

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD CIENCIAS AGROPECUARIAS

### MAESTRÍA EN AGRONOMIA

#### COHORTE 2021

---

**Tema:** “Influencia del Metalosato de calcio sobre las características agronómicas y el rendimiento del brócoli (*Brassica oleracea* L.) Var. Avenger”

---

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

**Autor:** Ingeniero José Luis Muñoz Pazos.

**Director:** Ingeniero Marco Oswaldo Pérez Salinas, Ph.D.

**AMBATO – ECUADOR**

**2022**

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

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por el Ingeniero Manolo Sebastián Muñoz Espinoza Ph.D, e integrado por los señores: Ingeniero, Michel Leiva Mora Ph.D., e Ingeniero, Olguer León Gordon MSc, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “INFLUENCIA DEL METALOSATO DE CALCIO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y EL RENDIMIENTO DEL BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L.) VAR. AVENGER” aprobado por la Unidad Académica de Titulación, elaborado y presentado por el señor Ingeniero José Luis Muñoz Pazos, para optar por el Grado Académico de Magister en Agronomía Mención Nutrición Vegetal y 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.

---

Ing. Manolo Sebastián Muñoz Espinoza, Ph.D  
**Presidente y Miembro del Tribunal**

---

Ing. Michel Leiva Mora, Ph.D  
**Miembro del Tribunal**

---

Ing. Olguer León Gordón MSc.  
**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: “INFLUENCIA DEL METALOSATO DE CALCIO SOBRE LAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS Y EL RENDIMIENTO DEL BROCOLI (*Brassica oleracea* L.) VAR. AVENGER”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Muñoz Pazos José Luis, Autor bajo la Dirección del Ingeniero Pérez Salinas Marco Oswaldo Ph.D, Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

---

Ing. José Luis Muñoz Pazos.

C.C, 1802660173

**AUTOR**

---

Ing. Marco Oswaldo Pérez Salinas, Ph.D.

C.C. 1802565984

**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

---

Ing. José Luis Muñoz Pazos.

C.C, 1802660173

**AUTOR**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

|   |      |
|---|------|
| Portada.....  | i    |
| A la Unidad Académica de Titulación .....               | ii   |
| AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....              | iii  |
| DERECHOS DE AUTOR.....                                  | iv   |
| ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....                      | v    |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                   | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                 | ix   |
| ÍNDICE DE ANEXOS .....                                  | x    |
| RESUMEN EJECUTIVO .....                                 | xiii |
| EXECUTIVE SUMMARY .....                                 | xv   |
| GLOSARIO.....   | xvii |
| 1. TEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....                       | 1    |
| 2. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA DE POSGRADO..... | 1    |
| 2.1 Área de conocimiento .....                          | 1    |
| 2.2 Líneas de investigación .....                       | 1    |
| 3 INFORMACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....            | 1    |
| 3.1 Tiempo de ejecución .....                           | 1    |
| 3.2 Financiamiento.....                                 | 1    |
| 3.3 Autor.....  | 1    |
| 4 DESCRIPCIÓN DETALLADA.....                            | 2    |
| 4.1 Definición del problema de la investigación.....    | 2    |
| 4.2 Objetivos de la investigación .....                 | 3    |
| 4.2.1 Objetivo general .....                            | 3    |
| 4.2.2Objetivos específicos.....                         | 3    |
| 4.3 Justificación de la investigación.....              | 3    |
| 4.4 Marco teórico referencial .....                     | 5    |
| 4.4.1 Antecedentes .....                                | 5    |
| 4.4.2 Marco conceptual .....                            | 6    |
| 4.4.3 Generalidades del cultivo de brócoli.....         | 11   |
| 4.5 METODOLOGIA .....                                   | 14   |
| 4.5.1 Tipo de investigación .....                       | 14   |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.5.2 Descripción del sitio de investigación.....   | 14        |
| 4.5.3 Materiales.....   | 15        |
| 4.5.4 Método.....   | 15        |
| 4.5.5 Variables en estudio.....   | 19        |
| 4.5.6 Recolección de datos.....   | 19        |
| 4.5.7. Manejo del trabajo de campo.....   | 21        |
| <b>5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>  | <b>26</b> |
| 5.1 Determinar el efecto de las combinaciones de dosis y frecuencia de metalosato de calcio aplicadas foliarmente sobre las características agronómicas del cultivo de brócoli..... | 26        |
| 5.1.1 Peso de la pella.....   | 26        |
| 5.1.2 Compactación de la pella.....   | 28        |
| 5.1.3 Diámetro ecuatorial de la pella.....  | 29        |
| 5.1.4 Diámetro del tallo.....   | 30        |
| 5.1.5 Tallo hueco.....  | 32        |
| 5.1.6 Forma de la pella.....  | 33        |
| 5.1.7 Días a la cosecha.....  | 34        |
| Contenidos de calcio y materia seca.....  | 35        |
| 5.2 Selección de la mejor combinación de dosis y frecuencia de metalosato de calcio aplicadas foliarmente sobre el rendimiento agrícola del cultivo de brócoli.....                 | 38        |
| 5.3 Análisis económico y rentabilidad de la relación Beneficio.Costo <sup>-1</sup> de los tratamientos aplicados en el cultivo de brócoli Var. Avenger.....                         | 39        |
| 5.4 CONCLUSIONES.....   | 40        |
| 5.5 RECOMENDACIONES.....  | 40        |
| <b>6. REFERENCIAS CITADAS.....</b>  | <b>41</b> |
| <b>7 ANEXOS.....</b>  | <b>49</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Tiempo en que algunos elementos son absorbidos por las hojas de las plantas.....   | 8  |
| Tabla 2. Factor dosis de metalosato de calcio expresadas en mL.L <sup>-1</sup> .....  | 16 |
| Tabla 3. Factor frecuencia de aplicación en basa a los días después de trasplante (ddt) ....  | 16 |
| Tabla 4. Tratamientos factoriales resultado de las combinaciones de dosis y frecuencia de aplicación de metalosatos .....   | 16 |
| Tabla 5. Esquema de análisis de varianza (ADEVA).....   | 18 |
| Tabla 6. Fertilizantes aplicados y sus respectivas cantidades expresadas en Kg.ha <sup>-1</sup> .....   | 23 |
| Tabla 7. Productos aplicados en Drench en el cultivo de brócoli.....  | 23 |
| Tabla 8. Pesticidas y cantidades totales en Kg.L <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup> utilizados para el control de plagas y enfermedades de <i>Brassica oleracea</i> L. Var. Avenger .....                        | 25 |
| Tabla 9. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre el peso de la pella de <i>Brassica oleracea</i> L. Var. Avenger.....                               | 26 |
| Tabla 10. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre el índice de compactación de la pella de <i>Brassica oleracea</i> L. Var. Avenger.....            | 28 |
| Tabla 11. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre el diámetro ecuatorial de la pella de <i>Brassica oleracea</i> L. Var. Avenger.....               | 29 |
| Tabla 12. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre el diámetro del tallo de <i>Brassica oleracea</i> L. Var. Avenger. ....                           | 31 |
| Tabla 13. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre tallos huecos de <i>Brassica oleracea</i> L. Var. Avenger.....                                    | 32 |
| Tabla 14. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre la formación de la pella de <i>Brassica oleracea</i> L. Var. Avenger.....                         | 33 |
| Tabla 15. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre los días para la cosecha de <i>Brassica oleracea</i> L. Var. Avenger. ....                        | 34 |
| Tabla 16. Contenido de calcio en hoja expresado en porcentaje a los 40 ddt. ....  | 35 |
| Tabla 17. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre contenido de materia seca y calcio de <i>Brassica oleracea</i> L. Var. Avenger a los 79 ddt. .... | 36 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 18. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre el rendimiento agrícola de <i>Brassica oleracea</i> L. Var. Avenger. ....  | 38 |
| Tabla 19. Relación beneficio.costo <sup>-1</sup> de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio en plantas de <i>Brassica oleracea</i> L. Var. Avenger a partir del rendimiento comercial obtenido (t.ha <sup>-1</sup> )...... | 39 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Distribución de las plantas que conforman la parcela neta en campo.....  | 17 |
| Figura 2. Distribución de los tratamientos factoriales y sus respectivas repeticiones en campo (anexo 4).....  | 18 |
| Figura 3. Tallo hueco al momento de la cosecha de la pella de <i>Brassica oleracea</i> L. VAR. AVENGER.....  | 20 |
| Figura 4. Escala diagramática utilizada para evaluar el grado de formación de la pella acorde con las características físicas observadas, donde: 1. Pésimo (material descartable), 2. Regular 3. Bueno y 4. Excelente..... | 21 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| Anexo 1. Costos totales invertidos en la investigación .....  | 49 |
| Anexo 2. Equipos mecanizados para la preparación del suelo. Rastra Rotostone modelo 570001 para disgregar terrones del suelo.....   | 49 |
| Anexo 3. Equipo mecanizado utilizado para la aplicación de fertilizantes edáficos.....  | 50 |
| Anexo 4. Equipos mecanizados utilizados para el trasplante de las plántulas de brócoli Var Avenger.....   | 50 |
| Anexo 5. Conformación de las parcelas experimentales con su respectiva rotulación y aleatorización de los tratamientos en los bloques diseñados en condiciones de campo.....  | 51 |
| Anexo 6. Aplicación de los tratamientos de metalosato de calcio en las parcelas experimentales .....  | 51 |
| Anexo 7. Manejo de plagas utilizando equipos mecanizados acorde con el plan de prevención y control de plagas y enfermedades que el cultivo de brócoli en la hacienda La Rioja, ubicada en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi..... | 52 |
| Anexo 8. Toma de datos en campo al momento de la cosecha, medición del diámetro del tallo y pella utilizando un calibrador o pie de rey.....  | 52 |
| Anexo 9. Ficha técnica del Metalosato de calcio .....   | 53 |
| Anexo 11. Estructura y componentes de los costos de producción.....   | 55 |

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la sabiduría, a mi familia por el apoyo moral y comprensión, a los docentes que en esta maestría se han permitido compartir sus conocimientos técnicos y académicos, al Ingeniero Marco Pérez Salinas Ph.D. por su acompañamiento como director de tesis, a los Ingenieros Michel Leiva Ph.D y Olguer Leon MsC. por sus valiosos aportes en el desarrollo de esta investigación. Un especial agradecimiento a la empresa Agripac S.A. en la cual orgullosamente laboro actualmente, al Ing. Danilo Egred quienes me apoyaron económicamente para llevar a cabo este logro académico, al Sr. Pedro Ponce y María Cecilia Ponce que me permitieron realizar la fase de campo y a su personal de trabajo que me colaboraron para realizar esta investigación en la Hacienda La Rioja ubicada en El cantón Latacunga provincia de Cotopaxi.

## **DEDICATORIA**

A mi familia en especial a mis hijos, que con especial cariño me motivaron a estudiar esta maestría con el propósito de actualizar mis conocimientos y alcanzar otra meta académica en mi vida.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIA AGROPECUARIAS/DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN NUTRICIÓN VEGETAL**

**TEMA:**

INFLUENCIA DEL METALOSATO DE CALCIO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y EL RENDIMIENTO DEL BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L.) VAR. AVENGER

**AUTOR:** Ing. José Luis Muñoz Pazos.

**DIRECTOR:** Ing. Marco Oswaldo Pérez Salinas, Ph.D.

**FECHA:** 25 de septiembre de 2022

**RESUMEN EJECUTIVO**

El cultivo de *Brassica oleracea* L. a campo abierto es un producto exportable de gran destaque en Ecuador. La presente investigación determinó la influencia del metalosato de calcio sobre las características agronómicas y el rendimiento de *B. oleracea* L Var. Avenger en la parroquia Poaló, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. La investigación se realizó en campo abierto con un enfoque cuantitativo del tipo experimental. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 3 x 3 + 1 con 3 repeticiones. Se analizaron tres dosis de metalosato y tres frecuencias de aplicación. Se evaluaron las siguientes variables: peso de la pella, diámetro ecuatorial de la pella, contenido de calcio (%), índice de compactación de la pella, diámetro del tallo, formación de la pella, días para la cosecha, contenido de materia seca y calcio en hojas y pella. Acorde con los resultados obtenidos, no existieron diferencias estadísticas significativas sobre el peso de la pella, el diámetro ecuatorial de la pella de *B. oleracea* L. Var. Avenger (40 días posterior al trasplante) de *B.*

*oleracea* L.Var. Avenger. Cuando se utilizó metalosato de calcio 0,5 cc/L cada 10 días se logró la mayor dureza o compactación de la pella. A excepción de las dosis de 0,5 cc/L aplicado cada 10 y cada 30 días, así como el control, el resto de los tratamientos utilizados incrementaron los valores del diámetro del tallo. Los tratamientos T1, T3, T4, T6, T7, T8 y T9 tuvieron una mejor formación de la pella de *B. oleracea* L. Var. Avenger. En las plantas que no se aplicó metalosato de calcio se comprometió la formación de la pella. En los tratamientos T1, T2, T4, T5 y T9 se redujo significativamente los días para la cosecha. A los 79 días posteriores al trasplante el mayor contenido de materia seca de las hojas se observó en las plantas que no recibieron aplicaciones de metalosato de calcio. Sin embargo, el mayor contenido de calcio en las hojas se obtuvo cuando se aplicó 1 ml.L<sup>-1</sup> de metalosato de calcio cada 15 días. Con la aplicación foliar de metalosatos de Ca se logró mejorar la calidad agronómica del brócoli lo cual es un aspecto de suma importancia para reducir las deformidades, falta de peso y mejorar la compactación de pella de *B. oleracea* Var. Avenger.

Palabras clave: brassicaceae, calidad, fisiología, macroelementos, pella

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIA AGROPECUARIAS/DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN NUTRICIÓN VEGETAL**

**THEME:**

INFLUENCE OF CALCIUM METALLOSATES ON AGRONOMIC CHARACTERISTICS AND YIELD OF BROCCOLI (*Brassica oleracea* L.) VAR. AVENGER

**AUTOR:** Ing. José Luis Muñoz Pazos.

**DIRECTOR:** Ing. Marco Oswaldo Pérez Salinas, Ph.D.

**FECHA:** September 25, 2022

**EXECUTIVE SUMMARY**

Broccoli cultivation is produced under intensive management systems in Ecuador and has been one of the agricultural products dedicated to export for about 30 years. The objective of this work was to determine the influence of calcium metalosate on the agronomic characteristics and the commercial yield of broccoli in the Poaló, canton Latacunga, province of Cotopaxi. The research was carried out in the open field with a quantitative approach of the experimental type. A randomized complete block design with a 3 x 3 + 1 factorial arrangement with 3 replications was used. Three doses of metalosate and three frequencies of application were analyzed. The following variables were evaluated: weight of the pellet, equatorial diameter of the pellet, calcium content (%), index of compaction of the pellet, diameter of the stem, formation of the dome, days to harvest, dry matter content of the leaves and calcium content in the leaves. According to the results obtained, there were no statistically significant differences on the weight of the pellet, the equatorial diameter of

the pella of *B. oleracea* Var. Avenger (40 days after transplant). When calcium metalosate was used at 0.5 cc/L every 10 days, the greatest hardness or compaction of the pellet was achieved. With the exception of the doses of 0.5 cc/L every 10 and every 30 days, as well as the control, the rest of the treatment used increased the stem diameter values. Treatments T1, T3, T4, T6, T7, T8 and T9 had a better formation of the dome of *B. oleracea* Var. avenger. In the plants that were not applied calcium metalosate, the formation of the dome was compromised. In treatments T1, T2, T4, T5 and T9, the days to harvest were significantly reduced. At 79 days after transplantation, the highest dry matter content of the leaves was observed in the plants that did not receive calcium metalosate applications. However, the highest calcium content in the leaves was obtained when 1 ml.L<sup>-1</sup> of calcium metalosate was applied every 15 days. With the foliar application of calcium metalosates, it was possible to improve the agronomic quality of broccoli, which is an aspect of great importance to reduce deformities, lack of weight and improve the compaction of *B. oleracea* Var. Avenger.

Keywords: brassicaceae, macroelements, pella, physiology, quality



## **GLOSARIO**

**Aminoácidos.** Son moléculas que se combinan para formar proteínas, por lo tanto esenciales para la vida de los seres vivos.

**Antocianinas.** Son pigmentos naturales responsables de otorgar una gama de colores a los vegetales y cumplir diferentes funciones.

**Apoplasto.** Espacios extracelulares periféricos al plasmalema de las células vegetales por el cual fluyen agua y otras sustancias solubles.

**Bioestimulante.** Sustancias y/o microorganismos cuya función es estimular procesos naturales que mejoran la absorción y asimilación de nutrientes.

**Enzimas.** Son proteínas especializadas que catalizan reacciones químicas en los seres vivos

**Fotosíntesis.** Proceso químico que se produce en las plantas, algas y algunos tipos de bacterias cuando se expone a la luz del sol, la misma que en combinación con el agua y el dióxido de carbono dan como resultado la producción de diferentes tipos de azúcares fundamentales para la vida de estos seres vivos.

**Homogalacturonano.** Es un homopolímero lineal formado por ácido galacturónico unido por enlaces  $\alpha(1-4)$ , que contiene aproximadamente 100-200 residuos. El homogalacturonano es abundante, y parece ser sintetizado en el aparato de Golgi y depositado con el 70-80% de los residuos de ácido galacturónico metil-esterificados en el carboxilo de C6. Al eliminar los metil-ésteres el homogalacturonano forma puentes de calcio que dotan a la estructura de mayor rigidez.

**Metalosato.** Tecnología utilizada para incorporar a una proteína hidrolizada de origen natural un determinado ion metálico, capaz de proteger al ion, incrementar y acelerar el transporte de ellos dentro del sistema de la planta.

**Pectato.** Son sustancias que provienen del ácido péctico, generalmente se originan por la reacción del ácido péctico con ciertas bases como iones de calcio y magnesio para formar compuestos insolubles.

**Pella.** Término agronómico asignado a la inflorescencia del brócoli, en algunos países de Latinoamérica.

**Poligaracturónico.** Es el principal componente de las pectinas, donde puede encontrarse en forma de ácido poligalacturónico.

**Quelato.** Son complejos formados por la unión de un metal y un compuesto que contiene dos o más ligandos potenciales.

**Simplasto.** Es el lado interno de una membrana celular y son vías en el que el agua y los solutos de bajo peso molecular pueden difundirse libremente.

## **1. TEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

“Influencia del Metalosato de calcio sobre las características agronómicas y el rendimiento del brócoli (*Brassica oleracea* L.) Var. Avenger”

## **2. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA DE POSGRADO**

### **2.1 Área de conocimiento**

Agricultura, silvicultura y pesca.

### **2.2 Líneas de investigación**

Producción agroalimentaria y medio ambiente.

## **3 INFORMACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **3.1 Tiempo de ejecución**

Este trabajo se realizó durante 9 meses, los experimentos de campo se comenzaron el 1 de noviembre de 2021 y se finalizó el 17 de febrero de 2022, mientras que el registro de datos y la redacción del documento se efectuó hasta el 30 de julio de 2022.

### **3.2 Financiamiento**

Esta Investigación tuvo el apoyo económico de la empresa privada quien me colaboró con todos los análisis de laboratorio y La Hcda. La Rioja con el lote, material vegetal, fertilizantes, pesticidas, maquinaria agrícola y mano de obra. Otros materiales de apoyo fueron aporte personal, ascendiendo a un costo total de \$ 1534,96 (Anexo 1).

De este presupuesto el 65% del valor fue aportado por la empresa privada y el 35% fue autofinanciado.

### **3.3 Autor**

**Nombre:** Muñoz Pazos José Luis

**Grado académico:** Ingeniero Agrónomo

**Teléfono: cel. 0999431946 / 023407020**

**Correo electrónico: *joseimp.7307@gmail.com***

## **4 DESCRIPCIÓN DETALLADA**

### **4.1 Definición del problema de la investigación**

El calcio se asimila en los tejidos de las plantas en pequeñas proporciones, sin embargo, su deficiencia conduce a un pobre desempeño agronómico y suele afectarse su productividad. Mediante este trabajo se determinarán los efectos de la aplicación foliar de metalosatos de calcio sobre calidad y el rendimiento del brócoli. La deficiencia de este elemento en Cotopaxi afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se han informado afectaciones entre el 10 al 15% ya sea deformaciones, reducción del peso y pobre compactación de pella. Por ello es necesario facilitar la toma de calcio mediante aplicaciones foliares que permita a productores obtener un producto de mayor calidad comercial e incrementar su rentabilidad.

El tipo de arcilla, contenido de Materia Orgánica, retención del agua presencia de macroelementos y microelementos definen algunos aspectos de los componentes físicos y químicos de su fertilidad. Por otra parte, factores como la genética, estado fisiológico, consorcios microbianos, temperatura y pH determinan la absorción de los nutrientes por las plantas (Salas, 2002). Sin embargo, la luz, el agua, el CO<sub>2</sub> y los nutrientes minerales del suelo son los principales determinantes de la productividad (Azcón-Bieto & Talón, 2013).

El pH del suelo tiene una influencia marcada sobre la disponibilidad y asimilación de nutrientes por las raíces de las plantas, prefiriendo el pH ligeramente neutro (Sanchez et al., 2020). El calcio en el intervalo de pH 6 a 9 suele ser el más favorable para su incorporación a las plantas (Intagri, 2018).

El manejo del cultivo de brócoli, puede tener variaciones dependiendo de la interacción planta y medio ambiente, variedades empleadas y a las condiciones de la zona de producción, por lo tanto, se debe emplear técnicas que optimicen el uso de los recursos: suelo, agua, fertilizantes (Rábago, G., 2018).

## **4.2 Objetivos de la investigación**

### **4.2.1 Objetivo general**

Determinar la influencia de dosis y frecuencias de aplicación de metalosato de calcio sobre las características agronómicas, rendimiento comercial y relación beneficio.costo de plantas de *B. oleracea* Var. Avenger cultivadas en la parroquia Poaló, provincia de Cotopaxi.

### **4.2.2 Objetivos específicos**

1. Determinar el efecto de las combinaciones de dosis y frecuencia de metalosato de calcio aplicadas foliarmente sobre las características agronómicas del cultivo de brócoli.
2. Seleccionar la mejor combinación de dosis y frecuencia de metalosato de calcio aplicadas foliarmente sobre el rendimiento agrícola del cultivo de brócoli.
3. Calcular la rentabilidad de los tratamientos aplicados en el cultivo de brócoli mediante un análisis costo/beneficio.

## **4.3 Justificación de la investigación**

La FAO (2016) advierte que para el 2050 la demanda mundial de alimentos aumentará en aproximadamente un 60% como consecuencia del crecimiento demográfico y la migración del campo a la ciudad. Entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con mayor énfasis en las siguientes décadas esta la agricultura sostenible y sus efectos en la población rural como medio de sobrevivencia y su impacto en el cambio climático.

Esta investigación aportará soluciones nutricionales en el cultivo de brócoli con el fin de obtener mayor producción y rentabilidad, de este modo motivará a los empresarios y productores agrícolas de la provincia de Cotopaxi a seguir innovando en esta actividad que genera fuentes de trabajo en áreas rurales, evitando la migración del campo a la ciudad, así también, la aplicación de estos trabajos de investigación permitirá tener una agricultura sostenible y amigable con el ambiente.

Coba, G. (2020) indica que, en el Ecuador, el brócoli en el 2020 se ubicó en el octavo lugar en las exportaciones dentro de los productos no petroleros, en los primeros seis meses del 2020 las exportaciones de brócoli alcanzaron los USD 83 millones, esto representó el 36%

más que en el mismo período del 2019, siendo Estados Unidos el principal destino. El competidor más fuerte a nivel mundial es China, aunque no tiene la misma calidad del brócoli ecuatoriano.

El cultivo de brócoli en Ecuador se exporta hace 30 años. Según Reina y Sosa (2020) Cotopaxi aportó el 85 % de la producción ecuatoriana. Sin embargo, las prácticas agrícolas que logren una mejor productividad en este cultivo son necesarias, aunque muchas veces no se han aplicado de una manera eficiente y efectiva.

Uno de estos factores es precisamente la poca investigación sobre los requerimientos puntuales de cada elemento tanto macros y micronutrientes en este cultivo. Es común la incorporación de fertilizantes a base de macroelementos como el Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), y elementos secundarios como el calcio (Ca) y azufre (S) que también suelen aplicarse en forma edáfica, pero una escasa o nula aplicación de micronutrientes como el Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B) y Molibdeno (Mo) presentando deficiencias de los mismos y esto conlleva a tener serios problemas nutricionales que afectan a un normal desarrollo de la planta y consecuentemente una baja producción.

Con esta investigación se pretende dar una solución a los problemas nutricionales relacionados con la deficiencia de calcio resultado de factores edafoclimáticos que limitan una adecuada absorción y metabolización de este elemento esencial. Cuando el calcio no está en las cantidades requeridas, las características agronómicas y calidad de las pellas se ven afectadas considerablemente tanto en peso, compactación y en tamaño, dando como resultado bajos rendimientos que conllevan a pérdidas económicas para los productores de la zona de la provincia de Cotopaxi.

En los últimos años la variabilidad de condiciones climáticas en la región interandina ecuatoriana han sido un factor determinante que han provocado una baja asimilación de nutrientes en especial elementos como el calcio. Esta situación ha conllevado a que los productores de brócoli se han visto obligados a buscar fuentes de calcio para ser aplicadas vía foliar y suplir estas deficiencias. Una de estas fuentes es el metalosato de Ca, con el cual se pretende evaluar su eficiencia y efectividad sobre la calidad agronómica y rendimiento en *B. oleracea* L. Var. Avenger.

## 4.4 Marco teórico referencial

### 4.4.1 Antecedentes

Ramírez y Reyes (2011) en un trabajo de investigación del año 2003 en el municipio de Huanímaro en México, el cual tuvo por objetivo determinar las extracciones de los elementos minerales en cuatro variedades de brócoli (Marathon, Legacy, Heritage y Grandeur), acorde con la superficie establecida y el potencial genético del material vegetal. Los muestreos de raíz, tallo y florete se hicieron a los 30 días después de la plantación (ddp), 60 días ddp, inicio de botón y cosecha. Se determinó el peso seco, contenido de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Azufre (S), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (Br), Cloro (Cl) y Sodio (Na). Las estimaciones se realizaron en un lote con una densidad de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>, la productividad se determinó con los pesos de inflorescencia, diámetro y variedad. Se pudo observar variaciones, en macronutrientes entre Ca y Mg, la mayor variación se obtiene entre S y P.

Barraza, F. (2018) menciona que, como resultado de la aplicación de micronutrientes en diferentes concentraciones en el cultivo de pepino, obtuvo mejores rendimientos a medida que aumentó dicha concentración en comparación con los que recibieron dosis menores.

Cassères (1980) concluye que el brócoli es poco tolerante a pH ácidos y más bien pueden desarrollarse con normalidad en pH de hasta 7,6 siempre y cuando no haya diferencias de nutrientes en especial microelementos.

Quispe (2018) en su tesis de Evaluación económica de la producción de brócoli (*B. oleracea* L.) con la aplicación del fertilizante foliar bajo ambiente protegido en el municipio de El Alto-Distrito 11 donde preparó tres niveles de Max foliar para cada unidad experimental de MF1=90 g, MF2=67,5 g y MF3=45 g para comparar con un nivel de MF0, las aplicaciones fueron en la fase de crecimiento e inducción floral. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, número de hojas, diámetro de pella y como resultado se obtuvo para altura de planta el nivel MF3 mostró una mayor altura con 81,60 cm con respecto al MF0 de 65,3 cm. El número de hojas MF1 presentó 42 hojas a diferencia de MF0 con 26 hojas. El diámetro de tallo fue influenciado por los niveles de aplicación MF3 con 5,26 cm en cambio los niveles MF2, MF1 y MF0 presentaron un promedio de 4,6 cm. En tanto que en diámetro de pella el nivel MF2 fue estadísticamente superior con 14,30 cm a diferencia de MF0 con 11,8 cm.

Con lo cual se demostró que la aplicación de productos que contenía micronutrientes definitivamente contribuyó a un mejor rendimiento del cultivo.

En la provincia de Chimborazo, Coello, M., (2014) en su evaluación de tres dosis de Bioplus el mismo que contiene fitohormonas, macro y micronutrientes aplicado a nivel foliar en la Var. Mónaco, concluyó que la dosis óptima fue de 6 cc/L. con la cual se obtuvieron plantas de mejor calidad, mayor altura, mejor follaje, menor número de hijuelos, menos días a la cosecha, mayor peso y diámetro de pellas por tanto mayor rendimiento por ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, en su análisis económico la mayor tasa de retorno marginal se alcanzó la dosis de 4cc/l.

Ramírez y Reyes (2011) mostraron en su investigación de extracción de elementos en cinco variedades de brócoli, existieron diferencias la cantidad de materia seca y en cada nutriente extraído entre variedades, así para los macronutrientes secundarios la menor variación se presentó entre Ca y Mg en tanto que la mayor variación menor variación se da entre S y P. En micronutrientes la menor variación se estableció entre B y Zn y las mayores variaciones entre Mn y Cu. Además, la mayor absorción de nutrientes se registró en la etapa de máximo desarrollo comprendida entre los 30 y 60 días y al inicio de la diferenciación floral y cosecha.

#### **4.4.2 Marco conceptual**

##### **4.4.2.1 Nutrición foliar**

Las plantas requieren de 16 elementos esenciales para su normal desarrollo vegetativo y reproductivo, son necesarios para 1) completar su ciclo de vida, 2) su deficiencia aparece cuando no está presente y desaparece con su aplicación y 3) cada uno de estos elementos tiene al menos un rol metabólico (Sánchez, Sierra, Simonne, y Treadwell. 2020). En promedio una planta está constituida de Carbono el 45%, Oxígeno 45% el hidrógeno un 6% y el resto entre un 5 a un 6% completan los nutrientes minerales (Cevallos, Cué, Héctor y Torres, 2018).

Las plantas reciben estos elementos desde la atmósfera, el agua y el suelo básicamente y para satisfacer los requerimientos nutricionales de los cultivos, es necesario aplicaciones adicionales ya sean de forma edáfica o foliar.



Ronen (2015) considera a la fertilización foliar como una ruta alternativa que complementa a la fertilización edáfica, cuando esta no supe los requerimientos óptimos de los cultivos, este método de aplicación para superar problemas de absorción a nivel radicular limitadas por condiciones como bajas o altas de temperaturas ( $<10^{\circ}\text{C}$  y  $>40^{\circ}\text{C}$ ), carencia de oxígeno (inundaciones), reducida área radicular por ataque de nematodos, bloqueos y antagonismo entre elementos, pH, etc.

Landriscini, Martínez y Galantini (2015) concluyeron, que las aplicaciones foliares de nutrientes deben ser específica de acuerdo a la situación y condiciones de cada cultivo, por lo tanto, se considera una estrategia que se complementa según los requerimientos nutricionales del cultivo. Haifa (2021) indicó que las aplicaciones foliares ayudan a equilibrar y complementar la nutrición para un normal desarrollo y fructificación, suministrando pequeñas cantidades de ciertos elementos, se puede obtener grandes resultados en cuanto a producción, esta práctica es necesaria ya que en ciertos casos hay problemas de absorción de elementos desde el suelo por bajas temperaturas, anegamiento, nematodos entre otras razones de la fertilización edáfica con lo cual se cubre todos los requerimientos nutricionales de las plantas. Melgar, R. (2005) concluyó que las aplicaciones foliares es un procedimiento para satisfacer los requerimientos de macro y micronutrientes para mejorar la calidad y aumentar rendimientos.

Las funciones primarias de las hojas en las plantas es realizar la fotosíntesis y respiración, sin embargo, puede tomar nutrientes, aunque en menos cantidad que las raíces, éstos pueden ser tomados en forma de gases o iones en solución (El International Plan Nutrition Institute, 2012). Cuando las hojas se van envejeciendo pasan de ser órganos fuentes a órganos sumideros (Fernández y Brown, 2013).

Los elementos minerales también son absorbidos por las células parenquimáticas de las hojas entre quienes puede existir un transporte iónico hacia el cambium u otros sumideros, existe circulación de nutrientes en forma iónica por vía floema desde las hojas hacia otros órganos de la planta (Cevallos *et al.*, 2018). El apoplasto interviene en el intercambio iónico y como barrera de difusión, puede acumular cationes y repeler aniones. Los factores dentro del apoplasto como la carga de la parde celular, el tamaño de los poros, pH, fuerza iónica y fuerza química en la que se aplican los nutrientes y la cantidad de agua en el apoplasto,

pueden alterar el movimiento y traslocación a diferentes partes de la planta (Fernández y Brown, 2013).

Dechen y Nachtigall (2006) concluyeron que los microelementos son esenciales para el desarrollo de las plantas, y requieren de pequeñas cantidades, esto se debe a que no necesariamente constituyen parte de la estructura de la planta, pero si forman parte esencial de las enzimas o activadores enzimáticos.

Se debe entender por asimilación como la incorporación de nutrientes minerales en la estructura de sustancias orgánicas como pigmentos, cofactores enzimáticos, los lípidos, ácidos nucleicos y aminoácidos (Cevallos *et al.*, 2018).

#### 4.4.2.2 Los metalosatos

Los metalosatos es una tecnología de quelación de elementos minerales con aminoácidos que permite una mejor absorción desde la superficie de las hojas, pues tienen características de cargas neutras que son compatibles con la cutícula y pared celular favoreciendo la entrada hacia la parte interna de la hoja (Jepssen, 2021). Esta quelación con aminoácidos es altamente bioactiva y son recomendadas para aplicaciones foliares (Albión, 2000).

Los aminoácidos son moléculas orgánicas esenciales en el proceso metabólico de los vegetales, resultan muy oportuno su aplicación cuando la planta ha sufrido situaciones adversas, donde hay un gasto importante de energía con lo cual el aporte de aminoácidos puede ahorrar energía y ayudar a la planta (Vidal, 2019).

En la tabla 1 se observa los tiempos de absorción vía foliar de algunos elementos minerales dependiendo de la fuente con la cual se forman los quelatos.

Tabla 1. Tiempo en que algunos elementos son absorbidos por las hojas de las plantas

| <b>Elemento</b>              | <b>Sales y óxidos</b> | <b>Quelatos sintéticos, EDTA sulfonados, lácticos, carboxílicos</b> | <b>Quelatos orgánicos de aminoácidos + proteínas</b> |
|------------------------------|-----------------------|---|--|
| Nitrógeno (NH <sub>4</sub> ) | 1 a 6 h               | 1 a 6 h   | < 12 min   |
| Fósforo                      | 15 días               | 7 a 11 días   | < 2 h  |

|                |         |            |       |
|----------------|---------|------------|-------|
| Potasio        | 4 días  | 2 días     | < 1 h |
| Calcio         | 6 días  | 3 días     | < 2 h |
| Magnesio 20%   | 5 h     | 1 h        | < 1 h |
| Azufre         | 12 días | 8 días     | < 2 h |
| Cloro          | 3 días  | 1 a 2 días | -     |
| Hierro         | 2 días  | 24 h       | < 2 h |
| Manganeso      | 2 días  | 24 h       | < 3 h |
| Zinc           | 3 días  | 26 h       | < 2 h |
| Molibdeno (4%) | 2 días  | 24 h       | -     |

#### 4.4.2.3 El Calcio y su función en las plantas

El calcio es uno de los principales elementos que forman parte de la pared celular, estas se mantienen unidas gracias a la formación de pectatos de calcio (Arvensis, 2017), provee de elasticidad a la lámina media (Intagri, 2018). Así también interviene en la translocación de hidratos de carbono y en el metabolismo del nitrógeno amoniacal en las plantas, es un elemento vital para el equilibrio iónico de la célula (Arvensis, 2017).

Fisiológicamente el calcio cumple funciones vitales como en la multiplicación y elongación celular, participa en la enzima alfa amilasa y (regulador de la degradación de almidones que favorecen la germinación), tiene cierta influencia sobre el magnesio en la activación de enzimas, es un elemento relacionado con el crecimiento de las raíces y la calidad de los frutos (Intagri, 2018).

También regula la absorción de nitrógeno y contrarresta los excesos de K y Na, es un elemento que interfiere en la regulación de apertura y cierre de estomas (Fageria et al., 2001). El calcio es esencial para la estabilización de la clorofila y de la apoproteína del fotosistema II, por lo tanto, la deficiencia de este elemento puede desencadenar en una alteración de estas estructuras (Sanz *et al*, 2001).

#### 4.4.2.4 Asimilación del calcio

El calcio es un catión con limitada movilidad dentro de la planta, es absorbido por las raíces desde la solución del suelo y es traslocado vía xilema a las partes aéreas de la planta por

flujo de masas y procesos de transpiración a través de la savia la misma que se dirige a órganos con mayor actividad respiratoria, a diferencia de otros nutrientes el calcio no puede ser redistribuido vía floema a otras partes de la planta en crecimiento para formar nuevos tejidos en la formación de frutos, esto se puede corregir con aplicaciones foliares dirigidas (Gómez, 2014).

El calcio es el único elemento que no se mueve hacia atrás en el floema desde las hojas a las raíces o a los frutos en desarrollo (Kafkafi y Tarchitzky 2012).

No existe mucha información sobre el destino que los nutrientes aplicados en forma foliar toman en especial por vía apoplástica, es de esperarse limitaciones en el movimiento de algunos elementos como los cationes Ca, Zn y Fe debido a la alta presencia de cargas negativas en el apoplasto que pueden limitar su translocación a otros órganos de la planta (Fernández y Brown, 2013). El calcio es mucho más móvil en el apoplasto que en el simplasto (Bonilla, 2000).

Puede haber suficiente calcio disponible para la absorción radicular, pero debido a condiciones climáticas y atmosféricas, la traslocación de este elemento a las partes superiores de la planta se ven limitadas (Arvensis, 2017). Por lo tanto, aplicaciones foliares de es de vital importancia para en el aumento de los contenidos de nutrientes en etapa de fructificación (Bouzo y Cortez, 2012).

#### **4.4.2.5 Deficiencias de calcio**

En cada cultivo existe características propias con las cuales se identifica la deficiencia de calcio, al ser un elemento no móvil y su translocación depende directamente de la transpiración de la planta, se concluyó que los órganos que tienen menor o una nula transpiración son más sensibles a presentar deficientes de este elemento, como son los brotes tiernos y los frutos (Intagri, 2018).

Las deficiencias de calcio en el cultivo de brócoli se evidencian por la falta de compactación, deformaciones, menor peso de la pella, tallo hueco, apertura prematura de las inflorescencias y más susceptibilidad a ataque de plagas y enfermedades.

### 4.4.3 Generalidades del cultivo de brócoli

#### 4.4.3.1 Origen

El brócoli ubica su centro de origen en Asia menor (Carvajal *et al.*, 2008).

#### 4.4.3.2 Clasificación Taxonómica

Taxonomía del brócoli según Broko (2014).

|           |   |                       |
|-----------|---|-----------------------|
| Reino     | : | <i>Vegetal</i>        |
| Sub-reino | : | <i>Fanerógamas</i>    |
| División  | : | <i>Spermatophita</i>  |
| Clase     | : | <i>Dicotiledóneas</i> |
| Sub-clase | : | <i>Archiclamydeas</i> |
| Orden     | : | <i>Rhoeadales</i>     |
| Familia   | : | <i>Crucífera</i>      |
| Género    | : | <i>Brassica</i>       |
| Especie   | : | <i>Oleracea</i>       |

#### 4.4.3.3 Suelo

Zamora, (2016) señala que el cultivo del brócoli puede desarrollarse en un amplio rango de texturas, se han tenido buenos resultados tanto en suelos arenosos como en arcillo limosos, en estos últimos se recomienda preparar bien el suelo, y este cultivo es tolerante a suelos ácidos con pH entre 6 a 6,8. En contraste con Cassères (1980) quien manifiesta que el brócoli es poco tolerante a pH ácidos y más bien pueden desarrollarse con normalidad en pH de hasta 7,6 siempre y cuando no haya deficiencias de nutrientes en especial microelementos.

#### 4.4.3.4 Clima

El brócoli se adapta bien a temperaturas promedio de 16|°C, sin embargo, tiene un desarrollo normal con rangos de 15 a 25 °C, pudiendo soportar temperaturas de hasta -2 °C siempre que no se haya formado la inflorescencia (Zamora, 2016).

Condiciones de baja humedad relativa en especial en época de floración disminuye la calidad de la inflorescencia, así también la temperatura es otro factor que influye en la calidad de la pella, temperaturas mayores a los 22 °C provocan un desarrollo disperso y que las yemas florales se abran deformando la pella (Bruno y Escaff, 1984).

#### **4.4.3.5 Riego**

En cuanto al riego Zamora, (2016) concluyó que la planta de brócoli al tener un sistema radicular de apenas 30 cm de profundidad requiere riegos ligeros pero frecuentes y tener un mayor suministro hídrico cuando la pella inicia su formación y desarrollo.

#### **4.4.3.6 Requerimientos nutricionales**

Escobar, E., (2021) en su trabajo de investigación Evaluación de la extracción de N, P, K en el cultivo de brócoli Var. Avenger, obtuvo que la demanda de los principales macronutrientes fue: N de 348,6 Kg ha<sup>-1</sup>, P 61,7 Kg ha<sup>-1</sup> y K 295,2 Kg ha<sup>-1</sup>. Mientras que Velastegui, M. (2011) reportó extracciones de Ca 149.7 Kg ha<sup>-1</sup>, Mg 35.7 Kg ha<sup>-1</sup>, S 20.6 Kg ha<sup>-1</sup> y para microelementos B 2537 g ha<sup>-1</sup>, Zn 364,7 g ha<sup>-1</sup>, Cu 271,7 g ha<sup>-1</sup>, Fe 2.869,3 g ha<sup>-1</sup> y Mn 161 g ha<sup>-1</sup>.

#### **4.4.3.7 Plagas y enfermedades**

##### **a) Plagas**

Las principales plagas que atacan al cultivo del brócoli son:

Gusano trazador (*Agrotis ipsilon* Hufnagel).

Falso minador (*Trichoplusia ni* Hubner).

Polilla de las crucíferas (*Plutella xylostela* L.)

Minadores (*Lyriomiza* sp.)

Pulgón (*Brevicoryne brassicae* Ripper, Greenslade & Hartley)

## **b) Enfermedades**

Mancha foliar (*Alternaria brassicae* Berk.).

Hernia del brócoli (*Plasmodiophora brassicae* Woronin).

Mancha anular [*Mycosphaerella brassicicola* (Duby) Lindau].

Mildió [*Peronospora parasítica* Constant (Pers.:Fr) Fr.].

Pudrición bacteriana (*Erwinia, Pseudomonas*) pudrición blanda de la pella.

### **4.4.3.8 Labores agronómicas**

#### **a) Preparación del suelo**

Toledo (2003) recomienda hacer una adecuada preparación del suelo que incluye: aradura, gradeo, nivelación, surcado y riego.

#### **b) Trasplante**

Cuando los plantines tienen entre 40 a 45 días desde la siembra, se debe proceder a trasplantar (Días y Kehr, 2012). Toledo (2003) recomienda que por razones prácticas y para incrementar la eficiencia, se deben producir almácigos y luego trasplantarlos. Zamora (2016) sugirió trasplantar en un rango de 30 a 35 cm entre plantas y 0,90 a 1,20 m entre hileras.

#### **c) Control de malezas**

Toledo (2003) menciona que las malezas compiten con el brócoli por nutrientes, luz, agua y espacio físico. Zamora (2016) sugiere que en los primeros 30 días el cultivo de brócoli tiene que estar libre de malezas.

#### **d) Cosecha**

La cosecha se realiza cuando la pella alcanza entre 15 a 18 cm de diámetro (Zamora 2016). En tanto que Toledo (2003) recomendó cosechar cuando la inflorescencia ha alcanzado su máximo tamaño, lo cual coincide con el mayor índice de compactación donde las flores

individuales aún no se han abierto y han tomado una coloración verde y en algunos cultivares adquieren un color púrpura.

#### **4.4.3.8 Cultivares**

En Ecuador los híbridos de brócoli más cultivados son: Avenger, Domador, Legacy, Heritage, pues estos se han adaptado mejor a los climas y suelos andinos.

Avenger, es un híbrido que se ha adaptado bien a las condiciones de Cotopaxi y la sierra ecuatoriana. Posee un excelente rendimiento con una buena aceptación en la industria de congelado para mercado fresco. Madura entre 85 a 90 días después del trasplante, tiene una pella compacta de grano fino, color verde azulado (Sakata, 2016). Sus tallos son gruesos y cortos con una inserción baja de la pella, de hojas alargadas y anchas, cuando el cultivo es llevado en condiciones agronómicas y ambientales normales no hay problemas de tallo hueco, consecuentemente mayor peso y rendimiento (Haro y Maldonado, 2009).

### **4.5 METODOLOGIA**

#### **4.5.1 Tipo de investigación**

Este trabajo desarrolló una investigación en campo abierto con un enfoque experimental cuantitativo en un nivel descriptivo.

#### **4.5.2 Descripción del sitio de investigación**

##### **4.5.2.1 Ubicación Política**

|           |   |              |
|-----------|---|--------------|
| Provincia | : | Cotopaxi.    |
| Cantón    | : | Latacunga.   |
| Parroquia | : | Poaló.       |
| Sector:   | : | San Vicente. |

##### **4.5.2.2 Ubicación Geográfica**

|          |   |                |
|----------|---|----------------|
| Latitud  | : | 00°870961"S.   |
| Longitud | : | 78° .669404"O. |



### **4.5.2.3 Ubicación Ecológica**

|                      |   |
|----------------------|---|
| Región:              | Sierra.                                   |
| Clima:               | Seco.                                     |
| Precipitación anual: | 500 mm.                                   |
| Altitud:             | 2910 msnm.                                |
| T° Media:            | 13°C.                                     |
| Zona ecológica:      | Bosque húmedo templado frío, montano bajo |

### **4.5.3 Materiales**

#### **4.5.3.1 Material experimental**

Plantas de brócoli.

Metalosatos de calcio.

#### **4.5.3.2 Material complementario**

Fertilizantes edáficos.

Fertilizantes foliares.

Herbicidas.

Fungicidas.

Insecticidas.

Coadyuvantes.

Equipo de fumigación.

Material de oficina.

Equipos de medición: balanza gramera (marca Polder), calibrador (marca Surtex 122206), regla milimétrica, conductímetro (marca Hanna HI93130).

### **4.5.4 Método**

#### **4.5.4.1 Diseño experimental**

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial  $3 \times 3 + 1$  con 3 repeticiones.

#### 4.5.4.2 Factores en estudio

Los factores en estudio fueron dosis y frecuencias de aplicación de metalosatos de calcio detalladas a continuación en la tabla 2, tabla 3 y tabla 4.

Tabla 2. Factor dosis de metalosato de calcio expresadas en mL.L<sup>-1</sup>.

| Código | Dosis                  | Aplicaciones    |
|--------|------------------------|-----------------|
| D1     | 0,5 mL.L <sup>-1</sup> | 50% menos       |
| D2     | 1 mL.L <sup>-1</sup>   | Dosis comercial |
| D3     | 1,5 mL.L <sup>-1</sup> | 50% más         |

Tabla 3. Factor frecuencia de aplicación en base a los días después de trasplante (ddt)

| Código | Aplicaciones (ddt) | Intervalos de aplicación |
|--------|--------------------|--------------------------|
| F1     | 40, 50, 60 y 70    | cada 10 días             |
| F2     | 40, 55 y 70        | cada 15 días             |
| F3     | 40 y 70            | cada 30 días             |

Tabla 4. Tratamientos factoriales resultado de las combinaciones de dosis y frecuencia de aplicación de metalosato de calcio.

| Tratamiento | Código  | Descripción   |
|-------------|---------|---|
| T1          | D1 F1   | 0,5 mL.L <sup>-1</sup> de metalosato de calcio cada 10 días |
| T2          | D1 F2   | 0,5 mL.L <sup>-1</sup> de metalosato de calcio cada 15 días |
| T3          | D1 F3   | 0,5 mL.L <sup>-1</sup> de metalosato de calcio cada 30 días |
| T4          | D2 F1   | 1 mL.L <sup>-1</sup> de metalosato de calcio cada 10 días   |
| T5          | D2 F2   | 1 mL.L <sup>-1</sup> de metalosato de calcio cada 15 días   |
| T6          | D2 F3   | 1 mL.L <sup>-1</sup> de metalosato de calcio cada 30 días   |
| T7          | D3 F1   | 1,5 mL.L <sup>-1</sup> de metalosato de calcio cada 10 días |
| T8          | D3 F2   | 1,5 mL.L <sup>-1</sup> de metalosato de calcio cada 15 días |
| T9          | D3 F3   | 1,5 mL.L <sup>-1</sup> de metalosato de calcio cada 30 días |
| T10         | Control | Sin aplicación de metalosato de calcio                      |

#### 4.5.4.3 Especificaciones del diseño experimental

Número de tratamientos: 10.  
 Número de repeticiones: 3.  
 Número de unidades experimentales: 30.

#### 4.5.4.4 Área de investigación

Forma: Rectangular.  
 Longitud de parcela: 4.05 m.  
 Ancho de parcela: 3 m.  
 Área por parcela: 12.15 m.  
 Longitud total: 43 m.  
 Ancho total: 10.05 m.  
 Área total de tratamiento: 432.15 m<sup>2</sup>.

#### 4.5.4.5 Densidad de trasplante

Entre hileras: 0,75 m.  
 Entre plantas: 0,27 m.  
 Número total de plantas en el ensayo: 2400.  
 Número total de plantas a evaluarse: 300.  
 Número de plantas por tratamiento: 80.  
 Número de plantas evaluadas por tratamiento: 10.

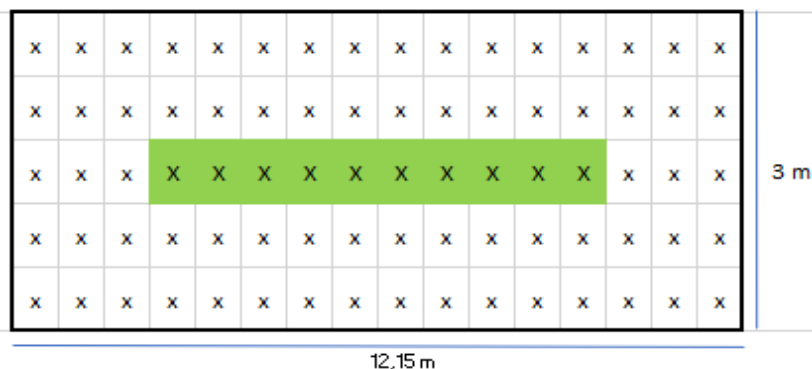


Figura 1. Distribución de las plantas que conforman la parcela neta en campo.

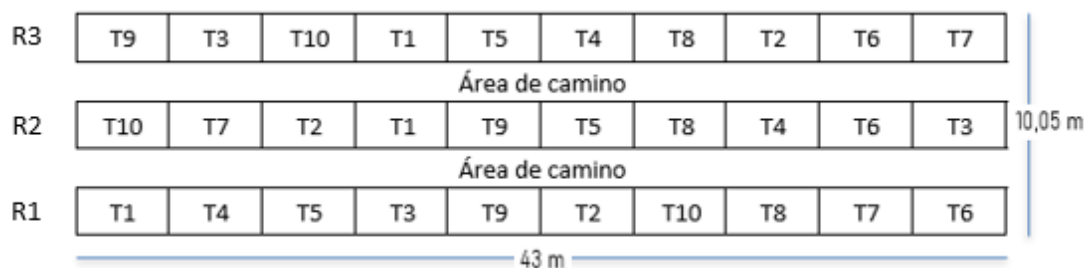


Figura 2. Distribución de los tratamientos factoriales y sus respectivas repeticiones en campo (anexo 5)

#### 4.5.4.6 Esquema del análisis de varianza

El esquema de análisis de varianza (ADEVA) que se empleara para cada tratamiento se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Esquema de análisis de varianza (ADEVA)

| Fuente de variación | Fórmula       | Gl. |
|---------------------|---------------|-----|
| Repeticiones        | $(R-1)$       | 2   |
| Tratamientos        | $(T-1)$       | 9   |
| Error               | $(T-1)*(R-1)$ | 18  |
| Total               | $(T* R)-1$    | 29  |

#### 4.5.4.7. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron ingresados al paquete estadístico SPSS versión 26.0. Las variables respuestas se sometieron a las pruebas de Kolmogorov Smirnov para determinar si cumplían con los supuestos de normalidad. Posteriormente mediante la prueba de Levene se determinó la homocedasticidad para aquellas variables que tenían normalidad. Para las variables cuyos datos no cumplieron con los requerimientos de normalidad y homocedasticidad se procedió al uso de la prueba de Kruskal Wallis y para separar los rangos promedios se utilizó la prueba de Mann Whitney para un nivel de significación del 95% y con un tamaño de muestra de 30. El análisis económico se determinó mediante la relación Costo.Beneficio.

#### **4.5.5 Variables en estudio**

##### **4.5.5.1 Variables dependientes:**

- Días a la cosecha.
- Compactación de pella.
- Peso promedio de la pella (g).
- Diámetro ecuatorial de la pella (cm).
- Diámetro del tallo (cm).
- Tallo hueco (a la cosecha).
- Forma de la pella.
- Rendimiento en Kg.ha<sup>-1</sup>.

##### **4.5.5.2. Variables independientes:**

Dosis y frecuencias de aplicación de metalosatos de calcio

##### **4.5.5.3 Unidad de investigación**

Brócoli híbrido Avenger.

#### **4.5.6 Recolección de datos**

##### **4.5.6.1 Días a la cosecha**

Se registraron los días desde el trasplante (día cero) hasta cuando las pellas estuvieron en punto de cosecha en cada tratamiento (79 a 89 ddt).

##### **4.5.6.2 Diámetro ecuatorial de la pella**

En el momento de la cosecha, con un calibrador se tomó la medida de diámetro ecuatorial de cada pella en las plantas evaluadas en cada tratamiento.

##### **4.5.6.3 Diámetro del tallo**

A la cosecha, con un calibrador se midió el diámetro del tallo principal en su parte terminal a 2 cm antes de la formación de los pedúnculos florales.

#### 4.5.6.4 Peso de la pella a la cosecha

Empleando una balanza digital (marca Polder) se registró el peso de cada una de las pellas de las plantas evaluadas en cada tratamiento, esto se realizó en horas de la mañana, inmediatamente después del corte.

#### 4.5.6.5 Tallo hueco

Al momento de la cosecha se observó en cada una de las plantas a evaluarse el llenado del tallo, con un corte transversal a 2 cm antes de la formación de los pedúnculos florales se observó si en el centro del tallo está lleno o tiene un vacío conocido como tallo hueco (figura 3).



Figura 3. Tallo hueco al momento de la cosecha de la pella de *Brassica oleracea* L. Var. Avenger.

#### 4.5.6.6 Compactación de la pella a la cosecha

Para determinar el grado de compactación de la pella ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) se utilizó la fórmula sugerida por (Espinel, 1999).

$$\text{Grado de compactación (GC)} = \text{Peso de la pella (g)} / \text{Diámetro de la pella (cm)}$$

#### 4.5.6.7 Forma de la pella

Para evaluar las características físicas de la pella, se elaboró una escala que se describe a continuación (figura 4).









| Grado 1   | Grado 2   | Grado 3  | Grado 4   |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Figura 4. Escala diagramática utilizada para evaluar el grado de formación de la pella acorde con las características físicas observadas, donde: 1. Pésimo (material descartable), 2. Regular 3. Bueno y 4. Excelente.

#### 4.5.6.6 Rendimiento en Kg. ha<sup>-1</sup>

Tomando el peso promedio de pella de la parcela neta se estimó el rendimiento promedio que cabría esperar para una hectárea asumiendo una densidad de siembra de 55.536 plantas por ha.

#### 4.5.6.7 Análisis químicos del suelo y foliar

Se realizó un análisis de suelo antes del trasplante y otro al final en el momento de la cosecha. Además, se realizó un análisis foliar completo un día antes de empezar los tratamientos con metalosato de calcio, es decir, a los 39 ddt. Al iniciar la cosecha 79 ddt también se realizó análisis sobre los contenidos en porcentaje de calcio total y materia seca tanto en las hojas como en la pella en cada tratamiento experimental.

#### 4.5.7. Manejo del trabajo de campo

##### a) Preparación del suelo

Con una picadora (marca LAVRALE TDH 1.6) adaptada al tractor (Case IH Puma 195 MFD CAB) se procedió a trozar y picar toda la materia vegetal del anterior cultivo para su

incorporación al suelo, seguido se procedió a pasar un arado de cincel rígido (Marca Montana), trabajando a una profundidad aproximada de 40 cm para aflojar el suelo. A los tres días se pasó un arado de vertedera e inmediatamente se pasó una Rastra desterronadora invertida (Modelo Rotostone 570001) que permitió desmenuzar y triturar los grandes y medianos terrones de suelo (anexo 1).

#### **b) Trasplante**

Las plántulas fueron obtenidas de la pilonera PILJHANI, ubicada en la parroquia Guaytacama del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi. Cuando alcanzaron los 40 días después de la siembra, se procedió con el trasplante mediante una trasplantadora mecanizada (anexo 3). La distancia entre surcos fue de 0,75 m mientras que entre plantas se utilizó una separación de 0,27 m equivalente a una densidad de siembra de 55.536 plantas ha<sup>-1</sup>.

#### **c) Malezas**

Una vez realizado el trasplante, a los 7 ddt con la ayuda de un tractor y sus respectivos aguilones se aplicó el herbicida preemergente Dual Gold® (S-Metolaclor p/p 87,27%), con una dosis de 1,5 L.ha<sup>-1</sup>.

#### **d) Fertilización**

Durante todo el ciclo del cultivo se realizó tres aplicaciones de fertilizantes en forma edáfica todas estas con maquinaria agrícola con implementos apropiados y adecuados para esta labor (ver anexos). La primera fertilización edáfica se realizó al momento del trasplante es decir el 17 de noviembre del 2021, la segunda a los 28 días después del trasplante (ddt) y una tercera y última a los 48 ddt. Los fertilizantes edáficos se aplicaron según los requerimientos del cultivo y en base a los análisis de suelo (ver anexo 2). Las cantidades aplicadas fueron de N 189 Kg.ha<sup>-1</sup>, P 22 Kg.ha<sup>-1</sup>, K 200 Kg.ha<sup>-1</sup>, S 65 Kg.ha<sup>-1</sup> y Ca 65 Kg.ha<sup>-1</sup>. Los fertilizantes y las cantidades aplicadas se detallan en la tabla 6.



Tabla 6. Fertilizantes aplicados y sus respectivas cantidades expresadas en Kg.ha<sup>-1</sup>

| <b>FERTILIZACIÓN EDÁFICA</b> | <b>Total ciclo del cultivo brócoli (Kg.ha<sup>-1</sup>)</b> |
|------------------------------|---|
| 18-46-0                      | 49  |
| Basemax                      | 200   |
| Fertigue                     | 240   |
| Algo soil                    | 174,9   |
| Nitrato de calcio            | 150   |
| Brócoli 3                    | 500   |
| Nitrato de amonio            | 154   |
| Sulfato de Potasio           | 150   |

Así también se hicieron aplicaciones de fertilizantes, abonos y bioestimulantes a nivel foliar como complemento a la fertilización edáfica. Cabe recalcar que todos los fertilizantes foliares y bioestimulantes aplicados en el ensayo no contenían concentraciones de calcio y solo los tratamientos recibieron aplicaciones foliares con metalosato de calcio (anexo 6). En la tabla 7 se detalla todos los pesticidas aplicados con sus respectivas dosis y cantidades que se aplicó durante todo el ciclo del cultivo y sus costos.

Como parte de la fertilización también se realizó dos aplicaciones en drench con productos biológicos, microorganismos, enraizantes y bioestimulantes a más de insecticidas, que también se aplicaron al suelo para el control de algunas plagas del brócoli (tabla 7).

Tabla 7. Productos aplicados en Drench en el cultivo de brócoli

| <b>Producto</b> | <b>Primer Drench<br/>14 ddt Kg/L.ha<sup>-1</sup></b> | <b>Segundo Drench<br/>21 ddt Kg/L.ha<sup>-1</sup></b> | <b>Total Kg/L.ha<sup>-1</sup></b> |
|-----------------|--|---|-----------------------------------|
| Confor          | 0,5  | 0,5   | 1                                 |
| Agrostemin      | 0,6  |   | 0,6                               |
| Caldo Bordeles  | 2  |   | 2                                 |

|                     |       |     |       |
|---------------------|-------|-----|-------|
| Fosfato monoaminico | 2     | 1   | 3     |
| Balus               | 2     | 0,8 | 9     |
| Tricomix            | 1     | 1,5 | 9     |
| Bioplus             | 1     | 4   | 5     |
| Ninja               | 0,125 |     | 0,125 |
| Diacono             | 0,4   |     | 0,4   |
| Kelpac              | 1     |     | 1     |
| Bufalo              |       | 4   | 4     |

#### e) Riego

El sistema de riego que utilizó la hacienda La Rioja fue de pivote central, cuyo caudal total fue de  $117,5 \text{ m}^3 \cdot \text{hora}^{-1}$ , por torre  $23,3 \text{ m}^3 \cdot \text{hora}^{-1}$  y por cada aspersor un caudal de aspersión de  $0,48 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ . Con el caudal mencionado se realizó un promedio de dos a tres riegos por semana dependiendo de las condiciones climáticas y pluviométricas, siempre revisando con métodos físicos la capacidad de campo del suelo para intervenir nuevamente con un próximo riego. Es importante mencionar que esta investigación fue realizada en una época lluviosa por lo que los riegos fueron más distanciados en algunas semanas.

#### f) Control de plagas y enfermedades

Durante el ciclo del cultivo desde el trasplante a la cosecha del brócoli se realizaron 13 aplicaciones fitosanitarias, según la fase fenológica y de acuerdo al plan de prevención y control de plagas y enfermedades acogiéndose la dosis recomendada por  $\text{ha}^{-1}$  (tabla 8). Las aplicaciones de los insecticidas, fungicidas y coadyuvantes fueron de forma mecanizada con equipo de fumigación tipo aguilonos que son acoplados al tractor y cubren una franja de 15 metros de cobertura (ver anexo7).

Tabla 8. Pesticidas y cantidades totales en Kg/L.ha<sup>-1</sup> utilizados para el control de plagas y enfermedades de *Brassica oleracea* L. Var. Avenger

| Categoría pesticida        | Nombre comercial     | Total aplicado<br>Kg/L.ha <sup>-1</sup> |
|----------------------------|----------------------|---|
| Herbicida                  | Dual Gold            | 1,50                                    |
| Fungicida                  | Altima               | 1,00                                    |
| Fungicida                  | Regnum               | 2,25                                    |
| Fungicida                  | Kocide               | 4,00                                    |
| Fungicida                  | Zampro               | 0,80                                    |
| Fungicida                  | Lanchero             | 1,00                                    |
| Fungicida                  | Folio Gold           | 3,00                                    |
| Fungicida                  | Score                | 0,35                                    |
| Fungicida                  | Labicuper            | 2,00                                    |
| Fungicida                  | Switch               | 0,25                                    |
| Fungicida                  | Aliette              | 1,00                                    |
| Fungicida                  | Kocide               | 3,00                                    |
| Fungicida                  | REVUS                | 0,40                                    |
| Insecticida                | Ninja                | 0,50                                    |
| Insecticida                | Ampligo              | 0,25                                    |
| Insecticida                | Intrepid             | 0,40                                    |
| Insecticida                | Cipermetrina         | 1,40                                    |
| Insecticida                | Acetalaq             | 0,25                                    |
| Insecticida                | Proclean             | 0,20                                    |
| Insecticida                | Solaris              | 0,30                                    |
| Bactericida                | Crombac Bactericida  | 9,00                                    |
| Foliales y bioestimulantes | Metalosato de boro   | 1,25                                    |
| Foliales y bioestimulantes | Metalosato de Mg     | 0,25                                    |
| Foliales y bioestimulantes | Metalosato de K      | 2,00                                    |
| Foliales y bioestimulantes | Metalosato de Zinc   | 0,25                                    |
| Foliales y bioestimulantes | Cistefol-Aminoacidos | 0,50                                    |
| Foliales y bioestimulantes | Angel                | 2,00                                    |

|                            |               |      |
|----------------------------|---------------|------|
| Foliales y bioestimulantes | Biozime       | 0,50 |
| Foliales y bioestimulantes | Ecosinergetic | 0,60 |
| Foliales y bioestimulantes | Biosolar      | 5,00 |
| Coadyuvante                | Arpon         | 2,40 |
| Coadyuvante                | Confor        | 6,50 |

### **g) Cosecha**

La cosecha de las pellas se realizó desde los 79 ddt hasta los 89 ddt, es decir, un periodo de cosecha de 10 días. Para proceder con esta labor se consideraron algunas condiciones morfológicas y fenológicas del cultivo; como la compactación de la pella mediante método táctil. Además, se evaluaron otras características como forma y color de la pella siendo un verde azulado para variedad Avenger con una inflorescencia bien definida y grano fino (ver anexo 8).

## **5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1 Determinar el efecto de las combinaciones de dosis y frecuencia de metalosato de calcio aplicadas foliarmente sobre las características agronómicas del cultivo de brócoli.**

#### **5.1.1 Peso de la pella**

Al evaluar la influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio no existieron diferencias estadísticas significativas sobre el peso de la pella de B. oleracea Var. Avenger (tabla 9).

Tabla 9. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre el peso de la pella de *Brassica oleracea* L. Var. Avenger.

| <b>Tratamientos</b>   | <b>Medías</b> |
|---|---------------|
| T1-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 417,53        |
| T2-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 435,27        |

|   |        |
|---|--------|
| T3-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 418,77 |
| T4-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días   | 429,83 |
| T5-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días   | 426,17 |
| T6-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días   | 432,90 |
| T7-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 413,43 |
| T8-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 431,80 |
| T9-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 437,43 |
| T10-Sin aplicar metalosato de calcio                        | 401,50 |

---

Medías que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Tuckey con n=30.

Referente al resultado anterior, Mallqui-Bustillos (2021) al realizar un estudio de la respuesta de híbridos de *B. oleracea* var. itálica bajo condiciones de fertirriego donde se utilizaron fuentes de calcio no observaron diferencia respecto en el peso de pella lo cual coincide con nuestros resultados.

En relación con este resultado Thakur *et al* (2019) junto al metalosato de calcio enriquecieron con boro la fórmula nutricional para plantas de brócoli observando un efecto estimulante del crecimiento y un incremento en componentes del rendimiento agrícola lo cual no coincide con nuestros resultados en lo referente al peso de la pella. Asimismo, Du Randt (2011) determinaron que el metalosato de calcio en combinación con nitrato de amonio no ejercieron efectos significativos en la parte reproductiva de plantas de brócoli como tampoco en la calidad de la semilla obtenida. Sin embargo, en nuestra experiencia solamente evaluamos la fase vegetativa hasta la formación de la pella.

En cultivos como el banano la aplicación de metalosato de calcio no logró incrementar la vida en verde del fruto, tampoco se observó un aumento en la dureza ni firmeza en el cultivar Flhorban 920 cv. Skin (Tixier *et al.*, 2010). Estos autores tampoco apreciaron cambios en el peso de los frutos. Sin embargo, otros autores han logrado mejorar la calidad postcosecha de frutos de fresa reduciendo la pérdida de peso fresco de los frutos, preservando el contenido

de L-ácido ascórbico, contenido de antocianina mediante la aplicación de CaCl<sub>2</sub> al 3 % nano-chitosan (Nguyen *et al.*, 2020).

### 5.1.2 Compactación de la pella

No existieron diferencias estadísticas significativas entre las diferentes aplicaciones de metalosato de calcio sobre el índice de compactación de la pella en las plantas de *B. oleracea* L. Var. Avenger que se aplicaron los tratamientos foliarmente (tabla 10).

Tabla 10. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre el índice de compactación de la pella de *Brassica oleracea* L. Var. Avenger.

| Tratamientos  | Medías |
|---|--------|
| T1-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 27,41  |
| T2-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 29,04  |
| T3-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 28,26  |
| T4-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días   | 28,61  |
| T5-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días   | 28,45  |
| T6-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días   | 29,32  |
| T7-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 28,94  |
| T8-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 29,38  |
| T9-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 29,47  |
| T10-Sin aplicar metalosato de calcio                        | 29,02  |

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis, complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=30$ .

Existen varios polisacáridos pécticos homogalacturonano que forman puentes de calcio como el ácido poligalacturónico y son los responsables de la consistencia de los tejidos

vegetales. Los pectatos de calcio se consideran sustancias cementantes, que permiten la unión entre las paredes de las células vegetales contiguas de un tejido vegetal (Zhao et al., 2018). En las condiciones de manejo agrícola rara vez el calcio se considera como un factor limitante, a excepción de los suelos ácidos donde llueve abundantemente, en los cuales el aporte de sales cálcicas, principalmente carbonatos, que elevan el pH se hacen necesario (Azcón-Bieto, 2008).

Así mismo, Pantoja y Calvache (2006) observó que la variable grado de compactación de las pellas fue un excelente predictor de calidad de la pella al aplicar una formulación de fertilización con base N-P-K-Ca y dosis de 400-80-150-270 Kg/ha.

El grado de compactación guarda una estrecha relación entre el peso y el diámetro de la pella, y a su vez es un indicador de la madurez tomando en cuenta los criterios de valor comercial del cultivo de brócoli. A medida que mayores sean los valores del grado de compactación, se obtendrán pellas con mejor calidad (Santillán y Amílcar, 2013).

### 5.1.3 Diámetro ecuatorial de la pella

Al analizar la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre el diámetro ecuatorial de la pella de *B. oleracea* L. Var. Avenger no se observaron diferencias entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, todas las dosis y frecuencia de metalosato de calcio incrementaron el diámetro ecuatorial de la pella respecto al control (tabla 11).

Tabla 11. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre el diámetro ecuatorial de la pella de *Brassica oleracea* L. Var. Avenger.

| Tratamientos  | Medías | Rangos promedios |
|---|--------|------------------|
| T1-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 14,94  | 164,85 a         |
| T2-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 14,90  | 166,93 a         |
| T3-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 14,74  | 147,28 a         |
| T4-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días   | 14,69  | 150,48 a         |

|   |       |          |
|---|-------|----------|
| T5-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días   | 14,89 | 167,35 a |
| T6-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días   | 14,52 | 158,40 a |
| T7-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 14,25 | 134,75 a |
| T8-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 14,75 | 157,50 a |
| T9-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 14,89 | 159,48 a |
| T10-Sin aplicar metalosato de calcio                        | 13,75 | 97,97 b  |

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis, complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=30$ .

En varios trabajos relacionados con la evaluación de la calidad comercial de la pella ha sido evaluado el diámetro ecuatorial (Vásquez-Cantalicio y Jacobo-Salinas, 2020; Chakkal *et al.*, 2022). Similarmente la evaluación de la calidad comercial de la pella se ha determinado que el diámetro ecuatorial de la pella se realaciona con su valor comercial (Vásquez-Cantalicio y Jacobo-Salinas, 2020; Chakkal *et al.*, 2022).

Fracchiolla *et al.*, (2020) observaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro ecuatorial de la pella entre diferentes fórmulas nutricionales utilizadas para el cultivo de brócoli a partir del uso de diferentes fuentes orgánicas de fertilizantes. Por otra parte, algunos autores han determinado que la aplicación de calcio y boro incrementaron el diámetro polar y ecuatorial de naranja de la variedad Washington Navel (EL-Khwaga *et al.*, 2020).

#### 5.1.4 Diámetro del tallo

A excepción del T1 y T3 así como el control, el resto del tratamiento utilizados incrementaron los valores del diámetro del tallo de *Brassica oleracea* L. Var. Avenger (tabla 12).



Tabla 12. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre el diámetro del tallo de *Brassica oleracea* L. Var. Avenger.

| <b>Tratamientos</b>   | <b>Medías</b> | <b>Rangos promedios</b> |
|---|---------------|-------------------------|
| T1-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 3,76          | 133,37 b                |
| T2-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 3,93          | 152,70 ab               |
| T3-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 3,81          | 122,60 b                |
| T4-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días   | 3,69          | 156,67 ab               |
| T5-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días   | 3,91          | 184,43 a                |
| T6-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días   | 3,95          | 160,32 a                |
| T7-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 3,90          | 157,07 a                |
| T8-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 3,95          | 163,03 a                |
| T9-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 3,82          | 153,62 ab               |
| T10-Sin aplicar metalosato de calcio                        | 3,61          | 121,20 b                |

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis, complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=30$ .

Rachid *et al.*, (2020) determinaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro del tallo de las plantas de coliflor que fueron fertilizadas foliarmente con una fórmula nutricional compuesta de nanocálcico y ácidos húmicos. En relación con el uso de metalosato de calcio de la literatura científica consultada no se encontraron trabajos donde se haya determinado el efecto de esta fuente nutricional sobre el diámetro del tallo en plantas de brócoli por lo cual consideramos que nuestros resultados constituyen el primer informe del efecto favorable del metalosato de calcio sobre el incremento del diámetro del tallo. Sin embargo, en la especie *Ficus carica* Orozco-Rodríguez *et al.*, (2015) reflejaron un incremento del diámetro de los tallos en esta especie al utilizar la fuente anteriormente mencionada.

En los cultivos hidropónicos, la deficiencia de calcio se caracteriza por un pobre desarrollo radicular. Los síntomas de la deficiencia son siempre más evidentes en los tejidos jóvenes y las zonas meristemáticas de raíces, tallos y hojas. Existen dos razones principales que explican este hecho: por un lado, la división celular se ve afectada por la deficiencia de calcio, y en los tejidos mencionados el índice mitótico fue alto; por otro lado, la lámina media que se forma entre dos células hijas, uno de cuyos principales componentes es el pectato cálcico, la cual puede verse alterada (Azcón-Bieto, 2008).

### 5.1.5 Tallo hueco

En los tratamientos correspondientes a: T2, T3, T4, T6 y T7 se redujo la cantidad de tallos huecos (tabla 13).

Tabla 13. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre tallos huecos de *Brassica oleracea* L. Var. Avenger.

| Tratamientos  | Medias | Rangos promedios |
|---|--------|------------------|
| T1-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 0,27   | 164,50 a         |
| T2-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 0,10   | 139,50 b         |
| T3-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 0,07   | 134,50 b         |
| T4-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días   | 0,17   | 149,50 ab        |
| T5-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días   | 0,30   | 169,50 a         |
| T6-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días   | 0,00   | 124,50 b         |
| T7-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 0,00   | 124,50 b         |
| T8-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 0,20   | 154,50 a         |
| T9-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 0,37   | 179,50 a         |
| T10-Sin aplicar metalosato de calcio                        | 0,27   | 164,50 a         |

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis, complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=30$ .

### 5.1.6 Forma de la pella

En los tratamientos: T1, T3, T4, T6, T7, T8 y T9 se obtuvo una mejor formación de la pella de *Brassica oleracea* L. Var. Avenger. Por otra parte, cuando no se aplicó metalosato de calcio se comprometió la formación de la pella (tabla 14).

Tabla 14. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre la formación de la pella de *Brassica oleracea* L. Var. Avenger.

| Tratamientos  | Medías | Rangos promedios |
|---|--------|------------------|
| T1-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 2,93   | 167,10 ab        |
| T2-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 2,57   | 134,37 b         |
| T3-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 2,80   | 153,60 ab        |
| T4-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días   | 2,73   | 144,13 ab        |
| T5-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días   | 2,63   | 139,67 b         |
| T6-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días   | 3,03   | 176,70 ab        |
| T7-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 3,07   | 179,67 a         |
| T8-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 3,00   | 174,33 ab        |
| T9-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 2,87   | 160,83 ab        |
| T10-Sin aplicar metalosato de calcio                        | 2,03   | 74,60 c          |

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis, complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=30$ .

La planta de brócoli es un cultivo anual que cuando alcanza una altura entre 0.60 a 1 m suele producir una cabeza principal conocida como pella, que muestra una apariencia compacta alcanzando hasta 15 cm de diámetro. Es importante destacar que la cabeza de mayor calidad suele tener una forma de pella compacta, que a su vez posee granos pequeños a medianos. La forma de la pella es preferida por muchos productores ya que garantiza en caso de existir

lluvias o rocíos una incidencia menor de enfermedades fúngicas y bacterianas (Zamora, 2016).

Con este resultado desde el punto de vista práctico sería de gran importancia determinar si la aplicación de metalosato de calcio podría ayudar a reducir agentes fitopatógenos que afectan la calidad de la pella en Ecuador en particular la mancha negra de la pella.

### 5.1.7 Días a la cosecha

En los tratamientos correspondientes a T1, T2, T4, T5 y T9 se redujo significativamente los días para la cosecha de *B. oleracea* L. Var. Avenger mientras que en los tratamientos T6 y el control se incrementaron los días para la cosecha (tabla 15).

Tabla 15. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre los días para la cosecha de *Brassica oleracea* L. Var. Avenger.

| Tratamientos  | Medías | Rangos promedios |
|---|--------|------------------|
| T1-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 82,13  | 142,10 bc        |
| T2-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 81,50  | 116,17 bc        |
| T3-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 83,30  | 179,75 b         |
| T4-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días   | 81,40  | 114,77 bc        |
| T5-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días   | 81,13  | 98,82 c          |
| T6-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días   | 84,03  | 195,25 ab        |
| T7-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 82,67  | 157,38 b         |
| T8-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 82,60  | 159,77 b         |
| T9-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 82,27  | 141,58 bc        |
| T10-Sin aplicar metalosato de calcio                        | 84,40  | 199,42 a         |

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis, complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=30$ .

En base a la literatura científica consultada este sería el primer informe de que el uso de metalosato de calcio ayuda a reducir los días a la cosecha en el cultivo de brócoli. La mayoría de los autores que han utilizado fuentes de calcio lo realizan con el objetivo de incrementar parámetros de calidad, puesto que se conoce que el calcio es componente esencial de la lamina media entre las células vegetales, actuando como un agente cementante que le confiere mayor firmeza y por ende durabilidad a los productos agrícolas cosechados (Ghahremani *et al.*, 2021).

### **Contenidos de calcio y materia seca**

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio en cuanto al porcentaje de calcio en hoja a los 40 días ddt antes de iniciar los tratamientos con metalosato de calcio se puede ver en la tabla 16. Al comparar los resultados de los contenidos de calcio en la etapa de desarrollo con los resultados obtenidos a los 79 ddt, es decir, en la etapa de cosecha, claramente se puede ver que los mayores porcentajes en el contenido de calcio se presenta en hojas jóvenes y en etapas tempranas o de desarrollo de la planta de brócoli.

Tabla 16. Contenido de calcio en hoja expresado en porcentaje a los 40 ddt.

| <b>Tratamientos</b>   | <b>40 ddt<br/>%</b> |
|---|---------------------|
| T1-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 1,89                |
| T2-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 1,89                |
| T3-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 1,89                |
| T4-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días   | 1,89                |
| T5-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días   | 1,89                |
| T6-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días   | 1,89                |
| T7-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 1,89                |
| T8-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 1,89                |

|   |      |
|---|------|
| T9-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 1,89 |
| T10-Sin aplicar metalosato de calcio                        | 1,89 |

La existencia de diferentes canales de Ca<sup>2+</sup>, los mismo que suelen ser muy sensibles al voltaje intermembranal que podría explicar cómo distintos estímulos que percibe la planta pueden modularse mediante el uso del calcio como segundo mensajero para la célula vegetal. Estos pueden dar lugar a ajustes celulares diferentes. En este sentido, la activación de diferentes tipos de canales de Ca<sup>2+</sup> podría producir variaciones en el patrón de aumento o disminución de la concentración de calcio intra y extracelular, dando lugar a respuestas específicas para cada estímulo (Azcón-Bieto, 2008).

Por otra parte, a los 79 ddt el mayor contenido de materia seca en las hojas se observó en las plantas que no recibieron aplicaciones de metalosato de calcio. Sin embargo, el mayor contenido de calcio en las hojas se obtuvo cuando se aplicó 1 mL.L<sup>-1</sup> de metalosato de calcio cada 15 días (tabla). Con relación a los análisis correspondientes a la pella cuando se aplicó metalosato de calcio 1 mL.L<sup>-1</sup> de metalosato de calcio cada 10 días se incrementó el contenido de materia seca mientras que el contenido de calcio fue superior en el tratamiento donde se aplicó metalosato de calcio 1,5 mL.L<sup>-1</sup> cada 30 días (tabla 17).

Tabla 17. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre contenido de materia seca y calcio de Brassica oleracea L. Var. Avenger a los 79 ddt.

| Tratamientos  | Hoja  |                         | Pella                     |                         |
|---|---|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
|   | Contenido de materia seca                                   | Contenido de calcio (%) | Contenido de materia seca | Contenido de calcio (%) |
|   | T1-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 10,1                    | 0,74                      | 8,1                     |
| T2-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 9,8   | 0,83                    | 8,4                       | 0,27                    |

|  |      |      |     |      |
|--|------|------|-----|------|
| T3-Metalosato de calcio 0,5<br>mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 8,6  | 0,69 | 8,5 | 0,27 |
| T4-Metalosato de calcio 1<br>mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días   | 10,2 | 0,8  | 8,9 | 0,24 |
| T5-Metalosato de calcio 1<br>mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días   | 8,9  | 1,02 | 8,5 | 0,28 |
| T6-Metalosato de calcio 1<br>mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días   | 9,6  | 0,82 | 8,8 | 0,23 |
| T7-Metalosato de calcio 1,5<br>mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 9,2  | 0,71 | 8,7 | 0,27 |
| T8-Metalosato de calcio 1,5<br>mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 8,9  | 0,77 | 8,5 | 0,28 |
| T9-Metalosato de calcio 1,5<br>mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 9,2  | 0,88 | 8,4 | 0,31 |
| T10-Sin aplicar metalosato<br>de calcio                        | 10,6 | 0,94 | 8,3 | 0,34 |

Ruhunuge *et al.*, (2022) demostraron que el calcio se considera como el tercer nutriente más absorbido en brócoli pudiendo alcanzar concentraciones en la pella de hasta 1,567 mg por planta una vez culminado el ciclo del cultivo. Sin embargo, estos autores refirieron que en el periodo fenológico entre 25 y 45 días posterior al trasplante es cuando se detecta la mayor cantidad de calcio debido a que transitan por la etapa de crecimiento vegetativo. A diferencia de dichos autores las concentraciones que pudimos cuantificar fueron inferiores.

Al final del ciclo, las plantas de brócoli en sus hojas aproximadamente acumulan un 83% del calcio total en toda la planta, mientras que en el tallo y la inflorescencia se acumula entre un 8 a 9% respectivamente. La menor acumulación en el tallo y la inflorescencia se atribuye a que estos órganos tienen bajas tasas de transpiración y que la movilidad del calcio vía floema es muy lenta (Hawkesford *et al.*, 2012).

## 5.2 Selección de la mejor combinación de dosis y frecuencia de metalosato de calcio aplicadas foliarmente sobre el rendimiento agrícola del cultivo de brócoli.

Al aplicar 1,5 mL.L<sup>-1</sup> cada 15 días de metalosato de calcio se incrementó significativamente el rendimiento agrícola de *B. oleracea* L. Var. Avenger (tabla 18).

Tabla 18. Influencia de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio sobre el rendimiento agrícola de *Brassica oleracea* L. Var. Avenger.

| Tratamientos  | Rendimiento agrícola (t.ha <sup>-1</sup> ) |                  |
|---|--|------------------|
|   | Medías                                     | Rangos promedios |
| T1-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 22,44                                      | 45,00 e          |
| T2-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 21,27                                      | 14,50 h          |
| T3-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 21,74                                      | 29,50 g          |
| T4-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días   | 23,88                                      | 85,50 b          |
| T5-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días   | 21,74                                      | 29,50 g          |
| T6-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días   | 23,78                                      | 75,50 c          |
| T7-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 22,97                                      | 55,50 f          |
| T8-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 23,99                                      | 95,50 a          |
| T9-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 23,46                                      | 65,50 d          |
| T10-Sin aplicar metalosato de calcio                        | 19,29                                      | 5,00 i           |

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis, complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=30$ .

Acorde con lo referido por Pantoja y Calvache (2006) con la aplicación de (NPK-Ca) se incrementó el rendimiento agrícola, la calidad comercial y se redujo la incidencia de la mancha negra de la pella en un ciclo de producción comercial de brócoli en Machachi



provincia de Pichincha, lo cual es similar al resultado obtenido en la presente investigación, aunque en nuestro caso se utilizó como fuente de nutrientes el metalosato de calcio 1,5 cc/L cada 15 días.

Asimismo, Singh *et al.*, (2010) aplicaron S y Ca y con ello lograron incrementar el rendimiento de *Brassica juncea* en particular la producción de semilla. Por otra parte, Cole *et al.*, (2016) obtuvieron mayores rendimientos en el cultivo de tomate al utilizar fuentes individuales y combinadas de N, P, Ca y Mg.

### 5.3 Análisis económico y rentabilidad de la relación Beneficio.Costo<sup>-1</sup> de los tratamientos aplicados en el cultivo de brócoli Var. Avenger

Como se puede apreciar en la tabla todos los tratamientos experimentales mostraron valores superiores a 1 en la relación beneficio.costo por lo cual todos fueron rentables. Sin embargo, en el T8 con la aplicación de metalosato de calcio 1,5 cc/L cada 15 días fue donde se alcanzó una mayor rentabilidad (tabla 19).

Tabla 19. Relación beneficio.costo<sup>-1</sup> de la aplicación foliar de diferentes dosis y frecuencia de metalosato de calcio en plantas de *Brassica oleracea* L. Var. Avenger a partir del rendimiento comercial obtenido (t.ha<sup>-1</sup>).

| Tratamientos  | Relación beneficio.costo <sup>-1</sup> |         |                   |
|---|--|---------|-------------------|
|   | Ingresos                               | Egresos | B.C <sup>-1</sup> |
| T1-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 7854,91                                | 5872,79 | 1,34              |
| T2-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 7443,98                                | 5869,22 | 1,27              |
| T3-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 7609,26                                | 5865,64 | 1,30              |
| T4-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días   | 8357,87                                | 5887,09 | 1,42              |
| T5-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días   | 7608,61                                | 5879,94 | 1,29              |
| T6-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días   | 8321,57                                | 5872,79 | 1,42              |
| T7-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 8038,98                                | 5901,38 | 1,36              |
| T8-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 8396,11                                | 5890,66 | 1,43              |

|   |         |         |      |
|---|---------|---------|------|
| T9-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 8209,44 | 5879,94 | 1,40 |
| T10-Sin aplicar metalosato de calcio                        | 6750,46 | 5858,50 | 1,15 |

---

#### 5.4 CONCLUSIONES

1. Cuando se aplicó metalosato de calcio 0,5 cc/L cada 10 días se logró una mayor dureza y compactación de la pella.
2. Con los tratamientos T1, T3, T4, T6, T7, T8 y T9 se alcanzó una mejor formación de la pella de *B. oleracea* Var. Avenger mientras que en los tratamientos T1, T2, T4, T5 y T9 se redujo significativamente los días para la cosecha.
3. Con la aplicación de metalosato de calcio 1,5 cc/L cada 15 días se alcanzó mejor rendimiento y una mayor rentabilidad en base al análisis beneficio.costo

#### 5.5 RECOMENDACIONES

1. Utilizar el metalosato de calcio 1,5 cc/L cada 15 días en otras fincas para incrementa la rentabilidad en la producción de *B. oleracea* L. Var. Avenger.
2. Determinar el efecto de aplicaciones foliares de otros macro y micronutrientes sobre la calidad y en el rendimiento de *B. oleracea* L. Var. Avenger.
3. Evaluar índices fisiológicos asociados con el crecimiento vegetativo basados en la dinámica de producción de materia seca de *B. oleracea* L. Var. Avenger.
4. Hacer investigaciones con aplicaciones de metalosato de calcio en etapas más tempranas del desarrollo fenológico en cultivo de *B. oleracea* L. Var. Avenger
5. Determinar el efecto del metalosato de calcio con dosis de 1,5 cc/L cada 15 días sobre la severidad de la mancha negra de la pella causada por *Alternaria brassicae*, en el cultivo de *B. oleracea* L. Var. Avenger

## 6. REFERENCIAS CITADAS

- Albion. (Octubre de 2000). Metalosate. Obtenido de Noticias de Nutrición. Recuperado de <https://docplayer.es/34659023-Metalosate-noticias-de-nutricion-vegetal-un-resume-de-investigaciones-en-nutricion-vegetal-e-información-técnica-octubre-2000-volumen-1-no.html>
- Arvensis (2017). Importancia del Calcio en las plantas. Recuperado de <https://www.arvensis.com/blog/424-2/atributos-de-calidad-en-frutos-de-melón>. Ria, 38(3), 258. Recuperado de [https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/7272/RIA\\_2012\\_VOLUMEN38\\_N%c2%b03\\_p.257262.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/7272/RIA_2012_VOLUMEN38_N%c2%b03_p.257262.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Azcón-Bieto y Talón (2013). Fundamentos de fisiología vegetal. Universidad de Barcelona. Mc Graw-Hill. Madrid.
- Barraza, F. (2018). Extracción de Fe, Mn, Zn, Cu y B en cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) crop. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 12(3), 618. Doi: <http://doi.org/10.17584/rch.2018v12i3.8276>
- Bonilla, I. (2000). Introducción a la Nutrición Mineral de las plantas. Los elementos minerales. En Bieto y Talon (Ed.), Fundamentos de Fisiología Vegeta (p. 93-109). Barcelona, España: McGraw-Hill Interamericana.
- Bouzo, C. y Cortez, S. (2012). Efectos de la aplicación foliar de calcio sobre algunos *Brassica oleracea*, Var Itálica). Horticultivos. Retrieved from
- Broko, (2014). Taxonomía del brócoli: clasificación y morfología. (en línea) Consultado 12 de julio 2015. Disponible en <https://mrbroko.com/taxonomia-del-brocoli/>
- Bruno, A., Escaff, M., (1984). Brócoli. Investigación y Progreso Agropecuario La platina. (26), 10. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/39592/NR02491.pdf?sequence=1>

- Carvajal, García, López, Martínez, Moreno y Pérez. (2008). Cultivo del brócoli con aguas salinas. ¿Es posible algún beneficio? Agrícola Vergel Recuperado de [http://www.aqpingredients.com/assets/brocoli\\_agricolavergel\\_martinez-ballesta.pdf](http://www.aqpingredients.com/assets/brocoli_agricolavergel_martinez-ballesta.pdf)
- Cassères, E. (1980). Producción de hortalizas. IICA (ed.); tercera ed.
- Cevallos, M., Cué, J., Héctor, E. y Torres, A. (2018). Fisiología Vegetal: nutrición hídrica y mineral de las plantas. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/324975554>
- Chakkal, A. S., Kumar, P., Butail, N. P., Sharma, M., & Kumar, P. (2022). Impact of Molybdenum Application on Yield, Quality and Profitability of Cauliflower (var. L.) in *Brassica oleracea* botrytis an Acid Alfisol Soil. Indian Journal of Ecology, 49(2), 372-377.
- Coba, G. (2020, septiembre). El brócoli gana protagonismo en las exportaciones no petroleras del país. Primicias. Recuperado de <https://www.primicias.ec/noticias/economía/brócoli-espacio-canastaexportaciones/>
- Coello, M., (2014). Evaluación de tres dosis de Bioplus en el cultivo orgánico de brócoli (*Brassica Oleracea* L. Var. Italica cv. Mónaco) (Tesis de pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Cole, J. C., Smith, M. W., Penn, C. J., Cheary, B. S., & Conaghan, K. J. (2016). Nitrogen, phosphorus, calcium, and magnesium applied individually or as a slow release or controlled release fertilizer increase growth and yield and affect macronutrient and micronutrient concentration and content of field-grown tomato plants. Scientia Horticulturae, 211, 420-430.
- Dechen, A. R.; Nachtigall, G. R. Micronutrientes. n: FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas . Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006, p. 327-354.

- Días, P. y Kehr, E. (2012). Producción de brócoli para la agroindustria. INIA, Carillanca, Chile. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4489/NR38925.pdf?sequence=1>
- Du Randt, M. L. (2011). The influence of nutrient solutions on growth, seed production and seed quality of broccoli (*Brassica oleracea* L. Var. Itálica Plenck) (Doctoral dissertation, Stellenbosch: University of Stellenbosch).
- EL-Khwaga, A. A., Abd El-Latif, F. M., Baiea, M. H. M., & EL-Giousy, S. F. (2020). The Efficiency of Calcium Boron and Carbox-K Sprays on Fruit Quality of Washington Navel Orange Trees. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 6(4), 23-31.
- Escobar, E. (2021). Evaluación de la extracción de N, P y K en el cultivo de brócoli Var. Avenger (tesis de maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Espinel, E. 1999. Evaluación de tres fuentes y tres niveles de potasio en el Cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*). Machachi - Pichincha. Tesis Ing. Agr. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. pp. 75
- Fageria, V. D. (2001). Nutrient interactions in crop plants. *Journal of plant nutrition*, 24(8), 1269-1290.
- FAO. (2016). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria. Roma, Italia. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i6030s/i6030s.pdf>
- Fernández, y Brown, P. (2013). De la superficie de la planta al metabolismo de la planta: el destino incierto de los nutrientes de aplicación foliar. Parte delantera. *Plant Sci* . 4 : 289.
- Fracchiolla, M., Renna, M., D'Imperio, M., Lasorella, C., Santamaria, P., & Cazzato, E. (2020). Living mulch and organic fertilization to improve weed management, yield and quality of broccoli raab in organic farming. *Plants*, 9(2), 177.

- Ghahremani, Z., Norouzi, M., Barzegar, t., Ranjbar, M. E. (2021). Calcium lactate and salicylic acid foliar application influence eggplant growth and postharvest quality parameters. *Acta agriculturae Slovenica*, 117(2), 1-10.
- Gómez, V. (2014). El calcio y su asimilación por parte de las plantas. *Cannabis Magazine: La revista de los profesionales y amantes del cáñamo*, (125), 58-63.
- Haifa (2021) ¿Por qué Foliar Spray? Recuperado de <https://www.haifa-group.com/articles/why-foliar-sprayn>
- Haro, M., Maldonado, L. (2009). Guía Técnica para el cultivo de Brócoli en la Serranía Ecuatoriana. Editorial Freire, Riobamba (Ecuador), 11, 13-15.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I. S., & White, P. (2012). Functions of macronutrients. In Marschner's mineral nutrition of higher plants (pp. 135-189). Academic Press.  
<https://www.horticultivos.com/cultivos/cruciferas/brocoli/dinamica-de-la-extraccion-nutritional-de-brocoli-brasica-oleracea-var-italica-2/>
- Intagri (2018). Funciones del Calcio (Ca) en la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal, Núm. 122. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/funciones-del-calcio-en-la-nutricion-de-los-cultivosfile:///C:/Users/vagripac/Downloads/113.%20Disponibilidad%20de%20Nutrimentos%20y%20el%20pH%20del%20Suelo.pdf>
- International Plant Nutrition Institute. ( 2012). Principios científicos que sustentan – El lugar correcto. En T. Bruulsema (Ed.), 4R de la Nutrición de Plantas ( p. 6-1). Norcross, EE.UU.
- Jepssen, R. (2021, marzo). Foliar absorption benefits of Albion Metalosate. True metal amino acid chelates. Balchem. Recuperado de <https://balchem.com/plant-nutrition/research%20tags/foliar-absorption/>

- Kafkafi, U. y Tarchitzky, J. (2012). Fertiirrigación. Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo de agua. Horgen, Suiza. Recuperado de [https://www.academia.edu/26959499/Ifa\\_fertigation\\_spanish?email\\_work\\_card=thumbnail](https://www.academia.edu/26959499/Ifa_fertigation_spanish?email_work_card=thumbnail)
- Landriscini, M., Martínez, J. y Galantini, J. (2015). Fertilización foliar con nitrógeno trigo en el sudoeste de Bonaerense. *Ciencias del Suelo*, 33(2), 183-196.
- Mallqui Bustillos, Y. F. (2021). Rendimiento de híbridos de brócoli *Brassica oleracea* L. Var. Itálica bajo fertirriego en condiciones de Pillco Marca Huánuco 2019.
- Melgar, R. (2005). Aplicación Foliar de Micronutrientes. Proyecto Fertilizar. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/RicardoMelgar/publication/266041063\\_Aplicación\\_Foliar\\_de\\_Micronutrientes/links/5b586082a6fdccf0b2f3af1c/Aplicacion-Foliar-de-Micronutrientes.pdf](https://www.researchgate.net/profile/RicardoMelgar/publication/266041063_Aplicación_Foliar_de_Micronutrientes/links/5b586082a6fdccf0b2f3af1c/Aplicacion-Foliar-de-Micronutrientes.pdf)
- Nguyen, V. T., Nguyen, D. H., & Nguyen, H. V. (2020). Combination effects of calcium chloride and nano-chitosan on the postharvest quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Postharvest Biology and Technology*, 162, 111103.
- Orozco-Rodríguez, R., Chacón-Cerdas, R., Rosales-Flores, J., Arguello-Delgado, F., Schmidt-Durán, A., Alvarado-Marchena, L., ... & Flores-Mora, D. (2015, August). Description of the growth and development of the fig tree (*Ficus carica*) and its environmental interaction in Costa Rica. In V International Symposium on Fig 1173 (pp. 221-226).
- Pantoja, C., Calvache, M. (2006). Efecto de la fertilización química (NPK-Ca) en la incidencia de la mancha negra de la pella en un ciclo de producción comercial de brócoli (*Brassica oleraceae* Var. Itálica, hib. legacy), Machachi-Pichincha (Doctoral dissertation, Tesis Ing. Agr. Quito. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. pág. 77-88).
- Quispe, G. (2018) Evaluación económica de la producción de brócoli (*Brassica oleracea* L.) con la aplicación del fertilizante foliar bajo ambiente protegido en el Municipio de El Alto - distrito 11. (Tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

- Rábago, G. (2018, mayo). Perspectivas de mercado para el brócoli. Horticultivos. Recuperado de <https://www.horticultivos.com/cultivos/cruciferas/brocoli/perspectivas-de-mercado-para-el-brocoli/>
- Rachid, A. F., Bader, B. R., & Al-Alawy, H. H. (2020). Effect of foliar application of humic acid and nanocalcium on some growth, production, and photosynthetic pigments of cauliflower (*Brassica oleracea* Var. botrytis) planted in calcareous soil. *Plant Archives*, 20(1), 32-37.
- Ramírez, M., y Reyes, F. (2011). Dinámica de la extracción nutrimental de brócoli . Recuperado de <https://www.horticultivos.com/cultivos/cruciferas/brocoli/perspectivas-de-mercado-para-el-brocoli/>
- Reina, A., Sosa, S. (2020). El brócoli como fuente generadora de ingresos sostenibles en la provincia de Cotopaxi, periodo 2015 – 2019. (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Ronen, E. (2015). Fertilización foliar. Otra exitosa forma de nutrir las plantas. ResearchGate. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/265975832>
- Ruhunuge, I. J. A., Mallawaarachchi, M. A. R. N., Rathnayake, M. Y. A. S., & Kirthisinghe, J. P. (2022). Site-Specific Macronutrient Management for Cauliflower (*Brassica oleracea* L.) in Batapola Sri Lanka. *Journal of Agro-Technology and Rural Sciences*, 2(1).
- Sakata, (2016). Brócoli Avenger. Grupo Sakata Seed de México. Recuperado de <https://www.sakata.com.mx/pdf/brocoli-avenger.pdf>
- Salas, R. (2002). Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar. *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*. Costa Rica.
- Sánchez, A., & Geovanny, K. (2021). Evaluación del efecto de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O de cuatro formulados inorgánicos en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L.) Var. Avenger, cantón Chilla, provincia El Oro.



- Sánchez, Sierra, Simonne, y Treadwell. (2020). Principios y prácticas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas. Askifas. Recuperado de [doi.org/10.32473/edis-hs356-2020](https://doi.org/10.32473/edis-hs356-2020)
- Santillán, P., & Amílcar, W. (2013). Respuesta de dos híbridos de coliflor (*Brassica oleracea* Var. botrytis), a la aplicación de abonos orgánicos. Tumbaco, Pichincha.
- Sanz, M., Blanco, A., Monje, E., & Val, J. (2001). Caracterización de la deficiencia de calcio en plantas de tomate utilizando parámetros fisiológicos. ITEA, 97(1), p.33. Recuperado de [https://aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2001/97V-1/97V-1\\_03.pdf](https://aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2001/97V-1/97V-1_03.pdf)
- Singh, R. P., SINGH, S. K., Yadav, P. K., & Singh, S. N. (2010). Effect of sulphur and calcium on yield and quality of mustard (*Brassica juncea*). Journal O OilSeeds, 9(2), 83.
- Thakur, D., Kumar, P., & Shukla, A. K. (2019). Impact of foliar feeding of boron supplements on growth, yield contributing characters and quality of cauliflower. In Biological Forum-An International Journal (Vol. 11, No. 2, pp. 77-82).
- Tixier, P., Bugaud, C., Duguet, R., & Salmon, F. (2010). Effect of preharvest and postharvest application of calcium on banana green-life. Fruits, 65(4), 201-208.
- Toledo, J. (2003). Cultivo del brócoli. Lima, Perú. Recuperado de [http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/895/1/Toledo-Cultivo\\_brocoli.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/895/1/Toledo-Cultivo_brocoli.pdf)
- Valagro (2018). El calcio en las plantas. Metroflor. Bogotá. Recuperado de <https://www.metroflorcolombia.com/el-calcio-en-las-plantas/>
- Vásquez-Cantalicio, N. W., & Jacobo-Salinas, S. S. (2020). El guano de isla y su efecto en el rendimiento de la col (*Brassica oleracea* L) variedad lombarda (Capitata f. rubra) en Colicocha Huánuco. Revista Investigación Agraria, 2(1), 33-38.
- Velastegui, M. (2011). Evaluación de la eficiencia Biorregin R-8 y Cistefol en diferentes dosis de aplicación para el control de de Fisiopatía (ojo de gato) en el cultivo de

brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica) en Macají, canton Riobamba, provincia de Chimborazo. (Tesis de grado). Escuela Politécnica del Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

Vidal, I. (2019). Fertiirrigación: Desde la teoría a la práctica. Chillán, Chile: Editorial Universal de Concepción. Zamora, E., (2016). El cultivo del brócoli. División de Ciencias Biológicas y de la Salud-Departamento de Agricultura y Ganadería-Hermosillo, Sonora México. Recuperado de <https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>

Zhao, S., Yang, F., Liu, Y., Sun, D., Xiu, Z., Ma, X., & Sun, G. (2018). Study of chemical characteristics, gelation properties and biological application of calcium pectate prepared using apple or citrus pectin. *International journal of biological macromolecules*, 109, 180-187.

## 7 ANEXOS

### Anexo 1. Costos totales invertidos en la investigación

| Costos                           | Valor \$        |
|----------------------------------|-----------------|
| Metalosato de Calcio x 1 L       | 19,90           |
| Plántulas (2400)                 | 30,35           |
| Materiales de apoyo              | 50,00           |
| Costos operativos (movilización) | 50,00           |
| Análisis de suelos y foliares    | 1,028.00        |
| Material de oficina y equipos    | 200.00          |
| Mano de obra                     | 18,17           |
| Subtotal                         | 1,395,42        |
| Imprevistos (10%)                | 139,54          |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>1,534,96</b> |

Anexo 2. Equipos mecanizados para la preparación del suelo. Rastra Rotostone modelo 570001 para disgregar terrones del suelo.



Anexo 3. Equipo mecanizado utilizado para la aplicación de fertilizantes edáficos



Anexo 4. Equipos mecanizados utilizados para el trasplante de las plántulas de brócoli Var Avenger.



Anexo 5. Conformación de las parcelas experimentales con su respectiva rotulación y aleatorización de los tratamientos en los bloques diseñados en condiciones de campo.



Anexo 6. Aplicación de los tratamientos de metalosato de calcio en las parcelas experimentales



Anexo 7. Manejo de plagas utilizando equipos mecanizados acorde con el plan de prevención y control de plagas y enfermedades que el cultivo de brócoli en la hacienda La Rioja, ubicada en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi.



Anexo 8. Toma de datos en campo al momento de la cosecha, medición del diámetro del tallo y pella utilizando un calibrador o pie de rey.



Anexo 9. Ficha técnica del Metalosato de calcio



**Metalosate® Calcio**  
**Quelato de Aminoácido Líquido Fertilizante Foliar**  
**No. de Producto 7313**

**Descripción de Producto:**

Metalosate® es una marca registrada para metales quelatados con amino ácidos de Albion® Laboratories, Inc.

**Análisis Garantizado:**

|                            |              |                 |
|----------------------------|--------------|-----------------|
| Calcio.....                | 5.8 % (p/p)  | equiv. 8.4% CaO |
| Nitrógeno Total.....       | 2.4 % (p/p)  |                 |
| Nitrógeno Orgánico(N)..... | 2.4 % (p/p)  |                 |
| Aminoácidos Totales.....   | 8.73 % (p/p) |                 |

**Ingredientes:**

Calcio quelatado con amino ácidos

**Características Físicas:**

|                             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Apariencia.....             | Líquido bronceado a marrón        |
| Solubilidad.....            | Soluble en agua                   |
| Densidad.....               | 1.15 - 1.25 g/cc                  |
| pH.....                     | 5.5 - 7.0 ( 1% en agua destilada) |
| Nitrógeno.....              | 2.0 - 2.8 %                       |
| Sustancias Fitotóxicas..... | Ninguna conocida                  |

**Compatibilidad con otros productos:** Se recomienda mezclar cantidades pequeñas para probar compatibilidad

Especificaciones de Producto están sujetas a cambiar sin previo aviso. Un certificado de análisis está emitido para cada lote de producción, lo cual indica cumplimiento con la especificación de Producto en efecto al tiempo en que el lote esté producido

Fecha de Revisión: Febrero 2021

101 North Main Street • Clearfield, Utah 84015 / P.O. Box 750 • Clearfield, Utah 84089

Anexo 10. Porcentaje de pellas con mala formación (grado 1, según escala de formación de la pella) material de descarte.

| Tratamientos  | Porcentaje de pellas con mala formación |
|---|---|
| T1-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 3,33%                                   |
| T2-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 13,33%                                  |
| T3-Metalosato de calcio 0,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 6,67%                                   |
| T4-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días   | 0,00%                                   |
| T5-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días   | 10,00%                                  |
| T6-Metalosato de calcio 1 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días   | 3,33%                                   |
| T7-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 10 días | 0,00%                                   |
| T8-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 15 días | 0,00%                                   |
| T9-Metalosato de calcio 1,5 mL.L <sup>-1</sup> cada 30 días | 0,00%                                   |
| T10-Sin aplicar metalosato de calcio                        | 16,67%                                  |



Anexo 11. Estructura y componentes de los costos de producción

| <b>COSTOS DE PRODUCCION</b>                      |                          |                             |
|--|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Items</b>                                     | <b>432 m<sup>2</sup></b> | <b>10.000 m<sup>2</sup></b> |
| Fertilización edáfica                            | 56,76                    | 1313,79                     |
| Aplicaciones foliares ( sanidad y fertilizantes) | 48,44                    | 1121,31                     |
| Drench (Biofertilizantes solubles y pesticidas)  | 12,90                    | 298,57                      |
| Plantas  | 30,35                    | 702,61                      |
| Costo mano de Obra                               | 18,17                    | 420,57                      |
| Costo de combustible                             | 2,94                     | 68,04                       |
| Costo de electricidad                            | 1,50                     | 34,82                       |
| Costos de mantenimiento y maquinaria             | 8,39                     | 194,13                      |
| Otros  | 3,92                     | 90,83                       |
| Costos de análisis de suelos y foliares          | 1028,00                  | 1028,00                     |
| Costo de transporte                              | 7,87                     | 182,07                      |
| IESS   | 2,25                     | 51,98                       |
| Fondos de reserva                                | 1,32                     | 30,57                       |
| Sobresueldos                                     | 3,01                     | 69,64                       |
| Costos administrativos                           | 8,83                     | 204,5                       |
| Vacaciones                                       | 0,77                     | 17,85                       |
| Agua de riego                                    | 1,26                     | 29,2                        |
| <b>TOTAL</b>                                     | <b>1236,68</b>           | <b>5858,49</b>              |