

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN EN NUTRICIÓN
VEGETAL

MODALIDAD DE TITULACIÓN

Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de
Magister en Agronomía Mención en Nutrición Vegetal

Tema:

EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE N, P Y K EN EL
CULTIVO DE BRÓCOLI VAR. AVENGER

Autor: Ingeniero Edgar Hernán Escobar

Director: Ingeniero Olguer Alfredo León Gordón, Magister

Ambato-Ecuador

2021

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 Segundo Euclides Curay Quispe Ph. D., Ingeniero Jorge Enrique Dobronski Arcos Mg, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE N, P Y K EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI VAR. AVENGER, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Escobar Edgar Hernán, 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:
**SEGUNDO
EUCLIDES CURAY
QUISPE**

Ing. Segundo Euclides Curay Quispe Ph.D.

Miembro del Tribunal



Firmado electrónicamente por:
**JORGE ENRIQUE
DOBRONSKI ARCOS**

Ing. Jorge Enrique Dobronski Arcos Mg.

Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación, presentado con el tema: “EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE N, P Y K EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI VAR. AVENGER” le corresponde exclusivamente al: Ingeniero Edgar Hernán Escobar, Autor bajo la Dirección del Ingeniero Olguer Alfredo León Gordón director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

EDGAR
HERNÁN
ESCOBAR

Firmado digitalmente
por EDGAR HERNÁN
ESCOBAR
Fecha: 2021.04.09
13:18:03 -05'00'

Ing. Edgar Hernán Escobar

C.C. 0502769847

AUTOR



Firmado electrónicamente por:
**OLGUER ALFREDO
LEON GORDON**

Ing. Olguer Alfredo León Gordón, Mg.

C.C. 1802778421

DIRECTOR

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.

EDGAR
HERNÁN
ESCOBAR



Firmado digitalmente
por EDGAR HERNÁN
ESCOBAR
Fecha: 2021.04.09
13:18:03 -05'00'

Ing. Edgar Hernán Escobar

C.C. 0502769847

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

	Pág.
Portada.....	i
A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VIII
DEDICATORIA	IX
RESUMEN EJECUTIVO	X
EXECUTIVE SUMMARY.....	XI
CAPÍTULO I	4
1.1 Tema de investigación.....	4
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 General.....	4
1.3.2 Específicos	4
CAPÍTULO II	5
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	5
CAPITULO III	15
MARCO METODOLÓGICO	15
3.1. Ubicación.....	15
3.1.1 Ubicación política.....	15
3.1.2 Ubicación geográfica	15
3.1.3 Ubicación ecológica.....	15
3.2 Equipos y materiales.....	15
3.2.1 Material experimental.....	15

3.2.2 Material complementario.....	16
3.3 Manejo y/o preparación del sitio experimental	17
3.3.1 Preparación de suelo	17
3.3.2. Análisis inicial de suelo	17
3.3.3. Obtención de plántulas.....	19
3.3.4. Manejo del cultivo	19
3.3.5. Cosecha.....	20
3.4 Tipo de investigación	20
3.5 Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender	20
3.6 Población o muestra:	20
3.7 Recolección de información:.....	21
3.8 Procesamiento de la información y análisis estadístico:	21
3.8.1 Características de la unidad experimental	21
3.9 Variables respuesta o resultados alcanzados	21
3.9.1 Niveles de extracción de N, P y K expresados en kg Mg ⁻¹	21
CAPÍTULO V	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
5.1 Conclusiones.....	30
5.2 Recomendaciones	30
5.3 BIBLIOGRAFÍA.....	32
5.4 ANEXOS	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Plan de control fitosanitario	16
Tabla 2. Plan de control de plagas	16
Tabla 3. Plan de control de malezas y coadyuvantes	16
Tabla 4. Fertilización foliar y aplicación de drench.....	17
Tabla 5. Fertilización edáfica ciclo ⁻¹	17
Tabla 6. Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco	17
Tabla 7. Unidad experimental	21
Tabla 8. Nivel de extracción de N, P y K por Mg. de productividad.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Extracción de N según el ciclo fenológicas en brócoli Var. Avenger	22
<i>Figura 2.</i> Extracción de P según el ciclo fenológicas en Brócoli Var. Avenger	23
<i>Figura 3.</i> Extracción de K según el ciclo fenológico en brocoli var. Avenger.....	24
<i>Figura 4.</i> Relación la extracción de N, P y K con la calidad de pellas de brócoli var. Avenger.....	25
<i>Figura 5.</i> Extracción del nivel óptimo de N con relación al desarrollo fisiológico y productivo en Brócoli var. Avenger.....	27
<i>Figura 6.</i> Extracción del nivel óptimo de P con relación al desarrollo fisiológico y productivo en Brócoli var. Avenger.....	28
<i>Figura 7.</i> Extracción del nivel óptimo de K con relación al desarrollo fisiológico y productivo en Brócoli var. Avenger.....	29

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a la empresa Limache S.A. en representación del Ing. Alfredo Brinckman por la apertura de sus puertas y permitir sacar a flote los resultados de la investigación.

Un agradecimiento especial a mi amigo y compañero Ing. Edgar Aldás y a su esposa, por extender el apoyo incondicional durante esta etapa académica.

Agradezco a mi hermana Leonor Escobar, a mi cuñado Marcial Almache, a mis primos Fany Escobar y Julio Patiño, por contar siempre de la compañía de sus sabios consejos.

De la misma forma extiendo un agradecimiento especial a mi director de tesis Ing. Olguer León, quien ha brindado su confianza para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Edgar Hernán Escobar

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre que desde el cielo se ha convertido en mi ángel guardián, a Claudio Heredia quien con sus consejos e impulso moral me fortaleció alcanzar el presente logro de importancia para mi vida profesional.

Edgar Hernán Escobar

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN NUTRICIÓN VEGETAL

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE N, P Y K EN EL CULTIVO DE
BRÓCOLI VAR. AVENGER

AUTOR: Ingeniero, Edgar Hernán Escobar

DIRECTOR: Ingeniero Olguer Alfredo León Gordón, Magister

FECHA: 15 de marzo de 2021

RESUMEN EJECUTIVO

El incremento del consumo de brócoli *Brassica oleracea* a nivel mundial, para Ecuador representa en los últimos años un cultivo de gran importancia económica. La falta de estudios en el país sobre los requerimientos que demanda el cultivo para una correcta fertilización afecta de manera significativa en la productividad y calidad del brócoli. El objetivo de este estudio fue identificar el nivel de extracción de N, P y K en el cultivo de brócoli *Brassica oleracea* var. Avenger. Se desarrolló en la parroquia de Mulaló, de la Provincia de Cotopaxi. La investigación se desarrolló en un cultivo a campo abierto, bajo un enfoque cuantitativo en un tipo de investigación no experimental en un nivel descriptivo. La metodología para los niveles de extracción y obtención de curvas de extracción de N, P y K, se estableció un área de cultivo de 2 ha, con una densidad de siembra de 55000 plantas ha⁻¹, para el análisis se seleccionaron 12 plantas elite a los 35, 56, 75 y 95 ddt, se enviaron al laboratorio para su análisis, los resultados de extracción de los principales macronutrientes que demanda la planta fueron N 348.6 kg ha⁻¹, P 61.7 kg ha⁻¹, y K 295.2 kg ha⁻¹ y se determinó los modelos matemáticos de cada nutriente con un nivel de confianza para N del 0.95, P del 0.96 y K de 1.0. Se recomienda considerar que a los 75 ddt el nivel de extracción acumulado de 251.8 kg ha⁻¹ de K y 213.2 kg ha⁻¹ de N, influye en la formación y desarrollo de la pella.

Descriptor: Brócoli *Brassica oleracea*; Calidad; Días después de trasplante; Extracción.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN NUTRICIÓN VEGETAL

THEME:

EVALUATION OF THE EXTRACTION OF N, P AND K IN THE CULTIVATION OF BROCCOLI VAR. AVENGER

AUTHOR: Ingeniero, Edgar Hernán Escobar

DIRECTED BY: Ingeniero Olguer Alfredo León Gordón, Magister

DATE: March 15th, 2021

EXECUTIVE SUMMARY

The increase in the consumption of broccoli Brassica oleracea worldwide, for Ecuador in recent years represents a crop of great economic importance. The lack of studies in the country on the requirements demanded by the crop for correct fertilization significantly affects the productivity and quality of broccoli. The objective of this study was to identify the level of N, P and K extraction in the broccoli Brassica oleracea var. Avenger. It was developed in the parish of Mulaló, in the province of Cotopaxi. The research was developed in an open field crop, under a quantitative approach in a non-experimental type of research at a descriptive level. The methodology for the extraction levels and obtaining N, P and K extraction curves, a cultivation area of 2 ha was established, with a sowing density of 55,000 plants ha⁻¹, for the analysis 12 elite plants were selected At 35, 56, 75 and 95 dat, they were sent to the laboratory for analysis, the extraction results of the main macronutrients demanded by the plant were N 348.6 kg ha⁻¹, P 61.7 kg ha⁻¹, and K 295.2 kg ha⁻¹, and the mathematical models of each nutrient were determined with a confidence level for N of 0.95, P of 0.96 and K of 1.0. It is recommended to consider that at 75 dat the accumulated extraction level of 251.8 kg ha⁻¹ of K and 213.2 kg ha⁻¹ of N influences the formation and development of the pellet.

Keywords: Broccoli Brassica oleracea; Quality; Days after transplantation; Extraction.

INTRODUCCIÓN

El brócoli (*Brassica oleracea*), es un cultivo importante en el Ecuador, por sus propiedades nutritivas y anticancerígenas, fortaleza principal del incremento de la producción en los años 2017 y 2018 en un 65%, (Sánchez, *et al.*, 2019). La producción se concentra en el área andina de Ecuador. Siendo así Cotopaxi es la principal provincia productora de brócoli para exportación con un 90%, seguido la provincia de Chimborazo con el 4.7%, Tungurahua con el 2.6% y el 2.7% restante corresponde a las provincias de Imbabura, Pichincha, Azuay, Cañar y Loja, que abastecen el mercado local; la productividad promedio a nivel nacional es de 16.23 Mg ha⁻¹ (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca (MAGAP), 2019).

Los requerimientos climáticos ideales para cultivo son, temperatura de 8 - 17 °C sin embargo el cultivo tolera temperaturas de 2 - 25 °C, humedad relativa no menor al 70% (Quintana, 2015). Bajo estas condiciones el ciclo fenológico del cultivo es de 90 -100 días después del trasplante (MAGAP y SINAGAP, 2016). Las condiciones climáticas le permiten a Ecuador mantener una excelente calidad de sus principales variedades cultivadas Avenger, Domador, Sk6-401 y Still (SAKATA, 2014). Además el cultivo requiere suelos francos y de buen drenaje, con rangos de pH de 5.5 a 6.5, tolerante a sales del suelo de 2.8 dS m⁻¹ (Zamora, 2016).

Los principales destinos de exportación son la UE con el 35%, EE.UU. 40%, Japón el 25% y colocaciones marginales que van hacia el Oriente Medio, del 100% de la producción ecuatoriana el 95% se destina a la exportación y el 5% al mercado nacional (Lideres, 2017). La oferta exportable a distintos mercados del mundo de productos no tradicionales, permite a Ecuador mejorar su situación económica (Calvopiña, 2015). En la sierra centro del país el sector brocolero es una de las principales fuentes de empleo, genera la estabilidad laboral de un aproximado de 5000 empleados directos y alrededor de 15000 empleos indirectos durante todo el año (APROFEL, 2017).

La fertilización afecta de manera significativa sobre la productividad y calidad del brócoli, gran parte de los productores no realizan la fertilización previó una recomendación de análisis de suelos (Risco, Gutiérrez, y Buenaño, 2016). Además se

considera de importancia el diagnóstico de la fertilidad de los cultivos mediante la determinación de los niveles de extracción de órganos cosechados, absorción y consumo según las etapas fenológicas del cultivos para alcanzar una mejor productividad, el poco criterio de la diferencia de términos conlleva a una reposición de fertilización inadecuada para el cultivo (Chacra, 2013). De la misma manera el exceso de fertilizaciones nitrogenadas afecta en la productividad, incidencia de plagas, enfermedades y fisiopatías como el tallo hueco además de contaminación al suelo por lixiviación de NO_3^- . (Moniruzzaman, *et al.*, 2007).

El brócoli se requiere de aplicaciones promedio de 200 kg de N ha^{-1} para obtener variables significativas como: altura de planta; número de hojas planta $^{-1}$, longitud y anchura de la hoja (Moniruzzaman *et al.*, 2007). El N es un nutriente que se encuentra en la mayor parte de suelos agrícolas en cantidades limitadas, convirtiéndose en un elemento móvil en el sistema radicular, y se suministra en forma de NH_4^+ y NO_3^- (Arroyo, Tostado, y Gallegos, 2005). N y B en dosis de 180 kg N y 1 kg B ha^{-1} es esencial en la productividad de 16.68 Mg ha^{-1} (Hussain, *et al.*, 2012).

El P es esencial para el crecimiento de las plantas, con una concentración importante del 0,1 al 0.5%, la absorción se realiza como ion ortofosfato H_2PO_4 o como ión fosfato HPO_4^- , el P incorpora a compuestos orgánicos y forma parte importante en procesos que requieren una transferencia de energía en la planta, la deficiencia causa menor crecimiento de las hojas (Brown y Hu, 1999).

El K es un nutriente esencial para los cultivos, porque es el principal componente que influye en la productividad, la absorción de K en las plantas depende del sistema de riego: en riego convencional la eficiencia de absorción del nutriente es del 33.5% mientras que por riego a goteo la eficiencia de absorción es del 83.8% (Martínez *et al.*, 2006). El crecimiento de plantas vigorosas y libre de enfermedades se debe al K nutriente que actúa en la activación de alrededor de 60 sistemas enzimático y en síntesis de carbohidratos y proteínas, así como en la regulación estomática y la entrada de CO_2 (Chaves, 2016). El K es el macronutriente que requiere el cultivo en mayor cantidad con relación a N, la deficiencia de K influye de manera negativa en la fotosíntesis, transporte de los productos fotosintéticos consumo de otros nutrientes y

en la regulación osmótica, las plantas deficientes en K disminuyen el consumo de agua por efecto del estrés hídrico, ocasionado por la sequía, viento, altas o bajas temperaturas, además la planta se vuelve susceptible al ataque de plagas y enfermedades (Instituto de la Potasa y el Fósforo, s.f.). por deficiencia de K el requerimiento hídrico incrementa de manera principal en brócoli, factor que afectan a la calidad y productividad (Martínez *et al.*, 2006).

La gran demanda y exigencias de los consumidores ayuda a buscar nuevas alternativas de producción y a la vez incrementar la superficie destinada a la producción de brócoli, en vista de la demanda que presenta este cultivo se debe mejorar las recomendaciones de fertilización en especial las fertilizaciones de N, K y P con relación al estado fenológico del cultivo porque el N es el nutriente para el incremento de la productividad, el P participa en el metabolismo de sustancia bioquímicas así como en la transferencia de energía para el desarrollo de la planta con efectos negativos cuando presenta valores menores 0.2% y el K es significativo para estabilizar la productividad (Rincon, *et al.*, 1999).

Las aplicaciones de fertilizantes N y K son eficientes en brócoli, permiten el incremento de la productividad y disminución de la contaminación ambiental. (Reyes, Klelia, y Arteaga, 2003). Estudios similares en México alcanzaron producciones de 19 Mg ha⁻¹ con dosis de 200 kg de N (Fundu, *et al.*, 2008). Mientras que en Sao pablo, Brasil se utilizó para brócoli 160 kg ha⁻¹ de K y alcanzo una productividad de 12 Mg ha⁻¹ y en coliflor a una dosis de 200 kg ha⁻¹ de K la productividad fue de 38 Mg ha⁻¹ (Silva, *et al.*, 2016). Las necesidades de N, P y K en cultivo de brócoli mediante el método de riego por gravedad y a campo abierto; para alcanzar una producción de 15 a 20 Mg ha⁻¹ se requiere N de 280 a 320 kg ha⁻¹, P₂O₅ 80-100 kg ha⁻¹ y K₂O 370 – 450 kg ha⁻¹, y con la aplicación de riego localizado bajar la aplicación de N en un 15% para alcanzar la misma producción (Agroes, 2021). De esta manera la consideración importante y objeto de la investigación es la identificación de los niveles extracción de N, P y K en el cultivo de Brócoli var. Avenger.

CAPÍTULO I

1.1 Tema de investigación

EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE N, P Y K EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI VAR. AVENGER

1.2 Justificación

El brócoli es una hortaliza cotizada a nivel mundial y en la actualidad Ecuador es el principal exportador de Sudamérica; debido a la creciente demanda se considera de gran importancia la determinación de los niveles de extracción de N, P y K según las etapas fenológicas y fisiológicas de cultivo. Con los resultados obtenidos se podrá realizar la recomendación de fertilizaciones balanceadas con base en la demanda nutricional del cultivo, para garantizar una productividad sostenible y sustentable con una inversión beneficio costo moderada para el productor; además de disminuir la contaminación del ambiente. De esta manera se considera que la investigación será un aporte significativo para los productores de brócoli del sector porque les permitirá mejorar la producción y calidad del producto.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Identificar el nivel de extracción de N, P y K en el cultivo de Brócoli var. Avenger.

1.3.2 Específicos

Establecer los niveles de extracción de N, P y K de acuerdo con el ciclo fenológico del Brócoli var. Avenger.

Relacionar la extracción de N, P y K sobre la calidad de las pellas de Brócoli var. Avenger.

Determinar la relación que existe entre el N, P y K en la fisiología de la planta de Brócoli var. Avenger con la productividad.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Según (Intagri, 2018), señala que mediante las curvas de absorción de nutrientes permite representar de manera gráfica la cantidad de nutrientes extraídos o de mayor demanda de absorción nutricional por el cultivo según las etapas de desarrollo fenológico; la determinación de las curvas de extracción permite entender la cantidad de nutriente estimado para alcanzar una productividad deseada mediante el establecimiento de un programa de fertilización óptimo. Mientras que (Salazar y Juárez, 2012), mencionan que la extracción nutrimental es determinada por la cantidad de nutrientes extraídos por órganos de la planta, y puede cuantificarse en una etapa fenológica a través del ciclo de cultivo; además señala que hay que tener claro que la extracción y absorción de nutrientes varía según la especie y las condiciones medioambientales.

De la misma manera (González *et al.*, 2015), determinan a la demanda de nutrientes como un factor principal que permite precisar la dosis de fertilización para los cultivos, debido a que el exceso o déficit puede tener efectos negativos sobre la productividad; con efectos negativos al ambiente.

Por la importancia del cultivo de brócoli y gran demanda comercial se requiere entender los requerimientos nutricionales y a la vez recopilar información que permita identificar las investigaciones realizadas en cuanto a extracción y absorción de nutrientes relacionados con el cultivo de esta manera se detalla los resultados inherentes al tema:

En cuanto a la investigación realizada por (Rincon, *et al.*, 2014), analizaron la evolución del crecimiento vegetativo y determinar las curvas de absorción de macronutrientes de un cultivo de brócoli *Brassica oleracea L.* cv. Marathon con fertirrigación. El estudio se realizó en la finca experimental “Torreblanca” del Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario, situada en la comarca del Campo de Cartagena (37°40' N - 0°58'W) en Murcia, zona característica de cultivo del brócoli.

Para el ensayo se plantó a una densidad de 5 plantas m^{-2} . Para dar seguimientos al desarrollo de las plantas se muestrearon con frecuencias de 15-20, a los 31, 53, 73 y 87 días después del trasplante. La producción de total de materia seca en el período de muestreo fue de $6,2 \text{ Mg ha}^{-1}$, de esta cantidad corresponde a las inflorescencias el 39%, follaje el 41% y tallo 20%. A los 87 días después del trasplante también se determinó el índice de área foliar fue de 4,4 que permite una mayor eficiencia foliar para asimilación de nutrientes neta entre los 0 y 31 días. Además, se recalca que las cantidades totales de macronutrientes absorbidos por el cultivo para alcanzar una productividad de $19,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ los investigadores han expresado en kg ha^{-1} : 243,9 N, 28,7 P, 240,9 K, 221,3 Ca y 23,0 Mg. 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.

(Lozano, Orozco, y Montoya, 2018). Señalan que, debido a pocos trabajos de investigación en la fertilización de brócoli, consideran el principal problema que causa una baja productividad y la contaminación de los suelos es la utilización excesiva de fertilizantes compuestos y simples. En el municipio de Rionegro, Antioquia *Colombia*, ubicada a 2120 msnm, con una temperatura promedio de 17°C . Se realizaron dos estudios de fertilización: en el primer semestre del año 2013 se evaluaron los cultivares de brócoli de la var. Compact y De Cicco, con cuatro dosis de nitrógeno 0, 50, 90 y 130 kg N ha^{-1} bajo una factorial 2×4 , para ocho tratamientos y cinco repeticiones, en un diseño de bloques completos al azar *BCA*. Y en la segunda evaluación se realizó en el segundo semestre del año 2014 en cultivares de brócoli de la var. Avenger y Legacy, bajo cuatro niveles de N, P_2O_5 y K_2O como factores, para un total de 12 tratamientos que constituyeron una factorial incompleta, bajo un modelo San Cristóbal, dispuesto en un diseño de *BCA*. En el primer ensayo Compact alcanzó la máxima producción de $15,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ con una dosis de 90 kg ha^{-1} de N señalan los autores que no se formaron inflorescencias comerciables, el efecto puede ser debido a que la variedad no se adaptó a las condiciones ambientales. Mientras que en el segundo ensayo en cuanto a crecimiento relativo de altura - diámetro del tallo y la productividad, no presentaron diferencias estadísticas significativas $P > 0,05$ para los tratamientos y cultivares evaluados. La productividad en la variedad Avenger fue de $19,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ y Legacy

12,2 Mg ha⁻¹ se obtuvieron con la dosis de N 60 kg ha⁻¹, P₂O₅ 40 kg ha⁻¹ y K₂O 55 kg ha⁻¹.

En los estudios del crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes de la coliflor *Brassica oleracea* L. var botrytis subvar. coliflora realizada por (Rincón et al., 2001) se ha cuantificado el crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes de la coliflor en la finca experimental Torreblanca del Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario, situada en la comarca del Campo de Cartagena en Murcia, la densidad para el estudio es una plantación de 5 plantas m²⁻¹. El tiempo para el muestreo se realiza cada 14 días durante el ciclo del cultivo para determinar la materia seca y el contenido de macronutrientes. Para producción total de materia seca en el período de muestreo fue de 6,96 Mg ha⁻¹, en la investigación demuestra que la mayor cantidad de materia seca está representada por las hojas con un 55,4 %, las pellas contribuyen con un 35,8 % y los tallos con un 8,8 %. El índice de área foliar fue de 6,5, debido a la asimilación neta media de nutrientes es entre 0 y 26 días después del trasplante. La cantidad total de absorción de macronutrientes que absorbido el cultivo es de kg ha⁻¹: 313 de N, 32,5 de P, 305,3 de K, 118,6 de Ca y 35,1 de Mg. La mayor tasa de absorción de nutrientes se considera que fue en el periodo máximo de desarrollo de las pellas antes de la cosecha.

En un estudio realizado en el municipio de Huanímaro por (Ramírez y Reyes, 2011), con el objetivo de determinar la dinámica de la extracción nutrimental de brócoli *Brassica oleracea*, var *itálica*, para el estudio se seleccionó las variedades Marathon, Legacy, Heritage y Grandeur, para los resultados se muestre la raíz, hoja, tallo y florete a los 30 días después del trasplante (ddt), 60 ddt, inicio de la formación de pella y cosecha. Las muestras se enviaron al laboratorio para determinar peso seco, contenido de Nitrógeno *N*, Fósforo *P*, Azufre *S*, Potasio *K*, Calcio *Ca*, Magnesio *Mg*, Hierro *Fe*, Manganeso *Mn*, Cobre *Cu*, Zinc *Zn*, Boro *B*, Cloro *Cl*, y Sodio *Na*. Las estimaciones se realizaron en un lote con una densidad de plantación de 60000 plantas ha⁻¹, y para determinar la productividad se ha realizado con los pesos de inflorescencia, diámetro y variedad, en los resultados existen diferencias en la cantidad de materia seca y en cada uno de los nutrimentos extraídos en las variedades estudiadas. Dentro de los macronutrientes la menor variación se presenta en el Ca y Mg, la mayor variación se

tiene con S y P₂O₅. En los micronutrientes la menor variación se tiene en el B y Zn, las mayores variaciones en Mn y Cu. Además, la extracción de mayor cantidad de nutrientes se determina en los dos periodos de máximo crecimiento que fue entre los 30 y 60 días y al inicio de la diferenciación floral y cosecha, la mayor extracción de nutrientes y mayor cantidad de materia seca *M.S.* se determinó en la var. Marathon, *M.S.* 566 kg tn⁻¹, N 21.6 kg tn⁻¹, P 6.7 kg tn⁻¹ K 31.5 kg tn⁻¹ Ca 7.2 kg tn⁻¹, Mg 2.1 kg tn⁻¹, S 10 kg tn⁻¹, Fe 80.7 g tn⁻¹, Mn 92 g tn⁻¹, Zn 29.9 g tn⁻¹, B 16.8 g tn⁻¹, Cu 6.7 g tn⁻¹; mientras que la var. Heritage se puede determinar menor extracción de nutrientes.

En la investigación realizada por la Unidad de Investigación y Producción Hortofrutícola, en la finca Torreblanca situada en Cartagena Murcia con el Equipo de Riegos del Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario *CIDA*. Mediante el estudio y cuantificado el crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes en un cultivo del brócoli *Brassica oleracea L.* cv. Marathon. El método apaleado en la investigación, es el trasplante a una densidad de 5 plantas m²⁻¹. 0.4 m entre plantas y 0.4 m entre hileras, la superficie experimental fue de 1500 m² con cuatro repeticiones. Las aplicaciones de las fuentes de fertilizantes fueron mediante fertirriego. Las muestras para determinar la extracción según el estado fenológico fueron a los 31, 53, 73 y 87 días después del trasplante. El número de plantas consideradas en para el muestreo por cada bloque fueron 20 en el primer muestreo. Seis en el segundo y dos en las últimas etapas de desarrollo. Como resultados de la investigación en laboratorio se determina la producción total de materia seca en el período de muestreo fue de 6,2 Mg ha⁻¹, constituye las inflorescencias con el 39,1 % del total. El índice de área foliar fue de 4,4 a los 87 días después del trasplante, consiguiendo la mayor eficiencia foliar expresada como asimilación neta media entre los 0 y 31 días después del trasplante. Las cantidades totales de macronutrientes absorbidos por el cultivo para una producción total de 19,2 Mg ha⁻¹ fueron expresadas en kg ha⁻¹: 243,9 N, 28,7 P, 240,9 K, 221,3 Ca y 23,0 Mg. La mayor acumulación de N, P, y Mg se produjo durante el período de máximo crecimiento de las inflorescencias y la de K y Ca se produjeron al final del período de cultivo (Rincon, *et al.*, 1999).

En un estudio realizado por (Puenayan, Córdova, y Unigarro, 2010), en la Estación Experimental Obonuco, Fedepapa, Nariño, ubicada a una altura de 2710 m.s.n.m.; el

estudio de la respuesta del brócoli *Brassica oleracea* var. Italica L. Híbrido Legacy a la aplicación de N-P-K en dosis de 150 kg ha⁻¹ N; 200 kg ha⁻¹ P₂O₅ y 80 kg ha⁻¹ K₂O más un testigo sin fertilización. Par determinar la mejor respuesta a la fertilización se aplicado un diseño de bloques completos, donde se consideró 14 plantas para la evaluación de cada parcela, con un total de ocho tratamientos y cuatro repeticiones. La fertilización con 150 kg ha⁻¹ N + 200 kg ha⁻¹ P₂O₅ y 150 kg ha⁻¹ N + 80 kg ha⁻¹ K₂O, como fuente de nutrientes los investigadores utilizaron: Urea para N, Superfosfato triple para P₂O₅ y Cloruro de potasio para K₂O, como resultados señalan los autores que tuvieron mayor diámetro de la pella con 15,82 cm y 14,40 cm, comparado con el testigo se puede notar que presentaron diferencias estadísticas significativas frente al testigo 0 kg ha⁻¹ de N-P-K con un diámetro de la pella de 11,05 cm. Además, con la aplicación de 150 kg ha⁻¹ N + 200 kg ha⁻¹ P₂O₅; 150 kg ha⁻¹ N + 80 kg ha⁻¹ K₂O y 150 kg ha⁻¹ N + 200 kg ha⁻¹ P₂O₅+ 80 kg ha⁻¹ K₂O, en cuanto a peso de las pellas se logró pesos entre 505,97 y 401,24 g, con relación al testigo que fue de 200,34 g pella⁻¹.

En la investigación realizado por (Riofrio, 2010), en la evaluación de la eficacia de seis mezclas de fertilizantes inorgánicos en el rendimiento del cultivo de Brócoli *Brassica oleracea* var. Itálica aplicadas en las haciendas de: Nintangá, Santa Anita, Brocofloret, Chisinche, Ecofroz; además de la comparación con una mezcla de fertilizante orgánico, mediante un diseño bloques completos al azar. Para la evaluación de los resultados se consideró 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, los mejores tratamientos se determinaron en la hacienda de Nintangá 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; mientras que en la hacienda de Santa Anita se obtuvo una productividad por hectárea y por parcela neta de 31.24 Mg ha⁻¹ con relación a Nintangá que fue de 30.92 Mg ha⁻¹ mediante las siguientes aportaciones de 197,31 kg ha⁻¹ de Nitrógeno, 58,9 kg ha⁻¹ de Fósforo, 179,9 kg ha⁻¹ de Potasio, 11,04 kg ha⁻¹ de Calcio, 6,92 kg ha⁻¹ de Magnesio y 8,4 kg ha⁻¹ de Azufre, el tratamiento se considera mejor de manera económica porque tiene una tasa de retorno marginal de 58,58%.

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Cifuentes, 2014), en la evaluación de tres niveles de Ferthigue en el rendimiento del cultivo orgánico de brócoli *Brassica oleracea* var. italica. cv. Monaco, para el establecimiento de la investigación se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Se determinó como resultado que el tratamiento T1 *Ferthigue nivel alto 405 kg N ha⁻¹* se obtuvo un altura de planta de 48.33 cm en promedio, la diferenciación floral fue a los 61 días en promedio, la cosecha inicio a los 81 días, con un peso de pella promedio de 552.98 g, el diámetro de la pella en promedio de 17.21 cm, y la productividad neta por parcela de 82.95 kg, que representa una productividad 47.40 Mg ha⁻¹; además se determina que el tratamiento T1 *Ferthigue nivel alto 405 kg N ha⁻¹*, presenta un costo que varía con 2978.01 USD ha⁻¹. El tratamiento que obtuvo la mayor Tasa de Retorno Marginal fue el tratamiento T2 *Ferthigue nivel medio 270 kg N ha⁻¹* con 325,86%. De esta manera considera el autor que de manera económica aplicar Ferthigue con un nivel de 270 kg N ha⁻¹ para obtener la mayor Tasa de Retorno Marginal.

(Lazcano, 2016). Señala en la revista de INPOFOS que en investigaciones acerca de la absorción de nutrientes en brócoli reportan rangos de entre 150 y 250 Kg de N ha⁻¹ con productividades que oscilan entre 10 y 13 Mg ha⁻¹. Además de considerar según las encuestas realizadas por INPOFOS en los años de 1995 y 1996, donde demuestran que cuando existe desbalance en la fertilización se puede considerar la presencia de enfermedades que causan problemas fisiológicos como el *tallo hueco* que de manera directa está relacionada con un desbalance boro, mientras que la incidencia de plagas, como la presencia de la *palomilla dorso de diamante* puede estar relacionada al exceso de nitrógeno. También el K juega un papel de gran importancia en la calidad de la producción, así como en la resistencia a enfermedades del cultivo.

En la hacienda “Quisinche” en Mulaló, Cotopaxi 2958 m.s.n.m., (Sanchez, 2013), realizó una evaluación de la respuesta del brócoli a la fertilización con cinco fuentes de Azufre: F1 *Sulfato de Amonio*, F2 *Sulfato de Calcio en polvo*, F3 *Sulfato de Calcio granulado* y los Azufres Elementales: F4 *Tigger* y F5 *Volcán* aplicadas en dos dosis: d1 40 kg S. ha⁻¹ y d2 80 kg S. ha⁻¹. Para la investigación aplicó un diseño de bloques completos al azar mediante un arreglo factorial 5x2+1 con cuatro repeticiones. Con una unidad experimental de 4.5 x 3.5 m 15.75 m². Las variables evaluadas fueron:

altura de planta, diámetro de pella, extracción de S, porcentaje de cosecha al despunte, productividad, contenidos de: S, NO₃, NH₄, PO₄ y B en el Extracto Celular de Peciolo *ECP* de la pella. Como resultados de la investigación se determinó que la fuente F4 *Tigger* alcanzan una productividad promedio de 27.12 Mg. ha⁻¹, mientras que la mejor dosis fue la d1 40 kg S. ha⁻¹ con un rendimiento promedio de 22.70 Mg ha⁻¹. En el análisis financiero estableció que el mejor tratamiento fue t8 *Tigger*, 80 kg S ha⁻¹ con una relación beneficio/costo de \$ 1.85.

(Bunce, 2012), en la presente investigación titulada efecto de la aplicación de *Bacillus subtilis* a tres frecuencias y tres dosis en brócoli, realizada en Tumbaco, cuyo objetivo fue determinar el efecto de la aplicación de *Bacillus subtilis* en el cultivo de brócoli. Se utilizó un DCA con arreglo factorial 2 x 3 +1 testigo con tres repeticiones. Para esta investigación se considera las siguientes variables a ser evaluadas: días a la formación comercial de la pella, altura de planta a la formación comercial de la pella, diámetro ecuatorial de la pella, peso de la pella y productividad. Una vez aplicados los tratamientos se determina como mejores resultados la dosis de 2.5 cc L⁻¹ de agua con una frecuencia de aplicación cada 7 y 14 días, porque favorece al crecimiento y desarrollo de la planta a través de la producción de ácido indol acético, la solubilización de nutrientes como el fósforo y la producción de fitohormonas.

(Cuvi, 2015). Señala en su investigación sobre la evaluación de la eficacia del Fotosint en tres dosis de aplicación sobre el rendimiento en el cultivo de brócoli *Brassica oleracea L. var Italica cv. Avenger*, realizada en la comunidad de Gatazo Zambrano; con un diseño experimental, de Bloques Completos al Azar *DBCA*, con cuatro tratamientos más un testigo y tres repeticiones. Para los tratamientos el investigador utiliza tres dosis, baja 1 cc L⁻¹, media 2 cc L⁻¹, alta 3 cc L⁻¹, del producto Fotosint y como testigo utiliza Bioplus 2 cc L⁻¹, las aplicaciones se realizaron cada 15 días. Las variables evaluadas fueron: días a la aparición de la pella, días a la cosecha, peso de la pella, diámetro ecuatorial y productividad. La mejor productividad fue con la aplicación tratamiento T3 *Fotosint en una dosis de 3 cc L⁻¹* con 20661,11 Mg ha⁻¹, superior en un 9% a 25% al aporte del tratamiento T1 1 cc L⁻¹. Además, la relación beneficio - costo presento el tratamiento en el que se aplicó el foliar orgánico Fotosint en una dosis de 3 cc L⁻¹ con valores de 151 % porque el producto aporta 399 g N -

367,50 g P₂O₅ - 241,50 g K₂O - 8,27 g CaO por ende garantiza la calidad y productividad del brócoli.

(Reinoso, 2019). En la investigación que se titula “EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL FERTILIZANTE QUÍMICO POR ZEOLITA Y MICORRIZA EN LA PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI *Brassica oleracea L* Vr. Botrytis, COTOPAXI – ECUADOR 2009” debido a la función de las micorrizas como una alternativa para incrementar la eficiencia en la nutrición de los cultivos. El objetivo de la investigación es establecer el efecto de las micorrizas arbusculares para ver la factibilidad de disminuir la dosis de fertilizante en un 10, 20 y 30%; además de sustituir con estos porcentajes con Zeolita. El procedimiento para los tratamientos es primero organizar en siete grupos ya sea con inoculación de o no de micorrizas más los porcentajes de fertilización química y de zeolita. Los tratamientos evaluados se organizaron en siete grupos según su inoculación o no con micorrizas, su porcentaje de fertilización química y porcentaje de zeolita, suman un total de 14 tratamientos. Para los resultados a evaluar se consideran las variables se: longitud y diámetro de tallo, longitud y ancho de hoja. Como resultado se consideró al grupo G1 *100% de Fertilización Química + 0 % Zeolita*, resultó ser el más consistente de todos, el beneficio de una dosis correcta y completa de fertilizantes sobre el desarrollo vegetal, resultó además ser el grupo con mayor peso de pellas en el que sobresalió con el mayor promedio T1 *100% Fertilización Química + Micorrizas*. En relación a prendimiento todos los tratamientos inoculados con micorrizas presentaron mejor respuesta en productividad con una TRM de 212% seguido del T13 *70% fertilización química + micorrizas* con el 107% y en cuanto al porcentaje de colonización micorrícica T1 tiene el mayor porcentaje con el 19% versus el T13 con 5%.

El experimento de (Hussain et al., 2012), se realizado en el campo en Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman Agricultural Universidad, Gazipur, Bangladesh en temporada de invierno, en un suelo de textura franco arcillo limoso, el objetivo de la investigación fue determinar los efectos del N y B sobre la productividad y el desorden del tallo hueco en brócoli de la var. Premium crop. En el experimento se ha considerado la aplicación de cuatro niveles de N 0, 60, 120, 180 kg ha⁻¹ y la aplicación de cuatro niveles de B 0, 0.5, 1.0 y 1.5 kg ha⁻¹, que constituye 16 tratamientos en un diseño de

parcela dividida con tres repeticiones, para la evaluación los autores seleccionaron diez plantas al azar. La aplicación de N y B mantuvo un impacto significativo en la productividad y el tallo hueco. Como resultado de la investigación los autores determinaron que con la aplicación de N 180 kg ha⁻¹ la productividad fue de 15 Mg ha⁻¹, además mencionan que al incrementar la dosis de N incrementa el tallo hueco en un índice de tallo 1.38 con N 180 kg ha⁻¹; en cuanto a la aplicación de B el cuajado incremento y la incidencia de tallo hueco con la dosis de 1.0 kg ha⁻¹. Se puede considerar que el valor con la dosis indicada fue del índice de 1.0 frente al valor máximo de 1.16 sin aplicación de B. El efecto de interacción del N y B en la productividad y la calidad del brócoli fue significativo con una productividad de 16.68 Mg ha⁻¹.

En la presente investigación realizada por (Martínez et al., 2006), cuyo objetivo fue obtener información para generar recomendaciones de fertilización potásica de brócoli en fertirriego. El estudio se desarrolló en Montecillo, Estado de México, en invernadero, con el cultivar de brócoli Heritage, el ensayo se ha realizado en invernadero y en macetas con una planta por maceta, con 9 kg de suelo Vertisol de Guanajuato, tamizado en malla de 1 cm, con el contenido del 53% de arcilla, es pobre en MO y N 0.07% N total, además del contenido moderado de P 12 mg kg⁻¹, P Olsen, rico en K asimilable 2.1 cmol + kg⁻¹ y pH 8.7, las aplicaciones se ha realizado el 50% al trasplante y el resto 30 d después. el diseño fue de bloques completos al azar con ocho tratamientos: dos manejos de cultivo *convencional* y *fertirriego* y cuatro niveles de K K0=0, K1=70, K2=140 y K3=210 mg K kg⁻¹ suelo; 9 kg suelo por maceta. Cada tratamiento se repitió 12 veces. Los resultados se analizaron de manera estadística como factorial 2x4, con dos repeticiones para cada uno de los cuatro muestreos realizados durante el desarrollo del cultivo y cuatro repeticiones a la cosecha. Las variables de respuesta consideradas fueron productividad, peso de la biomasa *fresco* y *seco*, concentración de K en la planta, y la dinámica del K hidrosoluble, intercambiable y no intercambiable del suelo. La productividad promedio de brócoli en fertirrigación fueron 34% superiores a los de manejo convencional. Las extracciones de K por el cultivo en fertirrigación fueron 84% superiores a las del cultivo con manejo convencional. El tratamiento K2 elevó de manera significativa la productividad con el

manejo convencional, en cuanto a la fertirrigación la absorción de K fue mayor con un aprovechamiento del agua has en un 17% con relación al manejo convencional.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

3.1.1 Ubicación política

Provincia	:	Cotopaxi
Cantón	:	Latacunga
Parroquia	:	Mulaló
Sector	:	Rumipamba de Espinosas

3.1.2 Ubicación geográfica

Latitud	:	00°46'18"S
Longitud	:	78° 37'38"O

3.1.3 Ubicación ecológica

Altitud	:	2950 msnm.
T° media	:	12 °C.
Precipitación anual:		700 mm.
Región	:	Sierra

3.2 Equipos y materiales

3.2.1 Material experimental

Plantas de brócoli var. Avenger

3.2.2 Material complementario

Tabla 1.

Plan de control fitosanitario

Ingrediente activo	Unidad	Dosis
Azoxystrobin + Difeconazole	mL ha ⁻¹	250
Aceite de canela + Aceite de clavo	mL ha ⁻¹	500
Bacillus subtilis	mL ha ⁻¹	1000
Dimetomorf + Ametoctradin	mL ha ⁻¹	1000
Fludioxonilo	mL ha ⁻¹	250
Fosetil aluminio	g ha ⁻¹	2000
Metalaxil + oxiclورو de cobre	g ha ⁻¹	1000
Madipropanid	mL ha ⁻¹	500
Sulfato de cobre pentahidratado	mL ha ⁻¹	1000

Tabla 2.

Plan de control de plagas

Ingrediente activo	Unidad	Dosis
Cipermetrina	mL ha ⁻¹	600
Emamectin Benzoato + Acetamiprid	mL ha ⁻¹	200
Landa cialotrina	mL ha ⁻¹	200
Spinetoran	mL ha ⁻¹	200

Tabla 3.

Plan de control de malezas y coadyuvantes

Ingrediente activo	Unidad	Dosis
Herbicida		
Metacloro	mL ha ⁻¹	1500
Coadyuvantes		
Break thru	mL ha ⁻¹	180
Confort	g ha ⁻¹	450
Kinetic	mL ha ⁻¹	150

Tabla 4.

Fertilización foliar y aplicación de drench

Fertilizante y manejo biológico	Unidad	Dosis
Aplicación de drench		
Kelpak	mL ha ⁻¹	2000
Trichoderma harzianum	g ha ⁻¹	2000
Fertilización foliar		
Metalosato de calcio (8.4% Ca)	mL ha ⁻¹	1000
MnSO ₄ H ₂ O (31% Mn + 18% S)	g ha ⁻¹	3000
ZnSO ₄ 7H ₂ O (21% Zn + 11% S)	g ha ⁻¹	3000

Tabla 5.Fertilización edáfica ciclo⁻¹

Fertilizante	Unidad	Dosis
Nitrato de NH ₄ 33.5% N	kg ha ⁻¹	360
Nitrato de K 13.5%N, 46% K ₂ O	kg ha ⁻¹	300
Sulfato de K 50% K ₂ O, 17% S	kg ha ⁻¹	145
Esta kieserita 25% MgO, 20% S	kg ha ⁻¹	45
Nitrato de Ca (15% N 18% Ca)	kg ha ⁻¹	280
Sulfato de Mn (31% Mn + 18.5% S)	kg ha ⁻¹	35
Sulfato de Zn (35%Zn, 17%S)	kg ha ⁻¹	30

3.3 Manejo y/o preparación del sitio experimental

3.3.1 Preparación de suelo

Previo al trasplante se realizaron labores de preparación del suelo: tres pases rastra offset, tres pases de arada de discos, aplicación de 4 Mg ha⁻¹ de compost más 1.5 Mg ha⁻¹ de SO₄Ca, posterior se realizó el levantamiento de camas de forma mecánica.

3.3.2. Análisis inicial de suelo

Se realizó un muestreo del suelo (Tabla 6), antes de la investigación que sirvió como referencia para determinar los contenidos nutricionales de N, P y K en el

suelo. Se recolectó 20 sub-muestras aleatorias de toda el área experimental a 0.30 m de profundidad. Las sub-muestras se mezclaron y se obtuvo una muestra homogénea, se recogió un 1.0 kg de la mezcla y se envió al laboratorio para el análisis en el laboratorio en AGRARPROYEKT. Los métodos de análisis que se utilizaran para medir el pH y Conductividad Eléctrica C.E. son: pH: en H₂O y KCl, método Volumen 1:2 y C.E.: método Volumen 1:2. Para determinar macro y micronutrientes se procedió a: Secar, tamizar para excluir partículas mayores y desmenuzar terrones y realizar una mezcla homogénea, extracción con CaCl₂ y NaCl 0.05 M para NO₃, NH₄, K, Ca y Mg, Extracción con DTPA + CaCl₂ para Fe, Mn, Zn y Cu, Extracción con NaHCO₃ 0,5 M Método Olsen para P, Extracto Agua Volumen 1:2 para SO₄, Na, Cl y B (AGRARPROJEKT, 2018).

Tabla 6.

Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco

Análisis	Unidad	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Brócoli - Cultivo Intensivo	Resultado
Materia Orgánica	%	-	3-10	3.1
Textura			arena limosa hasta "limo arenosa arcillosa"	arena limosa
% Saturación de Bases			> 65	100 % (Calificación: muy rico en bases, saturado)
Distribución de Bases en el % de Saturación	%	-	-	Ca: 73 %, Mg: 16 %, K: 9 %, Na: 2 %
Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC	meq /100g	-	> 15	8.4
Conductividad (CE)	mS/cm	Vol. 1:2	0.3 - 0.8	0.32
pH (en H ₂ O)	-	Vol. 1:2	6.0 - 7.2	8.4
pH (en KCl)	-	Vol. 1:2	6.0 - 7.2	7.4
Nitrato (NO ₃ -N)	mg/kg	CaCl ₂ 0.01 M	-	13.6
Amonio (NH ₄ -N)	mg/kg	CaCl ₂ 0.01 M	-	4.5
(NO ₃ +NH ₄)-N	mg/kg	CaCl ₂ 0.01 M	35 - 60	18.1
Fósforo (P)	mg/kg	NaHCO ₃ 0.5M	35 - 55	30.1

Potasio (K)	mg/ kg	CaCl ₂ 0.01 M	140 - 320	290
Magnesio (Mg)	mg/ kg	CaCl ₂ 0.01 M	45 - 120	86.0
Calcio (Ca)	mg/ kg	NaCl 0.05 M	350 - 800	354
Azufre (SO ₄ -S)	mg/ kg	Extracto Agua	10-12	16.6
Hierro (Fe)	mg/ kg	DTPA/Ca Cl ₂	25 - 50	44.5
Manganeso (Mn)	mg/ kg	DTPA/Ca Cl ₂	45-120	45.4
Cobre (Cu)	mg/ kg	DTPA/Ca Cl ₂	0.8 - 4.0	3.0
Zinc (Zn)	mg/ kg	DTPA/Ca Cl ₂	1.2 - 6.0	29.6
Boro (B)	mg/ kg	Extracto Agua	0.15 - 1.20	0.18
Sodio (Na)	mg/ kg	Extracto Agua	< 140	35.3
Cloruro (Cl ⁻)	mg/ kg	Extracto Agua	< 210	7.3
Sales Totales	mg/ kg	Extracto Agua	< 2000	266

3.3.3. Obtención de plántulas

La planta se adquirió bajo pedido a la pilonera de Nintang S.A. con las siguientes características, edad cinco semanas, cinco hojas verdaderas y pilón bien formado, previo al envío se realizó una inmersión en una solución de 100 L de agua y 250 mL de Propamocarb, para prevenir posdamping.

3.3.4. Manejo del cultivo

Las principales labores del cultivo posterior al trasplante fueron:

Riego: El riego se realizó por aspersión posterior al trasplante, labor que se realizaron durante todo el ciclo en frecuencias, según el requerimiento hídrico del cultivo.

Control de malezas: Para el control de malezas se aplicó herbicida al segundo día después de trasplante con Oxifluorfen, dosis 500 mL ha⁻¹.

Drench: El objeto de la aplicación de drench fue para prevenir *Plasmodiophora* en el cultivo, las aplicaciones se realizaron a la segunda, tercera y cuarta semana después del trasplante con *Trichoderma harzianum* con una dosis de 2 kg ha⁻¹ y Kelpak 1 L ha⁻¹.

Fertilización: La fertilización del cultivo se realizó a los 25, 47, 62 y 77 días después del trasplante (ddt).

Deshierba: Esta actividad se realizó a los 25 ddt, posterior a la primera fertilización.

Aporque: Se realizaron dos aporques; a los 47 y 62 ddt, para tapar el fertilizante de estas dos etapas.

Aplicación de funguicidas e insecticidas: Las aplicaciones de agroquímicos se realizaron mediante un plan de aplicaciones fitosanitarias, considerando los resultados de monitoreo.

3.3.5. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, el primer despunte inicio a los 97 días ddt, a los 101 ddt se fue la segunda cosecha y la última cosecha a los 105 ddt.

3.4 Tipo de investigación

La investigación se desarrolló en un cultivo a campo abierto, bajo un enfoque cuantitativo en un tipo de investigación no experimental en un nivel descriptivo.

3.5 Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender

¿Qué factores han generado los niveles de extracción de N, P y K en la productividad Brócoli variedad Avenger? Mulalo, Cotopaxi, Ecuador

3.6 Población o muestra:

El proyecto se desarrolló en el cultivo de brócoli var. Avenger con una densidad de plantación de 55000 plantas ha⁻¹

3.7 Recolección de información:

Se recolectó muestras foliares de 12 plantas completas de acuerdo con el estado fenológico a los 35, 56, 75 y 95 días después del trasplante, bajo un muestreo no probabilístico intencional mediante observación directa, las muestras se enviaron al laboratorio para el análisis de extracción de N, P y K.

3.8 Procesamiento de la información y análisis estadístico:

Los resultados de los análisis foliares de N, P y K, se organizó con la ayuda de Microsoft Excel, y posterior se procesó la información en InfoStat, y se identificó el modelo de la proyección con la respectiva ecuación para representar en figuras las curvas de extracción de N, P y K.

3.8.1 Características de la unidad experimental

Tabla 7.

Unidad experimental

Especificación	Detalle
Distancia entre camas	1.40 m
Distancia entre plantas	0,27 m
Distancia entre hilera	0,30 m
Número de plantas 2 Ha ⁻¹	110000
Número de plantas para muestreo	12 plantas/fase
Área de la investigación	20000 m ²

3.9 Variables respuesta o resultados alcanzados

3.9.1 Niveles de extracción de N, P y K expresados en kg Mg⁻¹

De los resultados de los análisis foliares se determinó la cantidad de extracción en relación con la materia seca con la utilización de la siguiente fórmula:

$$\frac{kg}{Mg} = \frac{MS (g) * 55000 * \% \text{ de nutriente}}{1000 \text{ Producción (Mg)}}$$

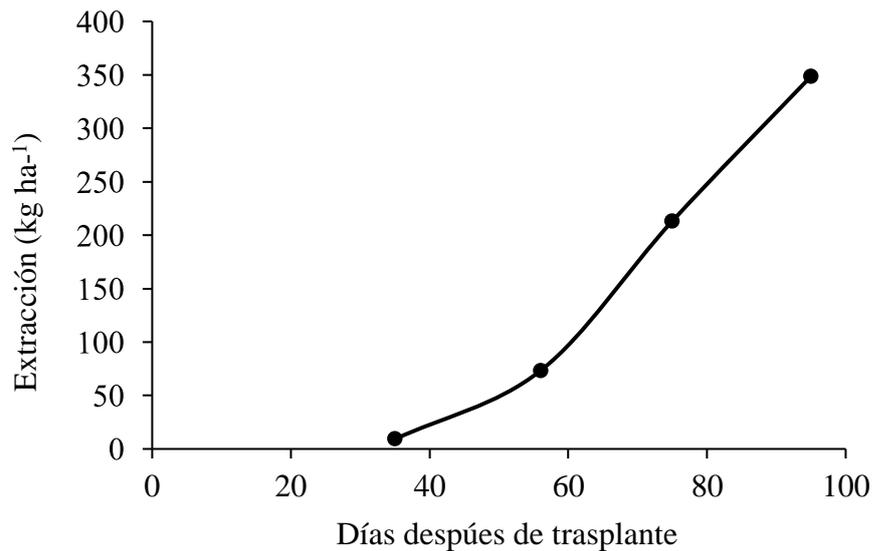
MS = Materia Seca

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Extracción de N con relación al desarrollo fenológico

Los resultados (Figura. 1) que muestra los niveles de extracción de N según las etapas fenológicas a los 35, 56, 75 y 95 ddt en brócoli var. Avenger, se determinó que de acuerdo a la curva la planta extrae N en menor cantidad hasta los 35 ddt 9.1 kg ha^{-1} y se incrementa la extracción a partir de los 56 ddt con un acumulado de 73.2 kg ha^{-1} , a los 75 ddt hay un consumo acumulado de 213.2 kg ha^{-1} , mientras que hasta los 95 ddt, la extracción total alcanzó 348.6 kg ha^{-1} . (Sivori, Montaldi, y Caso, 1980), señala que el N es un nutriente esencial por que durante el desarrollo fenológico del cultivo forma parte de compuestos orgánicos de manera principal en la formación de aminoácidos, ácidos nucleicos y proteína, la deficiencia de N en la fase de desarrollo repercute en su desarrollo por la baja taza fotosintética.



Figural. Extracción de N según el ciclo fenológico en brócoli Var. Avenger

Extracción de P con relación al desarrollo fenológico

Los niveles de extracción de P de acuerdo a las etapas fenológicas a los 35, 56, 75 y 95 ddt en brócoli var. Avenger, la planta a los 35 ddt extrae 1.1 kg ha^{-1} de P y se incrementa la extracción a partir de los 56 ddt con un total acumulado de 11.2 kg ha^{-1} , a los 75 ddt hay un consumo acumulado de 28.4 kg ha^{-1} , mientras que hasta los 95 ddt, la extracción total fue de 61.7 kg ha^{-1} (Figura. 2). El P en el desarrollo fenológico de la planta es importante para la formación de estructuras celulares según (Azcón y Bieto, 2016), porque el 75% de la extracción de P por la planta permanece en las vacuolas y el 25% en los organelos citoplasmáticos. (Cifuentes y León, 2012), manifiestan que la acumulación de P durante el desarrollo de la planta es importante porque influye de manera positiva en la extracción de N y K es decir que a mayor extracción de P los niveles de N y K se incrementan, este incremento influye de manera directa en la biomasa durante el ciclo de la planta.

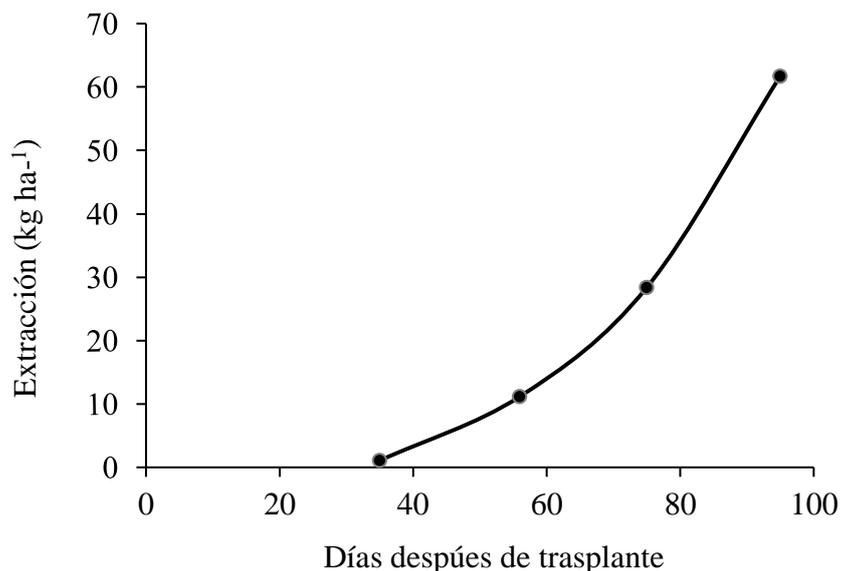


Figura 2. Extracción de P según el ciclo fenológico en Brócoli Var. Avenger

Extracción de K con relación al desarrollo fenológico

Los niveles de extracción de K de acuerdo a las etapas fenológicas a los 35, 56, 75 y 95 ddt en brócoli var. Avenger, a los 35 ddt la planta extrae 8.6 kg ha^{-1} de K y se incrementa la extracción a partir de los 56 ddt con un total acumulado de 64.4 kg ha^{-1} , mientras que a los 75 ddt hay un consumo acumulado de 251.8 kg ha^{-1} , y hasta los 95 ddt, la extracción total fue de 295.2 kg ha^{-1} (Figura. 2). De esta manera se considera que la planta a los 75 ddt alcanza mayor área foliar e inicia la fase de floración y requiere mayor contenido de K para la síntesis de proteínas. Según (Orellana et al., 2008), en esta fase vegetativa se caracteriza por la producción de biomasa foliar con proyección a la formación de base florales y formación de primordios foliares. La planta cuando presenta una deficiencias de K (Kant y Kafkafi, s.f.), señala que la planta disminuye la actividad fotosintética que repercute en la calidad del producto, de esta manera (Toledo, 2003), mencionó que el brócoli es una planta mesofítica, por esta razón el cultivo requiere contenidos adecuados de agua debido a que el K se moviliza por xilema y floema desde la partes maduras de la planta a los meristemas y se relaciona con la productividad.

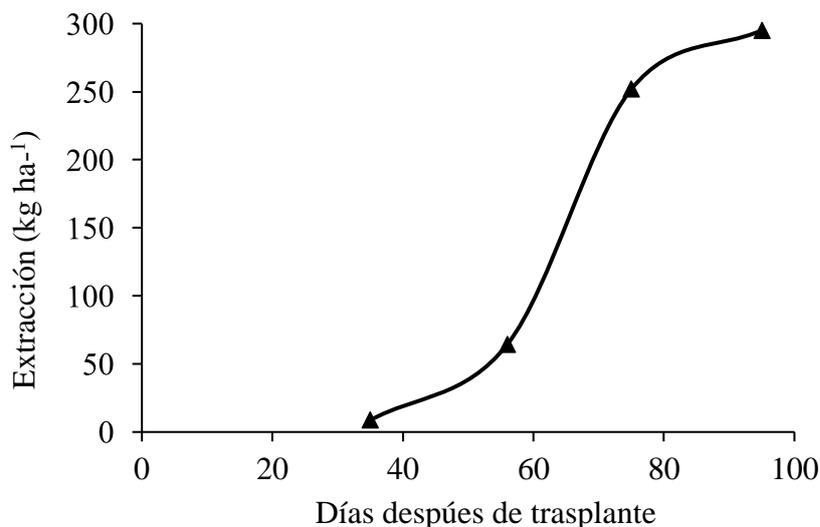


Figura 3. Extracción de K según el ciclo fenológico en Brocoli var. Avenger

Extracción de N, P y K sobre la calidad de las pellas

La relación de extracción de N, P y K (Figura. 4) sobre la calidad de las pellas de brócoli var. Avenger, se observa que a los 75 ddt, para el desarrollo de la pella el K es el macronutriente absorbido en mayor cantidad con 251.8 kg ha⁻¹, seguido por el N con 213.2 kg ha⁻¹, con un orden de absorción para esta etapa de K>N>P, mientras que en la etapa final 95 ddt la mayor acumulación fue de N 348.6 kg ha⁻¹, seguido de K con 295.2 kg ha⁻¹ y de P con 61.7 kg ha⁻¹. La diferencia de extracción de N con relación a K es mayor en un 15.32%, la pella alcanzó ppp de 454 g, calidad óptima para industria y una productividad de 22470 kg ha⁻¹. De acuerdo a (Toledo, 2003), menciona los valores de extracción total para obtener 32300 kg ha⁻¹ la planta extrae: N 559 kg ha⁻¹, P 23 kg ha⁻¹ y potasio 723 K kg ha⁻¹; con una relación a los resultados obtenidos N<K y una extracción de P baja. (Gonzales, 2017), en sus resultados en brócoli var. 100818, menciona que la planta extrae 405.1 kg ha⁻¹ de N, 41.10 kg ha⁻¹ de P y 327.85 kg ha⁻¹ de K. La relación de acuerdo a las etapas fenológicas presenta un acumulado en el orden de extracción de los macronutrientes: N > K > P.

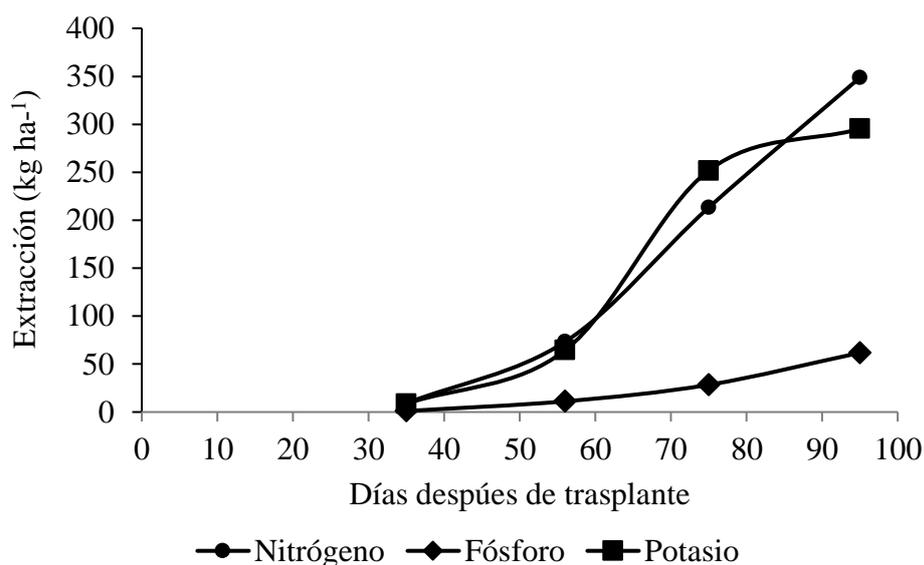


Figura 4. Relación la extracción de N, P y K con la calidad de pellas de Brócoli var. Avenger.

Relación de N, P y K con la fisiología de planta y la productividad

Con una densidad de 55000 plantas ha⁻¹ se calculó la productividad ha⁻¹ de macronutrientes expresada kg por cada Mg de pellas, con una merma del 10% de plantas no viables, se alcanzó la productividad de 22.47 Mg ha⁻¹, en la (Tabla 8), se muestra la cantidad extraída de MS por Mg. La (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), 2004), en su reporte señala que para producir 23 Mg ha⁻¹ de brócoli, el cultivo requiere de 150 - 250 kg N ha⁻¹, 140 kg P ha⁻¹ y 200 -300 kg K ha⁻¹, en condiciones climáticas de 18 °C, 95% de HR, se puede observar que N es superior, el P en cuanto al requerimiento de P es menor y en cuanto al requerimiento K los resultados se encuentra dentro de los parámetros que indica el autor. Las condiciones climáticas promedio durante el ciclo del cultivo fueron de 15°C, 90% de HR. (Rincon, *et al.*, 1999), indica que para producir un Mg de brócoli se requiere alcanzar una extracción de 12.7 N, 1.5 P y 12.5 K (K ha⁻¹).

Tabla 8.

Nivel de extracción de N, P y K por Mg. de productividad

Productividad 22.47 Mg ha ⁻¹		
	Extracción total (kg ha ⁻¹)	Extracción Mg ⁻¹ (Kg ha ⁻¹)
N	348,62	15,51
P2O5	61,74	2,75
K2O	295,16	13,14

Se observa que a los 75 ddt la planta extrae el 40.14% de N mientras que desde la etapa de los 75 a los 95 ddt inicia el descenso de extracción en 1.29 % (Figura. 5), de manera general se consideran las etapas de mayor importancia en la extracción de N reflejada en productividad, una vez que la planta inicia la fase reproductiva hasta llegar a la madurez fisiológica, se determinó el comportamiento de la extracción que cumple un modelo matemático de regresión cuadrática, para calcular la cantidad de N que demanda la planta de acuerdo a las etapas de desarrollo fisiológico de ésta y con relación a la productividad requerida con un coeficiente de correlación de 0.95 según la escala de Pearson se considera una relación muy alta, porque la cantidad de N extraída incide de manera directa sobre la productividad. (Rincon, *et al.*, 1999),

contrasta los resultados obtenidos y menciona que la planta mientras incrementa su área foliar la extracción de N es más alta a los 73 a 85 ddt, con una absorción total acumulada 243 kg ha^{-1} , los autores de la investigación señalan que el requerimiento de N favorece a la división celular y por ende la planta en esta etapa inicia un pleno desarrollo de las inflorescencias de brócoli.

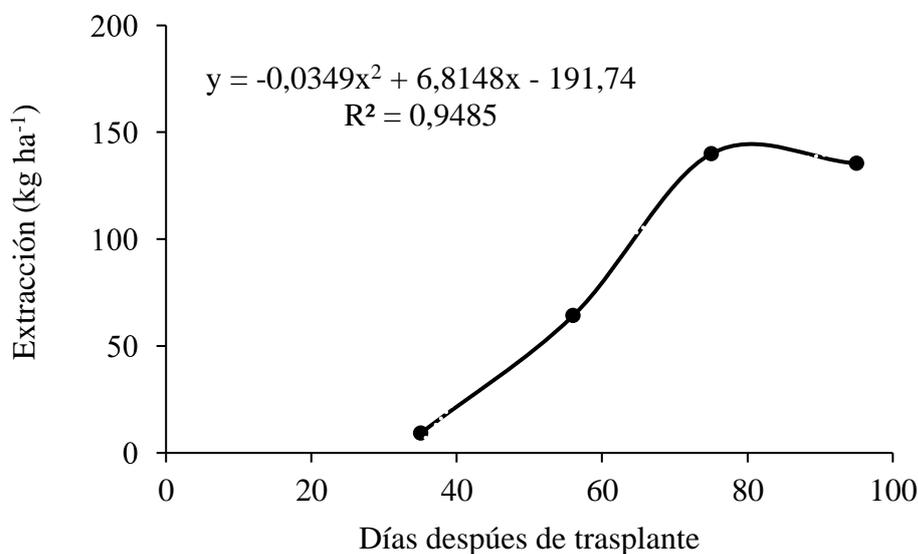


Figura 5. Extracción del nivel óptimo de N con relación al desarrollo fisiológico y productivo en Brócoli var. Avenger.

La extracción de P presenta un incremento progresivo en cada etapa fisiológica (Figura. 6), con mayor incremento del 26.22% de extracción desde los 75 a los 95 ddt, las pellas alcanzaron la madurez fisiológica de cosecha, de manera general se consideran las etapas de mayor importancia en la extracción de P reflejada en productividad, una vez que la planta inicia el pleno desarrollo de las pellas hasta la madurez fisiológica, se determinó el comportamiento de la extracción que cumple un modelo matemático de regresión lineal, para calcular la demanda de P de acuerdo a las etapas de desarrollo fisiológico de planta y con relación a la productividad requerida con un coeficiente de correlación de 0.96 según la escala de Pearson se considera una relación muy alta, porque la cantidad de P extraída incide de manera directa sobre la formación de pellas. La extracción de P es progresiva porque de acuerdo a (FHIA, 2004), en su reporte menciona que mientras más alto es el nivel de extracción de P la producción incrementa, con la aplicación de 240 kg ha^{-1} la producción alcanza 12.89 Mg ha^{-1} y cuando el nivel de P disminuye a 160 kg ha^{-1} la producción es de 10.05 Mg ha^{-1}

ha⁻¹ esto refleja una pérdida de 2.84 Mg ha⁻¹. (Basantes, 2012), de misma manera menciona que el P cuando se aplica en dosis de 100 kg ha⁻¹ en maíz presenta un crecimiento significativo con una eficiencia del 44% de extracción que cuando se aplica 50 kg ha⁻¹ la eficiencia es el 78% para el aprovechamiento de la planta. De esta manera se explica que la curva de extracción de P no decrece hasta cuando la pella de brócoli llega a la fase final de cosecha debido a la importancia en la actividad metabólica de la planta y debido a que el estudio se realizó en un suelo de origen volcánico arena limosa y pH de 7.4, dado que en términos de eficiencia la extracción de P fue mejor.

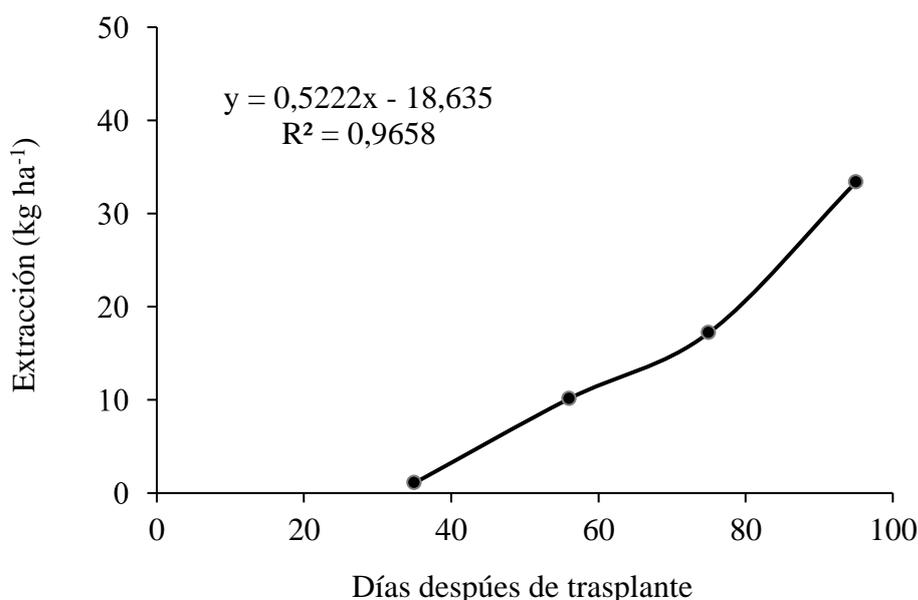


Figura 6. Extracción del nivel óptimo de P con relación al desarrollo fisiológico y productivo en Brócoli var. Avenger.

A los 75 ddt la planta alcanza una extracción del 63.48% de K, de manera general se considera una etapa importante en la extracción de K para la formación de pellas y después de esta etapa la planta decrece la extracción de K a un 14.70% (Figura. 7), estos significa que la cantidad de K disminuye una vez que las pellas alcanzaron la madurez fisiológica, se determinó el comportamiento de la extracción que cumple un modelo matemático de regresión cubica, para calcular la cantidad de K de acuerdo a las etapas de desarrollo fisiológico de planta y con relación a la productividad requerida con un coeficiente de correlación de 1.0, según la escala de Pearson se

considera una relación muy alta, porque la cantidad de K extraída incide de manera directa sobre la productividad. El K es un nutriente de importancia para la osmorregulación y balance iónico de la planta. En la investigación de (SAKATA, 2013) en brócoli de la var. Avenger, el N fue el macronutriente absorbido en mayor cantidad con $254,07 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido por el K con $244,37 \text{ kg ha}^{-1}$. El orden de absorciones de los macronutrientes fue el siguiente: $N > K$, además que, la extracción de K fue mayor a los 45 ddt con un 53.79% a partir de esta edad hasta los 95 ddt la planta disminuye la extracción K en un 12.84%, con valores similares a los resultados de obtenido y de esta manera se justifica la tendencia de decrecimientos de K en la etapa final, este comportamiento similar se considera una característica intrínseca de la planta. Según (Kant y Kafkafi, s.f.), dice que existe altos contenidos de K en etapas tempranas de desarrollo en los vegetales con tejidos de contenidos altos agua en su estructura.

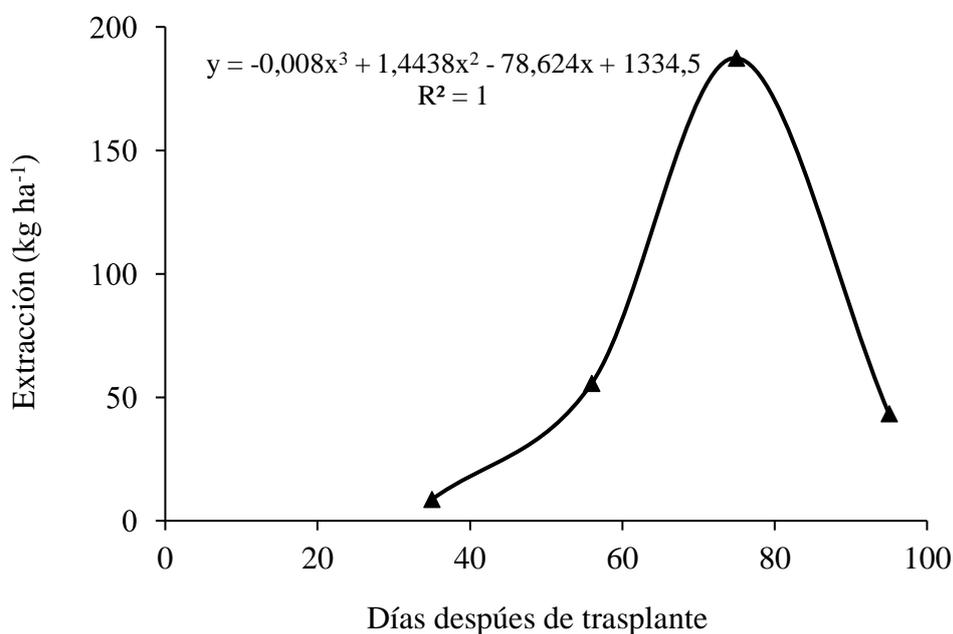


Figura 7. Extracción del nivel óptimo de K con relación al desarrollo fisiológico y productivo en Brócoli var. Avenger.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo al ciclo fenológico del brócoli var. Avenger, se pudo observar que el nivel más bajo de extracción de N fue de 9.1 kg ha^{-1} a los 35 ddt y el valor más alto se presentó entre los días 56 a 75 con una diferencia de 140 kg ha^{-1} , en cuanto a la extracción de P la planta alcanza un mayor consumo a los 75 ddt con un valor de 33.3 kg ha^{-1} ; mientras que el K presenta similar comportamiento en la extracción de 187.4 kg ha^{-1} a los 75 ddt. Mediante los resultados obtenidos se puede concluir que la planta a los 75 días extrae mayor cantidad de macronutrientes N, P y K para iniciar la fase productiva.

El macronutriente K absorbido en mayor cantidad, se presenta a los 75 ddt con un acumulado de 251.8 kg ha^{-1} , seguido de N con 213.2 kg ha^{-1} , el nivel de absorción desde los 56 ddt se incrementa hasta los 75 ddt; por que la planta durante estos 19 días alcanza un máximo desarrollo vegetativo e inicia la fase reproductiva y formación de pellas, con esta dinámica en la extracción de K a los 95 ddt, el ppp fue 454 g pella^{-1} , se considera un índice de calidad óptimo para industria.

Con relación a la fisiología y productividad se determinó la extracción de N, P y K, para la recomendación nutricional del cultivo de brócoli var. Avenger, mediante la obtención de los modelos matemáticos con relación a una productividad de 22.47 Mg ha^{-1} y un nivel de confianza para: N de 0.95, P de 0.96, y K de 1.0.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda considerar la variedad de Brócoli, condiciones climáticas, características físico químicas y biológicas del suelo, para determinar la extracción de nutrientes del cultivo de Brócoli, se debe realizar mínimo tres muestras para la extracción de nutrientes en consideración por cada etapa fenológica definida y que

se considere importante durante el ciclo del cultivo, para la utilidad de acuerdo al contexto específico del sector.

Realizar las curvas de extracción le permite determinar las épocas de mayor requerimiento nutricional de la planta durante el ciclo de crecimiento; además se debe considerar que a los 75 días la planta alcanza los valores de extracción de K de 251.8 kg ha^{-1} y N de 213.2 kg ha^{-1} .

Se determinó el comportamiento de la extracción que cumple un modelo matemático de regresión cuadrático para N, lineal para P y cúbico para K, se debe considerar que en las etapas iniciales el cultivo no requiere de cantidades elevadas de nutrientes porque el sistema radicular inicia su pleno desarrollo a partir de los 35 ddt y los nutrientes se pierden por lixiviación y evaporación.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

- AGRARPROJEKT. (2018). *Reporte Análisis de Suelo*. Quito.
- Agroes. (2021). Abonado de Brócoli, extracciones y Dosis de Nutrientes para fertilización con Nitrógeno, Fósforo y Potasa. Retrieved from <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/brocoli>
- Azcón, J., y Bieto, M. (2016). *Fundamentos de la fisiología vegetal*. (S. L. McGRAW-HILL - INTERAMERICANA DE ESPAÑA, Ed.) (Segunda). Barcelona.
- Basantes, E. R. (2012). “ Efecto de la aplicación de dos niveles de nitrógeno y dos niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz Var . Chillos , en un suelo.
- Brown, P., y Hu, H. (1999). Funciones del fosforo en las plantas *. *Informaciones Agronómicas*, 83(36), 9–10.
- Bunce, R. (2012). *Universidad Central del Ecuador Universidad Central del Ecuador*. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22366>
- Calvopiña, D. (2015). *Análisis de competitividad del sector del Brócoli en Ecuador en el período 2007-2013*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Retrieved from [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8373/DISERTACIÓN Dayana Lizbeth Calvopiña Rodríguez.pdf?sequence=1](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8373/DISERTACIÓN_Dayana_Lizbeth_Calvopiña_Rodríguez.pdf?sequence=1)
- Chacra, R. del campo. (2013). Cuál es el nivel de extracción de nutrientes. Retrieved from <https://www.revistachacra.com.ar/nota/135-cual-es-el-nivel-de-extraccion-de-nutrientes/>
- Chaves, A. (2016). *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE CULTIVARES DE BRÓCOLI Y DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS Y COEFICIENTE DE CULTIVO “Kc.”* Universidad de la Laguna.
- Cifuentes, A. (2014). *Evaluación de tres niveles de ferthigue en el rendimiento del cultivo orgánico de brócoli*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Retrieved from [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3593/1/13T0797 .pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3593/1/13T0797.pdf)
- Cifuentes, R., y León, E. (2012). El suministro de fósforo con la fertilización esencial para la sostenibilidad de la producción agrícola en Sololá: El caso del brócoli

- (Brásica oleracea va. italica). *Univerdidad Del Valle de Guatemala*, 24, 8.
- Cuvi, E. (2015). *EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL FOTOSINT EN 3 DOSIS DE APLICACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (Brassica oleracea L. var Italica cv.Avenger) EN LA COMUNIDAD DE GATAZO ZAMBRANO*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8175>
- Funda, Y., Safak, C., Bulent, Y., y Nilgun, M. (2008). Effects of Nitrogen Fertilizer on Yield Quality and Nutrient Content in Broccoli. *Journal of Plant Nutrition*, 31. <https://doi.org/10.1080/01904160802135118>
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). (2004). Respuesta del Cultivo de Brócoli (Brassica oleracea var. italica) a la aplicación de diferentes niveles de Nitrógeno, Fósforo y Potasio Introducción. Intibuca. Retrieved from http://www.fhia.org.hn/downloads/ht_fhia_laesperanza_pdfs/hd37respuestacultbrocoliapplicnkp.pdf
- Gonzales, A. (2017). Resumen de la curva de extracción de nutrientes en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea var. 100818). Cotopaxi.
- Hussain, M., Karim, A., Solaiman, A., y Haque, M. (2012). Effects of Nitrogen and Boron on the Yield and Hollow Stem Disorder of Broccoli (Brassica oleracea var . italica). *The Agriculturists*, 10(2), 36–45.
- Instituto de la Potasa y el Fósforo. (s.f.). Potasa: su necesidad y uso en la agricultura moderna. Canada: Saskatchewan. <https://doi.org/0-9693608-0-0>
- Intagri. (2018). Las Curvas de Absorción de Nutrientes. *Instituto Para La Innovación Tecnológica En La Agricultura*, 1–3.
- Kant, S., y Kafkafi, U. (n.d.). Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos. *University of Jerusalem*, V, 38. Retrieved from <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/Sesion V.pdf>
- Lazcano, I. (2016). LA FERTILIZACION BALANCEADA *. *ResearchGate*, (March). Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Ignacio_Lazcano-Ferrat/publication/238736443_EL_POTASIO_Y_EL_CONCEPTO_DE_LA_FERTILIZACION_BALANCEADA/links/56e32cb108ae65dd4cbac2f9/EL-POTASIO-Y-EL-CONCEPTO-DE-LA-FERTILIZACION-BALANCEADA.pdf

- Lideres. (2017, November 29). El brócoli tiene un mercado que aumenta en Europa. *23/08/2017*. Retrieved from <https://www.revistalideres.ec/lideres/brocoli-mercado-europa-produccion-economia.html>
- Lozano, J., Orozco, L., y Montoya, L. (2018). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on the yield of broccoli cultivars. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, *71*(1), 8375–8386. <https://doi.org/10.15446/rfna.v71n1.63058>
- Martínez, J. L., Núñez, R., Lazcano, I., Etchevers, J. D., y Carrillo, R. (2006). Nutrición potásica del brócoli (*Brassica olearacea*) con manejo convencional y fertirrigación en un vertisol en invernadero. *Agrociencia*, *40*(1), 1–11.
- Martínez, V., Luis, J., Escobar, N., Ferrat, L., Barra, E., y Jorge, D. (2006). NUTRICIÓN POTÁSICA DEL BRÓCOLI (*Brassica olearacea*) CON MANEJO CONVENCIONAL Y FERTIRRIGACIÓN EN UN VERTISOL EN INVERNADERO. *Redalyc*.
- Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca (MAGAP). (2019). Boletín Situacional de Brócoli. Quito. Retrieved from http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2018/boletin_situacional_brocoli_2018.pdf
- Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca (MAGAP), y (SINAGAP), C. G. del S. de I. N. (2016). *Boletín Situacional brócoli*. Quito. Retrieved from <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2013/maizduro.pdf>
- Moniruzzaman, M., Rahman, S. M. L., Kibria, M. G., Rahman, M. A., y Hossain, M. M. (2007). Effect of Boron and Nitrogen on Yield and Hollowstem of Broccoli. *Journal of Soil Nature*, *1*(3), 24–29. Retrieved from http://ggfjournals.com/assets/uploads/5.24-29_.pdf
- Nieves-González, F., Alejo-Santiago, G., Luna-Esquivel, G., Lemus-Flores, C., Salcedo-Pérez, E., y Juárez-López, P. (2015). EXTRACCIÓN Y REQUERIMIENTO DE FÓSFORO EN CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* JACQ.) “BIG BROTHER.” *Interciencia*, *40*(4), 282–286.
- Orellana, H., Solórzano, H., Bonilla, A., Salazar, G., Falconí-borja, C., y Velasteguí, R. (2008). Manejo orgánico ecológico del cultivo de brócoli. *Edifarm*, 8. Retrieved from https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/manual_cultivos/BROCOLI

ORGANICO.pdf

- Puenayan, A., Córdova, F., y 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 THE. *Oil & Soap*, 19(7), 129–130. <https://doi.org/10.1007/BF02545491>
- Quintana, M. (2015). *IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN Y EXPORTACIÓN DE BRÓCOLI DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI: ESTRATEGIAS DE COMERCIALIZACIÓN HACIA LOS MERCADOS NO TRADICIONALES AÑOS 2010 - 2014. Tesis. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD.* <https://doi.org/10.1037/0022-3514.90.4.644>
- Ramírez, M., y Reyes, F. (2011). Dinámica de la extracción nutrimental de brócoli (Brasica oleracea, var italica). *Horticultivos*. Retrieved from <https://www.horticultivos.com/cultivos/cruciferas/brocoli/dinamica-de-la-extraccion-nutrimental-de-brocoli-brasica-oleracea-var-italica-2/>
- Reinoso, R. (2019). “EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL FERTILIZANTE QUÍMICO POR ZEOLITA Y MICORRIZA EN LA PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L Vr. *Botrytis*), COTOPAXI – ECUADOR.” Universidad de las Fuerzas Armadas. Retrieved from <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8387>
- Reyes, S. E., Klelia, I., y Arteaga, S. (2003). B r ó c o l i.
- Rincón, L., Pellicer, C., Sáez, J., Abadía, A., Pérez, A., y Marín, C. (2001). Crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes de la coliflor. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, 16(1), 119–130.
- Rincon, L., Saez, J., Perez, J. A., Gomez, M. D., y Pellicer, C. (1999). CRECIMIENTO Y ABSORCIÓN DE NUTRIENTES DEL BROCOLI. *ResearchGate*, 14(May), 13. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/28052194_Crecimiento_y_absorcion_de_nutrientes_del_brocoli
- Rincon, L., Saez, J., Perez, J., y Gomez, M. (1999). CRECIMIENTO Y ABSORCIÓN DE NUTRIENTES DEL BROCOLI L. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, 14, 226–236. Retrieved from <http://www.inia.es/IASPV/1998/vol13/10-L.RINCON.pdf>
- Riofrio, M. F. (2010). *FERTILIZANTES INORGANICOS EN EL RENDIMIENTO DEL ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.* ESCUELA

- SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Retrieved from [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/580/1/13T0663 .pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/580/1/13T0663.pdf)
- Risco, D., Gutiérrez, A., y Buenaño, M. (2016). Crecimiento, producción y calidad en brócoli cultivado bajo diferentes dosis de abono nitrogenado. *Investigación Agraria*, 18(1), 44–48. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2016.junio.44-48>
- SAKATA. (2013). Avenger con fertilización. Cotopaxi.
- SAKATA. (2014). *I, 3*, . Sao Pablo. Retrieved from www.sakata.com.br/cas
- Salazar, F., y Juárez, P. (2012). Requerimiento macronutricional en planstas de chile (*Capsicum annum L.*). *Revista Bio Ciencias*, 2(2), 27–34. Retrieved from <http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/32/30>
- Sanchez, B. (2013). *RESPUESTA DEL BRÓCOLI (Brassica oleracea var.Italica) HÍBRIDO FANTÁSTICO A LA FERTILIZACIÓN CON CINCO FUENTES DE AZUFRE APLICADAS A DOS DÓISIS. MULALÓ, COTOPAXI. TESIS. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.* Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec:80/handle/25000/2042>
- Sánchez, M., Tatiana, V., Mayorga, F., y Freire, C. (2019). Producción de brócoli en Ecuador. Tungurahua. Retrieved from <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/12/Brocoli-en-Ecuador.pdf>
- Silva, A., Filho, C., Mendoza, J., y Lima, J. (2016). Potassium Fertilization of Cauliflower and Broccoli in a Potassium-Rich Soil. *Ciencia E Investigación Agraria*, 43(1), 14–14. <https://doi.org/10.4067/s0718-16202016000100014>
- Sivori, E., Montaldi, E., y Caso, O. (1980). *Fisiología Vegetal*. (H. S. S.A., Ed.) (Primera). Buenos Aires. <https://doi.org/11.723>
- Toledo Hevia, J. (2003). Cultivo del brócoli. *Instituto Nacional de Investigación Agraria*. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/250082239.pdf>
- Usabiaga, J., Tostado, F., Benítez, E., y Castro, J. (2005). *Estudios de Nutrición Vegetal de los Principales Cultivos Básicos de México*. (A. y P. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Ed.) (Primera). México: SAGARPA.
- Zamora, E. (2016). El cultivo del brocoli. México: Universidad de Sonora. <https://doi.org/DAG/HORT-010-2016>

5.4 ANEXOS

Resultados de análisis de extracción primera fase fenológica



Agrarprojekt S.A.
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-054148
 agrarprojekt@cablemodem.com.ec
 info@agrarprojekt.com
 www.agrarprojekt.com

RESULTADOS

Código Agrarprojekt: LHE-081020

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS	
Tipo de Muestra:	Folleaje (Tallos y Hojas)
Cultivo:	Brócoli
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	Limache S.A., Número de Lote 1-2, var. Avenger, Edad de Plantas: 35 días

Contenido de macro- y microelementos en Materia Seca (macroelementos en %, microelementos en ppm equivalente a mg/kg o µm/g)

Análisis	Unidades	*Valores de Orientación: Rango de Valores considerados como "Normal" para <u>tallos</u> de brócoli en Producción	Resultado
Ø Peso Seco / Plantita (solo folleaje, sin raíces)	gramos	-	3.6
Nitrógeno Total (N)	%	3.20 - 5.50	4.60
Fósforo (P)	%	0.30 - 0.75	0.54
Potasio (K)	%	2.00 - 4.00	4.36
Magnesio (Mg)	%	0.23 - 0.75	0.80
Calcio (Ca)	%	1.00 - 2.50	2.57
Azufre (S)	%	0.30 - 0.75	0.66
Sodio (Na)	%	no establecido	0.40
Hierro (Fe)	ppm	70 - 300	688
Manganeso (Mn)	ppm	25 - 200	93.8
Cobre (Cu)	ppm	4 - 15	5.0
Zinc (Zn)	ppm	20 - 200	71.2
Boro (B)	ppm	30 - 100	36.0

* Fuente: G. Bryson. 2014. Plant Analysis Handbook II, 571 pp.

* Primera hoja madura de la parte media del tallo, antes de la inflorescencia

-- No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.

- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

- Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.

Agrarprojekt S.A.
 Dr. Karl Sponagel
 Director del Laboratorio

Resultados de análisis de extracción segunda fase fenológica



Agrarprojekt S.A.
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-084148
 agrarprojekt@cablemodem.com.ec
 info@agrarprojekt.com
 www.agrarprojekt.com

RESULTADOS

Código Agrarprojekt: LHE-291020

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS		
Información Adicional:	Lote 1-2, var. Avenger, Edad Plantas: 56 días	
Tipo de Muestra:	Folleje (Tallo + Hojas) y Raíz	
Cultivo:	Brócoli	
Número de Muestra:	# 1	# 2
Información Proporcionada por el Cliente:	Folleje (Tallo y Hojas)	Raíz

Contenido de macro- y microelementos en Materia Seca (macroelementos en %, microelementos en ppm equivalente a mg/kg o µm/g)

Análisis	Unidades	*Rango de Valores considerados como "Normal" para Hojas de Brócoli	Resultado	Resultado
Peso Fresco (Ø planta)	gramos	-	234	10.4
Peso Seco (Ø planta)	gramos	-	21.7	3.1
Materia Seca	%	-	9.3	29.8
Nitrógeno Total (N)	%	3.20 - 5.50	3.58	1.79
Fósforo (P)	%	0.30 - 0.75	0.56	0.26
Potasio (K)	%	2.00 - 4.00	3.74	0.98
Magnesio (Mg)	%	0.23 - 0.75	0.42	0.43
Calcio (Ca)	%	1.00 - 2.50	2.50	1.27
Azufre (S)	%	0.30 - 0.75	1.03	0.31
Sodio (Na)	%	no establecido	0.29	0.28
Hierro (Fe)	ppm	70 - 300	191	2960
Manganeso (Mn)	ppm	25 - 200	51.8	132
Cobre (Cu)	ppm	4 - 15	8.3	11.4
Zinc (Zn)	ppm	20 - 200	76.0	45.8
Boro (B)	ppm	30 - 100	46.2	70.4

* Fuente: G. Bryson, 2014. Plant Analysis Handbook II, 571 pp.

* Primera hoja madura de la parte media del tallo, antes de la inflorescencia

-- No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.
- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.
- Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.

Agrarprojekt S.A.
 Dr. Karl Sponagel
 Director del Laboratorio

Resultados de análisis de extracción tercera fase fenológica



Agrarprojekt S.A.
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148
 agrarprojekt@cablemodem.com.ec
 info@agrarprojekt.com
 www.agrarprojekt.com

RESULTADOS

Código Agrarprojekt: LHE-201120

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS		
Información Adicional:	Lote 1-2, var. Avenger, Edad Plantas: 75 días	
Tipo de Muestra:	Follaje (Tallos + Hojas) y Raíz	
Cultivo:	Brócoli	
Número de Muestra:	# 1	# 2
Información Proporcionada por el Cliente:	Follaje (Tallos y Hojas)	Raíz

Contenido de macro- y microelementos en Materia Seca (macroelementos en %, microelementos en ppm equivalente a mg/kg o µm/g)

Análisis	Unidades	*Rango de Valores considerados como "Normal" para Hojas de Brócoli	Resultado	Resultado
Peso Fresco (Ø planta)	gramos	-	727	25.3
Peso Seco (Ø planta)	gramos	-	55.0	5.0
Materia Seca	%	-	7.6	19.8
Nitrógeno Total (N)	%	3.20 - 5.50	4.75	1.70
Fósforo (P)	%	0.30 - 0.75	0.61	0.25
Potasio (K)	%	2.00 - 4.00	5.72	1.91
Magnesio (Mg)	%	0.23 - 0.75	0.48	0.34
Calcio (Ca)	%	1.00 - 2.50	2.69	1.34
Azufre (S)	%	0.30 - 0.75	1.07	0.34
Sodio (Na)	%	no establecido	0.34	0.35
Hierro (Fe)	ppm	70 - 300	264	1630
Manganeso (Mn)	ppm	25 - 200	53.0	79.6
Cobre (Cu)	ppm	4 - 15	10.6	16.1
Zinc (Zn)	ppm	20 - 200	85.8	54.2
Boro (B)	ppm	30 - 100	49.4	47.0

* Fuente: G. Bryson. 2014. Plant Analysis Handbook II, 571 pp.

* Primera hoja madura de la parte media del tallo, antes de la inflorescencia

-> No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.

- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

- Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.


 agrarprojekt.com.ec
 Dr. Karl Sponagel
 Director del Laboratorio

Resultados de análisis de extracción cuarta fase fenológica



Agrarprojekt S.J
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quid
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-03414
 agrarprojekt@cablemodem.com.j
 info@agrarprojekt.co
 www.agrarprojekt.co

RESULTADOS

Código Agrarprojekt: LHE-111220

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS			
Información Adicional:	Lote 1-2, var. Avenger, Edad Plantas: 95 días - Cosecha		
Tipo de Muestra:	Pella, Follaje (Tallos + Hojas) y Raíz		
Cultivo:	Brócoli		
Número de Muestra:	# 1	# 2	# 3
Información Proporcionada por el Cliente:	Pella	Tallos + Hojas	Raíz

Contenido de macro- y microelementos en Materia Seca (macroelementos en %, microelementos en ppm equivalente a mg/kg o µm/g)

Análisis	Unidades	*Rango de Valores considerados como "Normal" para Hojas de Brócoli	Resultado	Resultado	Resultado
Peso Fresco (Ø planta)	gramos	-	344	1013	38.4
Peso Seco (Ø planta)	gramos	-	31.5	94.0	11.4
Materia Seca	%	-	9.2	9.3	29.6
Nitrógeno Total (N)	%	3.20 - 5.50	4.63	3.82	1.68
Fósforo (P)	%	0.30 - 0.75	0.82	0.37	0.18
Potasio (K)	%	2.00 - 4.00	3.92	6.12	1.93
Magnesio (Mg)	%	0.23 - 0.75	0.27	0.28	0.27
Calcio (Ca)	%	1.00 - 2.50	0.54	1.86	0.91
Azufre (S)	%	0.30 - 0.75	0.77	0.89	0.25
Sodio (Na)	%	no establecido	0.05	0.22	0.31
Hierro (Fe)	ppm	70 - 300	83.4	81.4	2200
Manganeso (Mn)	ppm	25 - 200	18.5	28.6	130
Cobre (Cu)	ppm	4 - 15	8.3	27.2	12.8
Zinc (Zn)	ppm	20 - 200	44.4	65.6	65.2
Boro (B)	ppm	30 - 100	29.6	48.6	48.2

* Fuente: G. Bryson. 2004. Plant Analysis Handbook III, 571 pp.

* Primera hoja madura de la parte media del tallo, antes de la inflorescencia

- = No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.

- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

- Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.

Karel Millaletto Szymanski
 mg@agrarprojekt.co

Tabla 9.

Resultados de análisis de N acumulado por el ciclo de cultivo

Nutriente	Días (DT)	Consumo (%)	Peso seco (g)	Plantas ha ⁻¹	Acumulado (kg ha ⁻¹)
N	35	5%	3,6	55000	9,1
	56	5%	24,8	55000	73,2
	75	6%	60	55000	213,2
	95	5%	136,9	55000	348,6

Tabla 10.

Consumo de N por etapa fenológica

Nutriente	Días (DT)	Consumo (%)	Peso seco (g)	Plantas ha ⁻¹	Consumo etapa (kg ha ⁻¹)
N	35	5%	3,6	55000	9,1
	56	5%	24,8	55000	64,1
	75	6%	60	55000	139,9
	95	5%	136,9	55000	135,4

Tabla 11.

Resultados de análisis de P acumulado por el ciclo de cultivo

Nutriente	Días (DT)	Consumo (%)	Peso seco (g)	Plantas ha ⁻¹	Acumulado (kg ha ⁻¹)
P	35	0,54%	3,6	55000	1,1
	56	0,82%	24,8	55000	11,2
	75	0,86%	60	55000	28,4
	95	0,82%	136,9	55000	61,7

Tabla 12.

Consumo de P por etapa fenológica

Nutriente	Días (DT)	Consumo (%)	Peso seco (g)	Plantas ha ⁻¹	Consumo etapa (kg ha ⁻¹)
P	35	0,54%	3,6	55000	1,1
	56	0,82%	24,8	55000	10,1
	75	0,86%	60	55000	17,2
	95	0,82%	136,9	55000	33,4

Tabla 13.

Resultados de análisis de K acumulado por el ciclo de cultivo

Nutriente	Días (DT)	Consumo (%)	Peso seco (g)	Plantas ha ⁻¹	Acumulado (kg ha ⁻¹)
K	35	4%	3,6	55000	8,6
	56	5%	24,8	55000	64,4
	75	8%	60	55000	251,8
	95	4%	136,9	55000	295,2

Tabla 14.

Consumo de K por etapa fenológica

Nutriente	Días (DT)	Consumo (%)	Peso seco (g)	Plantas ha ⁻¹	Consumo etapa (kg ha ⁻¹)
K	35	4%	3,6	55000	8,6
	56	5%	24,8	55000	55,7
	75	8%	60	55000	187,4
	95	4%	136,9	55000	43,4