

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
POSGRADO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN NUTRICIÓN
VEGETAL**

MODALIDAD DE TITULACIÓN

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de
Magister en agronomía, mención nutrición vegetal

Tema:

RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE N Y K EN EL
CULTIVO DE BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA*), VAR.
SK6-401 EN LA PARROQUIA MULALÓ.

Autor: Ing. Edgar Patricio Aldás Arias

Director(a): Ing. Segundo Curay Mg.

Ambato – Ecuador

Año 2021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN NUTRICIÓN

VEGETAL

INFORMACIÓN GENERAL

TEMA: Respuesta a la aplicación de N y K en el cultivo de brócoli (*Brasica Oleracea*), var. SK6-401 en la parroquia Mulaló.

AUTOR: *Edgar Patricio Aldás Arias*

Grado académico: Ingeniero Agrónomo

Correo electrónico: epaldas.a@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. Segundo Curay Msc.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.

- Producción agroalimentaria

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación, presidido por el Ingeniero Marco Pérez Salinas Ph. D., e integrado por los señores Ingeniero Giovanni Patricio Velástegui Espín Mg., Ingeniero Edgar Luciano Valle Velastegui Mg., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE N Y K EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (BRASSICA OLERACEA), VAR. SK6-401 EN LA PARROQUIA MULALÓ, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Edgar Patricio Aldás Arias, para optar por el Grado Académico de Magíster en Agronomía mención Nutrición Vegetal; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación; el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Firmado electrónicamente por:
**MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS**

Ing. Marco Oswaldo Pérez Salinas Ph.D.
Presidente del Tribunal



Firmado electrónicamente por:
**GIOVANNY
PATRICIO
VELASTEGUI ESPIN**

Ing. Giovanni Patricio Velástegui Espín Mg.
Miembro del Tribunal



Firmado electrónicamente por:
**EDGAR LUCIANO
VALLE
VELASTEGUI**

Ing. Edgar Luciano Valle Velastegui Mg.
Miembro del Tribunal



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
Autoría del trabajo de investigación

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación, presentado con el tema: “RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE N Y K EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (BRASSICA OLERACEA), VAR. SK6-401 EN LA PARROQUIA MULALÓ” le corresponde exclusivamente al: Ingeniero Edgar Patricio Aldás Arias, Autor bajo la Dirección del Ingeniero Segundo Curay director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Edgar Patricio Aldás Arias
C.C. 0502419252
AUTOR



Firmado electrónicamente por:
SEGUNDO
EUCLIDES CURAY
QUISPE

Ing. Segundo Euclides Curay Quispe PhD.
C.C. 1802942936
DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

Derechos de autor

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ing. Edgar Patricio Aldás Arias
C.C. 0502419252



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

Índice general

	Pág.
Portada.....	I
A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias....	III
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	IV
DERECHOS DE AUTOR	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
AGRADECIMIENTO	XI
DEDICATORIA	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Justificación.....	3
1.2 Objetivos	3
1.2.1 General	3
1.2.2 Específicos	3
CAPITULO II	4
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	4
CAPITULO III.....	13
MARCO METODOLÓGICO.....	13
3.1 Ubicación.....	13



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

3.2	Equipos y materiales	13
3.2.1	Material experimental	13
3.2.2	Material complementario	13
3.2.3	Herramientas y equipos.....	14
3.3	Tipo de investigación	15
3.4	Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender	15
3.5	Población o muestra:	15
3.6	Recolección de información:.....	15
3.7	Procesamiento de la información y análisis estadístico:	16
3.8	Variables respuesta o resultados alcanzados	19
3.8.1	Días a cosecha:.....	19
3.8.2	Peso por pella:.....	19
3.8.3	Incidencia de <i>Alternaría</i> :	20
3.8.4	Incidencia de <i>Plasmodiophora</i> :	20
3.8.5	Productividad:	20
3.8.6	Análisis económico	20
CAPITULO IV.....		21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		21
4.1	Días a cosecha	21
4.2	Peso pella.....	21
4.3	Incidencia de <i>Plasmodiophora</i>	22
4.4	Productividad.....	23
4.5	Análisis de Económico	24
CAPÍTULO V		26



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS (OPCIONAL).....	26
5.1 Conclusiones	26
5.2 Recomendaciones	26
5.3 BIBLIOGRAFÍA.....	27
5.4 ANEXOS.....	31



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1 Dosis de fertilización nitrogenada y potásica, base de los tratamientos	16
Tabla 2 Tratamientos conformados con las combinaciones de dosis de nitrógeno y potasio	17
Tabla 3 Esquema del análisis de varianza.....	19
Tabla 4 Respuesta de las variables agronómicas en el brócoli var. SK6-104 a la fertilización de nitrógeno y potasio en Limache, Mulaló.	22
Tabla 5 Respuesta del brócoli var. SK6-104 a la fertilización Nitrogenada y potásica. Limache, Mulaló, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.....	24
Tabla 6 Relación beneficio costo en la producción de brócoli var. SK6-104, Limache, Latacunga, Ecuador.....	25
Tabla 7 Datos de variables de respuesta o resultados alcanzado	31



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

Índice DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Esquema del diseño experimental	18
Figura 2 Análisis estadístico, variable peso promedio pella (g)	33
Figura 3 Análisis estadístico de la variable incidencia de Alternaria (%)	34
Figura 4 Análisis estadístico variable incidencia de Plasmodiophora (%)	34
Figura 5 Análisis estadístico, variable productividad de brócoli (Mg ha ⁻¹).....	35



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Agradecimiento

A la empresa Limache S.A, su representante legal Ing. Alfredo Brickman, por permitir implementar y obtener resultados en esta de investigación

A la Universidad Técnica de Ambato y la Facultad de Ciencias Agrícolas, por acogerme y brindarme el apoyo necesario para culminar con éxito este proceso formativo.

Al Ing. Segundo Curay, director de mi trabajo de titulación, quien ha sabido guiar de manera firme el desarrollo de este trabajo investigativo.

A Edgar Escobar amigo estimado, que de manera oportuna ha sabido dar el soporte para llegar a buen término la presente investigación.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Dedicatoria

A mis padres Gladys y Aníbal, pilares fundamentales para seguir adelante y conseguir mis metas. A mi esposa e hijas, motivo que permite superar dificultades y llegar a todo lo planteado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Resumen

El consumo de hortalizas y de manera especial del brócoli, debido al aporte sustancial de nutrientes además de sus propiedades medicinales, como coadyuvante en la prevención de enfermedades cancerígenas; convierte a este, en un cultivo de interés productivo y comercial. Por consiguiente, su manejo exige tecnificación e innovación, para alcanzar una productividad rentable. Por lo tanto, el manejo del suelo es la base fundamental del desarrollo de este cultivo. Los macronutrientes en los vegetales participan en funciones y procesos fundamentales en los vegetales, que inciden en el desarrollo y crecimiento de los cultivos. De ahí que esta investigación buscó determinar la respuesta de la aplicación de N y K en brócoli var.SK6-401 en la parroquia Mulaló, De igual manera identificar la dosis óptima de N (DON) y K (DOK), su relación con la rentabilidad además de realizar la evaluación económica de los tratamientos. El presente proyecto se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un tipo de investigación experimental en un nivel aplicativo. Se implementó un diseño de bloques completo al azar (DBCA) con tres repeticiones y un testigo absoluto. Para ello se utilizó nueve tratamientos con base en fertilización: N y K cuya aplicación se fraccionó en cuatro partes durante el ciclo del cultivo. Las dosis de N (170 kg ha^{-1} , 340 kg ha^{-1} y 510 kg ha^{-1}) y K (60 kg ha^{-1} , 120 kg ha^{-1} y 180 kg ha^{-1}), que en combinación se obtuvo los nueve tratamientos. Los días a cosecha no mostraron diferencia significativa, mientras que las variables peso, diámetro y productividad mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$), se identificó el tratamiento T5 mediante una prueba de medias como el tratamiento con mejor respuesta, peso promedio pella de 668 g, diámetro de 20 cm. Mientras que para las variables Incidencia de *Alternaria* y *Plasmodiophora* no mostró diferencia significativa. En relación al beneficio costo-1 ($P < 0.05$), el T5, superó el promedio, que para esta investigación representa una ganancia de 3.5 US\$ por cada US\$ 1 invertido.

Palabras Claves: Brócoli, Dosis óptima, Eficiencia, Fertilización, Productividad



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Abstract

The consumption of vegetables and especially broccoli, due to the substantial contribution of nutrients in addition to its medicinal properties, as an aid in the prevention of cancer diseases; turns this into a crop of productive and commercial interest. Therefore, its management requires modernization and innovation, to achieve profitable productivity. Therefore, soil management is the fundamental basis of the development of this crop. Macronutrients in vegetables participate in fundamental functions and processes in vegetables, which affect the development and growth of crops. Hence, this research aims to determine the response of the application of N and K in broccoli var. SK6-401 in the Mulaló parish, to identify the optimal dose of N (DON) and K (DOK), its relationship with profitability in addition to carry out the economic evaluation of the treatments. This project was developed under a quantitative approach, with a type of experimental research at an applicative level. A randomized complete block design (DBCA) with three replications and an absolute control was implemented. For this, nine treatments based on fertilization were used: N and K whose application was divided into four parts during the crop cycle. The doses of N (170 kg ha⁻¹, 340 kg ha⁻¹ and 510 kg ha⁻¹) and K (60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ and 180 kg ha⁻¹), which in combination were obtained the nine treatments. The days to harvest did not show a significant difference, while the variables weight, diameter and productivity showed a significant difference ($P < 0.05$), T5 was identified through a test of means as the treatment with the best response, average pellet weight of 668 g diameter of 20 cm. While for the variables Incidence of *Alternaria* and *Plasmodiphora* it did not show significant difference. In relation to cost-1 benefit ($P < 0.05$), T5 exceeded the average, which for this research represents a profit of 3.5 US \$ for every US \$ 1 invested.

Keywords: Broccoli, Optimal Dose, Efficiency, Fertilization, Productivity

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Introducción

El consumo de brócoli (*Brasica Oleracea*) se ha incrementado en los últimos años por sus beneficios relacionados en nutrición y prevención de enfermedades cancerígenas (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2013). Las excelentes características de: color, tamaño y textura del brócoli en Ecuador lo vuelven más apetecible en el mercado nacional e internacional (Ministerio de Comercio Exterior e Inversiones, 2018). La producción de brócoli a nivel nacional se incrementó en un 13% en el 2016, alcanzando 74900 Mg; además de un aumento de las exportaciones en 1.3%; por esto el precio para los productores se mantuvieron constantes, mientras que el precio para el mayorista se incrementó en 11% en el 2016 (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2016).

La inversión en producción de brócoli es baja en Ecuador, y además para cumplir con las labores de manejo del cultivo no se requiere de personal altamente capacitado (The Pennsylvania State University, 2015). En Ecuador la producción de brócoli es representativa en las provincias de: Cotopaxi, Pichincha e Imbabura, en las que se presenta una producción constante, favorecidos por las condiciones meteorológicas estables y por la ubicación geográfica que permite la rápida salida del producto a los mercados internacionales (Guarderas, 2017). El principal destino de exportación durante el 2016 fue Japón (38%), seguido por Estados Unidos y Alemania (31 y 12%). A pesar de que Ecuador debe competir con países productores como: México, Estados Unidos, España y China, la mayor ventaja es que el país mantiene la calidad y el volumen de producción estable (Guarderas, 2017).

Las razones para que las producciones de brócoli se vean afectadas se deben a los cambios inusuales de los factores meteorológicos (Guarderas, 2014), además de los requerimientos exigentes de agua para su correcto desarrollo. Por ejemplo, la mayoría de los productores aportan una cantidad excesiva de agua para cumplir con la demanda, los nutrientes se lixivian y la producción disminuye (Risco et al., 2018). Tampoco



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

existe información acerca de la fertilización con N y K, los principales nutrientes que demanda el cultivo (Silva, Cecício, Mendoza, y Lima, 2016).

La aplicación inadecuada de fertilizantes nitrogenados afecta al medioambiente de manera especial en la contaminación del agua y del aire por la emisión de óxido nitroso (Ramos, 2010). El N es el macronutriente importante para el desarrollo de las plantas porque interviene en el crecimiento de los cultivos (Risco, Gutiérrez, y Buenaño, 2016).

El papel fundamental del K es la activación de más de 60 sistemas enzimáticos en las plantas. Además, mejora la calidad porque extiende el periodo de llenado y aumenta el peso del fruto. La cantidad de K absorbida por el brócoli es más alta que la del N. Su deficiencia genera deformidad total o parcial, las hojas se tornan de un color rosado y se arrugan los bordes. El brócoli necesita de suministro de K durante todos los estadios de su desarrollo (González de Chavez, 2016).



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Justificación

La dosis óptima de nitrógeno y potasio (DON y DOK) constituye una variable de importancia crucial para determinar una dosificación o recomendación adecuada de fertilizantes para la producción de brócoli. La determinación de la DON y DOK exige el desarrollo y verificación de la máxima productividad fisiológica y rentable. En este sentido la presente investigación contribuirá con el desarrollo de información técnica-práctica para los productores que deseen garantizar resultados económicos, sobre todo al aplicarse en una nueva unidad de análisis que permita verificar los resultados, además permitirá evitar pérdidas generadas por dosis ineficientes de los nutrientes en análisis.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Determinar la respuesta de la aplicación de N y K en brócoli, var. SK6-401, en la parroquia Mulaló.

1.2.2 Específicos

- Identificar la dosis óptima de N (DON) y K (DOK) en brócoli, SK6-401.
- Determinar la relación de la dosis DON y DOK con la rentabilidad de la producción de brócoli.
- Realizar la evaluación económica de los tratamientos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

CAPITULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Arias et al. (2016) en su investigación “Crecimiento, producción y calidad en brócoli cultivado bajo diferentes dosis de abono nitrogenado” con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo, al abono nitrogenado, en el año 2014 a través de un DBCA, con cinco ajustes y tres réplicas. Los tratamientos fueron 200 kg ha⁻¹ (N200), 250 kg ha⁻¹ (N250), 300 kg ha⁻¹ (N350), 350 kg ha⁻¹ (N350) y 400 kg ha⁻¹ (N400) de abono nitrogenado en forma de nitrato amónico (33%). En las plantas se evaluó longitud y calibre del tallo, número de hojas, peso y diámetro de la pella en cosecha, productividad, eficiencia de nitrógeno y concentración de nutrientes. La longitud del tallo fue mayor para el tratamiento N400 a los 50 días después de la siembra, pero el crecimiento vegetativo no fue afectado por los tratamientos en la evaluación realizada a los 70 días después de la siembra. Por el contrario, en los parámetros de cosecha, el tratamiento N350 obtuvo la mayor producción en cosecha (17,81 t ha⁻¹), superior a la del tratamiento N400 (14,02 t ha⁻¹). No obstante, el tratamiento N350 obtuvo las menores concentraciones de nutrientes como el potasio. El tratamiento N200 obtuvo la menor producción, pero realizó un uso más eficiente del nitrógeno.

Chimbolema & Amangandi (2018) en su tesis de pregrado “Respuesta agronómica de dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea L.*) a la fertilización química y orgánica en las localidades de Naguan y Tagma, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar” se realizó una investigación en dos localidades del cantón. Se plantearon validar la respuesta agronómica de dos híbridos de Brócoli en dos localidades, evaluar el efecto de la fertilización química y orgánica sobre el rendimiento de brócoli. Además de realizar el análisis económico. Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 12 tratamientos y tres repiques. El componente A se relacionó a dos híbridos (Domador y Avenger) y el factor B a seis dosis de fertilización química y orgánica. Se realizaron análisis de varianza sencillo y combinado, prueba de Tukey al 5%, efecto principal de localidades e híbridos, estudio de correlación y regresión lineal, exploración económica de presupuesto parcial y recuento de la Tasa Marginal de Retorno. Se

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

determinó un efecto significativo sobre el rendimiento de las localidades, híbridos, fertilización e interacción genotipo ambiente. El rendimiento promedio más alto se determinó en la localidad uno Naguan con el híbrido Avenger y la fertilización química completa.

Arellano (2020) en su tesis de pregrado “Evaluación del desarrollo morfológico de diferentes variedades de brócoli (*Brassica var. Itálica*) bajo un sistema hidropónico”, este estudio se realizó en el cantón Daule, provincia de Guayas, el objetivo fue evaluar el desarrollo morfológico de diferentes variedades de brócoli. Que busca la mejora de la productividad de los cultivos. Se ejecutó un diseño completo al azar (DCA), conformado por dos tratamientos con siete series. La utilización de nutrientes para el crecimiento del cultivo se expresa en 5 cm^3 - A, 2 cm^3 - B y 2 cm^3 en 2 litros de agua desde la siembra hasta la germinación, porque el brócoli es una hortaliza que necesita altos contenidos de Nitrógeno y riego habitual. El mejor rendimiento se consiguió con el tratamiento T1 Waltham 29 que alcanzó un diámetro de la pella de 19,76 cm.; y, su masa fue de 0,45 kg. La variedad Italian Green que se manejó en el tratamiento T2 alcanzó un diámetro del domo de 16,62 cm., y un peso de 0,35 kg. Todas las plantas produjeron en esta investigación. El costo de infraestructura del sistema hidropónico NFT fue de USD\$ 310; y el costo de la producción USD\$ 16,99 para cada tratamiento.

Cerón (2018) en su tesis de pregrado “Evaluación del efecto de harina de sangre como fertilización complementaria en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var, Avenger*), en la Parroquia Fernández Salvador, Cantón Montufar, Provincia del Carchi”, con el propósito de evaluar el efecto de harina de sangre como fuente orgánica de Nitrógeno (13.07%). Se realizó en tres fases del cultivo (a la siembra, 21 y 45 días después del trasplante) para incrementar rendimientos agronómicos y conservar la fertilidad del suelo. Se utilizó un diseño completo al azar (DCA), con cinco tratamientos y tres replicas. Los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para las variables: altura de planta a la cosecha, perímetro de pella, peso de pella y cantidad de materia verde; mientras que se presentó diferencias significativas para las variables altura de planta a los 15 días después del trasplante y

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

días a la cosecha, que se relacionan de manera directa entre sí, siendo así que a mayor altura a los 15 días, mayor precocidad a la cosecha, obteniendo así un promedio de 98 días a la cosecha (perímetro promedio 62.47 cm y peso promedio de 887.78 g) en T3 (50 % fertilización química + 50 % harina de sangre) y T5 (100 % harina de sangre), a diferencia de los tratamientos restantes que obtuvieron 102 días promedio a la cosecha. Las características físico-químicas y microbiológicas del suelo al final del ensayo muestran que la variación de los contenidos es similar en todos los tratamientos. Al analizar el factor económico, el tratamiento orgánico (100 % harina de sangre) alcanza una relación beneficio-costos de 1.91 en relación con el tratamiento de 100 % fertilización química (2.08), difiere en un valor de 0.28 \$, demuestra, que es posible mejorar los sistemas de producción convencionales, con la adición y complementación de abonos orgánicos (harina de sangre).

Blanco & Arragan (2020) en su artículo científico “Concentraciones de abono orgánico líquido aeróbico (AOLA) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) mediante riego por goteo” busco evaluar el comportamiento agronómico y determinar el nivel de concentración de AOLA más eficiente para el cultivo de brócoli. Se evaluó la variedad Di Cicco, bajo ambientes controlados, mediante un diseño completo al azar, las fuentes a observar fueron: longitud de planta, número de hojas, diámetro del tallo, días al establecimiento de la pella, productividad del cultivo, características químicas y físicas del suelo y estudio económico. Se estableció que: la longitud de planta con un porcentaje de AOLA al 20 % obtuvo los promedios más altos con 84.8 cm, el mayor número de hojas se presentó con los rangos de AOLA al 20 y 30 % con 12 hojas por planta, diámetro del tallo, fue mejor con la dosis de 30 % de AOLA con una media de 2.86 cm, la llegada de la pella resultó mejor, con la dosis de 30 % de AOLA. La masa de pella por mata resultó con los mejores valores el T3 con un nivel de AOLA al 20 % que alcanzo 168.89 g, y el mismo tratamiento reflejó mejor en productividad con promedio de 19 046.92 kg ha⁻¹ y un beneficio costo de 1.75, seguido de T4 con 17 910.69 kg ha⁻¹ y un beneficio costo de 1.56.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Noé, (2020) en su tesis de pregrado “Fertilización foliar con extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea L. var. Italica cv. Paraíso*”, en él se evaluó cinco fuentes de extractos de algas marinas cuyos nombres comerciales son, Phylgreen, FX Algae, Biocrop L45, QSI KBA2 y Fertimar, se desarrolló en la provincia de Cañete – Lima, en el periodo de Agosto – Octubre del año 2016. Se tuvo cinco tratamientos y un testigo (control) en el cual solo se realizó la fertilización NPK sin aplicación de extractos de algas marinas y en los demás tratamientos se realizó la fertilización NPK y la aplicación foliar de extractos de algas marinas en dosis y momentos recomendados. Se empleó un diseño de bloques completos al azar. Se evaluó: rendimiento, diámetro, altura y peso de inflorescencia, diámetro de tallo, incidencia de tallo hueco, materia seca de hojas, tallo e inflorescencia, análisis foliar NPK y área foliar. El mayor rendimiento (11,48 y 11,23 t ha⁻¹ de manera respectiva), se obtuvo con la aplicación foliar del producto Fertimar y Biocrop L45 y mostró diferencias estadísticas a los obtenidos con la aplicación de los productos QSI KBA2 y FX Algae. Estos resultados no tuvo diferencia estadística al testigo. El contenido de materia seca en el producto comercial presentó diferencias significativas, el mayor valor se obtuvo con la aplicación del producto Biocrop L45 (10,65%). Así mismo, se presentó diferencias significativas en los resultados de área foliar, con la aplicación del producto QSI KBA2 se obtuvo una medida de 16,23 dm². Al final, el mayor valor de contenido de potasio en la masa foliar obtenido fue en el tratamiento con aplicación de FX Algae (396 ppm) pero este no mostro diferencia significativa al testigo.

García (2019) en su tesis de post grado “Efecto de la aplicación conjunta de zinc y nitrógeno foliar sobre el cultivo del brócoli (*Brassica oleracea L. var. italica l.*)” realizó un experimento con siete tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, los cuales fueron: Tratamiento control (C) sin aplicación de Zn ni nitrógeno (N), aplicación foliar de 15 ml 0,5% de s/v de ZnSO₄·7H₂O en el momento de aparición de la pella (0,5M1), aplicación foliar de 15 ml 0,5% de s/v de ZnSO₄·7H₂O a las dos semanas de aparición de la pella (0,5M2), tratamiento combinado de 15 ml 0,5% de s/v de ZnSO₄·7H₂O con N en el momento de aparición de la pella (0,5M1N), tratamiento en combinación de 15 ml 0,5% de s/v de ZnSO₄·7H₂O con N a las dos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

semanas de aparición de la pella (0,5M2N), tratamiento foliar de 15 ml 0,25% de s/v de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ que se aplicó en dos momentos, en la aparición de la pella y a las dos semanas (0,25M1+0,25M2) y tratamiento de 15 ml 0,25% de s/v de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ con N que se agregó en dos momentos, en la aparición de la pella y a las dos semanas (0,25M1N+0,25M2N). Se determinó el efecto sobre el crecimiento y acumulación de Ca, Fe, Mg y Zn en hojas, tallo y pella. Ni la altura de la planta ni la de la pella se vieron influidas de manera significativa por los tratamientos que se aplica, al igual que el tamaño y forma de la pella ni diámetro del tallo. Se observó un efecto tóxico en el tratamiento 0,5M2 que provocó, por un lado, un menor peso seco en hojas, tallo y pella y por otro una acumulación excesiva de Zn. Mientras que el Fe, Mg y Zn se acumularon en altas cantidades en la pella, el Ca en las hojas. Todos los nutrientes que se analizó, mostraron diferencias significativas con la aplicación de Zn a excepción del Mg, pero teniendo en cuenta el objetivo de la biofortificación, el tratamiento que ha sido más positivo es el 0,25+0,25 aunque también 0,5M2N. La ingesta de 100 g de brócoli biofortificado con el tratamiento 0,25+0,25 supondría una ingesta de 10,6 g si lo que se ingieren son las pellas, 10,2 g si es de hojas y 1,6 g si es de tallo, por lo que se cubren dos tercios de las necesidades de hombres y mujeres en el caso de pellas y hojas, esto significa un 10% en el caso de ingerir tallos.

Villalobos et al. (2005) “Coeficientes de desarrollo del cultivo de brócoli con riego por goteo” con el objeto de determinar los coeficientes de desarrollo del cultivo de brócoli en condiciones de riego por goteo para la región central de México. El estudio se realizó en un Vertisol El 8 de enero de 2000 se trasplantó brócoli cultivar Patriot a doble hilera en surcos separados a 1 m, con una distancia entre hileras de 25 cm y de 30 cm entre plantas. Se tuvieron seis tratamientos de tensión de humedad del suelo en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones: 1) Acolchado plástico a 28 kPa, 2) Seco a 45 kPa, 3) Semiseco a 36 kPa, 4) Medio a 28 kPa, 5) Semihúmedo a 20 kPa y 6) Húmedo a 12 kPa de tensión de humedad del suelo. Los coeficientes de desarrollo del cultivo asociados al máximo rendimiento fueron de 0.25, 0.38, 0.68, 0.84, y 0.77 para 20, 45, 60, 88 y 98 días después del transplante, de acuerdo a cada tratamiento.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Raya et al. (2018) en su investigación “Producción de brócoli en función del genotipo y dosis de nitrógeno” con el objetivo de determinar la respuesta productiva y rentabilidad de las variedades de brócoli Monte Carlo y Green Magic con las dosis de 0.60 y 120 kg N ha⁻¹ (N0, N60 y N120, de manera respectiva) en Uruapan, Michoacán. El ensayo se estableció en condiciones de campo a cielo abierto y con riego rodado, por medio de un diseño de bloques al azar con cuatro ciclos. Se determinó que Green Magic fue más productiva y mostró mayor respuesta ($P \leq 0.05$) a la fertilización nitrogenada que Monte Carlo. Green Magic con N120 logró el máximo rendimiento, 14.1 t ha⁻¹ y la alta rentabilidad, \$35,413.20 MXN. Monte Carlo con N0 y N60 y Green Magic con N0 no fueron rentables pues presentaron pérdidas económicas de hasta \$ 48,714.2 MXN.

Ferraris et al. (2020) en su investigación “Respuesta a fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre en *Brassica carinata* Campaña 2019”, los objetivos de este experimento fueron: evaluar la respuesta a la fertilización con nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) en dos localidades del norte de Bs. As. Además de ajustar una curva de respuesta a la fertilización nitrogenada. Se probaron las hipótesis: *Brassica carinata* incrementa los rendimientos cuando se fertiliza con NPS y es posible ajustar una curva de respuesta que determine, previo a la experimentación, la dosis óptima de N. Los experimentos recibieron una fertilización de base con superfosfato triple de calcio (0-20-0) a la dosis de 50 kg ha⁻¹ en línea de siembra. Como preemergente se aplicó Glifosato 2000 ml/ha + Trifluralina 3000 ml/ha. Durante el ciclo se realizaron dos aplicaciones de fungicidas e insecticidas. Se utilizó un diseño estadístico en bloques completos al azar con 3 o 4 repeticiones.

Andrade (2017) en su investigación “Análisis sustentable de las fincas de brócoli (*Brassica oleracea L.*) en Santa Rosa de Quives, Lima, Perú” Se realizó una investigación en la provincia de Canta, (Lima, Perú), para caracterizar los sistemas de cultivo de brócoli e identificar la sustentabilidad de los mismos. Se diseñaron indicadores de carácter económico, social y ecológico apropiados a los sistemas bajo estudio. Los resultados muestran que el curso crítico fue el espacio ambiental con el

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

indicador mantenimiento de la vida del suelo porque no utilizan cobertura vegetal e incorporan bajos contenidos materia orgánica al suelo. El indicador riesgo por contaminación, reveló pequeños índices por el uso de pesticidas de alta toxicidad y mal manejo de recipientes vacíos. La dimensión económica resaltó ser más sustentable a pesar de la alta relación de insumos externos. En el aspecto social, los indicadores más defendibles fueron calidad de vivienda, acceso a salud y servicios elementales. El uso de indicadores corrobora que las fincas de brócoli no son sostenibles. El perfeccionamiento de indicadores es apropiado para descubrir puntos críticos, establecer sus causas y plantear soluciones a largo plazo.

El compost es un abono orgánico pre humificado, que resulta de la descomposición de restos de origen vegetal y residuos de origen animal; que ayuda a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Huanca & Fernández (2019) en su investigación “Efecto de tres dosis de compost en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) en ambiente atemperado en el municipio de El Alto”. Se utilizó un diseño completo al azar (DCA), con 3 repeticiones y cuatro tratamientos (T0, con 0 kg m⁻² de compost; T1, con 2 kg/m² de compost; T2, con 4 kg m⁻² de compost y T3, con 6 kg m⁻² de compost). Los atributos de respuesta fueron: longitud de planta, diámetro de tallo, número de hojas, diámetro de hoja, diámetro de pella, masa de pella, productividad y análisis económico. Con la aplicación de kg m⁻² de compost, se logró un mayor promedio en altura y diámetro de hoja, con promedios de 85,20 y 22,10 cm de manera correspondiente, con la aplicación de 4 kg m⁻² de compost, se logró mayor peso de inflorescencia y productividad con promedios de 132,76 gramos y 133,65 kg ha⁻¹, en la variable diámetro de tallo se determinó que los tratamientos T1, T2 y T3 obtuvieron diámetros de tallo similares con promedios de 1.83, 1.90, y 2.17 cm en cada tratamiento. Las dosis de compost usadas no influyeron en las variables número de hojas y diámetro de inflorescencia. El tratamiento más rentable fue el tratamiento T1 con una relación beneficio/costo de 3.9 Bs.

Cartagena & Galvis (2017) en su investigación “Dinámica de la fertilización Nitrogenada en el cultivo de brócoli (*Brassica Oleracea* Var . Híbrido Avenger)”, se

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

buscó generar a partir de la acumulación de la biomasa vegetativa y comercial una dosis de fertilización nitrogenada en el que se utilizó el método racional o balance de nutrientes. Se realizó en el Campo Experimental Tlapeaxco, Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma Chapingo. Se evaluó los resultados mediante un ANAVA para valorar el efecto de las láminas de riego y nitrógeno que se aplicó, se realizaron pruebas de significancia DMS para láminas de riego y Tukey para el nitrógeno que se aplicó y sus interacciones a un $\alpha = 0.05$ para establecer diferencias entre medias.

Cogger, Bary, Myhre, Fortuna, y Collins (2016) en su investigación Soil physical properties, nitrogen, and crop yield in organic vegetable production systems, Que se diseñó, para para evaluar los efectos de los sistemas de cultivo, las fuentes de N de enmienda y los tipos de labranza sobre la materia orgánica del suelo, En el experimento se comparó 12 sistemas de manejo orgánico. El diseño experimental designó, el sistema de cultivo como parcelas principales (cultivo de cobertura de cereales y leguminosas sembrado en otoño, cultivo de cobertura de leguminosas sembradas en relevos y pasturas de pastoreo a corto plazo de bajos insumos), tipo de labranza como parcelas divididas (spader convencional y rotatorio), y enmienda como la segunda división (cama de pollos de engorde - bajo aporte de C, y compost mixto - alto aporte de C). Los cultivos de hortalizas se rotaron entre camas dentro de las parcelas. Rendimiento, N disponible, C del suelo, nutrientes, densidad aparente, infiltración, y se midieron la compactación. El C del suelo fue mayor con compost mixto (24 g kg^{-1}) que la hojarasca de pollos de engorde (18 g kg^{-1}), y más baja en los pastos de bajos insumos que en los sistemas de cultivos de cobertura. Las propiedades físicas del suelo fueron las más afectadas por la presencia o ausencia de labranza, y la compactación fue menor con la labranza con pala. La disponibilidad de N a corto plazo fue similar entre las enmiendas y entre los cultivos de cobertura de otoño y de relevo. La disponibilidad de N a largo plazo fue mayor con el compost mixto en comparación con la cama de pollos de engorde. Se produjeron diferencias significativas en el rendimiento de los cultivos en 12 de 26 cosechas. Las diferencias de rendimiento entre los sistemas de cultivo fueron las más comunes, con la disponibilidad de N y la

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

competencia como causas probables. La enmienda y la labranza afectaron el rendimiento en solo 3 de 26 cosechas. Estos resultados brindan a los agricultores opciones para la producción de vegetales orgánicos en el noroeste marítimo del Pacífico.

Infante (2018) en su tesis de pre grado “Rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra” buscó evaluar el efecto de cuatro poblaciones de siembra sobre la productividad del cultivo y calidad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) cv. Imperial, en la localidad de La Molina, las densidades evaluadas fueron: 40 000, 30 000, 25 000 y 20 000 pl ha⁻¹. Se empleó un Diseño en Bloques Completos al Azar. Se presentaron diferencias significativas en el rendimiento total, entre el tratamiento de 40 000 pl ha⁻¹ (19.59 t/ha) y el de 20 000 pl ha⁻¹ (11.32 t/ha). También se presentaron diferencias significativas en el diámetro de la inflorescencia, entre el tratamiento de 20 000 pl ha⁻¹ (14.38 cm) y el de 40 000 pl ha⁻¹ (11.78 cm). A su vez, se presentaron diferencias significativas para la altura de inflorescencia, entre el tratamiento de 20 000 pl ha⁻¹ (12.70 cm) y los tratamientos de 25 000 pl ha⁻¹ (10.79 cm), 30 000 pl ha⁻¹ (10.02 cm) y 40 000 pl ha⁻¹ (9.24 cm). El mayor valor alcanzado por el peso fresco y altura del pedúnculo de inflorescencia, fue con 20 000 pl ha⁻¹ (593.86 g y 4.90 cm, de acuerdo a cada tratamiento). En la altura del pedúnculo de inflorescencia, el mayor valor se presentó con 40 000 pl ha⁻¹ (4.49 cm). Sin embargo, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos para estas últimas tres variables mencionadas.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
CAPITULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

Provincia: Cotopaxi
Cantón: Latacunga
Parroquia: Mulaló
Sector: Rumipamba de Espinosas
Latitud: 00°46'18" S
Longitud: 78°37'38" O
Altitud 2950 msnm

3.2 Equipos y materiales

3.2.1 Material experimental

Plantas de brócoli var. SK6-401

Nitrato de amonio.

Sulfato de potasio.

3.2.2 Material complementario

Break thru (Coadyuvante) 180 mL ha⁻¹

Boscalip 600 g ha⁻¹

Confort (Regulador de dureza y pH) 450 g ha⁻¹

Metacloro 1500 mL ha⁻¹

Landa cialotrina 200 mL ha⁻¹

Kinetic 150 cc ha⁻¹

Sulfato de cobre pentahidratado 1000 mL ha⁻¹



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Clorpirifos 600 mL ha⁻¹
Spinoteran 200 mL ha⁻¹
Azoxystrobin + Difeconazole 250 mL ha⁻¹
Beozoato de amamectina 200 g ha⁻¹
Fosetil aluminio
Kelpak
Nitrato de calcio 15% N 26% CaO
Sulfato de manganeso 31% Mn + 18.5% S
Sulfato de zinc 35%Zn + 17%S
Break thru (Coadyuvante) 180 mL ha⁻¹
Boscalip 600 g ha⁻¹
Confort (Regulador de dureza y pH) 450 g ha⁻¹
Metacloro 1500 mL ha⁻¹
Landa cialotrina 200 mL ha⁻¹
Kinetic 150 mL ha⁻¹
Sulfato de cobre pentahidratado 1000 mL ha⁻¹
Clorpirifos 600 mL ha⁻¹
Spinoteran 200 mL ha⁻¹
Azoxystrobin + Difeconazole 250 mL ha⁻¹
Beozoato de amamectina 200 g ha⁻¹
Fosetil aluminio
Kelpak
Nitrato de Ca (15% N 18% Ca)
Sulfato de Mg (31% Mn + 18.5% S)
Sulfato de Zn (35%Zn, 17%S)

3.2.3 Herramientas y equipos

Balanza

Fertilizadora



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Aperos agrícolas

Cinta métrica

Equipo de oficina

3.3 Tipo de investigación

El presente proyecto se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un tipo de investigación experimental en un nivel aplicativo.

3.4 Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender

Ha= La (DON) y (DOK) favorece la productividad y rentabilidad de brócoli var. SK6-401

Ho= La (DON) y (DOK) no favorece la productividad y rentabilidad de brócoli var. SK6-401

3.5 Población o muestra:

En el sector de Mulaló la densidad de siembra es de 55000 plantas de brócoli var. SK6-401 por hectárea, la investigación se efectuó en 648 m² para aplicar el ensayo para lo cual se seleccionó el área de estudio mediante un muestreo probabilístico aleatorio.

3.6 Recolección de información:

Se recolectó los datos de los días a cosecha, producción neta, peso por pella de Brócoli del área de investigación, que permitió la identificación del comportamiento de las dosis de fertilización nitrogenada y potásica sobre el cultivo. Mediante observación directa en campo con la utilización de equipos e instrumentos de medida. Esta información se recolectó en fichas de campo, al final de la aplicación de los tratamientos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

3.7 Procesamiento de la información y análisis estadístico:

Se implementó un diseño de bloques completo al azar (DBCA) con tres repeticiones y un testigo absoluto. Para ello se utilizó nueve tratamientos con base en fertilización: N y K cuya aplicación se fraccionó en cuatro partes durante el ciclo del cultivo.

Tabla 1

Dosis de fertilización nitrogenada y potásica, base de los tratamientos

Factor	Símbolo	Descripción (kg Ha⁻¹)
Fertilización Nitrógeno1	N1	170
Fertilización Nitrógeno2	N2	340
Fertilización Nitrógeno3	N3	510
Fertilización Potasio1	K1	60
Fertilización Potasio2	K2	120
Fertilización Potasio3	K3	180

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Los tratamientos incluyeron nueve combinaciones más un testigo:

Tabla 2

Tratamientos conformados con las combinaciones de dosis de nitrógeno y potasio

Símbolo	Descripción
T1	N1+K1
T2	N2+K1
T3	N3+K1
T4	N1+K2
T5	N2+K2
T6	N3+K2
T7	N1+K3
T8	N2+K3
T9	N3+K3
T10	Fertilización de N y K de la finca

Características de la unidad experimental

Número total parcelas:	28
Número total de surcos:	60
Largo y ancho de parcelas:	30 x 0.80 m
Número de plantas por tratamiento:	320
Área de cada parcela:	24 m ²
Área de la investigación:	1176 m ²

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Esquema del diseño experimental

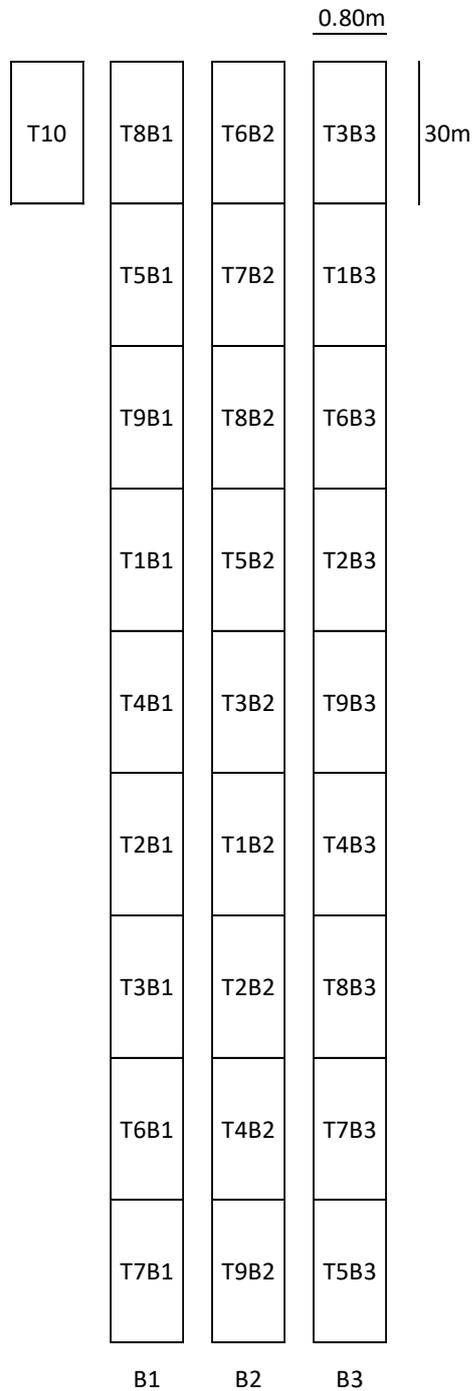


Figura 1 Esquema del diseño experimental

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Se realizó un ANDEVA para todas las variables evaluadas

Tabla 3
Esquema del análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	9
N	2
K	2
Testigo	1
Error	18
Total	29

3.8 Variables respuesta o resultados alcanzados

3.8.1 Días a cosecha:

Se tomó los datos de las pellas que alcanzan un diámetro mayor a 13 cm y antes de que los botones florales alcancen su madurez fisiológica (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991).

3.8.2 Peso por pella:

En la cosecha se seleccionó al azar 10 pellas que se pesó en una balanza electrónica, obteniendo así el dato estimado del peso (Ubidia y Velástegui, 2014), este procedimiento se realizó al alcanzar la madurez fisiológica de la pella de brócoli.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

3.8.3 Incidencia de *Alternaria*:

Consiste en evaluar las plantas afectas por la enfermedad contrastado con el número de plantas evaluadas, expresado en términos de porcentaje (INATEC, 2003).

$$\% \text{ de INC} = \frac{\text{NPAE}}{\text{NPTE}} \times 100$$

3.8.4 Incidencia de *Plasmodiophora*:

Posterior a la cosecha se realizó una evaluación de la incidencia de *Plasmodiophora*. Con la siguiente fórmula (INATEC, 2003):

$$\% \text{ de INC} = \frac{\text{NPAE}}{\text{NPTE}} \times 100$$

Donde:

NPAE = Número de plantas afectadas evaluadas.

NPTE = Número de plantas totales evaluadas.

3.8.5 Productividad:

La productividad se midió en Mg ha^{-1} , Se tomó en cuenta que, rendimiento es una medida de la producción global por una unidad de superficie (SISSAN, n.d.).

3.8.6 Análisis económico

Para expresar el análisis económico se expresó la relación beneficio costo⁻¹ por unidad de área, con base en esta investigación.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Días a cosecha

La aplicación de nitrógeno y potasio no altero los días a cosecha, porque el ciclo del cultivo de brócoli se relaciona de manera directa con los factores meteorológicos como, temperatura, luminosidad, humedad relativa. Así se debe tener en cuenta la Eco fisiología, término referente a los factores ambientales, que inciden sobre el crecimiento, desarrollo, metabolismo y productividad (Werner, Ávila, y Bustamante, 2019).

4.2 Peso pella

La FN y FK mostró diferencia significativa entre tratamientos ($P=0.0017$) (Tabla 4). Esto se debe a que el nitrógeno participa en la multiplicación celular, además que el potasio controla el contenido de humedad en los vegetales, mediante la apertura y cierre de estomas, que facilita el alargamiento celular. De esta manera ayuda a que los vegetales aumenten o pierdan biomasa productiva. Es así que el K al mejorar la actividad fotosintética, aporta en la formación de glúcidos en las hojas, de esta manera contribuye en el aumento de tamaño y peso de los vegetales. Tabla 1 (Ministerio de Ambiente y Medio Rural Marino, 2013)

4.2 Incidencia de *Alternaria*

No mostró diferencia significativa la incidencia y severidad de *Alternaria* ($P>0.05$) (Tabla 4), debido a que el hongo sobrevive en un ambiente húmedo, se necesita de nueve de humedad sobre el área foliar para que haya infección. Además, la temperatura óptima para producción de esporas en media de cultivo, es de 24 a 28°C.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

4.3 Incidencia de *Plasmodiophora*

Plasmodiophora no mostró diferencia significativa en relación a los tratamientos ($P > 0.05$) (Tabla 4), aunque presentó incidencia promedio del 47%, no afectó a las variables agronómicas del brócoli var. SK6-104. Esto porque la propagación del patógeno se desarrolla en suelo ácido. (González de Chavez, 2016) y de acuerdo con el análisis de suelo de Limache en el lote de ensayo se tiene un pH de 7.6.

Tabla 4

Respuesta de las variables agronómicas en el brócoli var. SK6-104 a la fertilización de nitrógeno y potasio en Limache, Mulaló.

Tratamiento	Peso de pella (g)	Diámetro (cm)	I. <i>Alternaria</i> (%)	I. <i>Plasmodiophora</i> (%)
T1	553ab [‡]	19ab	60	40
T2	521b	18a	67	67
T3	538b	18a	50	67
T4	535b	18a	37	37
T5	668a	20b	53	57
T6	567ab	19ab	40	37
T7	472b	18a	50	27
T8	514b	19ab	57	50
T9	581ab	19ab	60	40
T10	574ab	19a	40	50
Promedio	552	18.6	51.3	47
Estadístico	<0.05	<0.05	0.17	0.39

[‡] Valores en una misma columna seguidos de la misma letra no son diferentes.

[‡] Los valores de $P \leq 0.05$ son significativos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

4.4 Productividad

El brócoli tuvo una respuesta cuadrática múltiple, demostrando que existe una interacción de N y K sobre la productividad de brócoli, y que no actúan de manera independiente. (IPNI, 2012) Los elementos esenciales deben estar en cantidades suficientes para alcanzar el crecimiento, desarrollo.

$$y = 23.24 + 0.02x_1 - 0.000016x_1^2 + 0.06x_2 - 0.00028x_2^2$$

Donde:

y= productividad de brócoli

x₁= Dosis de fertilización nitrogenada kg ha⁻¹

x₂= Dosis de fertilización potásica kg ha⁻¹

La producción promedio de brócoli a nivel nacional es de 16.45 Mg ha⁻¹ y en Cotopaxi un promedio de 16.71 Mg ha⁻¹ (MAG, 2018). En esta investigación se superó ese promedio al obtener una productividad promedio de los tratamientos de 30.37 Mg ha⁻¹. La mayor producción se logró con el tratamiento cinco con FN de 340 kg ha⁻¹ y FK de 120 kg ha⁻¹ (P=0.0016) (Tabla 5), y fue de 36.67 Mg ha⁻¹ que superó en 14% a la fertilización testigo.

Similares producciones encontró (Toledo Hevia, 2003), en brócoli cv. Medium late 423 en la que, con aplicaciones de 559 kg ha⁻¹ de N y 723 kg ha⁻¹ de K se obtuvo una productividad de 32.2 Mg ha⁻¹. Hay que tomar en cuenta que los factores ambientales afectan la productividad eficiente de los cultivos (INPOFOS, 1997).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Tabla 5
Respuesta del brócoli var. SK6-104 a la fertilización Nitrogenada y potásica. Limache, Mulaló, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.

Tratamiento	Productividad (Mg ha ⁻¹)	n	E.E.
5	36.7	3	1.28a [‡]
9	32.0	3	1.28ab
10	32.0	3	1.28ab
6	31.0	3	1.28ab
1	30.3	3	1.28ab
3	29.7	3	1.28b
4	29.3	3	1.28b
2	28.7	3	1.28b
8	28.0	3	1.28b
7	26.0	3	1.28b
\bar{X}	30.37	3	1.28

[‡] Valores en una misma columna seguidos de la misma letra no son diferentes.

4.5 Análisis de Económico

Al analizar los promedios de costo por tratamiento, la mejor relación beneficio costo¹, se presentó con dosis de 340kg ha⁻¹ de N y 120 Kg ha⁻¹ de K, donde por cada US\$ 1.00 el productor obtiene US\$ 3.46 de ganancia (Tabla 6). De esta manera además de lograr el uso eficiente de la FN y FK se consigue una rentabilidad adecuada para el productor.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Tabla 6

Relación beneficio costo en la producción de brócoli var. SK6-104, Limache, Latacunga, Ecuador

Tratamiento	Ingresos	Costos de Producción	Beneficio costo ⁻¹
T1	9724	3696	2.6
T2	9175	3517	2.6
T3	9475	3339	2.8
T4	9425	3570	2.6
T5	11744	3391	3.5
T6	9973	3213	3.1
T7	8303	3444	2.4
T8	9051	3265	2.8
T9	10223	3087	3.3
T10	10099	3433	2.6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS (OPCIONAL)

5.1 Conclusiones

- El ciclo del cultivo, la incidencia de *Alternaria* y la incidencia de *Plasmodiophora* no fueron afectados por la aplicación de fertilización nitrogenada y potásica.
- La producción promedio de la investigación por hectárea fue de 30.37 Mg ha⁻¹, lo que supera a la media nacional de 16.45 Mg ha⁻¹.
- El brócoli mostro una respuesta cuadrática múltiple, que determina la correlación entre la fertilización nitrogenada y potásica.
- La aplicación del mejor tratamiento T5 obtiene una ganancia de US\$ 3.5 por cada US 1 invertido. Esto favorece a la economía del productor al lograr eficiencia en el uso de los fertilizantes.

5.2 Recomendaciones

- La DON y DOK identificada en esta investigación no debe ser utilizada de manera genérica en otras ubicaciones geográficas, ya que el contexto suelo, planta atmósfera influye en los niveles de absorción.
- Para la producción de brócoli se recomienda un pH ligeramente alcalino, de esta manera se logra un desarrollo eficiente del cultivo, además que reduce la incidencia y efecto de *Plasmodiophora*.
- Se recomienda que la Fertilización nitrogenada y potásica se aplique de acuerdo a l contexto físico, químico y biológico del suelo, factores como la MO inciden sobre el equilibrio de la disponibilidad de nutrientes y los factores meteorológicos ayudan en el movimiento en el continuo suelo planta.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

5.3 BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, C. (2017). Análisis sustentable de las fincas de brócoli (*Brassica oleracea* L.) en Santa Rosa de Quives, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 16(2).
- Arellano, J. (2020). *Evaluación del desarrollo morfológico de diferentes variedades de brócoli (Brassica var. Italica) bajo un sistema hidropónico*. Universidad Agraria del Ecuador.
- Arias, D. R., Cristóbal, A., Albán, G. & Buenaño, E. (2016). *Crecimiento , producción y calidad en brócoli cultivado bajo diferentes dosis de abono nitrogenado Growth , yield and quality in broccoli grown under different nitrogen fertilizer rates*. 18(1), 44–48.
- Blanco, A. & Arragan, F. (2020). Concentraciones de abono orgánico líquido aeróbico (AOLA) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) mediante riego por goteo. *Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7, 66–72.
- Cartagena, Y. & Galvis, A. (2017). *Dinámica de la fertilización nitrogenada en el cultivo de brócoli (Brassica Oleracea Var . Híbrido Avenger)*. 1, 48–57.
- Cerón, V. (2018). *Evaluación del efecto de harina de sangre como fertilización complementario en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea var, Avenger), en la Parroquia Fernández Salvador, Cantón Montufar, Provincia del Carchi*. Universidad Técnica del Norte.
- Chimbolema, M. & Amangandi, D. (2018). *Respuesta agronómica de dos híbridos de brócoli (Brassica oleracea L.) a la fertilización química y orgánica en las localidades de Naguan y Tagna, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar*. Universidad Estatal de Bolívar.
- Cogger, C. G., Bary, A. I., Myhre, E. A., Fortuna, A. M. & Collins, D. P. (2016). Soil physical properties, nitrogen, and crop yield in organic vegetable production systems. *Agronomy Journal*, 108(3), 1142–1154.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

<https://doi.org/10.2134/agronj2015.0335>

- Ferraris, G., Mousegne, F., Jecke, F. & Vellaz, O. (2020). *Respuesta a fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre en Brassica carinata Campaña 2019*.
- García, V. (2019). *Efecto de la aplicación conjunta de zinc y nitrógeno foliar sobre el cultivo del brócoli (Brassica oleracea L. var. Italica l.)*. Universidad de Extremadura.
- González de Chavez, A. B. (2016). *Estudio del comportamiento de cultivares de brócoli y determinación de las necesidades hídricas y coeficientes de cultivo "kc"*. Universidad de la Laguna.
- Guarderas, P. J. (2014). *Ecuador: El brócoli se recupera tras caer un 30% en el primer semestre*. <http://www.freshplaza.es/article/3085182/ecuador-el-brocoli-se-recupera-tras-caer-un-en-el-primer-semester/>
- Guarderas, P. J. (2017). *Ecuador: El brócoli se ve poco afectado por el clima*. <http://www.freshplaza.es/article/3106728/ecuador-el-brocoli-se-ve-poco-afectado-por-el-clima/>
- Huanca, G. & Fernández, C. (2019). *Efecto de tres dosis de compost en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea) en ambiente atemperado en el municipio de El Alto*. 5(3), 1652–1658.
- Infante, O. (2018). *Rendimiento y calidad de brócoli (Brassica oleracea var. Italica) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra*. La Molina.
- INPOFOS. (1997). *Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Instituto de La Potasa y El Fosforo*, 146.
- Instituto Nacional Tecnológico. (2003). *Niveles y umbrales de daños económicos de las plagas*. (A. Pitty, L. Julio, & D. Matute (eds.); 1st ed.).
- International Plant Nutrition Institute. (2012). *4R de la Nutrición de las plantas*.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

- MAG. (2016). *Boletín Situacional Brócoli* (pp. 1–6). Coordinación general del sistema de información nacional.
<http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2013/maizduro.pdf>
- MAG. (2018). *Boletín situacional brócoli* (Vol. 53, Issue 9).
- MAGAP. (2013). *Boletín Situacional Brócoli 2013* (p. 5). Coordinadora general del sistema de información nacional.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1991). *Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica*.
- Ministerio de Ambiente y Medio Rural Marino. (2013). Guía práctica para la fertilización racional de los cultivos de espinaca. *Revista Chilena de Radiología*, 19(2), 8. <https://doi.org/10.4067/S0717-93082013000200007>
- Ministerio de Comercio Exterior e Inversiones. (2018). *Informe sector brocolero del Ecuador*.
- Noé, M. (2020). *Fertilización foliar con extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de brócoli (Brassica oleracea L. var. Italica cv. "Paraíso."* Universidad Nacional Autónoma La Molina.
- Ramos, C. (2010). *Avances en el manejo del abonado nitrogenado de los cultivos hortícolas. 2007*, 8–16.
- Raya, Y., Apáez, P., Guillén, H. & Lara, M. B. (2018). Producción de brócoli en función del genotipo y dosis de nitrógeno. *Fitotec. Mex*, 41, 537–542.
- Silva, A. L., Cecício, A., Mendoza, J. W. & Lima, J. A. (2016). Potassium fertilization of cauliflower and broccoli in a potassium-rich soil. *Ciencia e Investigación Agraria*, 43(1), 151–157. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202016000100014>
- Sistema de Indicadores de Soberanía y Seguridad Alimentaria. (n.d.). *Productividad rendimiento por cultivo*. Retrieved November 7, 2018, from



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

http://www.siise.gob.ec/siiseweb/PageWebs/SISSAN/ficsan_K015.htm

The Pennsylvania State University. (2015). *Alternativas agrícolas producción de brócoli*. <https://extension.psu.edu/produccion-de-brocoli>

Toledo Hevia, J. (2003). Cultivo del brócoli. In *Instituto Nacional de Investigación Agraria* (Vol. 1).

Ubidia, M. & Velástegui, G. (2014). *EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA (CRF) EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (Brassica oleracea var.* Universidad Técnica de Ambato.

Villalobos, S., Castellanos, J., Tijerina, L. & Guillermo, C. (2005). Coeficientes de desarrollo del cultivo de brócoli con riego por goteo. *Terra : Organo Científico de La Sociedad Mexicana de La Ciencia Del Suelo, A.C*, 23(3), 329–333.

Werner, M., Ávila, O. & Bustamante, M. (2019). *Curso internacional de plátano*. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4128/1/210887.pdf>



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

5.4 ANEXOS

Tabla 7

Datos de variables de respuesta o resultados alcanzado

Bloque	Tratamiento	Peso pella (g)	Productividad (kg ha ⁻¹)	Diámetro (cm)	I. <i>Alternaria</i> (%)	I. <i>Plasmodiophora</i> (%)
1	1	527	29.0	18.05	70	40
2	1	523	28.8	18.5	50	30
3	1	608	33.4	19.55	60	50
1	2	510	28.1	18.85	70	60
2	2	510	28.1	17.8	60	50
3	2	544	29.9	18.2	70	90
1	3	544	29.9	18.3	60	40
2	3	540	29.7	18.4	50	80
3	3	531	29.2	17.7	40	80
1	4	565	31.1	18.15	50	40
2	4	480	26.4	18.15	30	50
3	4	561	30.9	18.8	30	20
1	5	723	39.7	20.35	70	90
2	5	659	36.2	19.75	20	20
3	5	621	34.1	19.9	70	60
1	6	616	33.9	19.3	60	60
2	6	591	32.5	19.75	40	20
3	6	493	27.1	18	20	30
1	7	476	26.2	17.95	70	30
2	7	446	24.5	17.68	50	20



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Bloque	Tratamiento	Peso pella (g)	Productividad (kg ha ⁻¹)	Diámetro (cm)	I. <i>Alternaria</i> (%)	I. <i>Plasmodiophora</i> (%)
3	7	493	27.1	17.4	30	30
1	8	497	27.3	18.7	80	50
2	8	480	26.4	18.4	60	50
3	8	565	31.1	19.2	30	50
1	9	621	34.1	18.63	80	30
2	9	578	31.8	18.7	60	80
3	9	544	29.9	18.7	40	10
1	10	574	31.6	18.5	40	50
2	10	574	31.6	18.5	40	50
3	10	574	31.6	18.5	40	50

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de pella	30	0.73	0.56	7.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	76381.67	11	6943.79	4.42	0.0027
Bloque	3718.47	2	1859.23	1.18	0.3288
Tratamiento	72663.20	9	8073.69	5.14	0.0016
Error	28266.20	18	1570.34		
Total	104647.87	29			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=116.00806

Error: 1570.3444 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
5.00	667.67	3	22.88	A
9.00	581.00	3	22.88	A B
10.00	574.00	3	22.88	A B
6.00	566.67	3	22.88	A B
1.00	552.67	3	22.88	A B
3.00	538.33	3	22.88	B
4.00	535.33	3	22.88	B
2.00	521.33	3	22.88	B
8.00	514.00	3	22.88	B
7.00	471.67	3	22.88	B

Figura 2
Análisis estadístico, variable peso promedio pella (g)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Insidencia	30	0.63	0.41	26.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5526.67	11	502.42	2.81	0.0252
Tramieto	2680.00	9	297.78	1.66	0.1708
Bloque	2846.67	2	1423.33	7.96	0.0033
Error	3220.00	18	178.89		
Total	8746.67	29			

Figura 3

Análisis estadístico de la variable incidencia de *Alternaria* (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Insidencia	30	0.37	0.00	46.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4910.00	11	446.36	0.94	0.5248
Tramieto	4830.00	9	536.67	1.13	0.3899
Bloque	80.00	2	40.00	0.08	0.9193
Error	8520.00	18	473.33		
Total	13430.00	29			

Figura 4

Análisis estadístico variable incidencia de *Plasmodiophora* (%)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de pella	30	0.73	0.56	7.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	76381.67	11	6943.79	4.42	0.0027
Bloque	3718.47	2	1859.23	1.18	0.3288
Tratamiento	72663.20	9	8073.69	5.14	0.0016
Error	28266.20	18	1570.34		
Total	104647.87	29			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=116.00808

Error: 1570.3444 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
5.00	667.67	3	22.88	A
9.00	581.00	3	22.88	A B
10.00	574.00	3	22.88	A B
6.00	566.67	3	22.88	A B
1.00	552.67	3	22.88	A B
3.00	538.33	3	22.88	B
4.00	535.33	3	22.88	B
2.00	521.33	3	22.88	B
8.00	514.00	3	22.88	B
7.00	471.67	3	22.88	B

Figura 5

Análisis estadístico, variable productividad de brócoli (Mg ha⁻¹)