56	0.2331	NS
Error	56.29	18	3.13			
Total	318.66	31				
CV (%)	16.73					

NS = No significativo ** = Altamente significativo

En la Figura 17, el promedio de medias de la variable de rendimiento t/ha de dos variedades de brócoli no presento diferencias significativas. Se aprecia que la variedad Maracaibo presentó un promedio de 11.87 t/ha, mientras la variedad Izabal alcanzo un promedio de 9.26 t/ha. Aunque no hay diferencias estadísticamente significativas, se observa una diferencia numérica entre ambas variedades.

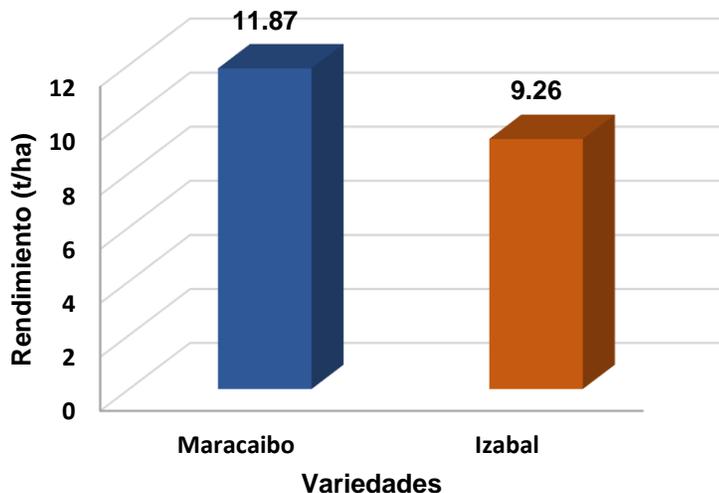


Figura 17. Promedios de rendimiento de dos variedades de brócoli

En la Figura 18, se observa la prueba de medias de Duncan de la variable rendimiento con diferentes concentraciones de bocashi, la cual presenta dos grupos significativamente diferentes. El primer grupo al cual se aplicó la concentración de abono bocashi de 7980 kg/ha logró obtener mayor rendimiento con 12.74 t/ha, seguido de las concentraciones de bocashi de 10980 y 4980 kg/ha, con las cuales se alcanzaron rendimientos de 11.47 y 10.76 t/ha, estos resultados fueron superiores a testigo 0 kg/ha, que alcanzó un rendimiento promedio de 7.31 t/ha.

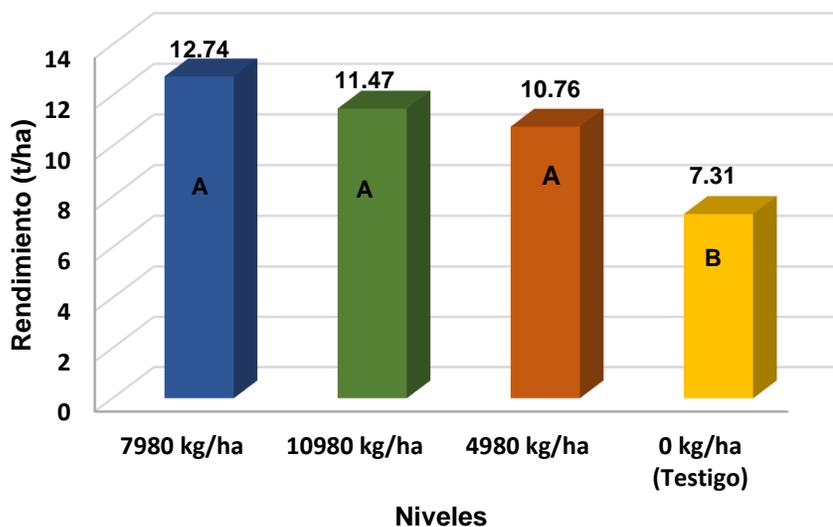


Figura 18. Prueba de media de Duncan de rendimiento de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

Los promedios de rendimiento de dos variedades con diferentes concentraciones de abono orgánico bocashi se presenta en el Cuadro 16, manifestando que la variedad Maracaibo con aplicaciones de 7980 y 10980 kg/ha presentó los mejores resultados de 14.76 y 13.38 t/ha. Continuado con las variedades Izabal y Maracaibo con aplicaciones de 7980 y 4980 kg/ha de abono bocashi, se obtuvieron valores de 11.2 y 10.72 t/ha. Por otro lado, la variedad Izabal con dos concentraciones de abono bocashi de 4980 y 10980 kg/ha obtuvo resultados de 10.32 y 9.56 t/ha. Finalmente, las variedades Maracaibo e Izabal sin aplicación de bocashi de 0 kg/ha testigo, mostrando los resultados bajo 8.16 y 6.47 t/ha.

Cuadro 16. Promedios de rendimiento de dos variedades de brócoli con diferentes concentraciones de bocashi

Variedad	Abono orgánico bocashi kg/ha	Medias
Maracaibo	7980 kg/ha	14.76
Maracaibo	10980 kg/ha	13.38
Maracaibo	4980 kg/ha	11.2
Izabal	7980 kg/ha	10.72
Izabal	4980 kg/ha	10.32
Izabal	10980 kg/ha	9.56
Maracaibo	0 kg/ha (Testigo)	8.16
Izabal	0 kg/ha (Testigo)	6.47

De acuerdo con los resultados obtenidos de la variable de rendimiento, la variedad Maracaibo presentó promedios altos en comparación con la variedad Izabal. Esto podría atribuirse a su adaptabilidad a las condiciones del lugar, tanto climáticas, como edáficas, además el carácter genético de la variedad. En cuanto a la aplicación de abono bocashi en diferentes cantidades, esta fue fundamental ya que se evidencio que la aplicación del abono proporcionó nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas. Los rendimientos encontrados en la presente investigación coinciden con los rendimientos reportados.

Al respecto Molina (2015), en su investigación con aplicación de abonos orgánicos al cultivo de brócoli del variable de rendimiento, con humus de lombriz alcanzo un promedio de 11964.61 kg/ha, con la aplicación del abono Bioabor con promedio de 10748.44 kg/ha y, finalmente se encuentra el abono orgánico bocashi con 7756.44 kg/ha con menores resultados.

Apaza (2024), en su investigación titulada “Evaluación agronómica de dos variedades de espinaca con tres niveles de abono (bocashi)”, menciona el dosis 2kg/m^2 y 1kg/m^2 obtuvieron rendimiento mayor de $1197,25\text{ (g/m}^2\text{)}$ y $1038,50\text{ (g/m}^2\text{)}$, sin embargo, entre la dosis 1kg/m^2 y $0\text{ (g/m}^2\text{)}$ se obtuvieron rendimiento de $1038,50\text{ (g/m}^2\text{)}$ y $970,25\text{ (g/m}^2\text{)}$, mostrando que al no aplicar abono el rendimiento es menor.

Según su investigación de Alfaro (2023), en la evaluación del peso fresco de la cabeza no se encontró diferencias significativas. El peso de las cabezas varió de 0.47 a 0.55 kg

Según Zamora (2016), indica el cultivo de brócoli es moderadamente tolerante a sales del suelo (2.8 dS/m) y muy sensible cuando se le establece en suelos arcillosos (1.6 dS/m). En suelos arenosos llega a tolerar hasta 4.9 dS/m y en suelos medios 2.8 dS/m . El potencial de rendimiento en brócoli se ve reducido en un 10% a 4 dS/m y hasta en un 50% a 8 dS/m .

4.2.8. Análisis económico

La evaluación económica es considerada de mucha importancia debido a que nos proporciona información económica fundamental para la toma de decisiones en el sector agrícola.

Cuadro 17. Costo de la producción de Brócoli

Tratamientos	Costos (Bs)	Rendimiento (kg)	Rendimiento ajustado (kg)	Precio (Bs/kg)	Beneficio Bruto	Beneficio Neto	B/C Bruto	B/C Neto
T ₁	67.33	4.31	4.0945	12	49.134	-18.19	0.73	-0.27
T ₂	73.90	6.87	6.5265	12	78.318	4.42	1.06	0.06
T ₃	75.71	7.14	6.783	12	81.396	5.69	1.08	0.08
T ₄	77.19	6.37	6.0515	12	72.618	-4.57	0.94	-0.06
T ₅	67.49	5.44	5.168	12	62.016	-5.47	0.92	-0.08
T ₆	74.22	7.466	7.0927	12	85.1124	10.90	1.15	0.15
T ₇	76.03	9.755	9.26725	12	111.207	35.18	1.46	0.46
T ₈	77.35	8.92	8.474	12	101.688	24.34	1.31	0.31

Los resultados del análisis beneficio/costo presentados en el Cuadro 17, muestra que el tratamiento T₇ con la variedad Maracaibo empleado 7980 kg/ha de abono bocashi obtuvo la mayor rentabilidad con un B/C de Bs 1.46, lo que significa que por cada bolívar invertido se obtiene una ganancia de Bs 0.46. Le siguió el tratamiento T₈ la variedad Maracaibo aplicado de 10980 kg/ha con un B/C de 1.31, generando Bs 0.31 de ganancia por cada

bolívar invertido. Los tratamientos con rentabilidad intermedia fueron: T₆ empleado 4980 kg/ha con B/C de 1.15 Bs generando una ganancia de Bs 0.15 por bolívar invertido, T₃ variedad Izabal con 7980 kg/ha con B/C de 1.08 (ganancia de Bs 0,08), y T₂ con la aplicación de 4980 kg/ha genero una relación de B/C de 1.06 con una ganancia de Bs 0.06. Los tratamientos T₄, T₅ y T₁, no obtuvieron ganancias económicas

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

- En cuanto a variable de altura de planta la variedad Maracaibo con aplicación de bocashi 10980 kg/ha obtuvo un mayor promedio de 45.14 cm, sin embargo, la variedad Izabal con 0 kg/ha de bocashi con un promedio de 34.55 cm. En cuanto a número de hojas con mejor comportamiento fue la variedad Maracaibo con la aplicación 7980 kg/ha de bocashi presento mayor número de hojas de 17, mientras la variedad Izabal con 0 kg/ha como testigo llegando a obtener 13 hojas. Respecto al diámetro de tallo, con mejores resultados registrados fue la variedad Maracaibo con aplicaciones 10980 kg/ha de bocashi con promedio de 3.13 cm. Sin embargo, la variedad con menor promedio alcanzado es la variedad Izabal con ausencia de bocashi 0 kg/ha se logró obtener un valor 1.97 cm. Para variable días a la madurez comercial la variedad más precoz fue Izabal con 10980 kg/ha de bocashi entrado a la madurez a los 100 días, la variedad Maracaibo con 0 kg/ha sin incorporación de bocashi fue más tardía en la maduración y formación de pellas con promedio 109 días transcurridos. La variable de diámetro de pella la variedad Maracaibo con aplicación de bocashi 10980 kg/ha alcanzo obtener 12.58 cm, con promedio más bajo es la variedad Izabal sin aplicar bocashi con resultados de 8.98 cm. En cuanto al peso de pella la variedad Maracaibo con 7980 kg/ha de bocashi obtuvo 232.47 g en cambio la variedad Izabal con 0 kg/ha con ausencia de bocashi con promedio de 112.13 g.
- Respecto al rendimiento con diferentes concentraciones de abono bocashi con mejores resultados se presento la variedad Maracaibo con 7980 kg/ha de abono bocashi obtuvo un rendimiento 14.76 t/ha, con la aplicación de abono bocashi aumentó significativamente el rendimiento de cultivo de brócoli en comparación con el 0 kg/ha (Testigo) con ausencia de abono bocashi.
- En el análisis económico con relación beneficio/costo el T₇ con la concentración de abono bocashi 7980 kg/ha de la variedad Maracaibo obtuvo una mayor ganancia 1.46 lo que indica que por cada Bs invertido se gana Bs 0.46 centavos en cambio el T₁ con concentraciones 4980 kg/ha, 0 kg/ha (Testigo) no obtuvo ganancias 0.73 centavos.

6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- Continuar con los estudios sobre la producción de brócoli (*Brassica oleracea* L.) con diferentes concentraciones de bocashi bajo condiciones atemperadas.
- Se recomienda utilizar la variedad Maracaibo ya que obtuvo mejores resultados en cuanto a comportamiento agronómicos de las variables de altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, diámetro de pella, peso de pella y rendimiento.
- Realizar investigación con otras variedades de brócoli para comprobar si se desarrollan de la misma manera y su adaptabilidad en condiciones de la carpa solar.
- Se debe tomar alternativas de trabajar con diferentes dosis de abono orgánico de bocashi en base a la investigación para ver el efecto en el comportamiento agronómico del cultivo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agribit. 2025. Brócoli cultivo y manejo - como sembrar brócoli paso a paso.

Agricultura. 2022. Elaboración Bocachi. 25 p.

Alfaro, D. 2023. Rendimiento en brócoli (*Brassica oleracea* var. Italica) cv. Avenger empleando enmiendas orgánicas. Tesis de Ing. Agr. Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina 81 p.

Apaza, L. 2024. Evaluación agronomica de dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) con tres niveles de abono (bocashi) bajo el enfoque de produccion organica en el Centro Experimental Cota Cota Tesis de Ing. Agr. La Paz - Bolivia Universidad Mayor de San Andrés 119 p.

Axayacatl, O. 2023. Brócoli, un cultivo agrícola de mucha importancia Disponible en <https://blogagricultura.com/brocoli-cultivo-importante/>.

Bacarreza, F. 2018. Producción de dos Variedades de Brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) en tres distancias de plantación en condiciones de walipini. Tesis Trabajo dirigido de Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica. 94 p.

Bastida, O. 2023. Clima, suelo y agua para la producción del cultivo del brócoli Disponible en <https://blogagricultura.com/clima-suelo-brocoli/#:~:text=Adem%C3%A1s%2C%20el%20suelo%20debe%20ser,llegar%20a%20ser%20excesivamente%20h%C3%BAmedo.>

Bastidas, M. 2015. Importancia de la producción y exportación de brócolide la provincia de Cotopaxi: estrategias de comercialización hacia los mercados no tradicionales años 2010-2014. Tesis Facultad de Ciencias Económicas. Guayaquil – Ecuador. Universidad Guayaquí. 80 p.

Bernal, L. y Antonio, J. 2015. Cultivo organico de brocoli (*Brassica oleracea* L.) con aplicaciones de bocashi y microorganismos eficaces en el Valle de Chilina, Arequipa. Tesis de Ing. Agr. Lima. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Consultado 23 abril 2024. Disponible en <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2783394>

Blanco, A. 2017. Efecto de tres niveles de abonamiento orgánico líquido aeróbico (AOLA) bajo riego por goteo en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*). Tesis de Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés 63 p.

Cachi, A. y Charcas, V. 2022. Ptdi del Municipio de Laja. La Paz – Bolivia,

- Canqui, C. 2018. Evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de Brócoli (*Brassica oleracea* L.), en la comunidad de Achocara Alta del Municipio de Luribay. Tesis Tesina Tecnico Agropecuario. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 59 p.
- Cayo, C. 2025. Aporque de brocoli. Disponible en <https://es.scribd.com/presentation/367081690/Aporque-Del-Brocoli>
- Celia. 2012. Cultivo del brócoli. Disponible en https://www.planetahuerto.es/revista/cultivo-del-brocoli_00164
- Cherlinka, V. 2024. Cultivo De Brócoli: Selección De Tipo Y Cuidado Básico Disponible en <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-brocoli/>.
- Condori, L. 2019. Efecto de cuatro concentraciones de biol bovino sobre el comportamiento productivo de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea* var. Italica) en ambiente atemperado en el Municipio de Pucarani- La Paz. Tesis de Ing. Agr. La Paz– Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 107 p.
- Copari , A. 2015. Evaluación del efecto de diferentes concentraciones de biol en dos variedades del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* v. Itálica) bajo el sistema de riego por goteo en carpa solar Tesis de Agr. La Paz – Bolivia Universidad Mayor de San Andres. 134 p.
- Cosmo, R. 2015. Tecnología de producción de brocoli. Consultado 23 abril 2024. Disponible en <https://es.slideshare.net/reymundcosmocerno/cultivo-de-brocoli>
- Cruz, E. y Vega, J. 2018. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la producción de brócoli (*Brassica oleraceae*). Revista de Investigación Talentos. 1 Disponible en file:///C:/Users/ASUS%20GAMER/Downloads/Dialnet-EfectoDeLaAplicacionDeAbonosOrganicosEnLaProduccio-8551190%20(8).pdf
- Cuji, Y. y Veloz, W. 2022. Adaptabilidad de trece cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica L.) en el Cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi. Cevallos-Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. 56 p.
- Digegr. 2024. Ficha técnica agroclimática. Guatemala. Disponible en <https://guatemalanosedetiene.gt/wp-content/uploads/2024/06/FICHA-TECNICA-AGROCLIMATICA-BROCOLI.pdf>
- EAT, E. d. A. T. 2019. Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos. 25 p.
- Entufinca. 2019. Qué es Bocashi, elaboración y beneficios Disponible en <https://entufinca.com/que-es-bocashi-elaboracion-y-beneficios/>.

- Fruticola, P. 2020. Preparación de Bocashi, un abono orgánico de calidad. Disponible en <https://www.agrositio.com.ar/noticia/213343-preparacion-de-bocashi-un-abono-organico-de-calidad.html>
- Garcia, C. y Herran, J. 2014. Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. 158 p. Disponible en https://www.ciaorganico.net/documypublic/271_Manual_para_la_produccion_de_abonos_organicos_y_biorracionales.pdf
- Glenn, P. 2000. Análisis de Costo-Beneficio de las decisiones de inversión. Cañifornia, Los Angeles. Disponible en file:///C:/Users/USUARIO/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/WLI718TQ/Lectura_1_Manual[1].pdf
- Gomez, C. 2012. Efecto agronómico de dos variedades de brócoli (*Brassica oleraceae* L.) con la interacción de dos densidades poblacionales de lombriz californiana (*Eisenia foetida*). Tesis de Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 149 p.
- Gonzales, J. y Ayuso, M. 2021. Manual de cultivo de brocoli. 94 p. Consultado 24 abril 2024. Disponible en <https://cicytex.juntaex.es/documents/46972/95615/Manual+de+cultivo+del+br%C3%B3coli/17940377-dfdc-40ee-8e6f-f3a153bd6f12>
- Gonzalo, N. 2023. Evaluación del rendimiento de tres variedades de papa bajo la aplicación de diferentes niveles de abono bocashi en la Estación Experimental de Patacamaya. Tesis de Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 100 p.
- Google Earth, P. y Geografía. 2024. Ubicación geográfica. Consultado 23 abril 2024.
- Guardado, A. 2022. Qué es el abono orgánico y cuáles son sus beneficios. Sevilla-España. Consultado 15 abril 2024. Disponible en <https://www.lamastore.es/blog/abono-organico/>
- Huanca, G. 2019. Efecto de tres dosis de compost en el cultivo de brocoli (*Brassica oleracea*) en ambiente atemperado en el municipio de El Alto. Tesis de Ing. Agr. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andres 78 p.
- Hurtado, Y. 2021. Elaboración y uso del abono tipo bocashi en la producción de almácigos de brócoli (*Brassica oleracea*) var. Legacy – Andahuaylas – 2018. Tesis de Ing. Agr. Peru. Universidad Tecnológica de Los Andes Facultad de Ingeniería. 116 p. Consultado 24 abril 2024. Disponible en <https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/375/2/Elaboraci%C3%B3n%20y%20uso%20del%20abono%20tipo%20bocashi%20en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20alm%C3%A1cigos%20de%20br%C3%B3coli%20%28Brassica%20olaracea%29%20var.%20Legacy%20%28Andahuayl.pdf>

- Idrobo, V. 2018. Agrotecnia de hortalizas, Ornamentales, Medicinales y Especies.
- Infoagro. 2021. Aspectos del cultivo de brócoli. Consultado 23 abril 2024. Disponible en <https://mexico.infoagro.com/aspectos-del-cultivo-de-brocoli/>
- Kehr, E. y Diaz, P. 2012. Producción de brócoli para la agroindustria. Inia. 61 Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4489/NR38925.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Leod, C. y Aguilar, K. 2021. Bokashi: Importante Pilar de La Agricultura Agroecológica. Consultado 9 abril 2024. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/67271/Informativo%20INIA%20N%C2%B0%20109?sequence=1&isAllowed=y>
- Mamani, V. 2014. Evaluación de tres densidades de siembra en dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) en ambiente atemperado en el Centro Experimental de Cota Cota Tesis de Ing. Agr. La Paz – Bolivia Universidad Mayor de San Andrés 118 p.
- Martínez, W. 2015. Introducción y adaptación de híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Itálica) en la Estación Experimental Agraria Santa Ana-HualahoyoHuancayo Tesis de Ing. Agr. Jauja-Perú Universidad Nacional del Centro del Perú 96 p.
- Matos, K. 2023. Guía de cultivo de brócoli. Direccion general de riesgos agropecuarios. Place Published.
- Molina, A. 2015. Rendimiento y calidad del cultivo del brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) manejado con abonos orgánicos. Tesis de Ing Agr. . Cuenca, Ecuador. Universidad de Cuenca 162 p.
- Mosquera, B. 2010. Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana. 24 p. Disponible en https://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf
- Munipalli, H. 2023. Plantas híbridas Disponible en <https://study-com.translate.goog/academy/lesson/hybrid-plants-definition-examples.html? x tr sl=en& x tr tl=es& x tr hl=es& x tr pto=sge#:-:text=A%20hybrid%20plant%20is%20the%20offspring%20of%20two%20different%20species ,pollination%2C%20or%20by%20vegetative%20propagation.>
- Noboa, D. 2020. “Estudio de sistemas de propagación y su efecto en la producción de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica l.), San Luis De Agualongo”. Tesis de Ing. Agr. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica Del Norte. 79 p. Consultado 5 abril 2024. Disponible en <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11418/2/03%20AGP%20258%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

- Ochoa, R. 2013. Introducción al manejo del SAS (Sistema de Análisis Estadístico). La Paz, Bolivia,
- Pérez, A. y García, R. 2014. Sistema de producción y parámetros de calidad agronómica de brócoli en Mixquic, D. F.*. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000800010
- Quiape, C.; Quispe, E. y Mamani, E. 2020. "Evaluación Agronómica de una variedad de Pimentón (*Capsicum Annuum* L.) en tres densidades de siembra en ambientes atemperados en la Localidad de Kallutaca". El Alto – Bolivia, 58 p. Consultado 5 abril 2024.
- Quirónsalud. 2020. El Brócoli. Disponible en <https://www.quironsalud.com/es/comunicacion/actualidad/brocoli>
- Quispe, G. 2018. Evaluación económica de la producción de brócoli (*Brassica oleracea* L.) con la aplicación del fertilizante foliar bajo ambiente protegido en el Municipio de El Alto - Distrito 11. Tesis de Ing. en producción y comercialización. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía. 98 p. Consultado 04 abril 2024. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/20020/T-2591.pdf?sequence=1>
- Ramos, D. y Terry, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. 35
- Rocha, J. 2016. Efecto de tres dosis de tetra hormona en el cultivo de brócoli usando el híbrido royal favor F-1 hyb en la Provincia de Lamas Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional de San Martín. 52 p.
- Salazar, A. y Vidal, J. 2021. Producción orgánica abonos orgánicos. Santa Cruz – Bolivia, 40 p. Consultado 20 mayo. Disponible en https://ico-bo.org/wp-content/uploads/2022/02/Abonos-orgnicos_ICO.pdf
- Sarmiento, G. y Amézquita, M. 2019. Uso de bocashi y microorganismos eficaces como alternativa ecológica en el cultivo de fresa en zonas áridas. Scientia Agropecuaria 4 Consultado 01 jun 2024. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172019000100006#:~:text=El%20bocashi%20es%20un%20abono,de%20los%20cultivos%20\(%C3%81lvarez%20y](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172019000100006#:~:text=El%20bocashi%20es%20un%20abono,de%20los%20cultivos%20(%C3%81lvarez%20y)
- Sedacruz. 2017. Producción del cultivo de brócoli en Bolivia. Santa Cruz - Bolivia, (Departamental Agropecuario de Santa Cruz).
- SENAMHI. 2019. Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología. La Paz – Bolivia,

- Suarez, V. 2011. Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737323/8_Elaboracion_de_Bocashi.pdf
- Toledo, J. 2003. Cultivo de brocoli. Lima - Perú, 59 p. Disponible en https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/272/1/Cultivo_brocoli%20INIA%20MINAGRI.pdf
- Unknown. 2012. Hibridación para la obtención de *Brassica oleracea* var. Romanesco. Disponible en <https://obtencionderomanesco.blogspot.com/2012/09/caracteristicas-del-brocoli.html>
- Vanguardia. 2024. Brócoli, la superverdura versátil que sirve para todo tipo de recetas: desde un smoothie, a un puré o un delicioso plato al horno. Disponible en <https://www.lavanguardia.com/magazine/casa/20250514/10679302/natalia-saez-experta-plantas-mueran-todas-tus-orquideas-importante-trasplantarlas-maceta-demasiado-grande-quitales-raices-secas-pvlv.html>
- Vivanco, K. 2023. Densidad de plantas y fórmulas de abonamiento orgánico-mineral en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad itálica) Canaán, 2750 msnm – Ayacucho. Tesis de Ing. Agr. Ayacucho – Perú. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. 87 p.
- Yara. 2011. Coles y otras Brassicas. Santa Cruz - Bolivia. Disponible en <https://www.yara.bo/nutricion-vegetal/brassicas/produccion-mundial/>
- Zamora, E. 2016. El cultivo del brocoli. Disponible en <https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>
- Zamora, F. 2014. Evaluación del efecto a la aplicación de Ácidos Húmicos y Fúlvicos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica). Tesis de Tercer Nivel Agr. Ambato - Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. 83 p.
- Zwaan, R. 2024. Semillas hortícolas.

8. ANEXO

Anexo 1. Preparación del terreno y delimitación del área de investigación



Anexo 2. Abonado y trasplante



Anexo 3. Toma de datos





Anexo 4. Cosecha



Anexo 5. Costo de producción por tratamiento

	Concepto	Unidad	Cantidad	P/U	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	Insumos				7.19	9.84	11.65	13.13	7.35	10.16	11.97	13.29
1	Semilla sobre	g	0.18	21.3	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71
2	Bolsas de celofán para embolsado	Paquete	0.03	16	0.48	0.64	0.96	0.96	0.64	0.96	1.28	1.12
3	Abono	kg	0	0.779	0.00	2.48	3.97	5.45	0.00	2.48	3.97	5.45
4	Transporte de insumos	glb	0.3	10	3	3	3	3	3	3	3	3
2	Preparación de almaciguera				1.1							
1	Adecuación de almaciguera	Hr	0.063	10	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
2	Nivelado	Hr	0.013	10	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
3	Abonado	Hr	0.013	10	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
4	Siembra	Hr	0.013	10	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
5	Riego	Hr	0.01	10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
3	Preparación de suelo				8.69	9.31	9.31	9.31	8.69	9.31	9.31	9.31
1	Limpieza de la parcela	Hr	0.063	10	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
2	Preparación de suelo (Motocultor)	Hr	0.16	40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40
3	Desterronado (Manual)	Hr	0.083	10	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
4	Abonado (Manual)	Hr	0	10	0.00	0.63	0.63	0.63	0.00	0.63	0.63	0.63
5	Nivelado (Manual)	Hr	0.083	10	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
4	Siembra				8							
1	Siembra (Trasplante)	Hr	0.8	10	8	8	8	8	8	8	8	8
5	Labores culturales				5.5	8.8	8.8	8.8	5.5	8.8	8.8	8.8
1	Riego (Cada 2días/30 min.)	Hr	0	10	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2	Deshierbe	Hr	0.25	10	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
3	Aporque	Hr	0.25	10	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
4	Toma de datos del experimento	Hr	0.9	10	0	3.3	3.3	3.3	0	3.3	3.3	3.3
6	Cosecha				6.12							
1	Corte	Hr	0.25	10	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
2	Recolección	Hr	0.33	10	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
3	Traslado al espacio de post cosecha	Hr	0.032	10	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
7	Post cosecha				7.04							
1	Selección	Hr	0.33	10	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
2	Embolsado	Hr	0.25	10	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
3	Acomodo en cajas	Hr	0.083	10	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
4	Entrega	Hr	0.041	10	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
8	Comercialización				5.39							
1	Transporte	un	0.12	20	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
2	Punto de venta	Hr	0.083	10	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
3	Entrega a detallistas y consumidores	Hr	0.083	10	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
4	Recojo y cargado de cajas	Hr	0.083	10	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
5	Cobranzas	Hr	0.05	10	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Total costos costo directo				49.03	55.60	57.41	58.89	49.19	55.92	57.73	59.05
1	Herramientas	ciclo	1.5	5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2	Alquiler terreno	Mes	4	2.7	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
	Total costos indirectos				18.30							
	TOTAL COSTO DE PRODUCCION				67.33	73.90	75.71	77.19	67.49	74.22	76.03	77.35

Anexo 6. Análisis físico-químico de suelo



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)

LAFASA



laboratorio de la
Facultad de Agronomía
en Suelos y Aguas

RES: FAC.AGRO.LAB. N°162

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO:
ANALISTA DE LAB.:
SOLICITUD:
FECHA DE ENTREGA:
RESPONSABLE DE MUESTREO:
PROCEDENCIA:

MOISES BRAYNER PALMA
 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 LAF 162_23
 26/09/2023
MOISES BRAYNER PALMA
 Departamento La Paz
 Municipio LAJA-KALLUTACA
 Provincia Los Andes
 Coordenadas X: -16,5167; Y-683167

PARAMETRO		UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
TEXTURA	Arena	%	21	Bouyoucos
	Limo	%	45	
	Arcilla	%	34	
	Clase Textural	-	Franco arcilloso	
Densidad Aparente		g/cm ³	1.053	Probeta
Porosidad		%	55	(Probeta; Picnómetro)
pH en H₂O relación 1:25		-	8.22	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:25		mmhos/cm	4.35	Potenciometría
Potasio intercambiable		meq/100g S.	2.774	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Nitrógeno total		%	0.48	Kjendahl
Materia orgánica		%	7.70	Walkley y Black
Fósforo disponible		ppm	88.40	Espectrofotometría UV-Visible

- * El informe de laboratorio es válido si se prestan las firmas y sellos correspondientes
- * En caso de que el laboratorio no efectuó el muestreo, no es responsable para la representatividad, ni la preservación de la muestra
- * Está prohibido la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización escrita del laboratorio


 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 ANALISTA FÍSICOQUÍMICO
 DE SUELOS AGUAS Y VEGETALES
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS (LAFASA)




 Ing. Roberto Miranda C. Ph.D.
 RESPONSABLE
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS (LAFASA)

Anexo 7. Análisis de bocashi



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



RES: FAC.AGRO.LAB. MO

ANÁLISIS DE MATERIAL ORGANICO

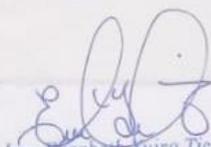
INTERESADO:
ANALISTA DE LAB.:
SOLICITUD:
FECHA DE ENTREGA:
RESPONSABLE DE MUESTREO
PROCEDENCIA:

XIMENA AJNOTA LIMACHI
 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 LAFMO24_48
 10/11/2024
 XIMENA AJNOTA LIMACHI
 Departamento LA PAZ

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
pH en H2O relación 1:5	-	7.9	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:5	mmhos/cm	2.07	Potenciometría
Potasio total	%	1.126	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Nitrógeno total	%	0.95	Kjendahl
Materia orgánica	%	52	Calcinación
Carbono Orgánico	%	29	Calcinación
Fósforo total	%	0.310	Espectrofotometría UV-Visible

* En caso de que el laboratorio no efectuó el muestreo, no es responsable para la representatividad, ni la preservación de la muestra
 * Esta prohibido la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización escrita del laboratorio
 * El informe de laboratorio es válido si se prestan las firmas y sellos correspondientes




 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 ANALISTA FÍSICOQUÍMICO
 DE SUELOS AGUAS Y VEGETALES
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS LAFASA

Anexo 8. Cálculo de nutrientes

CALCULO DE NUTRIENTES					
Datos iniciales					
Parámetros:					
Densidad aparente:	1.053				
Materia orgánica:	7.70%				
Nitrogeno total:	0.48%				
Profundidad (m):	0.30				
Área (m²):	10,000.00				
Mineralización (%):	1.00%				
Ciclo del cultivo (meses):	4.00				
Fosforo (ppm):	88.400				
Potasio (mg):		- meq/100 g S*			
Potasio (meq/100 g suelo):	2.774				
Eficiencia:	30.00%				
Cálculo de nutrientes del suelo					
NITROGENO					
Nitrógeno en MO:	5%	La materia orgánica del suelo presenta 5% de Nitrógeno			
Volumen del suelo (m³):	3,000.00				
Masa del suelo (kg):	3,159,000.00				
MO en el suelo (kg):	243,243.00				
N en MO (kg):	12,162.15				
N mineralizable (kg):	121.62	kg de N liberada el año			
N disponible para el cultivo considerando	40.54				
N disponible considerando la eficiencia (kg)	12.16				
FOSFORO					
P cantidad (kg):	279.26				
P205 (kg):	639.50	kg de P205 liberada el año			
P205 disponible para el cultivo	213.17				
P205 disponible considerando la eficiencia	63.95				
FOSFORO					
K cantidad (kg):	1,713.18				
K20 cantidad (kg):	2,227.13	kg de K20 liberada el año			
K20 disponible para el cultivo	742.38				
K20 disponible considerando la eficiencia	222.71				
Requerimientos del cultivo					
CULTIVO					
Cultivo:	<input type="text"/>				
Requerimientos del cultivo:	Nitrógeno	Fósforo	Potasio		
Requerimiento mínimo del cultivo:	200	220	200		
Resultados del suelo:	12.16	63.95	222.71	← Colocar los requerimientos del cultivo	
Deficiencia o Exceso:	Deficiencia - 187.84	Deficiencia - 156.05	Exceso 22.71		
Análisis de abono					
DATOS DEL ANÁLISIS DE ABONOS					
Abono:	<input type="text"/>				
Nitrogeno total (%):	2.18%	P total (%)	0.83%	K total (%)	0.60%
N (kg/kg)	0.021800	P (kg/kg)	0.008300	K (kg/kg)	0.006000
Tratamientos aplicados					
TRATAMIENTOS APLICADOS					
Dosis 1 (kg/ha):	-				
Dosis 2 (kg/ha):	4,380.00				
Dosis 3 (kg/ha):	7,380.00				
Dosis 4 (kg/ha):	10,380.00				
Cantidad de nutrientes aplicados por dosis					
Dosis 1 - Cantidad de nutrientes					
kg/ha de N aplicado	-	kg/ha de P205	-	kg/ha de K20	-
kg/ha de N Total	12.16	kg/ha de P205	63.95	kg/ha de K20 Total	222.71
Dosis 2 - Cantidad de nutrientes					
kg/ha de N aplicado	108.56	kg/ha de P205	41.33	kg/ha de K20	29.88
kg/ha de N Total	120.73	kg/ha de P205	105.28	kg/ha de K20 Total	252.59
Dosis 3 - Cantidad de nutrientes					
kg/ha de N aplicado	173.96	kg/ha de P205	66.23	kg/ha de K20	47.88
kg/ha de N Total	186.13	kg/ha de P205	130.18	kg/ha de K20 Total	270.59
Dosis 4 - Cantidad de nutrientes					
kg/ha de N aplicado	239.36	kg/ha de P205	91.13	kg/ha de K20	65.88
kg/ha de N Total	251.53	kg/ha de P205	155.08	kg/ha de K20 Total	288.59

Anexo 9. Calculo de lámina de agua

Datos

1 min = 60 gotas

1 m² = 6 orificios

1 gota = 0.05 ml

Calcular el volumen de agua en un minuto

60 gotas/min x 0.05 ml/gota = **3ml/min**

Calculo de volumen del agua por m² en 1 min

3 ml/min x 6 goteros/ m² = **18 ml/min/ m²**

Conversión de ml a L

1 L = 1000 ml

$$L = 18 \text{ ml/min} \times \frac{1 L}{1000 \text{ ml}} = \mathbf{0.018 \text{ L/min/ m}^2}$$

Calculo del volumen de agua por m² en 1 hora

1 hr = 60 min

1 L = 1000 ml

$$0.018 \text{ L/min} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} = \mathbf{1.08 \text{ L/hr}}$$

$$1.08 \text{ L} \times \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} = \mathbf{1080 \text{ ml/hr}}$$

Calculo del volumen de agua por m² en 20 min

0.018 L/min x 20 min = **0.36 L/m²** = 0.36 mm/m²

En un tiempo de 20 min se aplicó una lámina de 0.36 mm/m² cada 48 horas

Lámina de agua = 0.36 mm/m²

Ciclo del cultivo = 103 días

Área = 51.2 m²

Total, de plantas en el campo de estudio = 320 plantas

$$103 \text{ días} \times 0,36 \text{ mm/m}^2 = 37.08 \text{ mm/m}^2 = \mathbf{37.08 \text{ L / m}^2}$$

$$51.2 \text{ m}^2 \times 37.08 \text{ L/m}^2 = \mathbf{1898.496 \text{ L}}$$

Para el riego del cultivo de brócoli durante un período de 103 días, se utilizaron 1898.496 L de agua en un área de 51.2 m².

$$\frac{1898.496 \text{ L}}{320 \text{ plantas}} = \mathbf{5.93 \text{ L/planta}}$$