

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE AGRONOMÍA

**“EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE EXTRACTO DE ALGAS MARINAS
(*Ascophyllum nodosum*) Y ÁCIDOS HÚMICOS EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI
(*Brassica oleracea* Var. *Italica*)”**

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR

JHONY FERNANDO TOAPANTA CHICAIZA

TUTOR

ING. EDGAR LUCIANO VALLE VELASTEGUI, MG

CEVALLOS – ECUADOR

2022

**“EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE EXTRACTO DE ALGAS MARINAS
(*Ascophyllum nodosum*) Y ÁCIDOS HÚMICOS EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI
(*Brassica oleracea* Var. *Italica*)”**

REVISADO Y APROBADO POR:

Ing. Edgar Luciano Valle Velastegui, Mg

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO:

Fecha

13/09/2022

Ing. Marco Pérez, PhD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

13/09/2022

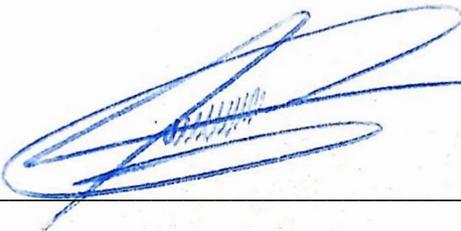
Ing. Giovanni Velástegui, Mg
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

13/09/2022

Ing. Segundo Curay, Mg
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, JHONY FERNANDO TOAPANTA CHICAIZA, portador de cédula de ciudadanía número: 1850233014, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE EXTRACTO DE ALGAS MARINAS (*Ascophyllum nodosum*) Y ÁCIDOS HÚMICOS EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* Var. *Italica*)” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



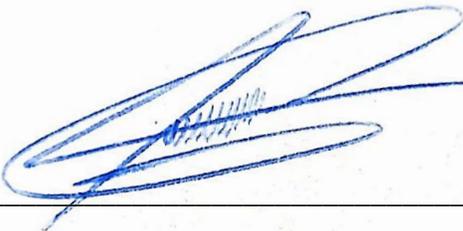
Jhony Fernando Toapanta Chicaiza

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE EXTRACTO DE ALGAS MARINAS (*Ascophyllum nodosum*) Y ÁCIDOS HÚMICOS EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* Var. Italica)” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a central scribbled area, positioned above a horizontal line.

Jhony Fernando Toapanta Chicaiza

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de investigación a Dios por mantenerme con salud y bienestar durante toda mi vida y permitirme alcanzar todas mis metas anheladas.

A mis padres Santiago Toapanta y Gloria Chicaiza quienes con esfuerzo y dedicación supieron guiarme desde pequeño por el camino del bien, además por todo el apoyo y confianza brindada para el cumplimiento de mis metas.

A mis hermanos Alexander, Bryan y Allison Toapanta Chicaiza, y a mi abuelita María Yancha quienes supieron estar a mi lado en todo momento sin importar las dificultades presentadas siempre me brindaron todo su apoyo incondicional.

Jhony Fernando Toapanta Chicaiza

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, estoy agradecido con Dios por la buena salud, el bienestar y por las bendiciones otorgadas durante mi vida estudiantil, que fueron necesarias para cumplir este objetivo.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las autoridades y personal administrativo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, por brindarme todas las facilidades necesarias durante todo el proceso de formación profesional.

Mi más sincero agradecimiento al Ing. Mg. Edgar Luciano Valle Velastegui, por la amistad y los conocimientos impartidos durante mi vida universitaria y apoyo brindado dentro del desarrollo del proyecto final de investigación.

También me gustaría expresar mi gratitud a cada uno de mis profesores por su orientación, enseñanzas y consejos a lo largo de mi carrera académica.

Jhony Fernando Toapanta Chicaiza

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN | iii |
| DERECHO DE AUTOR..... | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTOS | vi |
| ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS..... | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xii |
| RESUMEN EJECUTIVO | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Antecedentes de la investigación..... | 2 |
| 1.1.1 <i>Requerimiento nutricional del cultivo de brócoli</i> | 3 |
| 1.1.2 <i>Nitrógeno (N)</i> | 3 |
| 1.1.3 <i>Fósforo (P)</i> | 4 |
| 1.1.4 <i>Potasio (K)</i> | 4 |
| 1.1.5 <i>Otros elementos</i> | 5 |
| 1.1.6 <i>Conceptos relacionados con la fertilización orgánica del brócoli</i> | 5 |
| 1.1.7 <i>Tipos de fertilizantes orgánicos</i> | 6 |
| 1.1.8 <i>Modo de uso de los fertilizantes orgánicos</i> | 6 |
| 1.1.9 <i>Ventajas de la utilización de fertilizantes orgánicos</i> | 7 |
| 1.1.10 <i>Algas marinas la agricultura</i> | 7 |

| | | |
|------------------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1.11 | <i>Tipos de algas marinas utilizados en la agricultura</i> | 8 |
| 1.1.12 | <i>Uso de algas marinas en la fertilización del brócoli</i> | 8 |
| 1.1.13 | <i>Agrostemin</i> | 9 |
| 1.1.14 | <i>Ácidos húmicos en la agricultura</i> | 9 |
| 1.1.15 | <i>Estructura de los ácidos húmicos</i> | 9 |
| 1.1.16 | <i>Uso de ácidos húmicos en la fertilización del brócoli</i> | 10 |
| 1.1.17 | <i>Tbio humikey</i> | 11 |
| 1.2 | Objetivos | 11 |
| 1.2.1 | <i>Objetivo general</i> | 11 |
| 1.2.2 | <i>Objetivos específicos</i> | 11 |
| CAPÍTULO II..... | | 13 |
| METODOLOGÍA..... | | 13 |
| 3.1 | Ubicación del experimento..... | 13 |
| 3.2 | Características del lugar | 13 |
| 3.2.1 | <i>Características del suelo</i> | 13 |
| 3.2.2 | <i>Características climáticas</i> | 13 |
| 3.3 | Materiales y equipos | 14 |
| 3.4 | Factores de estudio | 14 |
| 3.4.1 | <i>Fertilizantes orgánicos</i> | 14 |
| 3.4.2 | <i>Dosis fertilizantes orgánicos</i> | 14 |
| 3.5 | Tratamientos..... | 15 |
| 3.6 | Diseño experimental | 15 |
| 3.7 | Manejo del ensayo | 16 |
| 3.7.1 | <i>Análisis de suelo</i> | 16 |
| 3.7.2 | <i>Preparación del suelo</i> | 16 |

| | | |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------|----|
| 3.7.3 | <i>Descontaminación del suelo</i> | 16 |
| 3.7.4 | <i>Parcelamiento</i> | 17 |
| 3.7.5 | <i>Fertilización de fondo</i> | 19 |
| 3.7.6 | <i>Adquisición del material vegetativo</i> | 19 |
| 3.7.7 | <i>Trasplante</i> | 19 |
| 3.7.8 | <i>Aplicación de productos para la investigación</i> | 19 |
| 3.7.9 | <i>Riego</i> | 20 |
| 3.7.10 | <i>Deshierbes</i> | 20 |
| 3.7.11 | <i>Control Fitosanitario</i> | 20 |
| 3.7.12 | <i>Cosecha</i> | 20 |
| 3.8 | <i>Variables respuestas</i> | 21 |
| 3.8.1 | <i>Altura de la planta</i> | 21 |
| 3.8.2 | <i>Diámetro del tallo</i> | 21 |
| 3.8.3 | <i>Diámetro de la pella</i> | 21 |
| 3.8.4 | <i>Peso de la pella</i> | 21 |
| 3.8.5 | <i>Rendimiento Kg/ha</i> | 22 |
| CAPÍTULO III | | 23 |
| RESULTADOS Y DISCUSIONES..... | | 23 |
| 3.1 | <i>Análisis y discusiones de los resultados</i> | 23 |
| 3.1.1 | <i>Altura de planta (cm)</i> | 23 |
| 3.1.2 | <i>Diámetro del tallo (cm)</i> | 24 |
| 3.1.3 | <i>Diámetro de la pella (cm)</i> | 24 |
| 3.1.4 | <i>Peso de la pella (Kg)</i> | 25 |
| 3.1.5 | <i>Rendimiento (Kg/ha)</i> | 26 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| CAPÍTULO IV | 28 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 28 |
| 4.1 Conclusiones | 28 |
| 4.2 Recomendaciones | 29 |
| MATERIAL DE REFERENCIA..... | 30 |
| Bibliografía | 30 |
| Anexos..... | 34 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Tratamientos utilizados en el ensayo..... | 15 |
| Tabla 2. Memoria técnica del trabajo de campo..... | 17 |
| Tabla 3. Prueba de significancia de Tukey al 5% para los tratamientos en la variable altura de la planta..... | 23 |
| Tabla 4. Prueba de significancia de Tukey al 5% para los tratamientos en la variable diámetro del tallo | 24 |
| Tabla 5. Prueba de significancia de Tukey al 5% para los tratamientos en la variable diámetro de la pella..... | 25 |
| Tabla 6. Prueba de Kruskal-Wallis al 5% para los tratamientos en las variables peso del repollo | 26 |
| Tabla 7. Prueba de Kruskal-Wallis al 5% para los tratamientos en las variables rendimiento del cultivo de brócoli..... | 27 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Diseño y dimensiones del área de investigación | 18 |
| Anexo 1. Análisis químico del área del ensayo de campo | 34 |
| Anexo 2. Preparación del terreno | 35 |
| Anexo 3. Trazado y delimitación de áreas de investigación..... | 35 |
| Anexo 4. Elaboración de las camas | 35 |
| Anexo 5. Desinfección de las camas | 36 |
| Anexo 6. Etiquetado de las camas y sub parcelas | 36 |
| Anexo 7. Trasplante del material vegetal | 36 |
| Anexo 8. Colocación del abono complementario | 37 |
| Anexo 9. Aplicación de productos de la investigación..... | 37 |
| Anexo 10. Trabajo de campo 80 días posteriores de haber realizado el trasplante..... | 38 |
| Anexo 11. Visita del ensayo de campo por parte del tutor de la investigación | 38 |
| Anexo 12. Levantamiento de datos de la variable altura de la planta | 39 |
| Anexo 13. Levantamiento de datos de la variable diámetro del tallo..... | 39 |
| Anexo 14. Levantamiento de datos de la variable diámetro de la pella del brócoli..... | 40 |
| Anexo 15. Cosecha y levantamiento de los datos de la variable peso de la pella del brócoli | 40 |
| Anexo 16. Datos de la variable altura de la planta (cm) | 40 |
| Anexo 17. Datos de la variable diámetro del tallo (cm) | 41 |
| Anexo 18. Datos de la variable diámetro de la pella (cm)..... | 41 |
| Anexo 19. Datos de la variable peso de la pella (Kg) | 41 |
| Anexo 20. Datos de la variable rendimiento del cultivo (Kg/ha)..... | 42 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se realizó en la propiedad de la Sra. Gloria Chicaiza, ubicado en el barrio Quinta Niña María, perteneciente a la parroquia La Matriz del cantón Píllaro, provincia de Tungurahua.

La investigación tuvo por objeto determinar el tipo de fertilizante orgánico y la dosis adecuada, que responda al incremento del rendimiento del cultivo de brócoli.

Los factores de estudios utilizados fueron: extracto de algas marinas (F1) y ácidos húmicos (F2) a una concentración D1 (1 g/L), D2 (1,5 g/L) y D3 (2 g/L), con una frecuencia de aplicación de 15 y 30 días después del trasplante para cada tratamiento. El diseño experimental utilizado es el de parcela divididas, siendo la parcela principal los fertilizantes orgánicos y las subparcelas las dosis estructuradas en bloques al azar con un total de 6 tratamientos con 3 repeticiones, además en el trabajo de investigación se manejó un análisis de varianza (ADEVA) para determinar diferencias entre los tratamientos, la prueba de Tukey y la prueba de Kruskal Wallis al 5% con la cual se comparó medias de los tratamientos.

En base a los análisis estadísticos realizados se pudo determinar que el tratamiento con mejores resultados fue el fertilizante orgánico a base de ácidos húmicos F2 a una concentración de D3 de 2 g/L el cual registró valores promedios de 4,64 cm de diámetro del tallo, 12,58 cm de diámetro de la pella, 0,36 Kg del peso de la pella y 13342,66 Kg/ha de rendimiento del cultivo, sin embargo en la variable altura de la planta no existe diferencias significativas por lo cual los resultados más elevados los comparten el tratamiento F1D3 (extracto de algas marinas con una dosis de 2 g/L) con un promedio de 82,79 cm y el tratamiento F2D3 (ácidos húmicos con una dosis de 2 g/L) con un valor promedio de 82,10 cm.

Palabras claves: Extracto de algas marinas, Ácidos húmicos, Rendimiento, Brócoli.

ABSTRACT

The present research work was carried out on the property of Mrs. Gloria Chicaiza, located in the Quinta Niña María neighbourhood, belonging to the parish of La Matriz in the canton of Píllaro, province of Tungurahua.

The objective of the research was to determine the type of organic fertilizer and the appropriate dose that would increase broccoli crop yields.

The study factors used were: seaweed extract (F1) and humic acids (F2) at a concentration of D1 (1 g/L), D2 (1.5 g/L) and D3 (2 g/L), with a frequency of application of 15 and 30 days after transplanting for each treatment. The experimental design used was a split plot design, with the main plot being the organic fertilizers and the subplots the doses structured in randomized blocks with a total of 6 treatments with 3 replications. In addition, an analysis of variance (ADEVA) was used to determine differences between treatments, Tukey's test and the Kruskal Wallis test at 5% with which the means of the treatments were compared.

Based on the statistical analyses carried out, it was determined that the treatment with the best results was the organic fertilizer based on humic acids F2 at a concentration of D3 of 2 g/L, which registered average values of 4.64 cm in stem diameter, 12.58 cm in the diameter of the pellet, 0.36 kg in the weight of the pellet and 13342, 66 Kg/ha of crop yield, however in the plant height variable there are no significant differences, so the highest results are shared by the F1D3 treatment (seaweed extract with a dose of 2 g/L) with an average of 82.79 cm and the F2D3 treatment (humic acids with a dose of 2 g/L) with an average value of 82.10 cm.

Key words: Seaweed extract, Humic acids, Yield, Broccoli.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

La creciente apertura de nuevos mercados mundiales ha permitido que el Ecuador alcance un incremento en la oferta exportable de varios productos agrícolas no tradicionales, de esta manera el país ha mejorado su situación económica mediante la diversificación de productos tales como el cultivo de brócoli (**Calvopiña, 2015**). Entre los años 2014 y 2019 se registra una producción de 39,272 toneladas con ingresos de hasta \$69,782 dólares generados de las exportaciones del cultivo de brócoli, además la producción de este cultivo ha favorecido con la apertura de 11 mil nuevas tasas de empleos directos, lo cual han contribuido para ser considerado como el octavo país exportador a nivel mundial, con una participación anual del 3,8% (**Sánchez et al., 2020**).

Según **Salinas (2014)**, el avance de la tecnología desarrolló varias alternativas con la finalidad de que se pueda llevar a cabo una agricultura más sustentable y sostenible con el medio ambiente, por lo cual la utilización de abonos orgánicos es una de las opciones que nos permite minimizar el excesivo uso de productos químicos, evitando así la contaminación directa de los recursos renovables.

Noé (2020) manifiesta que la utilización de productos a base de algas marinas representa un importante potencial para mejorar la eficiencia en el uso de fertilizantes, el desarrollo y la competitividad de las plantas, ya que al momento de establecer un régimen nutricional que supla las demandas nutricionales requeridas por las plantas en determinados estados fenológicos, resulta clave y preciso poder entender las diversas formulaciones, la forma de entrega de los diferentes nutrientes y su interacción con el ambiente.

Por otra parte, los ácidos húmicos constituyen una fuente importante de energía bioquímica que se encuentra disponible cuando el suelo presenta ciertas condiciones de estrés, además ayudan a regular la retención y liberación de los nutrientes de las plantas lo que provoca un mayor crecimiento de las plantas, como también mejorar la calidad de las pellas cosechadas (**Zamora, 2014**).

Con la utilización de fertilizantes orgánicos se pretende conservar, mejorar y cubrir los déficits existentes por el ciclo natural de los elementos. De esta manera, surge la inquietud de poder analizar el efecto que tendrá la aplicación de algas marinas, ácido húmico en el cultivo de brócoli, por lo que se torna necesario desarrollar el presente trabajo de investigación con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación dirigida al suelo de extractos de algas marinas y ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de brócoli.

1.1 Antecedentes de la investigación

Según **Babasaheb et al. (2021)**, el brócoli es una de las hortalizas más populares a nivel mundial, debido al importante contenido de proteínas, vitaminas y minerales que aporta a los consumidores. Además, se ha descubierto que un alto consumo de brócoli previene enfermedades cardíacas y reduce el riesgo de cáncer ya que en su composición contiene un compuesto denominado glucorafanina (**Kumar y Choudhary, 2014**).

Cisneros y Rocha (2019) manifiestan que, entre los 20 principales exportadores de brócoli del mundo, España sobresale, puesto que para el año de 1990 prácticamente este país contaba con una nula participación del producto, y para el año 2011 pudo alcanzar la cabeza de la lista de los mayores exportadores del brócoli a nivel mundial, por otra parte China a pesar de ser uno de los mayores productores de brócoli en el mundo, sólo exporta un pequeño porcentaje de su producción total, además es importante considerar que dos países latinoamericanos, Ecuador y Guatemala han demostrado un importante crecimiento en el comercio internacional.

En Ecuador se cultivan anualmente más de 9,000 hectáreas de brócoli, con una cosecha correspondiente al 99,8 % de la siembra realizada. A nivel provincial, Cotopaxi produce alrededor del 90 % de todo el brócoli del país, Chimborazo representa sólo el 4,7 % y Tungurahua el 2,6 %, además le siguen la provincia de Imbabura, Pichincha, Azuay, Cañar y Loja (**Sánchez et al., 2020**).

1.1.1 Requerimiento nutricional del cultivo de brócoli.

Mahmud et al. (2008) manifiestan que el cultivo de brócoli al igual que los demás cultivos requiere de elementos esenciales para su correcto desarrollo, de esta manera los fertilizantes mejoran el crecimiento y el rendimiento del brócoli debido al papel que cumplen los macronutrientes y micronutrientes en la planta, además cada uno de los nutriente tiene una finalidad distinta, por lo cual todos los elementos se tornan necesarios e indispensables en la planta; la escasez o el exceso de alguno de ellos provocaría problemas en el cultivo.

1.1.2 Nitrógeno (N)

Un suministro adecuado de nitrógeno es importante para mantener un buen color de las hojas, pero debe evitarse un suministro excesivo, por lo cual la aplicación de cantidades de nitrógeno superiores a las recomendadas puede degradar la calidad del producto al aumentar el riesgo de pudrición de la cabeza, reducir el porcentaje de materia seca en el repollo e inducir el amarillamiento en la formación de la pella del brócoli (**Strange et al., 2010**).

Reid y Morton (2019) manifiestan que, si se emplea fertilizantes nitrogenados solubles como urea, sulfato de amonio o nitrato de amonio calcáreo (CAN), no se debe

realizar aplicaciones superiores a 50 Kg N/ha, por otra parte, si se utiliza fertilizantes de liberación controlada, aplique hasta 100 Kg N/ha del producto comercial.

1.1.3 Fósforo (P)

Mohamed et al. (2021) mencionan que las plantas de coliflor y brócoli necesitan una importante cantidad de fósforo para crecer adecuadamente debido a que este elemento interviene directamente en varios procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, además la adición de fósforo en los cultivos contribuye con la formación de ácidos nucleicos y fosfolípidos, induce el metabolismo del carbono y también promueve las actividades enzimáticas, de esta manera con las aportaciones adecuadas de fósforo contribuye con la optimización del rendimiento del brócoli.

Reid y Morton (2019) recomiendan la aplicación de fósforo en una cantidad de hasta 20 Kg/ha como abono de fondo previo a la siembra, la fuente de este nutriente debe aplicarse al voleo e incorporarse a 15 cm de profundidad, con la finalidad de que se pueda encontrar en un estado disponible en el desarrollo del cultivo, por otra parte se han registrado pocos casos en los que el suministro de P afecte directamente a la calidad de estos cultivos, sin embargo un suministro inadecuado de este elemento incrementa la incidencia de la podredumbre del tallo en la col.

1.1.4 Potasio (K)

Según **Silva et al. (2016)**, el potasio es el nutriente más importante para la productividad del brócoli, debido a que contribuye en la resistencia de las plantas a las enfermedades y al estrés por sequía, al aumento de la eficiencia del uso y aprovechamiento de los diferentes nutrientes requeridos por el cultivo. **Silva et al. (2016)** menciona que los suelos con altos niveles de potasio disponible, las recomendaciones de fertilización para

los cultivos de brócoli y coliflor son divergentes, de esta manera se pueden realizar aplicaciones de hasta 120 Kg/ha en el momento del trasplante del cultivo.

1.1.5 Otros elementos

Abdulhameed et al. (2021) mencionan que los nutrientes secundarios y los micronutrientes son esenciales para el desarrollo de la planta y se caracterizan por ser absorbidos en pequeñas cantidades; estos elementos generalmente no participan en las estructuras de la planta, pero que son esenciales para mantener los procesos metabólicos vitales en las plantas.

Pankaj et al. (2018) mencionan que el boro (B), molibdeno (Mo) y el zinc (Zn) son micronutrientes esenciales para el crecimiento y el desarrollo normal del cultivo de brócoli y coliflor, sin embargo las plantas difieren mucho en sus necesidades, debido a que los rangos de deficiencia y toxicidad son estrechos, por lo cual las deficiencias de boro y molibdeno son muy comunes en las crucíferas causando muchos cambios anatómicos, fisiológicos y biológicos, por lo cual se recomiendan aplicaciones de (B: Mo: Mn: Zn a una dosis de 3: 0.5: 2: 2.5 Kg/ha) antes del trasplante.

1.1.6 Conceptos relacionados con la fertilización orgánica del brócoli

Shaji et al. (2021), describen que los fertilizantes orgánicos son fuentes naturales de minerales que contienen una cantidad importante de nutrientes disponibles para las plantas, además son capaces de mitigar los problemas causados por fertilizantes de síntesis química, disminuyendo la necesidad de aplicar dichos fertilizantes de forma regular para mantener la fertilidad del suelo, debido a que los fertilizantes orgánicos liberan progresivamente los nutrientes en la solución del suelo, manteniendo el equilibrio nutricional para el desarrollo de las plantas, además actúa como fuente de energía para los

microorganismos del suelo, lo que mejora la estructura del suelo y el crecimiento de los cultivos.

Según **Bayati et al. (2021)**, los tejidos de las plantas absorben y acumulan metales pesados con mayor frecuencia como resultado del uso continuo y constante de fertilizantes inorgánicos, lo que disminuye la calidad nutricional y el rendimiento de las plantas hortícolas, incluido el brócoli. **Irsan y Riyanto (2021)** expresan que, para obtener un desarrollo y una productividad óptimos, las plantas de brócoli necesitan ciertos nutrientes, de esta manera el uso de fertilizantes orgánicos es una forma de aumentar el crecimiento y la calidad de las plantas de brócoli, ya que no contiene elementos nocivos que puedan contaminar el medio ambiente circundante.

1.1.7 Tipos de fertilizantes orgánicos

Según **Khan et al. (2017)**, entre los fertilizantes orgánicos más utilizados se encuentran el compost, estiércol animal compostado, el biocarbón, el compost de lombriz, los lodos depurados, los residuos del procesado de alimentos y los biosólidos, de esta manera el reciclaje de residuos orgánicos como fertilizantes y enmiendas en los suelos agrícolas puede reducir la utilización de recursos no renovables y las inversiones en exceso de energía, sin embargo para que los fertilizantes orgánicos puedan ser utilizados como una fuente nutricional, deben pasar por un proceso de compostaje donde el tiempo, la humedad y la aireación influyen en la actividad microbiana encargada de la descomposición de la materia orgánica.

1.1.8 Modo de uso de los fertilizantes orgánicos

Los nutrientes esenciales para las plantas se aplican principalmente en el suelo y en el follaje de las plantas para conseguir el máximo rendimiento del cultivo, el método

de aplicación al suelo es el que se utiliza con mayor frecuencia para los nutrientes, que se requieren en mayores cantidades, sin embargo, en determinadas circunstancias, la fertilización foliar es más económica y eficaz, de esta manera las aplicaciones de fertilizantes al suelo se realizan principalmente sobre la base de pruebas de suelo, mientras que las aplicaciones foliares se realizan principalmente sobre la base de síntomas foliares visuales o pruebas de tejidos de la planta (**Khan et al., 2017**).

1.1.9 Ventajas de la utilización de fertilizantes orgánicos

Doklega y Hady (2017), describen que los fertilizantes orgánicos desempeñan un papel directo en el crecimiento de las plantas como fuente de todos los macro y micronutrientes necesarios en formas disponibles y mejorando las propiedades físicas y químicas de los suelos, además minimizan la demanda de fertilizantes químicos, regulan el pH de los suelos, incrementan la retención de agua y reducen la frecuencia de las enfermedades de las plantas, de esta manera intervienen en el crecimiento vegetativo, el rendimiento y el contenido de nutricional del brócoli.

1.1.10 Algas marinas la agricultura

López et al. (2020) mencionan que en los últimos años, la demanda de productos saludables ha crecido en todo el mundo, por ello una de las dificultades a las que se enfrenta la agricultura contemporánea es el uso desmedido de productos de síntesis química, por lo cual la utilización de algas marinas es uno de los métodos más prácticos para alcanzar los objetivos que demanda una agricultura sustentable y sostenible, las algas son organismos unicelulares simples y fotosintéticos que viven en el agua o en ambientes extremadamente húmedos, las algas marinas han ocupado un lugar importante en el sector agropecuario debido a que pueden ser utilizados como alimento para animales, como acondicionador del suelo, promotor del crecimiento y protector de los cultivos contra plagas y enfermedades.

1.1.11 Tipos de algas marinas utilizados en la agricultura

Gamal (2010) menciona que se han identificado más de 30,000 especies diferentes de algas marinas, las cuales se clasifican en dos grupos principales; el primero son las microalgas, que incluye algas verdeazuladas, dinoflagelados, bacilariofitas (diatomeas) y el segundo son las macroalgas (algas marinas) que incluyen algas verdes, pardas y rojas.

Según **López et al. (2020)**, las macroalgas pardas que crecen en aguas templadas (especialmente las especies: *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* y *Fucus vesiculosus*) han sido tradicionalmente las más utilizadas en la agricultura, debido a su rica composición en alginatos, manitol, betaínas, polifenoles, oligosacáridos (laminanos y fucanos), flavonoides, nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio, zinc, sodio y azufre) y aminoácidos, además del hecho de que la especie *A. nodosum* abunda en las costas marinas.

1.1.12 Uso de algas marinas en la fertilización del brócoli.

Gajc et al. (2012) en su estudio realizado sobre el efecto de los extractos de algas marinas sobre los parámetros de rendimiento y calidad de tres cultivares de brócoli evaluadas a campo abierto con una dosis de 2 L/ha en dos aplicaciones del producto denominado Goëmar BM 86 incrementó el rendimiento comercial y de primera calidad del brócoli, además de provocar un aumento en el peso promedio de la pella del brócoli, además el uso del producto a base de algas marinas en el cultivo de brócoli limitó la aparición de tallo hueco.

1.1.13 *Agrostemin*

Según **Vademécum Agrícola (2008)**, agrostemin es un extracto a base de algas marinas (*A. nodosum*), compuesto por macro y micronutrientes, precursores hormonales de auxinas, giberelinas, citoquininas, poliaminas, ácido jasmónico, salicilatos, brasinoesteroides y otros estimulantes del crecimiento, además de carbohidratos, antioxidantes y vitaminas, que tiene un impacto significativo en el rendimiento, la calidad y el vigor de los cultivos, además el producto incrementa la masa radicular efectiva (renovación de pelos absorbentes), promueve el crecimiento vegetativo de las plantas y estimula la floración, de igual manera tiene un efecto de enraizamiento, rompe la latencia de las semillas, estimula la germinación vigorosa, brotación uniforme y reduce el estrés durante el trasplante, por lo cual se recomienda el uso de agrostemin tanto en aplicaciones foliares como en el sistemas de riego (incluidos los sistemas de goteo y aspersión), y particularmente para la aplicación al suelo vía drench.

1.1.14 *Ácidos húmicos en la agricultura*

Susic (2016) describe que los Ácidos Húmicos son moléculas complejas orgánicas de tono negro marrón formadas por la descomposición de materia orgánica, se encuentran presentes en toda la superficie de la tierra, en las plantas, la vegetación acuática, los hongos, los sedimentos y las aguas terrestres y marinas, por lo cual influyen de manera importante en el entorno agrícola desde la antigüedad, debido a que pueden formar complejos con metales y sustancias orgánicas, lo que puede modificar la toxicidad de los metales pesados, los pesticidas y los herbicidas.

1.1.15 *Estructura de los ácidos húmicos*

Schellekens et al. (2017) mencionan que la materia orgánica natural desempeña un rol fundamental en los procesos biogeoquímicos del medio ambiente, dicha materia es

importante en los estudios agrícolas por su papel en la fertilidad del suelo, además producto de la degradación progresiva de la materia orgánica se forman moléculas complejas con múltiples propiedades denominadas sustancias húmicas.

Según **Pettit (2008)**, las sustancias húmicas pueden subdividirse en tres fracciones principales humina, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos, estas subdivisiones se basan arbitrariamente en la solubilidad de cada fracción en agua ajustada a diferentes condiciones ácido-alcalinas (niveles de pH). **Susic, (2016)** menciona que los ácidos húmicos son mezclas complejas de moléculas orgánicas de diferentes tamaños, pesos moleculares y grupos funcionales como fenoles, carboxilos, quinonas y aminoácidos, por ello los ácidos húmicos están presentes en todos los medios en los que se descompone la materia orgánica, como las aguas, los suelos, los sedimentos y los residuos orgánicos.

1.1.16 Uso de ácidos húmicos en la fertilización del brócoli

Hawall et al. (2018) en su ensayo realizado en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Sulaimani, acerca de la aplicación de ácidos húmicos con tres niveles de dosificación vía foliar (2,5, 3,5 y 4,5 cm³/L) y con tres niveles de aplicaciones dirigidas al suelo (1,5, 2,5 y 3,5 cm³/L), sobre el crecimiento y los componentes del rendimiento del brócoli (*Brassica oleracea* L. Var. Corato), evaluadas después de dos semanas desde el trasplante, con una frecuencia de aplicación de cuatro veces a cada una de las plantas de brócoli, determinaron que la aplicación al suelo en una proporción de 1,5 cm³/L logró los resultados más altos de altura de planta (53 cm), peso fresco de la cabeza principal (403,5 g) y rendimiento total (50 Tn/ha), de esta manera los resultados implican que la aplicación al suelo de ácido húmico a la dosis de 1,5 cm³/L podría ser recomendada para su uso en el campo agrícola para producir rendimientos óptimos.

1.1.17 *Tbio humikey*

Según **Tbio Crop Science (2022)**, Tbio Humikey es un producto nuevo y mejorado, elaborado a partir de ácidos húmicos extraídos de las minas de leonardita, este producto se encuentra disponible en forma polvo fino o escamas y tiene una excelente solubilidad en agua en una amplia gama de valores de pH, incluidos aquellos que son ligeramente ácidos, además su pequeño peso molecular mejora sus propiedades quelantes y facilita su absorción por las plantas, de esta manera el producto permite mejorar la estructura del suelo, promover la eficiencia del fertilizante, incrementar las capacidades de retención de agua e intercambio catiónico, evita que el suelo sea contaminado con iones metálicos pesados, reduce los residuos de pesticidas, estimula el crecimiento de las plantas y la germinación de semillas, promueve el desarrollo de raíces, mejora la absorción de nutrientes a través de las hojas y raíces, incrementa la eficacia de los plaguicidas, lo cual permite que los cultivos puedan aumentar el rendimiento y mejorar la calidad de las plantas.

1.2 **Objetivos**

1.2.1 *Objetivo general*

“Evaluar la aplicación de extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y ácidos húmicos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Italica*)”

1.2.2 *Objetivos específicos*

Determinar qué fertilizante orgánico de los aplicados obtiene el mejor rendimiento en el cultivo de brócoli.

Definir cuál dosis de los productos aplicados proporcionan el mejor rendimiento en el cultivo de brócoli.

Establecer si existe una interacción entre los fertilizantes orgánicos y las dosis aplicadas al cultivo de brócoli.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en el barrio la Quinta Niña María, de la parroquia la Matriz, del cantón Píllaro, perteneciente a la provincia de Tungurahua, con las siguientes coordenadas geográficas: latitud de 1° 11' 04" Sur y longitud de 78° 32' 28" Oeste, con altitud de 2735 msnm (**Datos tomados con GPS, Sistema de Posicionamiento Global**).

3.2 Características del lugar

3.2.1 *Características del suelo*

Según **Carrera et al. 2014**, los órdenes de suelos que predominan en el cantón Píllaro son los Histosoles e Inceptisoles que aparecen en las zonas más altas del cantón y los Mollisoles que se encuentran distribuidos en la zona del oeste y en las zonas más bajas del cantón. Todos los suelos del cantón Píllaro son de origen volcánico, con diferenciaciones de textura entre: limo-arenosos, arenoso-limoso y además en las partes altas existe una mayor presencia de suelos negros con textura limo-arcilloso.

3.2.2 *Características climáticas*

El clima en el cantón Píllaro es diverso debido a la altitud en la que se encuentra; así, en páramos y montañas llueve con mucha frecuencia y el frío es muy intenso. En la parte de las mesetas o sub páramos, las precipitaciones son menores. Ubicado en la región

de clima Ecuatorial mesotérmico frío, el cantón Píllaro posee una temperatura media anual de 13°C (Sarabia, 2015).

3.3 Materiales y equipos

- Azadón
- Balanza digital
- Bomba de fumigar de mochila
- Calibrador vernier
- Cinta métrica
- Material vegetal de brócoli variedad avenger
- Pala
- Producto comercial a base de ácidos húmicos
- Producto comercial a base de algas marinas
- Rastrillo
- Regadera

3.4 Factores de estudio

3.4.1 *Fertilizantes orgánicos*

F1: Extracto de algas marinas (Producto comercial "Agrostemin")

F2: Ácidos húmicos (Producto comercial "TBIO Humikey")

3.4.2 *Dosis fertilizantes orgánicos*

D1: 1 g/L

D2: 1,5 g/L

D3: 2 g/L

3.5 Tratamientos

Tabla 1. Tratamientos utilizados en el ensayo

| TRATAMIENTO | SIMBOLOGÍA | DESCRIPCIÓN |
|-------------|------------|---------------------------------------|
| 1 | F1D1 | Algas marinas a una dosis de 1 g/L |
| 2 | F1D2 | Algas marinas a una dosis de 1,5 g/L |
| 3 | F1D3 | Algas marinas a una dosis de 2 g/L |
| 4 | F2D1 | Ácidos húmicos a una dosis de 1 g/L |
| 5 | F2D2 | Ácidos húmicos a una dosis de 1,5 g/L |
| 6 | F2D3 | Ácidos húmicos a una dosis de 2 g/L |

Elaborado por: Toapanta,2022

3.6 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó es el de parcela dividida, siendo la parcela principal los fertilizantes orgánicos y las subparcelas las dosis estructuradas en bloques al azar.

Se realizó un análisis de varianza (ADEVA) para determinar diferencias entre los tratamientos y la Prueba de Tukey al 5% para comparar medias de tratamientos en las variables que tienen una distribución Normal y la prueba de Kruskal y Wallis para medias en las variables que no tienen una distribución Normal.

3.7 Manejo del ensayo

3.7.1 Análisis de suelo

Se realizó un análisis de suelo en el cual se tomó varias sub muestras del área destinada para la investigación, conformando así una muestra de suelo, la cual se envió al laboratorio para su respectivo análisis (Anexo 1).

3.7.2 Preparación del suelo

Para la preparación del suelo se realizó de manera manual con la utilización de herramientas como azadón, palas y rastrillo para la delimitación del área del ensayo.

3.7.3 Descontaminación del suelo

Se realizó una desinfección del suelo con el producto comercial Vitavax (Ingredientes activos Carboxin y Captan), se utilizó 40 cm³ del producto en 40 litros de agua (dosis recomendada 2 cm³/L), antes del trasplante para disminuir la incidencia de enfermedades que pueden dificultar el desarrollo del ensayo.

3.7.4 Parcelamiento

El trazado de las parcelas, sub parcelas y caminos se realizó manualmente y se utilizó estacas, piolas y azadones, los cuales estarán comprendidas dentro del área designada para la investigación.

Tabla 2. Memoria técnica del trabajo de campo

| DESCRIPCIÓN | VALOR |
|--------------------------------|----------------------|
| Número total de parcelas | 1 |
| Número total de subparcelas | 2 |
| Número total de tratamientos | 6 |
| Número de repeticiones | 3 |
| Número total de camas | 18 |
| Ancho de las camas | 1,20 m |
| Largo de las camas | 1,20 m |
| Superficie por cada cama | 1,44 m ² |
| Largo de la parcela | 10,70 m |
| Ancho de la parcela | 5,60 m |
| Ancho de caminos | 0,50 m |
| Superficie total de la parcela | 59,92 m ² |
| Superficie neta de la parcela | 25,92 m ² |
| Distancia entre plantas | 0,40 m |
| Distancia entre Hileras | 0,60 m |
| Número de plantas por cama | 6 |
| Número total de plantas | 108 |

Elaborado por: Toapanta,2022

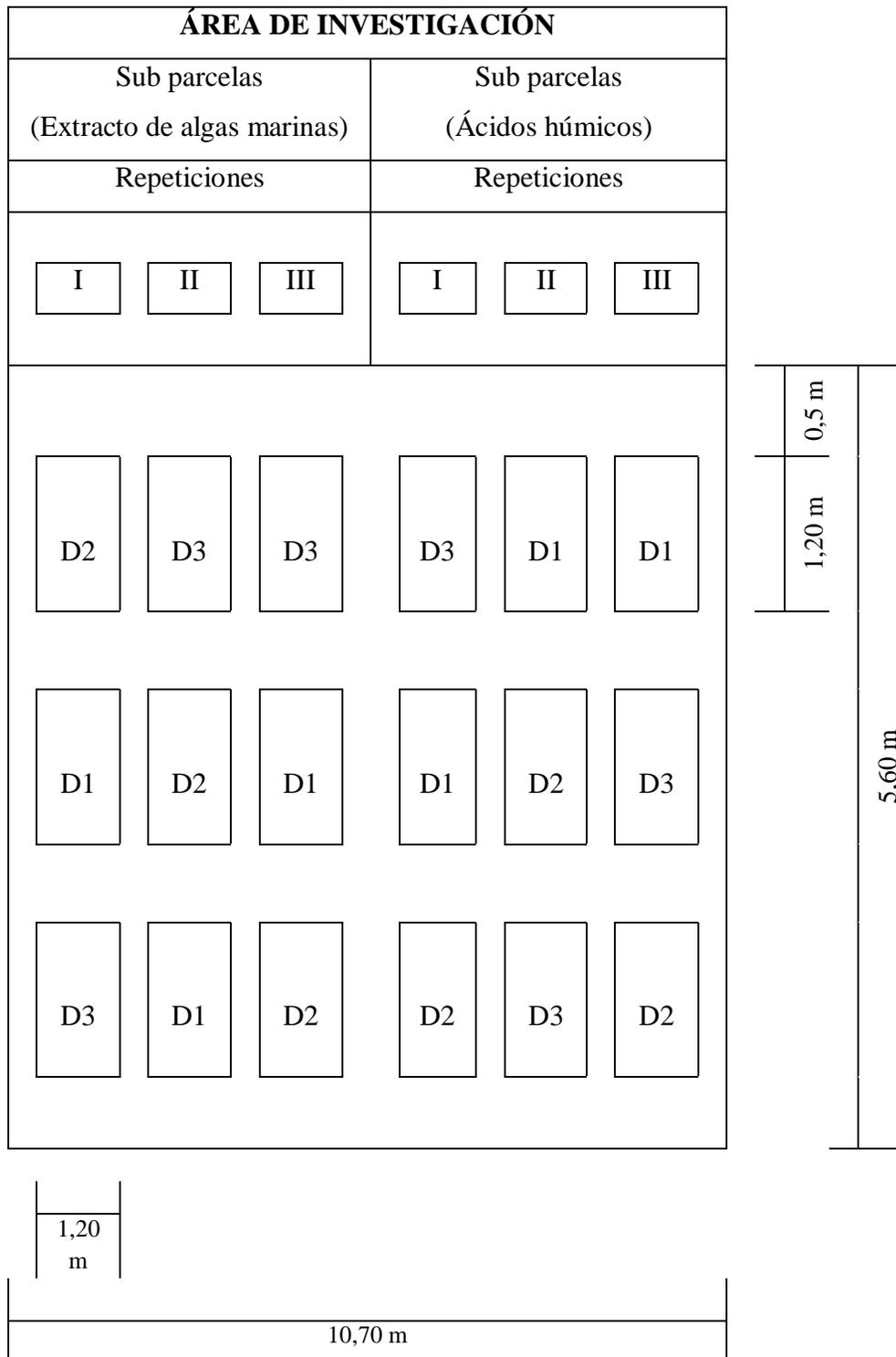


Figura 1. Diseño y dimensiones del área de investigación

3.7.5 *Fertilización de fondo*

La fertilización de fondo se la realizó en base a los resultados obtenidos del análisis de suelo y de acuerdo al nivel del requerimiento del cultivo y absorción nutricional, de esta manera se utilizó una cantidad de 413,21 gramos de urea, 150,26 gramos de superfosfato triple y 388,80 gramos de muriato de potasio, los cuales se colocaron en una cantidad de 8,81 gramos en cada planta.

3.7.6 *Adquisición del material vegetativo*

Para la presente investigación se utilizó plántulas de brócoli variedad avenger. Las plantas fueron adquiridas en la Bodega Agrícola Píllaro, con una altura de diez centímetros con un par de hojas verdaderas.

3.7.7 *Trasplante*

El trasplante se realizó de forma manual, colocando una planta por cada sitio a una distancia de 0,60 m entre hileras y 0,40 m entre plantas.

3.7.8 *Aplicación de productos para la investigación*

Se aplicó los productos comerciales a base de algas marinas, ácidos húmicos a los 15 y 30 días después del trasplante vía drench, para lo cual se utilizó una cantidad de 200 cm³ por cada planta.

3.7.9 *Riego*

El método de riego se realizó de forma manual con una regadera a una frecuencia de 3 y 4 días, dependiendo principalmente de las condiciones climáticas que se presentaron en el sitio en estudio y los requerimientos del cultivo de brócoli.

3.7.10 *Deshierbes*

Se realizó deshierbes de forma manual a los 20 y 65 días después del trasplante del brócoli.

3.7.11 *Control Fitosanitario*

Se realizaron controles fitosanitarios con la finalidad de evitar el deterioro de las plantas por alguna afección de algún agente patógeno. La aplicación se realizó en base al monitoreo en el cultivo, de esta manera se efectuó un control preventivo a los 25 días después del trasplante, por lo cual se utilizó un insecticida de ingrediente activo Chlorpyrifos y un funguicida de ingrediente activo Propamocarb hydrochloride a una concentración de 1,25 cm³/L y 1,5 cm³/L correspondiente a la dosis recomendada para cada uno de los casos.

3.7.12 *Cosecha*

La cosecha se realizó a los 80 días posteriores al trasplante, momento en que la mayoría de las pellas del brócoli han completado su madurez fisiológica.

3.8 Variables respuestas

3.8.1 Altura de la planta

La altura de la planta se obtuvo con ayuda de una cinta métrica desde la parte del cuello de la planta hasta el ápice de la hoja, de 5 plantas tomadas al azar cada parcela a los 80 días después del trasplante.

3.8.2 Diámetro del tallo

Con ayuda de un calibrador vernier se determinó el diámetro de los tallos para lo cual se tomó 5 plantas al azar de cada lote de estudio. La lectura fue tomada a los 80 días posteriores al trasplante de la parte media del tallo.

3.8.3 Diámetro de la pella

Para la determinación del diámetro de la pella del brócoli se utilizó el calibrador vernier, el valor se lo obtuvo del promedio de la lectura del diámetro ecuatorial y el diámetro polar de la pella, dichos resultados fueron registrados de 5 pellas tomadas al azar de cada tratamiento de estudio al cumplir 80 días después del trasplante.

3.8.4 Peso de la pella

Para la determinación de esta variable se procedió a pesar en una balanza digital en el momento de la cosecha de 5 pellas tomadas al azar de cada lote de estudio. La lectura fue tomada a los 80 días después del trasplante.

3.8.5 *Rendimiento Kg/ha*

El rendimiento correspondió al peso total de las pellas cosechadas en cada tratamiento las cuales han completado su madurez fisiológica a los 80 días posteriores al trasplante.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Análisis y discusiones de los resultados

3.1.1 Altura de planta (cm)

De acuerdo al análisis estadístico realizado (Tabla 3), se pudo determinar que los tratamientos del extracto de algas marinas y ácidos húmicos evaluados no mostraron diferencias significativas, sin embargo, el tratamiento F1D3 (extracto de algas marinas a una concentración de 2 g/L) con un valor promedio de 82,79 cm, seguido del tratamiento F2D3 (ácidos húmicos a una concentración de 2 g/L) con un promedio 82,10 cm para la altura de las plantas, son considerados los tratamientos más óptimos basados en los resultados obtenidos. Estos valores se asimilan a la investigación realizada por **Ibadi et al. (2018)**, que a través de su ensayo acerca de la “Influencia de los extractos de algas marinas en el crecimiento del brócoli”, registraron que el tratamiento aplicado a una dosis de 2 cm³/L logró alcanzar una altura de planta significativa de 77,67 cm.

Tabla 3. Prueba de significancia de Tukey al 5% para los tratamientos en la variable altura de la planta

| Tratamientos | Medias (cm) | Rango |
|--------------|-------------|-------|
| F1D3 | 82,79 | A |
| F2D3 | 82,10 | A |
| F2D2 | 73,09 | A |
| F1D2 | 72,91 | A |
| F2D1 | 72,69 | A |
| F1D1 | 58,34 | A |

Elaborado por: Toapanta, 2022

3.1.2 *Diámetro del tallo (cm)*

En base al análisis estadístico para la variable diámetro del tallo (Tabla 4), se pudo determinar que el tratamiento que obtuvo los mejores resultados fue F2D3 (ácidos húmicos a una concentración de 2 g/L) el cual mostró un promedio de 4,64 cm de diámetro del tallo, por otra parte, el tratamiento F1D1 (extracto de algas marinas a una concentración de 1 g/L) registró promedio de 2,85 cm el cual es considerado el tratamiento más bajo en base al diámetro del tallo del brócoli. Los datos obtenidos en la presente investigación resultaron superiores a los registrados por **Taey et al. (2019)** en su investigación relacionada con “Los efectos beneficiosos de los biofertilizantes y ácido húmico en el cultivo de brócoli” los cuales obtuvieron un valor promedio 3,61 cm de diámetro del brócoli con una dosis de 5 cm³/L del tratamiento efectuado con los ácidos húmicos.

Tabla 4. Prueba de significancia de Tukey al 5% para los tratamientos en la variable diámetro del tallo

| Tratamientos | Medias (cm) | Rango |
|---------------------|--------------------|--------------|
| F2D3 | 4,64 | A |
| F1D3 | 4,41 | A |
| F2D2 | 4,03 | A |
| F2D1 | 3,98 | A |
| F1D2 | 3,56 | A B |
| F1D1 | 2,85 | B |

Elaborado por: Toapanta, 2022

3.1.3 *Diámetro de la pella (cm)*

Con respecto al diámetro de la pella (Tabla 5) se comprobó que el tratamiento que obtuvo los resultados más elevados fue F2D3 (ácidos húmicos a una concentración de 2

g/L) el cual mostró una media de 12,58 cm de diámetro de la pella, por otra parte, los resultados obtenidos del tratamiento F1D1 (extracto de algas marinas a una concentración de 1 g/L) con promedio de 4,20 cm son considerados el tratamiento con valores promedios más bajos en base al diámetro de la pella del brócoli. Los valores registrados en la presente investigación se asimilan a la investigación realizada por **Hawall et al. (2018)**, quienes realizaron el ensayo basados en el “Crecimiento y rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. Var. Corato) afectado por la aplicación de ácido húmico” dirigidos al suelo a una dosis de (2,5 cm³/L) los cuales obtuvieron promedios aproximados de 13,1 cm de diámetro del repollo del brócoli.

Tabla 5. Prueba de significancia de Tukey al 5% para los tratamientos en la variable diámetro de la pella

| Tratamientos | Medias (cm) | Rango |
|---------------------|--------------------|--------------|
| F2D3 | 12,58 | A |
| F1D3 | 11,09 | A B |
| F2D2 | 10,75 | A B |
| F2D1 | 9,93 | A B C |
| F1D2 | 6,55 | B C |
| F1D1 | 4,20 | C |

Elaborado por: Toapanta, 2022

3.1.4 *Peso de la pella (Kg)*

Para el caso del peso de la pella y el rendimiento del cultivo, los resultados obtenidos no responden a una distribución normal debido que el tratamiento de extracto de algas marinas mostró un retraso notorio en la formación de la cabeza del repollo comparado con el tratamiento de ácidos húmicos, por tal motivo se utilizó un análisis de varianza no paramétrico basados en la prueba de Kruskal-Wallis.

Según los resultados obtenidos estadísticamente (Tabla 6) se logró determinar que el tratamiento F2D3 (ácidos húmicos a una concentración de 2 g/L) con un valor promedio de 0,36 Kg obtuvo los mejores resultados en base al peso de la pella del brócoli a diferencia del tratamiento de F1D1 (extracto de algas marinas a una concentración de 1 g/L) que reportó un promedio del peso de la pella de 0,03 Kg el cual mostró los resultados más bajos en cuanto al peso del repollo, por otra parte en la investigación realizada por **Hawall et al. (2018)**, relacionado con el “Crecimiento y rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. Var. Corato) afectado por la aplicación de ácido húmico” mostró que la aplicación al dirigida al suelo en la proporción de (2,5 cm³/L) alcanzó los resultados más altos en el peso fresco de la cabeza pella (0,406 Kg), con una dosis de 2,5 cm³/L.

Tabla 6. Prueba de Kruskal-Wallis al 5% para los tratamientos en las variables peso del repollo

| Tratamientos | Medias (Kg) | Rango |
|--------------|-------------|-------|
| F2D3 | 0,36 | A |
| F1D3 | 0,25 | A |
| F2D2 | 0,29 | A |
| F2D1 | 0,21 | A B |
| F1D2 | 0,14 | A B |
| F1D1 | 0,03 | B |

Elaborado por: Toapanta, 2022

3.1.5 Rendimiento (Kg/ha)

Según el análisis estadístico realizado (Tabla 7) para la variable rendimiento del cultivo, se registró que el tratamiento más elevado corresponde al F2D3 (ácidos húmicos a una concentración de 2 g/L) el cual obtuvo un valor promedio de 13342,66 Kg/ha de rendimiento, por otra parte, el tratamiento F1D1 (extracto de algas marinas a una concentración de 1 g/L) con un promedio de 1102,34 Kg/ha es el tratamiento con más bajo

rendimiento del cultivo de brócoli registrado. Los resultados obtenidos en el ensayo son superiores a comparación de la investigación realizada por **Issawi et al. (2021)**, quienes determinaron el efecto del ácido húmico en el agua de riego en dos niveles diferentes en el cultivo de (*Brassica oleracea* Var. Italica), a una concentración de 0,25 g/L registraron un valor aproximado de 12210 Kg/ha del rendimiento total de la producción del cultivo.

Tabla 7. Prueba de Kruskal-Wallis al 5% para los tratamientos en las variables rendimiento del cultivo de brócoli

| Tratamientos | Medias (Kg/ha) | Rango |
|---------------------|-----------------------|--------------|
| F2D3 | 13342,66 | A |
| F1D3 | 9058,70 | A |
| F2D2 | 10267,22 | A |
| F2D1 | 7819,12 | A B |
| F2D1 | 7819,12 | A B |
| F1D2 | 5085,83 | A B |
| F1D1 | 1102,34 | B |

Elaborado por: Toapanta, 2022

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Una vez que se ha completado y finalizado el trabajo de investigación acerca de la “Evaluación de la aplicación de extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y ácidos húmicos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Italica*)”, se concluye lo siguiente:

En base a la recopilación de datos obtenidos en el trabajo de campo y en el análisis estadístico se concluye que el tratamiento F2 basado en la aplicación de ácidos húmicos obtiene los mejores resultados con respecto a las características agronómicas y de rendimiento del cultivo de brócoli a comparación del tratamiento F1 con extracto de algas marinas que registró valores promedios bajos.

Se estableció que la dosis D3 registró los mejores resultados, independientemente del fertilizante utilizado la concentración de 2 g/L de agua se mostró como la mejor alternativa para el uso de los fertilizantes orgánicos incidiendo de tal manera en las variables agronómicas y de producción del cultivo de brócoli.

Mediante el trabajo de investigación se pudo determinar de que, si existe una interacción entre los fertilizantes orgánicos y las dosis aplicadas al cultivo de brócoli, debido a que el tratamiento con ácidos húmicos F2 conjuntamente con la dosis D3 que responde a la concentración de 2 g/L de agua mostraron los valores de promedio más elevados en cada una de las variables evaluadas.

4.2 Recomendaciones

En cuanto a la utilización de fertilizantes orgánicos y de acuerdo al ensayo realizado se recomienda la utilización de ácidos húmicos como fuente de fertilización y nutrición orgánica ya que debido a sus propiedades ayudan al desarrollo optimo del cultivo de brócoli.

Se recomienda una aplicación de ácidos húmicos en una concentración de 2 g/L de agua, debido a que este tratamiento registró los mejores resultados en el ensayo realizado influyendo de tal manera en los resultados más elevados ya sea en la altura de la planta, diámetro del tallo, diámetro de la pella, peso de la pella y el rendimiento del cultivo del brócoli.

Se recomienda realizar aplicaciones adicionales a la fertilización de algas marinas con potasio y otros elementos secundarios que ayuden a incrementar el peso de la pella y el rendimiento del cultivo del brócoli.

Se recomienda realizar investigaciones complementarias en base al ensayo realizado para determinar los beneficios que aporó los fertilizantes orgánicos evaluados en el mejoramiento químico y físico del suelo, con la finalidad de llevar a cabo una gestión total y adecuada de los recursos que interactúan en el manejo sustentable y sostenible del cultivo brócoli.

MATERIAL DE REFERENCIA

Bibliografía

- Abdulhameed, M., Taha, A., & Ismail, R. (2021). Improvement of cabbage growth and yield by nanofertilizers and nanoparticles. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 15, 100437.
<https://doi.org/10.1016/J.ENMM.2021.100437>
- Babasaheb, P., Mahatma, K., & Vidyapeeth, P. K. (2021). Scientific Cultivation of Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). www.agricosemagazine.com
- Bayati, H., Allela, W., Salim, N., & Ibraheem, F. (2021). Effect of the Combined Application of Organic and Mineral Fertilizers on the Growth and Yield of Broccoli (*Brassica Oleracea* Var.*Italica*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 910(1), 6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/910/1/012115>
- Calvopiña, D. (2015). Análisis de competitividad del sector del Brócoli en Ecuador en el período 2007-2013. In Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Carrera, A., Duque, J., González, S., Amo, E., & Barrio, F. (2014). Cantón Latacunga / Bloque 1 . 1 Proyecto : “ Levantamiento De Cartografía Temática. 1–66.
- Cisneros, Y., & Rocha, J. (2019). La producción de brócoli en la actividad agroindustrial en México y su competitividad en el mercado internacional. *Acta Universitaria*, 29, 1–13. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2156>
- Doklega, S., & Hady, M. (2017). Impact of Organic, Mineral and Bio-Fertilization on Broccoli. *Journal of Plant Production*, 8(9), 945–951.
<https://doi.org/10.21608/jpp.2017.40920>
- Gajc, J., Spiewski, T., & Grabowska, A. (2012). The Effect of Seaweed Extracts on the Yield and Quality Parameters of Broccoli (*Brassica oleracea* var. *cymosa* L.) in Open Field Production. *Acta Horticulturae*, 1009, 83–90.
<https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2013.1009.9>

- Gamal, A. . (2010). Biological importance of marine algae. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18(1), 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2009.12.001>
- Hawall, I., Raheem, S., & Tofiq, G. (2018). Growth and Yield of Broccoli (*Brassica oleracea* L. Var. Corato) as affected by humic acid application. *Journal of Plant Production*, 9(9), 739–741. <https://doi.org/10.21608/jpp.2018.36398>
- Ibadi, A., Kazem, A. H., Mahmoud, H., & Meli, A. (2018). Influenced of Seaweed Extracts and Its Magnetization in Growth and Yield of Broccoli. *Ministry of Agriculture BA*, 10(2), 7–12. [https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/828/1/012011/pdf#:~:text=seaweed extract significantly influences plant,%2C and auxins \(7\).](https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/828/1/012011/pdf#:~:text=seaweed%20extract%20significantly%20influences%20plant,%20C%20and%20auxins%20(7).)
- Irsan, F., & Riyanto, D. (2021). The Study of nutrient removal and implementation of organic farming on broccoli cultivation to anticipate climate change. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 824(1), 11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/824/1/012015>
- Issawi, K. J., Dulaimi, K. H., & Alkhateb, B. H. (2021). Role of Humic Acid and Chemical Fertilizer in NPK Concentration, Growth and Yield of Broccoli under Salinity Conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 910(1), 8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/910/1/012085>
- Khan, M., Mobin, M., Abbas, Z., & Alamri, S. (2017). Fertilizers and their contaminants in soils, surface and groundwater. *Encyclopedia of the Anthropocene*, 1–5, 225–240. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09888-8>
- Kumar, A., & Choudhary, A. (2014). *Advances in Vegetable Agronomy -Scientific cultivation of Okra*. January 2019, 8. file:///C:/Users/junio_000/Downloads/BroccoliChapter.pdf
- López, I., Martínez, L., Pérez, G., Reyes, Y., Núñez, M., & Cabrera, J. (2020). Algae and their uses in agriculture. An update. *Cultivos Tropicales*, 41(2), 10. <http://ediciones.inca.edu.cu>
- Mahmud, S., Haider, J., Moniruzzaman, M., & Islam, M. (2008). Optimization of

- fertilizer requirement for broccoli under field condition. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 32(3), 487–491. <https://doi.org/10.3329/bjar.v32i3.550>
- Mohamed, M., Ali, M., Eid, R., El-Desouky, H. S., Petropoulos, S. A., Sami, R., Al-Mushhin, A., Ismail, K. A., & Zewail, R. (2021). Phosphorus and Biofertilizer Application Effects on Growth Parameters, Yield and Chemical Constituents of Broccoli. *Agronomy* 2021, 11(11), 16. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11112210>
- Noé, M. J. (2020). Fertilización foliar con extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad del brócoli.
- Pankaj, P., Rana, B. S., & Kumar, B. (2018). Influence of different micronutrient on vegetative growth of broccoli (*Brassica oleracea* var . *italica*) cv . green magic. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(7), 615–620. <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue1S/PartAP/SP-7-1-792.pdf>
- Pettit, R. (2008). ORGANIC MATTER, HUMUS, HUMATE, HUMIC ACID, FULVIC ACID AND HUMIN: THEIR IMPORTANCE IN SOIL FERTILITY AND PLANT HEALTH. Emeritus Associate Professor Texas A&M University, 17. <https://doi.org/10.2307/1399586>
- Reid, J. B., & Morton, J. (2019). Nutrient management for vegetable crops in New Zealand (J. B. Reid (ed.); The New Ze). 2019. <https://www.processvegetables.co.nz/assets/Uploads/Nutrient-Management-for-Vegetable-Crops-in-NZ-Manual-Feb-2019.pdf>
- Salinas, E. (2014). La agricultura orgánica como modelo alternativo. *Tópicos Selectos de Recursos: Desarrollo Sustentable ...*, 1(180), 90–105. https://www.ecorfan.org/bolivia/series/Topicos selectos de Recursos_V/Articulo 9.pdf
- Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2020). Producción de brócoli en Ecuador. *Universidad Técnica de Ambato*, 1, 4. <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/12/Brocoli-en-Ecuador.pdf>

- Sarabia, P. (2015). Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Cantòn Santiago De Pillaro. GADM Santiago de Píllaro, 1, 403.
http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/1860000720001_PDyOT_Pillaro_2014-2015_16-03-2015_22-55-27.pdf
- Schellekens, J., Buurman, P., Kalbitz, K., Zomeren, A. Van, Vidal-Torrado, P., Cerli, C., & Comans, R. N. (2017). Molecular Features of Humic Acids and Fulvic Acids from Contrasting Environments. *Environmental Science and Technology*, 51(3), 1330–1339. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b03925>
- Shaji, H., Chandran, V., & Mathew, L. (2021). Organic fertilizers as a route to controlled release of nutrients. In L. Lewu, T. Volova, K. Rahkumol, & T. Sabu (Eds.), *Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture* (First, pp. 231–245). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819555-0.00013-3>
- Silva, A., Filho, A., Mendoza-Cortez, J., Lima Junior, J., ALP Silva, A., Cecílio Filho, A., Mendoza-Cortez, J., & Lima Junior, J. (2016). Potassium fertilization of cauliflower and broccoli in a potassium-rich soil. *Cien. Inv. Agr*, 43(1), 151–157. <https://doi.org/10.4067/s0718-16202016000100014>
- Strange, M., Cahn, M., Koike, S., Smith, R., Daugovish, O., Fennimore, S., Natwick, E., Dara, S., Takele, E., & Cantwell, M. I. (2010). Broccoli Production in California. *Broccoli Production in California*, 31(1), 1–6. <https://doi.org/10.3733/ucanr.7211>
- Susic, M. (2016). Replenishing Humic Acids in Agricultural Soils. *Agronomy*, 6(4), 6. <https://doi.org/10.3390/agronomy6040045>
- Taey, D. A., Shareefi, M. H., Mijwel, A. K., Tawaha, A. R., & Tawaha, A. R. (2019). The beneficial effects of bio-fertilizers combinations and humic acid on growth, yield parameters and nitrogen content of broccoli grown under drip irrigation system. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25(5), 959–966. <https://www.agrojournal.org/25/05-16.pdf>
- Zamora, F. (2014). “Evaluación Del Efecto a La Aplicación De Ácidos Húmicos Y Fúlvicos En El Cultivo De DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*).”



INMAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
 Panamericana Sur Km. 1, SIN Cutilguagua
 TIS. (02) 3007284 / (02)2504240
 Mail: laboratorio.dsa@inmap.gub.ec



INSPN

INFORME DE ENSAYO No- 22-0233

NOMBRE DEL CLIENTE: Toapanta Chicaiza Jhony Fernando
PETICIONARIO: Toapanta Chicaiza Jhony Fernando
EMPRESA/INSTITUCION: Toapanta Chicaiza Jhony Fernando
DIRECCION: Barro La Quinta

FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA: 05/04/2022
HORA DE RECEPCION DE MUESTRA: 12:08
FECHA DE ANALISIS: 11/04/2022
FECHA DE EMISION: 18/04/2022
ANALISIS SOLICITADO: SUELO 1

| Analisis | Ph | N | P | S* | B* | K | Ca | Mg | Zn* | Cu* | Fe* | Mn* | Ca/Mg | Mg/K | Ca+Mg/K | I | MO* | CO.* | Textura (%)* | | IDENTIFICACION | |
|----------|------|-----|-----|--------|-----|----------|----------|----------|----------|---------|-----|-----|----------|-------|---------|-------|-------|------|--------------|----------------|----------------|-----------|
| | | ppm | ppm | ppm | ppm | meq/100g | meq/100g | meq/100g | ppm | ppm | ppm | ppm | meq/100g | Basas | % | % | Arena | Limo | Arcilla | Clase Textural | | |
| 22-0913 | 7.25 | P.N | 92 | A. 278 | A. | | | 3.35 | A. 20.37 | A. 3.48 | | | 5.85 | 1.04 | 7.13 | 27.20 | | | | | | Muestra 1 |

| Analisis | AH* | Al* | Na.* | C.E.* | N.Totale* | N-NH ₄ ⁺ | K H ₂ O* | P H ₂ O* | Cl* | PH KCl* | IDENTIFICACION |
|----------|-----|-----|------|-------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------|-----|---------|----------------|
| | | | | | | | | | | | |

* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA

PH = Sulf. Agua (1:2.5) P=Ca Mg = Oxen Modificado
 S,B = Folio de Ocio Ca Fe Mn Zn = Oxen Modificado
 B = Cianomet

INTERPRETACION

PH = Acido N = Neutro B = Bajo
 Ac = Acido Lde = Liger Acido LAl = Lgr. Alcalino M = Medio
 PNI = Frec. Neutro NI = Alcalino A = Alto
 RC = Requiere Cal T = Tanco (Bero)

ABREVIATURAS

CE = Conductividad Eléctrica
 M.O. = Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA

C.E. = Pasa Siurada
 M.O. = Decimo de Presion
 AMH = Tubo de Mohr

INTERPRETACION

AH/AI/Na C.E. M.O./Cl
 B = Bajo NS = No Salino S = Salino B = Bajo
 M = Medio LS = Lq Salino MS = Muy Salino ML = Medio
 T = Tanco A = Alto

Escudo acreditacion por:
JOSE ALONSO
LIVICERO
MALTAIV
LABORATORISTA

Escudo acreditacion por:
IVAN RODRIGO
SAMANTEGO
MALGUA
RESPONSABLE DE LABORATORIO

Anexos

Anexo 1. Análisis químico del área del ensayo de campo

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al emisor por este mismo medio y elimine la información.
 * Opiniones de interpretación, etc, que se indican en este informe constituyen una guía para el cliente.

Anexo 2. Preparación del terreno



Anexo 3. Trazado y delimitación de áreas de investigación



Anexo 4. Elaboración de las camas



Anexo 5. Desinfección de las camas



Anexo 6. Etiquetado de las camas y sub parcelas



Anexo 7. Trasplante del material vegetal



Anexo 8. Colocación del abono complementario



Anexo 9. Aplicación de productos de la investigación



Anexo 10. Trabajo de campo 80 días posteriores de haber realizado el trasplante



Anexo 11. Visita del ensayo de campo por parte del tutor de la investigación



Anexo 12. Levantamiento de datos de la variable altura de la planta



Anexo 13. Levantamiento de datos de la variable diámetro del tallo



Anexo 14. Levantamiento de datos de la variable diámetro de la pella del brócoli



Anexo 15. Cosecha y levantamiento de los datos de la variable peso de la pella del brócoli



Anexo 16. Datos de la variable altura de la planta (cm)

| TRATAMIENTO | SIMBOLOGÍA | I | II | III |
|-------------|------------|-------|-------|-------|
| 1 | F1D1 | 62,92 | 67,16 | 44,94 |
| 2 | F1D2 | 83,76 | 62,74 | 72,22 |
| 3 | F1D3 | 71,07 | 87,44 | 89,86 |
| 4 | F2D1 | 62,02 | 69,56 | 86,48 |
| 5 | F2D2 | 69,30 | 72,02 | 77,94 |
| 6 | F2D3 | 81,66 | 74,24 | 90,40 |

Elaborado por: Toapanta, 2022

Anexo 17. Datos de la variable diámetro del tallo (cm)

| TRATAMIENTO | SIMBOLOGÍA | I | II | III |
|--------------------|-------------------|----------|-----------|------------|
| 1 | F1D1 | 2,87 | 3,10 | 2,58 |
| 2 | F1D2 | 3,52 | 3,21 | 3,95 |
| 3 | F1D3 | 3,84 | 4,60 | 4,79 |
| 4 | F2D1 | 3,30 | 3,85 | 4,80 |
| 5 | F2D2 | 3,89 | 3,74 | 4,47 |
| 6 | F2D3 | 4,39 | 4,27 | 5,25 |

Elaborado por: Toapanta, 2022

Anexo 18. Datos de la variable diámetro de la pella (cm)

| TRATAMIENTO | SIMBOLOGÍA | I | II | III |
|--------------------|-------------------|----------|-----------|------------|
| 1 | F1D1 | 2,49 | 4,07 | 6,04 |
| 2 | F1D2 | 1,48 | 7,63 | 10,54 |
| 3 | F1D3 | 9,89 | 11,05 | 12,32 |
| 4 | F2D1 | 6,86 | 7,57 | 15,35 |
| 5 | F2D2 | 9,04 | 7,28 | 15,93 |
| 6 | F2D3 | 8,73 | 11,38 | 17,62 |

Elaborado por: Toapanta, 2022

Anexo 19. Datos de la variable peso de la pella (Kg)

| TRATAMIENTO | SIMBOLOGÍA | I | II | III |
|--------------------|-------------------|----------|-----------|------------|
| 1 | F1D1 | 0,01 | 0,03 | 0,05 |
| 2 | F1D2 | 0,02 | 0,11 | 0,28 |
| 3 | F1D3 | 0,15 | 0,26 | 0,33 |
| 4 | F2D1 | 0,07 | 0,10 | 0,45 |
| 5 | F2D2 | 0,18 | 0,08 | 0,61 |
| 6 | F2D3 | 0,14 | 0,27 | 0,68 |

Elaborado por: Toapanta, 2022

Anexo 20. Datos de la variable rendimiento del cultivo (Kg/ha)

| TRATAMIENTO | SIMBOLOGÍA | I | II | III |
|--------------------|-------------------|----------|-----------|------------|
| 1 | F1D1 | 511,88 | 1141,81 | 1653,33 |
| 2 | F1D2 | 708,75 | 3917,71 | 10631,04 |
| 3 | F1D3 | 5473,06 | 9469,44 | 12233,61 |
| 4 | F2D1 | 2736,60 | 3484,72 | 17236,04 |
| 5 | F2D2 | 6280,28 | 3031,67 | 21489,72 |
| 6 | F2D3 | 5197,43 | 9548,33 | 25282,22 |

Elaborado por: Toapanta, 2022