



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

TEMA:

“Estrategias nutricionales para mejorar la producción y calidad del
cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea*) en el Ecuador”

AUTORA:

Deibby Samanta España Pereira

TUTOR:

Ing. Agr. Darío Javier Dueñas Alvarado M.Sc

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

El brócoli, científicamente conocido como *Brassica oleracea*, es una verdura crucífera muy apreciada por su multitud de beneficios para la salud, en particular sus propiedades anticancerígenas. La utilización de una nutrición orgánica e inorgánica en este cultivo está relacionada con la sostenibilidad ambiental y seguridad alimentaria. En cuanto a los productos inorgánicos que son esenciales si la planta los necesita, su uso excesivo puede resultar tóxico, ya que pueden contaminar el suelo y el agua. El presente trabajo se realizó con el objetivo de caracterizar estrategias nutricionales efectivas para optimizar la producción y calidad del cultivo de brócoli en Ecuador y detallar el impacto de diferentes fuentes de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la productividad del mismo, así como establecer la relación entre la extracción de N, P, K y su influencia en la calidad. Los resultados muestran que la estrategia nutricional óptima se centra en la utilización de tratamientos con micorrizas, los cuales resaltan en diversas métricas como rendimiento, longitud y diámetro del tallo, así como longitud y ancho de hoja. Concluyendo que las prácticas que mejoran la rentabilidad y el rendimiento del cultivo de brócoli, es el uso de micorrizas, abono de gallinaza y mantillo de paja de arroz, siendo importante adoptar estos enfoques integrados, pues este cultivo aprovecha los nutrientes orgánicos e inorgánicos optimizando su productividad y siendo sostenible con el medio ambiente. Se recomienda realizar un plan de fertilización durante el periodo de siembra.

Palabras clave: fertilización, rentabilidad, pellas, productos orgánicos, macronutrientes, micronutrientes.

SUMMARY

Broccoli, scientifically known as *Brassica oleracea*, is a cruciferous vegetable prized for its multitude of health benefits, particularly its anti-cancer properties. The use of organic and inorganic nutrition in this crop is related to environmental sustainability and food security. As for inorganic products that are essential if the plant needs them, their excessive use can be toxic, since they can contaminate the soil and water. The present work was carried out with the objective of characterizing effective nutritional strategies to optimize the production and quality of broccoli cultivation in Ecuador and detailing the impact of different sources of organic and inorganic fertilizers on its productivity, as well as establishing the relationship between the extraction of N, P, K and their influence on quality. The results show that the optimal nutritional strategy focuses on the use of mycorrhizal treatments, which stand out in various metrics such as yield, stem length and diameter, as well as leaf length and width. Concluding that the practices that improve the profitability and yield of broccoli cultivation are the use of mycorrhizae, chicken manure fertilizer and rice straw mulch, it being important to adopt these integrated approaches, since this crop takes advantage of organic and inorganic nutrients, optimizing their productivity and being sustainable with the environment. It is recommended to carry out a fertilization plan during the planting period.

Keywords: fertilization, profitability, pellets, organic products, macronutrients, micronutrients.

INDICE

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivo Específicos.....	4
1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	5
2. DESARROLLO.....	6
2.1. Marco Conceptual.....	6
2.1.1. Origen y distribución del brócoli.....	6
2.1.2. Fertilización.....	6
2.1.3. Tipos de Fertilización.....	8
2.1.4. Fertilización química del brócoli.....	9
2.1.5. Nutrición orgánica del brócoli.....	16
2.1.6. Manejo de nutrientes.....	18
2.1.7. Influencia de nutrientes en la calidad del brócoli.....	19
2.2. METODOLOGÍA.....	20
2.3. RESULTADOS.....	20
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	21
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
3.1. CONCLUSIÓN.....	22
3.2. RECOMENDACIONES.....	23
4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y ANEXOS.....	24
4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	24
4.2. ANEXOS.....	33

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. Introducción

El brócoli, científicamente conocido como *Brassica oleracea*, es una verdura crucífera muy apreciada por su multitud de beneficios para la salud, en particular por sus propiedades anticancerígenas. Esta nutritiva verdura, que se disfruta principalmente en los países orientales, es una excelente fuente de calcio y fósforo. Perteneciente al género de plantas *Brassica*, el brócoli forma parte de un grupo de plantas conocidas por sus notables cualidades promotoras de la salud. A escala mundial, el consumo medio per cápita de estas plantas es de 105 kg, con China a la cabeza con aproximadamente 300 kg (Sánchez *et al.* 2020).

La producción de brócoli en Ecuador se concentra mayormente en cuatro provincias, siendo Cotopaxi la líder con el 89 % de la superficie productiva. En el año 2022, la producción superó las 135 mil toneladas, reflejando un aumento del 4 % respecto a 2021. A nivel nacional, los precios se mantuvieron estables, con un rango de 29 a 31 centavos por kg, mientras que los precios internacionales mostraron mayor variabilidad, oscilando entre 16 y 37 USD por el cartón de 20 libras. Japón, Estados Unidos y Alemania son los principales destinos de las exportaciones, representando el 43 %, 32 % y 9 %, respectivamente (MAG 2023).

La fertilización juega un papel crucial en la productividad y calidad del brócoli, pero muchos productores no realizan la fertilización siguiendo recomendaciones de análisis de suelos. Es esencial diagnosticar la fertilidad de los cultivos considerando los niveles de extracción, absorción y consumo durante diferentes etapas fenológicas para mejorar la productividad. El exceso de fertilizantes nitrogenados no solo impacta la productividad, sino que también aumenta la incidencia de plagas, enfermedades y fisiopatías, como el tallo hueco, además de causar contaminación del suelo por lixiviación de nitratos (Escobar 2021).

Para el desarrollo del cultivo de brócoli se necesitan elementos nutricionales esenciales para un buen desarrollo, entre ellos tenemos la presencia de los macronutrientes primarios como el nitrógeno, potasio, fósforo; también se requiere

de macronutrientes secundarios como el calcio, azufre, magnesio y micronutrientes como el manganeso, cobre, cloro, molibdeno, zinc, hierro y boro, dependiendo de la capacidad de captar cada uno de ellos. Todos los nutrientes desempeñan una función diferente en el desarrollo adecuado de la planta, la falta o exceso de los mismos puede causar daños en el cultivo (Espin 2023).

Se sabe que los requerimientos de nutrientes de este cultivo en particular son bastante altos, especialmente en lo que respecta al nitrógeno (N). Los estudios han demostrado que las necesidades nutricionales del cultivo pueden oscilar entre 125 y hasta 560 kg de N por hectárea para alcanzar su máxima productividad. Sin embargo, es crucial tener en cuenta la cantidad de nitrógeno ya presente en el suelo, pues dicha cantidad debe ser contrastada con los valores de N a aplicar, para así obtener una dosis adecuada (Berríos y Pérez 2021).

El brócoli absorbe grandes cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio entre los días 28 y 56 después del trasplante. La deficiencia de cualquiera de estos nutrientes provoca problemas de crecimiento y desarrollo. El nitrógeno es esencial para el crecimiento vegetativo, el fósforo para la formación de raíces y el potasio para la producción de frutos (Castro y Yumbay 2023).

Antes del descubrimiento de los fertilizantes químicos, los fertilizantes orgánicos constituían la fuente principal de nutrientes de los vegetales con el fin de incrementar la producción agrícola. Los fertilizantes orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Cruz *et al.* 2018).

Este trabajo busca abordar esta situación mediante estrategias nutricionales específicas, ya que el desconocimiento y la falta de criterio en la reposición de nutrientes pueden llevar a una fertilización inadecuada.

1.2. Planteamiento del problema

El cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) en Ecuador enfrenta un desafío significativo relacionado con las prácticas nutricionales adoptadas por los agricultores. Existen agricultores que se dedican a la siembra de este cultivo que no utilizan un plan de fertilización, lo que da provoca un manejo deficiente de los nutrientes que el cultivo de brócoli necesita. A causa de este problema las consecuencias afectan directamente a la productividad y calidad de la cosecha, provocando pérdidas para los agricultores.

La utilización de una nutrición inorgánica y orgánica en este cultivo está relacionada con la sostenibilidad ambiental y seguridad alimentaria. En cuanto a los productos inorgánicos que son esenciales para la planta, su uso no debe ser excesivo, pues puede resultar tóxico, ya que pueden contaminar el suelo y el agua. Mientras que la nutrición orgánica resulta una práctica más respetuosa con el medio ambiente, pero su eficacia y disponibilidad es limitada para los agricultores, ya que su efecto es más lento que los productos inorgánicos.

La falta de conocimiento e investigación sobre la implementación de estrategias nutricionales para el cultivo de brócoli en Ecuador limita la disponibilidad de información actualizada para los productores, lo cual dificulta la mejora en la producción y calidad del cultivo. Ante esta problemática, es importante abordar estrategias nutricionales, brindando a los agricultores herramientas efectivas para optimizar tanto la cantidad como la calidad del brócoli cultivado en el país.

1.3. Justificación

En Ecuador es importante establecer enfoques nutricionales para el cultivo de brócoli, por lo que es un cultivo de exportación y es una fuente económica para el país y los agricultores que se dedican a esta labor, y también es una parte nutritiva para las personas, ya que esta posee una abundancia de vitaminas y antioxidantes.

El uso de técnicas de fertilización adecuadas no solo mejora la absorción de

nutrientes esenciales para el brócoli, sino que tiene un efecto en el rendimiento y calidad de este cultivo, de esta forma se obtiene resistencia a plagas y enfermedades, promoviendo el bienestar de la planta en general.

La importancia de implementar estas técnicas de fertilización adaptadas a los requisitos del cultivo, radica en que estamos asegurando una productividad sostenible y reduciendo los daños ecológicos, ya que al tener un plan de nutrición adecuado se puede obtener un mayor rendimiento y calidad del cultivo. Al hacerlo, los agricultores pueden hacer una valiosa contribución para mejorar tanto la cantidad como el calibre de la producción de brócoli.

Con el uso de productos orgánicos como el compost y bokashi se mejora la biodiversidad microbiológica del suelo, mientras que al utilizar productos químicos se puede combatir plagas y enfermedades, ya que una planta con sus nutrientes adecuados posee una mejor característica de sus órganos, garantizando de esta forma una buena cosecha. Si se logra complementar estos dos enfoques, los agricultores obtendrán una mayor productividad, siendo un cultivo más rentable para ellos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

- Analizar las estrategias nutricionales para mejorar la producción y calidad del cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea*) en el Ecuador.

1.4.2. Objetivo Específicos.

- Detallar las estrategias nutricionales que se utilizan en el cultivo de Brócoli.
- Identificar los niveles de fertilización adecuado para mejorar la calidad del Brócoli en el Ecuador.

1.5. Línea de investigación

Dominios: Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología.

Líneas: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

Sublínea: Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO.

2.1. Marco Conceptual.

2.1.1. Origen y distribución del brócoli.

El brócoli, originario del Mediterráneo y Asia Menor, ha cautivado a personas de todo el mundo por su atractiva estética y su excepcional contenido nutricional. Su viaje se remonta a la antigua Roma, donde primero ganó aclamación y luego llegó a Inglaterra durante el siglo XVII bajo el sobrenombre de "espárragos italianos". Con el tiempo, los inmigrantes italianos trajeron esta deliciosa verdura a los Estados Unidos, donde rápidamente ganó popularidad y se convirtió en un alimento básico culinario (Das y Ghosh 2021).

El consumo de brócoli está aumentando a nivel mundial y se espera que siga creciendo en la próxima década. Este aumento de la demanda se puede atribuir a los beneficios funcionales de la verdura, que incluyen salvaguardar los sistemas cardiovascular y neurológico y brindar protección contra formas específicas de cáncer (Cuesta y Fusari 2022).

Ecuador tiene una ventaja competitiva sobre sus rivales en el mercado mundial del brócoli, particularmente debido a su capacidad para producir y exportar esta verdura durante todo el año. Los principales mercados de exportación del brócoli ecuatoriano incluyen la Unión Europea, que representa el 35 % de las exportaciones, así como Estados Unidos y Canadá, que en conjunto representan un porcentaje similar. Además, Japón recibe el 30 % de las exportaciones de brócoli de Ecuador. Si bien también hay envíos más pequeños a Medio Oriente, es la producción constante permitida por condiciones climáticas favorables, plantas sanas y acceso al riego lo que distingue a Ecuador en la industria (Vélez y Álava 2021).

2.1.2. Fertilización.

La fertilización del brócoli se fundamenta en un análisis exhaustivo del suelo

y del agua previo al establecimiento del cultivo. Estos análisis proporcionan información crucial sobre la fertilidad del suelo y la calidad del agua, permitiendo determinar si se necesitan enmiendas y ajustes para optimizar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Es esencial conocer la extracción de nutrientes por tonelada de producto cosechado, ya que varía según la biomasa producida en diferentes órganos de la planta y otros factores como la variedad y el sistema de riego (Intagri 2022).

Para las fases de crecimiento y el comienzo de la formación de las pellas en la mitad del ciclo, se recomienda aplicar bioestimulantes a base de glicina-betaina, prolina y aminoácidos de alta eficiencia, junto con formulados a base de algas, para proteger los cultivos de situaciones extremas y reducir la incidencia de fisiopatías. Estos bioestimulantes fortalecen la planta y favorecen su desarrollo frente al estrés hídrico y térmico. Los productos a base de calcio y potasio son esenciales durante la formación, engorde y terminación de pellas, junto con el uso de productos a base de boro y molibdeno, ya que es un cultivo de ciclo corto y posee un rápido crecimiento y una alta producción (Fruit Today 2021).

La producción de brócoli en el Ecuador, ha mostrado un fuerte dinamismo en los últimos años, constituyéndose como un producto bandera dentro de los no tradicionales de exportación. El brócoli responde a la fertilización nitrogenada; sin embargo, el exceso de nitrógeno causa tallos huecos. Es importante dotar al cultivo de cantidades suficientes de fósforo y potasio. Los fertilizantes químicos correctamente utilizados no causan residuos tóxicos en la planta, puesto que están compuestos de nutrientes que pasan a ser elementos integrantes de la estructura química de la planta. Así, el nitrógeno se transforma en clorofila y luego en proteínas, el fósforo en sabia y el potasio permite la concentración de azúcares y color (Sánchez 2022).

El brócoli requiere mucho abono, sobre todo nitrógeno y potasio, es menor exigente en fósforo. En la mayoría de los casos se recomienda la incorporación de estiércol o abonos verdes al suelo, supliendo más tarde con aplicaciones de nitrógeno al lado del surco (Mosqueira 2023).

El 75 % del nitrógeno y el potasio se absorben a partir de la formación de la cabeza, en cambio las exigencias por fósforo se manifiestan durante todo el ciclo relativamente constante. El brócoli es exigente también en boro y molibdeno, debido al crecimiento rápido, ciclo corto y producción elevada; en suelos en los que el magnesio sea escaso conviene hacer aportación de este elemento (Pereira 2023).

El brócoli se ha considerado como una hortaliza de gran importancia económica, ya que es una de las verduras que más se consume a nivel nacional y también con una gran demanda para la exportación, principalmente por sus altos valores nutricionales, debido a lo cual se ha visto en la necesidad de continuar en la producción y por ende incrementar su demanda, si se entrega al mercado local y nacional productos hortícolas provenientes de una agricultura sana o limpia. La agricultura orgánica constituye una parte cada vez más importante del sector agrícola por sus ventajas ambientales y económicas, lo cual lleva a pensar día a día lo importante que es consumir alimentos sanos, libres de residuos químicos, para la salud humana (Nachimba 2022).

2.1.3. Tipos de Fertilizantes.

Según Zschimmer y Schwarz (2021), existen 4 tipos de fertilización que son:

Fertilizantes orgánicos: son de origen animal o vegetal y, aunque sus nutrientes son menos solubles, mejoran el estado del suelo y favorecen la retención de agua y nutrientes. Ejemplos incluyen el estiércol, compost y abonos verdes, utilizados principalmente en la agricultura ecológica.

Fertilizantes químicos: ofrecen resultados rápidos y visibles en la salud y producción de las plantas, aunque requieren un uso eficaz. Innovaciones tecnológicas han mejorado su aplicación.

Biofertilizantes: contienen microorganismos vivos y son amigables con el medio ambiente, utilizados en la agricultura ecológica.

Bioestimulantes: contienen microorganismos para estimular el crecimiento de las plantas.

En cuanto a su aplicación, el autor antes mencionado indica:

Fertilizante radicular o al suelo: se aplica en la base de la planta, cerca de sus raíces, para una asimilación rápida.

Fertilizante foliar: se aplica diluido en agua sobre las hojas por pulverización para una rápida absorción.

Fertirrigación: se disuelven en el agua de riego, distribuyendo los nutrientes por todo el terreno.

2.1.4. Fertilización química del brócoli

El brócoli requiere muchos nutrientes, sobre todo nitrógeno y potasio, siendo menor exigente en fósforo. En la mayoría de los casos se recomienda la incorporación de estiércol o abonos verdes al suelo, supliendo más tarde con aplicaciones de nitrógeno al lado del surco (Crespo 2023).

El 75 % del nitrógeno y el potasio se absorben a partir de la formación de la cabeza, en cambio las exigencias por fósforo se manifiestan durante todo el ciclo relativamente constante. El brócoli es exigente también en boro y molibdeno, debido al crecimiento rápido, ciclo corto y producción elevada; en suelos en los que el magnesio sea escaso conviene hacer aportación de este elemento (Pereira 2023).

El brócoli responde a la aplicación de nitrógeno en dosis de 120 a 240 kg/ha, principalmente cuando se aplica también fósforo de 50 a 210 kg/ha y 100 kg/ha de potasio. Sólo durante el primer mes de trasplante se asimila entre el 5 y 10 % del total de nutrientes y la asimilación máxima tiene lugar durante la formación de la cabeza. El brócoli es muy sensible a las deficiencias de nutrientes minerales (Canchari 2022).

Se han observado buenos resultados con la aplicación de 12 g de la fórmula 10-30-10 en el trasplante y 10 gramos de nitrato de amonio a cada planta, treinta días después del trasplante. Se recomienda la aplicación de fertilizante foliar, principalmente de los elementos boro, magnesio, azufre (Huayanay 2020).

Los fertilizantes son productos que representan entre el 20 y 30 % de los costos de producción de un cultivo. Muchos agricultores están aplicando fertilizantes en exceso, encareciendo los costos de producción, desmejorando la calidad y desnaturalizando la fertilidad de los suelos de Ecuador, que tiene un clima precioso para la producción agrícola. Se debe hacer un llamado a los agricultores del país para que traten de minimizar las adiciones innecesarias de fertilizantes nitrogenados, fosforados y potásicos al suelo (Riofrío y León 2020).

2.1.4.1. Nitrógeno

El cultivo necesita de N (nitrógeno) en 3 ó 4 aplicaciones, lo más recomendable son tres, aplicar 25 % en la preparación de base, 40 % en el inicio de mayor crecimiento que es de los 35 a 55 días después del trasplante y 35 % restante en la formación de cabeza, con dosis recomendada de 200 kg/ha (Pereira 2023).

Formas de nitrógeno

El nitrógeno se encuentra en forma libre como componente del aire; en forma orgánica, constituyendo la formación de tejidos y órganos vegetales, animales, desechos; y en forma mineral como compuestos simples que se caracterizan por su solubilidad mayor o menor según los distintos medios (Canchari 2022).

Síntomas de deficiencia en la planta de brócoli

La insuficiente nutrición de la planta en nitrógeno se manifiesta, en primer lugar, con vegetación raquítica, maduración acelerada con frutos pequeños y poca calidad causada por la inhibición de formación de carbohidratos, hojas de color verde amarillento, caída prematura de las hojas, disminución del rendimiento (Saire 2022).

En algunas plantas puede observarse una coloración púrpura en los pecíolos y nervios de las hojas, debido a la formación de pigmentos antocianicos (Yumbay 2023).

Exceso de nitrógeno en la planta de brócoli

Si se suministran a las plantas cantidades elevadas de nitrógeno se observa una tendencia al aumento del número y tamaño de las células de las hojas, con un aumento general en la producción de hojas. El exceso de nutrición de la planta en nitrógeno produce una vegetación excesiva que conlleva algunos inconvenientes, como puede ser el retraso en la maduración, la planta continúa desarrollándose, pero tarda en madurar. El exceso también produce mayor sensibilidad a enfermedades, los tejidos permanecen verdes y tiernos más tiempo, siendo más vulnerables (Melià 2023).

El brócoli responde a la fertilización nitrogenada; sin embargo, el exceso de nitrógeno causa tallos huecos. Los fertilizantes químicos correctamente utilizados no causan residuos tóxicos en la planta, puesto que están compuestos de nutrientes que pasan a ser elementos integrantes de la estructura química de la planta. Así, el nitrógeno se transforma en clorofila y luego en proteínas (Chongo y Mora 2022).

El nitrógeno mejora la absorción de fósforo

El amonio afecta significativamente la disponibilidad y absorción de P, la absorción ayuda a mantener una condición ácida en la superficie de la raíz mejorando de esta forma la absorción del fósforo (Aguirre 2023).

2.1.4.2. Fósforo

El fósforo (P) es esencial para el crecimiento de las plantas. No existe ningún otro nutriente que pueda sustituirlo. Las plantas deben tener fósforo (P) para completar su ciclo normal de producción. La dosis que se debe aplicar es de 100 kg/ha al momento de la siembra (Gómez 2022).

Formas del fósforo

El fósforo no se encuentra en estado de "pureza química", sino que se

combina constituyendo los compuestos orgánicos e inorgánicos. Entre los compuestos orgánicos se encuentran los fosfolípidos, ácidos nucleicos, fitina e inositol, pertenecientes a la composición de la materia orgánica de vegetales y animales. Los compuestos inorgánicos proceden además de la descomposición bacteriana del material orgánico, de los minerales del suelo del grupo del apatito y de fosfatos específicos como los del calcio, hierro y aluminio, además de otros sin una identificación química clara (Canchari 2022).

Síntomas de deficiencia en la planta de brócoli

Con frecuencia, tiende a presentarse un estado general de achaparramiento. Las puntas de las hojas se secan y se manifiesta un amarillamiento. Estas presentan una ondulación característica. La deficiencia de fósforo al igual que la de nitrógeno, suele comenzar en las hojas inferiores que son más viejas. Se presentan hojas con un verde oscuro apagado que adquiere luego un color rojizo o púrpura característicos y llegan a secarse. Además, el número de brotes disminuye, formando tallos finos y cortos con hojas pequeñas, menor desarrollo radicular, menor floración y menor cuajado de frutos (Valle 2021).

Exceso de fósforo en la planta de brócoli

El exceso de fósforo puede acelerar unilateralmente la madurez a costo del crecimiento vegetativo. Además de ello, las deficiencias de elementos menores particularmente zinc y hierro han sido atribuidas en ciertos casos a un exceso de fosfatos que origina depresiones en el rendimiento (Saire 2022).

2.1.4.3. Potasio

El potasio (K) es un macro nutriente esencial requerido en grandes cantidades para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos. El potasio se encuentra normalmente en un rango entre 1 a 4% de la materia seca (MS), pudiendo alcanzar más del 8% en algunos casos. Una vez que las hojas más viejas de la planta han alcanzado sus concentraciones específicas de K, el flujo neto de K desde las raíces satisface solo las cantidades necesarias para el desarrollo y

crecimiento de nuevas raíces. Por lo tanto, el flujo de K desde las raíces está determinado en gran parte por la tasa de crecimiento de la planta. La dosis adecuada es de 110 kg/ha aplicada al momento de la siembra (Valle 2021).

Formas de potasio

Thompson (1985), manifiesta que el potasio es absorbido por las plantas en forma de ión K^+ , pero desde hace mucho tiempo el contenido de potasio de un suelo y de los fertilizantes se expresa en forma de K_2O . El potasio es uno de los tres cationes principales que utilizan las plantas. Es una de las bases retenida en forma intercambiable por las arcillas y por los aniones orgánicos. Es un catión bastante móvil, tanto en el suelo como en la planta, si bien como componente de la estructura de un retículo cristalino es muy inmóvil y relativamente resistente al proceso de meteorización (Rebolledo *et al.* 2023).

Síntomas de deficiencia en la planta de brócoli

Rodríguez (2003), señala que los síntomas que presentan los vegetales ante las deficiencias de potasio se pueden generalizar en: reducción general del crecimiento, los tallos y la consistencia general de la planta son de menos resistencia física y presentan un menor vigor de crecimiento (Escobar 2020).

El síntoma más característico, es la aparición de moteado de manchas cloróticas, seguido por el desarrollo de zonas necróticas en la punta y borde de las hojas. Estos síntomas suelen aparecer primero en las hojas maduras debido a la gran movilidad de este elemento en la planta (Valle 2021).

Exceso de potasio en la planta de brócoli

La mayoría de las plantas pueden asimilar grandes cantidades de potasio, sin que ello llegue a mermar su calidad (Barco *et al.* 2021).

2.1.4.4. Calcio

La solución de calcio indicada como fortificante de los tejidos de la planta para aplicación foliar, posee la finalidad es aumentar la tolerancia del cultivo de brócoli al ataque de patógenos, mejorar la vida del fruto e incrementar la resistencia de la planta y fruta a daños físicos ocasionados por rozamiento, manipulación. Se efectúan de 2-3 aplicaciones a un intervalo de 7-10 días. El calcio es muy importante para lograr mayor firmeza de cabezas y se recomienda su uso a partir de los 40 días en dosis de 5 a 10 litros por hectárea (Acuña y Fischer 2020).

Formas de calcio

El calcio es absorbido por las plantas en forma de catión Ca^{++} . Una vez dentro de la planta, el calcio funciona en varias formas, incluyendo las siguientes: a) estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas, b) reduce el nitrato (NO_3^-) en la planta, c) activa varios sistemas de enzimas, d) neutraliza los ácidos orgánicos en la planta (Enríquez 2022).

Síntomas de deficiencia en la planta de brócoli

Un síntoma común de la deficiencia de calcio es un pobre crecimiento de las raíces, las que se tornan negras y se pudren. Las hojas jóvenes y otros tejidos nuevos desarrollan síntomas debido a que el calcio no se transloca dentro de la planta. Los tejidos nuevos necesitan calcio para la formación de sus paredes celulares, por lo tanto, la deficiencia de calcio causa que los filos de las hojas y que los puntos de crecimiento sean gelatinosos. En casos severos, los puntos de crecimiento mueren (Barco *et al.* 2021).

Fuentes de calcio

El calcio puede ser suministrado por medio de varias fuentes. Si se considera que la mayoría de los suelos que tienen deficiencia de calcio son ácidos, un buen programa de encalado puede incrementar el contenido de este nutriente en el suelo de una manera más eficiente. La calcita y la dolomita son excelentes fuentes de

calcio (Samudio 2020).

2.1.4.5. Azufre

Para aplicar el azufre puede realizarse tanto vía riego como foliar, ideal para complementar el programa de fertilización. La dosis recomendada es de 4-10 L/ha, aplicar fraccionado desde el inicio de la vegetación en 3 aplicaciones (Murillo *et al.* 2023).

Formas de azufre

Papel de Azufre Sarli (1980), indica que a diferencia del calcio y el magnesio que son absorbidos por las plantas como cationes, el azufre es absorbido principalmente como anión sulfato ($\text{SO}_4 =$). También puede entrar por las hojas como dióxido de azufre (SO_2) presente en el aire. El azufre es parte de cada célula viviente y forma parte de dos de los 21 aminoácidos que forman las proteínas (Ramírez *et al.* 2021).

Síntomas de deficiencia en la planta de brócoli

Las plantas que tienen una deficiencia de azufre presentan un color verde pálido en las hojas más jóvenes, aun cuando en casos de deficiencia severa toda la planta puede presentar color verde pálido y crecimiento lento. Las hojas se arrugan a medida que la deficiencia progresa (Murillo *et al.* 2023).

Fuentes de azufre

La materia orgánica del suelo es la principal fuente de azufre. Más del 95 % del azufre encontrado en el suelo está retenido en la materia orgánica. Otras fuentes naturales incluyen residuos de animales, agua de irrigación y la atmósfera (Forero *et al.* 2022).

2.1.4.6. Boro

El boro aplicado a los 30 días después de la siembra, en dosis de 1 – 6 kg/ha, vía foliar, es muy importante su uso a razón de 8 a 10 unidades para evitar problemas de tallo hueco y oxidación prematura de tallos problema que perjudica la calidad de cabezas y mermas en el porcentaje de grado 1 y su ausencia puede ocasionar también desarrollo de enfermedades bacterianas en tallos (Acuña y Fischer 2020).

Deficiencia de boro

El brócoli es exigente en boro; en suelos que sea escaso conviene hacer aportación de este elemento. En suelos demasiado ácidos conviene utilizar abonos alcalinos para elevar un poco el pH con el fin de evitar el desarrollo de la enfermedad denominada “Hernia de la col” (Vivanco 2023).

2.1.5. Fertilización orgánica del brócoli

La importancia que los abonos orgánicos tienen en el suelo es que incrementan la actividad bacteriana, necesarios para el desarrollo y aportar nutrientes a la planta. La incorporación de abonos orgánicos ayuda a la descomposición de los nutrientes presente en el suelo y ayudan a las plantas a asimilar de mejor manera estos elementos necesarios para su desarrollo. Además, incrementan la absorción del agua y mantienen la humedad del suelo. Su acción es prolongada, duradera y pueden ser utilizados con frecuencia sin dejar secuelas en el suelo y con un gran ahorro económico (Cevallos 2020).

Una alternativa a la aplicación de fertilizantes, la constituye el empleo de abonos orgánicos (compost, biosólidos, entre otros) u órgano-minerales, que presentan parte del N en formas orgánicas, más o menos estables, que paulatinamente van mineralizándose y pasando a disposición de las plantas. En este mismo sentido, se indica que la fertilización orgánica sustituye en gran medida el uso de fertilizantes minerales. Los beneficios del uso de estos abonos orgánicos, son ampliamente conocidos a nivel mundial, aunque la literatura científica es poco

precisa sobre contenidos nutricionales y prácticamente no se hace referencia a la carga microbiana existente en estos materiales (Rivera 2022).

En un estudio realizado por Cruz *et al.* (2018), se reveló que con la aplicación de fuentes orgánicas, incluyendo compost, bocashi, humus y biol, en la producción comercial de brócoli, el compost tuvo un impacto positivo, con un rendimiento de 23,10 kg/parcela, seguido por el tratamiento con humus, mientras que los tratamientos con biol mostraron un rendimiento menor, con un promedio de 19,50 kg/tratamiento. La regresión cuadrática entre las dosis de abonos orgánicos y el rendimiento reveló que la dosis media fue la más efectiva, lo que resultó en un aumento promedio de 3,6 kg/parcela con la aplicación de compost y 3,23 kg/parcela con la dosis media.

En un estudio realizado por Cruz *et al.* (2018), se reveló que la aplicación de fuentes orgánicas, incluyendo compost, bocashi, humus y biol, en la producción comercial de brócoli, el compost tuvo un impacto positivo en la altura de la planta y el rendimiento. Específicamente, el compost aplicado al suelo demuestra resultados favorables, demostrando una altura de planta de 52,25 cm a los 60 días, un diámetro de la pella de 19,91 cm, un peso de la pella de 0,97 kg y el rendimiento más alto de 23,10 kg/tratamiento, destacando la eficacia del compost en el cultivo de brócoli.

López (2022), realizó una investigación donde utilizó purín de bovino, purín de porcino y purín de gallinaza, aplicados cada ocho días, 15 días después del trasplante. El tratamiento T4, con purín de gallinaza, mostró valores superiores en variables de crecimiento del brócoli, como diámetro, largo del tallo, número y longitud de hojas, alto y diámetro de la pella, peso y rendimiento, así como en la relación beneficio/costo.

Blanco y Arragan (2020), utilizaron en el cultivo de brócoli un abono orgánico líquido aeróbico (AOLA), el cual es un fertilizante obtenido mediante un proceso microbiano en presencia de oxígeno, a partir de sustratos pre-humificados como compost, humus de lombriz y estiércol fermentado. Se destacaron los siguientes resultados: la altura promedio de las plantas alcanzó 84,8 cm con un nivel de AOLA

al 20 %, mientras que el mayor número de hojas por planta se registró con niveles de AOLA al 20 % y 30 %, totalizando 12 hojas.

Además, los mismos autores señalan que el diámetro del tallo fue óptimo con una dosis de 30 % de AOLA, alcanzando 2,86 cm, y la aparición de la pella fue mejor con la misma dosis. Respecto al peso de la pella por planta, con un nivel de AOLA al 20 % (T3) se alcanzó 168,89 g, y el rendimiento del cultivo fue superior con la misma dosis, con un promedio de 19 046,92 kg/ha y un beneficio costo de 1,75, seguido por 17 910,69 kg/ha y un beneficio costo de 1,56 (T4).

2.1.6. Manejo de nutrientes

Las altas demandas nutricionales del cultivo, junto con la limitada capacidad para adquirir fertilizantes convencionales, han resultado en un manejo deficiente de nutrientes y bajos rendimientos. El desequilibrio en el suministro de nutrientes afecta la sostenibilidad agrícola global, instando a promover técnicas que fomenten un mayor aporte y uso cíclico de nutrientes, así como el aprovechamiento de recursos locales. Se requieren sistemas de fertilización alternativos con materiales orgánicos para reducir la dependencia de los fertilizantes minerales y mitigar sus efectos adversos en los suelos y microorganismos (Cruz *et al.* 2018).

Existe un impacto adicional y significativo en la respuesta del brócoli a los fertilizantes a base de nitrógeno, fósforo y potasio, que se refleja en un mayor diámetro y masa de las semillas y, por lo tanto, en el rendimiento general. La falta de fertilizantes, además del uso de P y K sin N, reduce el diámetro, el peso y el rendimiento de la pella (Puenayan *et al.* 2010).

Según Espinosa (2001), el manejo de nutrientes es fundamental para garantizar el crecimiento saludable de los cultivos y maximizar los rendimientos. Algunas prácticas comunes de manejo de nutrientes incluyen:

Análisis de suelos: realizar análisis periódicos del suelo para determinar los niveles de nutrientes disponibles y pH, lo que ayuda a ajustar las estrategias de fertilización.

Fertilización balanceada: aplicar fertilizantes de manera equilibrada, considerando las necesidades específicas de cada cultivo y las condiciones del suelo para evitar deficiencias o excesos de nutrientes.

Fertilización foliar: complementar la fertilización del suelo con aplicaciones foliares de nutrientes para una absorción más rápida y eficiente, especialmente en situaciones de estrés o deficiencias.

Uso de abonos orgánicos: incorporar abonos orgánicos al suelo para mejorar su estructura, aumentar la materia orgánica y proporcionar nutrientes de manera gradual a las plantas.

Rotación de cultivos: practicar la rotación de cultivos para evitar el agotamiento de nutrientes específicos en el suelo y promover un equilibrio nutricional en el agroecosistema.

Agricultura de precisión: utilizar tecnologías como sistemas de posicionamiento global (GPS) y sistemas de información geográfica (GIS) para mapear la variabilidad de los nutrientes en el suelo y aplicar fertilizantes de manera específica en cada zona del campo.

2.1.7. Influencia de nutrientes en la calidad del brócoli

El brócoli responde a los fertilizantes a base de nitrógeno, fósforo y potasio con efectos significativos y complementarios, que se reflejan en un mayor diámetro y peso de las partículas y, por tanto, en el rendimiento general. Si no se fertiliza, la aplicación de fósforo y potasio sin nitrógeno reducirá el diámetro, el peso y el rendimiento de la pella (Puenayan *et al.* 2010).

La calidad del brócoli está directamente influenciada por la presencia equilibrada de nutrientes esenciales como el nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, los cuales son fundamentales para el crecimiento vegetativo, desarrollo de raíces fuertes, formación de flores y frutos, absorción de agua y nutrientes, resistencia a enfermedades, y firmeza de los brotes; desequilibrios en la disponibilidad de estos nutrientes pueden resultar en problemas como crecimiento deficiente, tallos débiles, menor resistencia a enfermedades y textura inadecuada, afectando negativamente la calidad del brócoli (Herogra 2020).

Estudio realizado en la “Evaluación de la extracción de N, P y K en el cultivo de brócoli var. Avenger” determinó en sus resultados de acuerdo a las variables de altura de planta, número de hojas, días a la aparición de la pella, días a la cosecha, peso de la pella y diámetro de los floretes, los mejores tratamientos se determinaron con aportaciones a la fertilización de 237,6 kg ha⁻¹ de Nitrógeno, 105,5 kg ha⁻¹ de Fósforo, 136,1 kg ha⁻¹ de Potasio, 47,6 kg ha⁻¹ de Calcio, 17,4 kg ha⁻¹ de Magnesio y 69,3 kg ha⁻¹ de Azufre (Escobar 2021).

2.2. Metodología

Este trabajo adopta una metodología de investigación exploratoria y explicativa. La investigación exploratoria permite una exploración inicial y amplia de las diversas dimensiones del tema, mientras que la investigación explicativa busca proporcionar una comprensión más profunda y causal de los factores que influyen en la producción y calidad del cultivo.

En la elaboración de este documento, se llevó a cabo la recopilación de datos a partir de fuentes actuales como textos, revistas, bibliotecas virtuales y artículos académicos. Esta variedad de fuentes contribuyó a la obtención de información completa y actualizada para respaldar el desarrollo de este documento.

La información recopilada fue analizada, resumida y parafraseada, con el propósito de extraer datos relevantes sobre las estrategias nutricionales destinadas a mejorar la producción y calidad del cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea*) en Ecuador.

2.3. Resultados

Las prácticas que mejoran la rentabilidad y el rendimiento del cultivo de brócoli, es el uso de abono de gallinaza, compost, bocashi, humus y biol, siendo importante adoptar estos enfoques integrados este cultivo aprovecha los nutrientes orgánicos e inorgánicos optimizando su productividad y siendo sostenible con el medio ambiente.

Las cantidades totales de macronutrientes absorbidos por el cultivo para alcanzar una productividad de 12,0 Tn/ha⁻¹ se requiere de 237,6 kg ha⁻¹ de Nitrógeno, 105,5 kg ha⁻¹ de Fósforo, 136,1 kg ha⁻¹ de Potasio, 47,6 kg ha⁻¹ de Calcio, 17,4 kg ha⁻¹ de Magnesio y 69,3 kg ha⁻¹ de Azufre de esta manera es importante entender que en el periodo de máximo desarrollo de las inflorescencias y la de K y Ca se produjeron al final una vez que las inflorescencias alcanzan su maduración antes de la cosecha.

El efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos del Brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), donde 60 % N + 13,3 % FYM + 13,3 % Vermicompost + 13,3 % estiércol de aves es el mejor en términos de calidad vegetal, altura, número de hojas, área foliar, días para cuajar iniciación, días hasta la madurez de la cuajada, diámetro de la cuajada, peso de cuajada, rendimiento de cuajada por parcela.

Con base al ciclo fenológico del brócoli se encontró que el nivel de extracción de nitrógeno más bajo fue de 9,1 kg/ha el día 35 y el más alto entre los días 56 y 75 con una diferencia de 140 kg/ha según el ciclo fenológico del brócoli. Al extraer fósforo, la fábrica logra un mayor nivel de consumo de 75 ddt con un valor de 33,3 kg/ha; mientras que potasio mostró un comportamiento similar con una recuperación de 187,4 kg ha⁻¹ a los 75 días.

2.4. Discusión de resultados

Las cantidades totales de macronutrientes absorbidos por el cultivo para alcanzar una productividad de 12,0 Tn/ha⁻¹ se requiere de 237,6 kg ha⁻¹ de Nitrógeno, 105,5 kg ha⁻¹ de Fósforo, 136,1 kg ha⁻¹ de Potasio, 47,6 kg ha⁻¹ de Calcio, 17,4 kg ha⁻¹ de Magnesio y 69,3 kg ha⁻¹ de Azufre. La mayor acumulación de N, P, y Mg de esta manera es importante entender que en el periodo de máximo desarrollo de las inflorescencias y la de K y Ca se produjeron al final una vez que las inflorescencias alcanzan su maduración antes de la cosecha, respaldado por Catota y Ramirez (2020), en el desarrollo morfoagronómico de las plantas el abono gallinaza obtuvo los valores más altos en todas las variables medidas peso de la planta (718.20gr), número de hojas (21.65), longitud de la planta (55.62cm), peso de raíz (77.92gr), longitud de raíz (34.55cm), volumen de raíz (95.04 ml), esta última

fue el único similar al abono químico (95.10ml).

El efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos del Brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), donde 60 % N + 13,3 % FYM + 13,3 % Vermicompost + 13,3 % estiércol de aves es el mejor en términos de calidad vegetal, altura, número de hojas, área foliar, días para cuajar iniciación, días hasta la madurez de la cuajada, diámetro de la cuajada, peso de cuajada, rendimiento de cuajada por parcela, corroborando lo de Ortiz (2019) la aplicación conjunta de abonamiento orgánico y químico, fue el de mayor rendimiento de inflorescencia alcanzando 22.93 t/ha; la superioridad de los fertilizantes inorgánicos se debe principalmente al efecto inmediato de los elementos nutritivos (N,P,K) de fácil solubilidad e inmediata asimilación por el sistema radicular de la planta.

Con base al ciclo fenológico del brócoli se encontró que el nivel de extracción de nitrógeno más bajo fue de 9.1 kg/ha el día 35 y el más alto entre los días 56 y 75 con una diferencia de 140 kg/ha según el ciclo fenológico del brócoli. Al extraer fosfato, la fábrica logra un mayor nivel de consumo de 75 ddt con un valor de 33,3 kg/ha; mientras que potasio mostró un comportamiento similar con una recuperación de 187,4 kg ha⁻¹ a los 75 días, lo que según un estudio realizado por Ajila (2021), no coincidió con los resultados propuestos, ya que las dosis más bajas para el incremento de la productividad de brocolí es de kg/ha de 250 N, 275 P₂O₅, 121 K₂O influye de manera positiva en las siguientes variables agronómica: altura de la planta, número de hojas, diámetro de tallo, días a la aparición de la pella, días a la cosecha, peso de la planta y pella, rendimiento de pellas y residuos de cosecha por parcela neta y tonelada/hectárea.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

Objetivo 1: Detallar las estrategias nutricionales que se utilizan en el cultivo de Brócoli.

El abono de gallinaza, compost, bocashi, humus y biol, son las prácticas que mejoran la rentabilidad y el rendimiento del cultivo de brócoli, siendo importante adoptar estos enfoques integrados este cultivo aprovecha los nutrientes orgánicos e inorgánicos optimizando su productividad y siendo sostenible con el medio ambiente.

El efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el cultivo de brócoli resulta crucial para la mejora su calidad y rendimientos de la cosecha y es vital para mejorar la estructura y fertilidad del suelo, aunque existe una desventaja en el uso de fertilizantes inorgánicos la cual puede generar residuos y su uso excesivo puede ocasionar daños en el suelo y de esta forma tener un bajo rendimiento en el cultivo.

Objetivo 2: Identificar los niveles de fertilización adecuado para mejorar la calidad del Brócoli en el Ecuador.

Las variables de altura de planta, número de hojas, días a la aparición de la pella, días a la cosecha, peso del residuo, peso de la pella y diámetro de los floretes, sobresalen con aportaciones a la fertilización de 237,6 kg ha⁻¹ de Nitrógeno, 105,5 kg ha⁻¹ de Fósforo, 136,1 kg ha⁻¹ de Potasio, 47,6 kg ha⁻¹ de Calcio, 17,4 kg ha⁻¹ de Magnesio y 69,3 kg ha⁻¹ de Azufre.

3.2. Recomendaciones

- Utilizar abono de gallinaza, compost, bocashi, humus y biol, como prácticas orgánicas para mejorar la rentabilidad y el rendimiento del cultivo de brócoli.
- Incorporar residuos orgánicos para garantizar un suministro adecuado de N, P y K y maximizar calidad del brócoli en Ecuador.
- Aplicar 237,6 kg ha⁻¹ de Nitrógeno, 105,5 kg ha⁻¹ de Fósforo, 136,1 kg ha⁻¹ de Potasio, 47,6 kg ha⁻¹ de Calcio, 17,4 kg ha⁻¹ de Magnesio y 69,3 kg ha⁻¹ de Azufre para incrementar los rendimientos.

- Mantener prácticas de uso combinado de fertilizantes orgánicos e inorgánicos para mejorar producción y calidad del brócoli de forma sostenible.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y ANEXOS.

4.1. Referencias bibliográficas

Acosta, J; Núñez, E; Cerda, B; Cerda, A; Fernández, B. 2018. Alimentos de la región de murcia: brócoli. ResearchGate (December):1-41. Consultado el 15 de febrero del 2024. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Jose-Martinez-Paz/publication/256546468_El_cluster_agroalimentario_de_la_region_de_

Murcia/links/0deec523560946eeb1000000/El-cluster-agroalimentario-de-la-region-de-Murcia.pdf

- Acuña-Caita, J. F., & Fischer, G. 2020. Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. Consultado el 21 de febrero del 2024. Disponible en https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36815/Ver_documento_36815.pdf?sequence=1
- Aguirre Gómez, F. M. 2023. Absorción de nitrógeno y fósforo mediante el uso de *Ocimum basilicum* (albahaca) en un sistema acuaponico con cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia). Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2428>
- Ajila, K. 2021. Evaluación del efecto de N, P₂O₅, K₂O de cuatro formulados inorgánicos en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L.) var. Avenger, Cantón Chilla, Provincia El Oro. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Consultado el 15 de febrero del 2024. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15664>
- Barco Javier, C. D., Guerrero Rosillo, S. B., Romero Ahumada, T. F., & Tello Castañeda, C. C. 2021. Modelo Prolab: Humus de lombriz potenciado con nutrientes orgánicos de nitrógeno-potasio-fósforo (NPK) en presentación grow cubes, una propuesta sostenible para mejorar la calidad de los cultivos. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/27048>
- Berríos, P; Pérez, A. 2021. Mineral nitrogen fertilization effect on broccoli crop yield and physiology. (June):58-61. Repositorio.UPCT. Consultado el 21 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/10756/13-efm.pdf>.
- Blanco, A; Arragan, F. 2020. Concentraciones de abono orgánico líquido aeróbico (AOLA) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) mediante riego por goteo. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 7(2):66-72. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182020000200009&script=sci_arttext
- Canchari Gómez, B. H. 2022. Dosis de abono orgánico y mineral en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica), Canaán-Ayacucho

- 2750 msnm. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5760>
- Castro, E; Yumbay, Y. 2023. Eficiencia química a la aplicación de cuatro tipos de fertilizantes en la producción de tres híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) En Vinchoa, Provincia Bolívar. Universidad Estatal de Milagro (10):63. Consultado el 28 de febrero del 2024.
- Catota, W; Ramirez, J. 2020. Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) Var. Avenger sakata con dos abonos orgánicos. Universidad Técnica De Cotopaxi. Consultado el 15 de febrero del 2024. Disponible en <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6924>
- Cevallos Chacón, E. A. 2020. *ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS A PARTIR DE LOS RESIDUOS VEGETALES EN LA FINCA TÓALA LEÓN EN LA COMUNIDAD JOÁ-JIPIJAPA* (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM). Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2386>
- Chongo Tanguila, C. P., & Mora Matango, W. E. 2022. *Adaptación de tres híbridos de brócoli (Brassica oleracea var. itálica) bajo fertilización química y orgánica en las localidades de San José de Minas, provincia Pichincha y Cotundo, provincia de Napo* (Bachelor's thesis, Guaranda. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Carrera de Ingeniería Agronómica). Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/4843>
- Crespo Martínez, E. I. 2023. *Manejo de fertilización edáfica en el cultivo de Aguacate (Persea americana), en Ecuador* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2023). Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <http://190.15.129.146/handle/49000/14940>
- Cruz, E; Vega, J; Gutiérrez, A; González, M; Saltos, R; Gonzales, V. 2018. Efectos de la aplicación de abonos orgánicos en la producción de Brocoli. Revista de Investigación Talentos 5(1):1-8. Consultado el 15 de febrero del 2024. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8551190>
- Cuesta, G; Fusari, GCM. 2022. New contributions in the production and processing of Broccoli (*Brassica oleracea* L var. *italic* Plenck): a review. Horticultura Argentina 41(106):223-245. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/13283>

- Das, P; Ghosh, D. 2021. Yours Truly Broccoli. Researchgate. Science and Culture 87(3-4):109-114. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Dipanjana-Ghosh-6/publication/351164106_Yours_Truly_Broccoli/links/609818f992851c490fb4c74/Yours-Truly-Broccoli.pdf
- Enríquez, G. A. 2022. Manual de buenas prácticas para la elaboración de abonos orgánicos. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/20083>
- Escobar Barragán, L. G. 2020. *Evaluación agronómica y morfológica de tres variedades de col (Brassica oleracea) a dos sistemas de fertilización en el sector Negroyaco cantón, Guaranda provincia Bolívar* (Bachelor's thesis, Guaranda. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Ingeniería Agronómica). Consultado el 15 de febrero del 2024. Disponible en <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/3533>
- Escobar, E. 2021. Evaluación de la extracción de n, p y k en el cultivo de brócoli var. Avenger. Universidad Técnica de Ambato :153. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32744>
- Espin, A. 2023. Comparación productiva del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var itálica) con fertilización química y abonadura orgánica, en el Cantón Ambato Provincia De Tungurahua. Universidad Estatal de Bolívar Consultado el 28 de febrero del 2024.
- Espinosa, J. 2001. Manejo de nutrientes en agricultura por sitio específico en cultivos tropicales. Informaciones Agronómicas 39:9-13. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Jose-Espinosa-5/publication/265570599_MANEJO_DE_NUTRIENTES_EN_AGRICULTURA_POR_SITIO_ESPECIFICO_EN_CULTIVOS_TROPICALES/links/574ab81c08ae5f7899ba0135/MANEJO-DE-NUTRIENTES-EN-AGRICULTURA-POR-SITIO-ESPECIFICO-EN-CULTIVOS-TROPICALES.pdf
- Espinoza, G. 2020. Brócoli, Brassica oleracea var. Italica, cultivo, beneficios y propiedades. Animales y Biología :1-10. Consultado el 21 de febrero del 2024. Disponible en <https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718->

34292016000600008&script=sci_arttext&tling=en

- Forero, S. E. A., Gambasica, N. V. P., & Cruz, R. K. (2022). Relación entre nutrientes con carbono, nitrógeno y materia orgánica en suelos de la zona bananera de Colombia. *RIAA*, 13(2), 7. Consultado el 15 de febrero del 2024. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8479099>
- Fruit Today. 2021. Soluciones nutricionales para brócoli y coliflor en todas las fases del cultivo. *Fruit Today Magazine* :1-10. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13457>
- Gómez, N. 2022. Evaluación de tres fertilizantes orgánicos en la productividad del cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) en la parroquia de Monte Olivo sector Palmar Grande. UPEC. Consultado el 1 de abril del 2024. Disponible en <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1672>
- Herogra. 2020. Fertilización del cultivo de brócoli. En *Herogra Fertilizante* :22-31. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/895>
- Huayanay De la Rosa, T. L. (2020). Efecto de aplicación del fertilizante microessentials SZ en el desarrollo fenológico y rendimiento del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* var *Botrytis*) bajo condiciones del distrito de Yanahuanca provincia de Daniel Alcides Carrión–Pasco. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2281>
- Intagri. 2022. Cultivos de Brócoli y Coliflor. Equipo Editorial INTAGRI. Consultado el 21 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/895>
- Juárez, JS; Alvarado, CM. 2011. Tecnología de producción de brócoli. Fundación Produce Sinaloa. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/CSOCIALES/article/view/6508>
- Kandil, H; Gad, N. 2009. Effects of Inorganic and Organic Fertilizers on Growth and Production of Brocoli (*Brassica Oleracea* L.). *Plant Nutrition Department, National Research Centre, Dokki, Egypt* 8:61-69. Consultado el 2 de marzo del 2024. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Hala-Kandil/publication/268343980_EFFECTS_OF_INORGANIC_AND_ORGANIC_FERTILIZERS_ON_GROWTH_AND_PRODUCTION_OF_BROCOLI_B

RASSICA_OLERACEA_L/links/5576cb2a08ae7521586cb728/EFFECTS-OF-INORGANIC-AND-ORGANIC-FERTILIZERS-ON-GROWTH-AND-PRODUCTION-OF-BROCOLI-BRASSICA-OLERACEA-L.pdf

- López, Y. 2022. Evaluación de tres abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* L.) en La Argelia, cantón Loja. Universidad Nacional de Loja Facultad :186. Consultado el 21 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/39766>
- MAG. 2023. Boletín Situacional Cultivo de Brocoli. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://www.agricultura.gob.ec/>
- Melià Picornell, L. 2023. Captación y distribución de elementos minerales en prunus dulcis fertirrigados con microelementos minerales. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositori.uib.es/xmlui/handle/11201/162637>
- Mellado, E; Millanao, M; Saavedra, G; Fontanilla, C. 2023. Brócoli agroindustria. Biblioteca del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) :19-25. Consultado el 2 de marzo del 2024. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-62662019000100183&script=sci_arttext
- Mosqueira Onofrio, T. L. 2023. Evaluación de tres niveles de fertirriego en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad Itálica Híbrido “Legacy”) bajo condiciones del centro agronómico K´ ayra-San Jerónimo-Cusco. Consultado el 1 de abril del 2024. Disponible en <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7652>
- Murillo, Á., Vega Jiménez, L. E., Rodríguez, D., & Yumisaca Jiménez, S. F. 2023. Manual del Cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) En Ecuador. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6054>
- Nachimba Sánchez, V. M. 2022. *Adaptabilidad de nueve cultivares de coliflor (Brassica oleracea var. Botrytis L.) En el cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi* (Bachelor's thesis). Consultado el 1 de abril del 2024. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36986>
- Ortiz, H. 2019. Abonamiento orgánico y químico en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.) En la comunidad campesina de Los Angeles, Huancarama-

- Andahuaylas-Apurimac. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4186>
- Pereira Vásquez, L. L. 2023. Efecto de la interacción de tres dosis de nitrógeno con tres dosis de biol en la producción del cultivo de “Col china” *Brassica pekinensis* (Lour). Rupr.(Brassicaceae). Consultado el 2 de marzo del 2024. Disponible en <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/11471>
- Prasad, BVG; Chakravorty, S. 2019. Performance of Mulches and Micronutrients on Water Use of Broccoli (*Brassica oleracea* L var. *Italica* Plenck). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 8(1):102-108. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://acortar.link/iEylJw>
- Puenayan, A; Córdoba, F; Unigarro, A. 2010. Respuesta del brocoli (*Brassica oleracea*) var . *Italica* L . Híbrido Legacy a la fertilización con N-P-K En El Municipio De Pasto, Nariño. *Revista de agronomía* 27(1):49-57. Consultado el 2 de marzo del 2024. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5104151>
- Ramírez-Prada, D. M., Cerda, B., Arévalo, A. C., Granja, M. A., & Zafrilla, P. 2021. Deficiencia de vitamina D en preadolescentes sanas que viven en Colombia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN)*, 71(1), 5-12. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_alan/article/view/22826
- Rebolledo Roa, A., Dorado Guerra, D. Y., Grajales Guzmán, L. C., Trejos Arana, A. M., & Rodríguez León, A. K. 2023. Criterios para la definición de planes de fertilización y la aplicación de riego en cultivos de aguacate Hass con un enfoque tecnificado. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/38690>
- Reinoso, RM. 2014. Efecto de la sustitución parcial del fertilizante químico porzeolita y micorriza en la producción de brócoli (*Brassica oleracea* L Vr. *Botrytis*), Cotopaxi - Ecuador. *Efect. ESPE* :1689-1699. Consultado el 2 de marzo del 2024. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32744>
- Rincon, L; Saez, J; Perez, J; Gomez, M; Pellicer, C. 1999. Crecimiento y absorción de nutrientes del brócoli. *Researchgate* 14(1-2). Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://www.researchgate.net/profile/Md-Gomez->

Lopez/publication/28052194_Crecimiento_y_absorcion_de_nutrientes_del_brocoli/links/0deec525da16a45321000000/Crecimiento-y-absorcion-de-nutrientes-del-brocoli.pdf

- Riofrío, F. M. C., & León, F. E. M. 2020. Mezclas de fertilizantes sintéticos en rendimiento de brócoli usando la metodología participativa en la comunidad Pungal. *Dominio de las Ciencias*, 6(3), 959-970. Consultado el 2 de marzo del 2024. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7504261>
- Rivera Contreras, W. A. 2022. *El uso de Biol en el cultivo de ajo (Allium sativum L.) para incrementar su rendimiento* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <http://190.15.129.146/handle/49000/11354>
- Román, M. 2023. Evaluación de formulaciones potásicas en el rendimiento y calidad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L) var. Itálica. híbrido Avenger. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/18361>
- Saavedra, G. 2020. Brócoli Brassica oleracea L.var. itálica Plenck y Romanesco Brassica oleracea var. botrytis. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA / Ministerio De Agricultura :27. Consultado el 2 de marzo del 2024. Disponible en https://www.actahort.org/books/407/407_12.htm
- Saire Yarahuan, D. 2022. Efecto de tres densidades de siembra con cuatro niveles de fertilización en el rendimiento de una variedad de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) en la comunidad de Caytupampa provincia de Calca, región Cusco. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6959>
- Sakata. 2019. Manual técnico de cultivo. Gobernacion de Antioquia. Sakata:12. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/895>
- Samudio Cardozo, L. F. 2020. *Efectos de enmiendas calcáreas sobre las propiedades químicas y biológicas en suelos incubados de Alto Paraná, Paraguay* (Master's thesis, FCA-UNA). Consultado el 2 de marzo del 2024. Disponible en <https://repositorio.conacyt.gov.py/handle/20.500.14066/3528>
- Sánchez Toapanta, A. D. 2022. *Evaluación agronómica y productiva del cultivo de*

- brócoli (Brassica oleracea var. itálica) a la aplicación de cuatro fuentes nutricionales con dos dosis en la localidad de Samilpamba, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi* (Bachelor's thesis, Guaranda. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Carrera de Ingeniería Agronómica). Consultado el 1 de abril del 2024. Disponible en <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/4842>
- Sánchez, A; Vayas, T; Mayorga, F; Freire, C. 2020. Producción de brócoli en Ecuador. Universidad Técnica de Ambato 1:4. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://hal.science/hal-00679543/>
- Santillán, J. 2021. Comportamiento de dos variedades de brocoli con diferente distanciamiento de siembra en el centro experimental “Dr. Jacobo Bucaram Ortiz”. Universidad Agraria del Ecuador. Consultado el 2 de marzo del 2024. Disponible en <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SANTILLAN%20FREIRE%20JHONNY%20ARON.pdf>
- Singh, R; Deepanshu. 2023. Effect of Organic and Inorganic Fertilizers on Growth, Yield and Quality of Broccoli (*Brassica oleracea var. italica*). International Journal of Environment and Climate Change 13(9):2965-2972. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <http://archive.pcbmb.org/id/eprint/1123/>
- Teuber, O; Correa, P. 2018. Cultivo del brocoli en aysen: antecedentes generales, manejo tecnológico y cultivares recomendados. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Consultado el 1 de marzo del 2024. Disponible en <http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/2412>
- Valle Latorre, A. A. 2021. Eficacia de tres soluciones nutritivas mediante Hidroponía a raíz flotante en la producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*) var. Crispa en invernadero. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17210>
- Vélez, P; Álava, A. 2021. Análisis de los canales de comercialización del brócoli en Ecuador. Revista Tecnológica - ESPOL 33(3):181-201. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/857>
- Vivanco Orosco, K. J. 2023. Densidad de plantas y fórmulas de abonamiento orgánico-mineral en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea L.* variedad

itálica) Canaán, 2750 msnm-Ayacucho. Consultado el 1 de marzo del 2024. Disponible en <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5697>

Yumbay Cacuango, Y. A. 2023. *Eficiencia química a la aplicación de cuatro tipos de fertilizantes en la producción de tres híbridos de brócoli (Brassica oleracea var. italica) en Vinchoa, provincia Bolívar* (Bachelor's thesis, Guaranda. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Carrera de Ingeniería Agronómica). Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/5587>

Zamora, E. 2016. El cultivo del brócoli. Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora-Hermosillo. :1-8. Consultado el 28 de febrero del 2024. Disponible en <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/CSOCIALES/article/view/6508>

Zschimmer.; Schwarz. 2021. Fertilizantes agrícolas: tipos de fertilizantes, usos y beneficios. En ZSCHIMMER & SCHWARZ ESPAÑA, S.L.U. :1-5. Consultado el 1 de marzo del 2024. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362014000400007&script=sci_arttext&tlng=pt

4.2. Anexos



Evaluación del peso de pella y fotos de cosecha. Fuente: (Ajila 2021)



Cultivo de brócoli en desarrollo (Román 2023).