

Instituto Tecnológico Superior de Abasolo

Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado de Guanajuato.



Abonos orgánicos como alternativa de fertilización en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)

Tesis profesional para obtener el título de:
Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable

Presentan:

Jovana Alejandra Gonzalez Elizarraraz

Alejandra Martinez Chavez

Asesor de Tesis:

Dra. Patricia González Granados

Coasesor de Tesis:

Dra. Virginia Ortiz Timoteo



Autorización de presentación de trabajo de titulación

Se autoriza a las estudiantes **Jovana Alejandra Gonzalez Elizarraraz y Alejandra Martinez Chavez** inscrito en la Ingeniería Innovación Agrícola Sustentable del Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, con número de control **AS20110063 y AS20110499**, a defender su proyecto de trabajo de titulación **Abonos orgánicos como alternativa de fertilización en brócoli (*Brassica oleracea var. italica*)** ante el comité sinodal asignado.

La presente se expide en Abasolo Guanajuato a los 25 días del mes de noviembre de 2024.

Dra. Patricia González Granados
Presidente del sínodo

Dra. Virginia Ortiz Timoteo
Secretario del sínodo

Ing. Leonel Sandro Maldonado
Méndez
Vocal del sínodo

Dedicatorias

Jovana Alejandra Gonzalez Elizarraraz

A Dios por permitirme alcanzar este logro brindándome salud, sabiduría, fortaleza y dedicación para culminar el proyecto.

Se lo dedico con mucho amor y cariño a mis padres **Jose Luis y Adriana**, mi novio **Enrique** y hermano **Jose Luis**, quienes han estado siempre a mi lado a pesar de toda limitante, motivándome con sus excelentes palabras y ejemplo para alcanzar todas mis metas y objetivos.

Se los dedico como un reconocimiento al esfuerzo y apoyo incondicional que me han brindado en el transcurso de mi vida y en mis estudios, por motivar en mí, el deseo de superación y triunfo en la vida lo que ha contribuido a la consecución de este logro.

Alejandra Martinez Chavez

A mis padres **Susana y Juan** con todo mi amor y cariño por su gran sacrificio y esfuerzo por darme una carrera y por creer en mi capacidad, siempre inspirándome a ser mejor persona, dándome los mejores consejos para poder superarme cada día más. A mis hermanas y hermano quienes con sus palabras de aliento no me dejaban rendirme para que siguiera adelante, quienes sin esperar nada a cambio estuvieron conmigo acompañándome en los momentos difíciles. Y a Dios por brindarme salud y fortaleza, por siempre levantarme de cualquier tropiezo durante este proceso de culminación en mis estudios. Todo el esfuerzo va dedicado con todo mi cariño al apoyo absoluto que me brindan a pesar de las adversidades.

Agradecimientos

Jovana Alejandra Gonzalez Elizarraraz

En primer lugar, quiero agradecerle a **Dios** por permitirme llegar hasta donde estoy, por brindarme salud y por darme la fortaleza para alcanzar mis metas. Le agradezco muy profundamente a la asesora de la tesis la **Dra. Patricia González Granados** por su dedicación y paciencia, gracias por brindarme la oportunidad de trabajar en este proyecto el cual me permitió concluir uno de mis más grandes deseos y por todo el apoyo a lo largo del proceso.

Quiero agradecerles a mis padres **Jose Luis y Adriana**, a mi hermano **Jose Luis** y a mi novio **Enrique**, que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades, gracias por ser mis mejores guías de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro, como una meta más conquistada.

A mi compañera de tesis **Alejandra** le agradezco el haber trabajado conmigo para culminar nuestra carrera, gracias por amistad y apoyo.

Alejandra Martinez Chavez

Primeramente, doy gracias a **Dios** por permitirme tener una muy bonita experiencia a lo largo de mis estudios, gracias por su bondad, por brindarme salud y darme la capacidad de culminar el proyecto siempre guiándome por el buen camino. Gracias al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo por permitirme ser una persona profesional en lo que tanto me gusta, gracias a cada maestro que formó parte de este proceso, gracias a mi asesora de tesis la Dra. **Patricia González Granados**.

Sobre todo, gracias a mis padres por su amor, comprensión y estímulo constante, así como el apoyo incondicional que siempre me brindaron para mi formación profesional. A mis hermanas y hermano que de una u otra forma han estado conmigo para reír, llorar y compartir los mejores momentos de mi vida. Y a mi compañera de tesis **Jovana Alejandra** por aceptarme para complementarnos con nuestras fortalezas y con ello culminar el proyecto, gracias infinitas por su amistad, apoyo y confianza.

Resumen

El presente estudio constó del establecimiento de un experimento de campo en la comunidad Laguna Larga, Irapuato, Guanajuato, con el objetivo de comparar tres abonos orgánicos (lixiviado de lombriz, microorganismos de montaña y biofermento de estiércol) con fertilización sintética en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Se estableció un diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA) con cuatro repeticiones, y se aplicaron los tratamientos T1: Biofermento de estiércol, T2: Químico, T3: Lixiviado de lombriz y T4: Microorganismos de montaña. Para los tratamientos orgánicos y químico se realizaron aplicaciones desde el día de trasplante hasta la cosecha. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, número de hojas, peso de la pella, diámetro de la pella y volumen de la pella. Los datos obtenidos de cada una de las variables se analizaron en el programa Infostat®. Tomando en cuenta los resultados obtenidos se encontró que el cultivo de brócoli respondió estadísticamente igual a los cuatro tratamientos, debido a que no se encontró alguna diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos para cada una de las variables evaluadas en el experimento, lo que demuestra que los abonos orgánicos pueden remplazar o sustituir a la fertilización sintética, obteniendo el mismo resultado en cuanto a altura de la planta, número de hojas, diámetro, peso y volumen de la pella.

Palabras clave: sustentabilidad, biofermento de estiércol, lixiviado de lombriz, microorganismos de montaña.

Abstract

The present study consisted of the establishment of a field experiment in Laguna Larga community, Irapuato, Guanajuato, with the objective of comparing three organic fertilizers (worm leachate, mountain microorganisms and manure bioferment) with synthetic fertilization in the cultivation of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Randomized Complete Block Design (RCBD) was established with four repetitions and the treatments were applied; T1: Manure bioferment, T2: Chemical, T3: Worm leachate and T4: Mountain microorganisms. Organic and chemical treatments were applied from the day of transplant until harvest. The variables evaluated were: plant height, number of leaves, pellet weight, pellet diameter and pellet volume. The data obtained from the variables were analyzed in the Infostat[®] program. Based on the results obtained, it was found that the broccoli crop responded statistically the same to the four treatments, because no statistically significant difference was found between treatments for each of the variables evaluated in the experiment, this proves that organic fertilizers can replace synthetic fertilization, obtaining the same result in; diameter, weight of the pellet and volume of the pellet, therefore it was obtained that organic fertilizers are an efficient alternative for the production of broccoli.

Keywords: sustainability, manure bioferment, worm leachate, mountain microorganisms.

Índice de Contenido

Dedicatorias	iii
Agradecimientos.....	v
Resumen	vii
Abstract	viii
Símbolos y/o abreviaturas	xvi
Glosario	xvii
INTRODUCCIÓN	2
I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 JUSTIFICACIÓN	4
1.3 HIPÓTESIS	5
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Origen	7
2.2 Importancia económica	7
2.3 Clasificación taxonómica	8
2.4 Características botánicas.....	8
2.4.1 Raíz.....	8
2.4.2 Hojas	9
2.4.3 Flor	10
2.4.4 Inflorescencia	10
2.5 Ciclo vegetativo.....	11
2.6 Requerimientos edafoclimáticos	12
2.7 Principales plagas en brócoli	12

2.7.1 Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>).....	12
2.7.2 Pulgón (<i>Brevicoryne brassicae</i>).....	13
2.7.3 Polilla de la col (<i>Plutella xylostella</i>).....	13
2.7.4 Gusano medidor de la col (<i>Trichoplusia spp</i>)	14
2.8 Principales enfermedades en brócoli	14
2.8.1 Mildiú veloso (<i>Peronospora parasítica</i>)	14
2.8.2 Mancha negra (<i>Alternaria brassicae</i>)	16
2.9 Requerimientos nutricionales.....	18
2.10 Requerimientos nutricionales, por estadio fenológico.....	18
2.11 Agricultura orgánica.....	19
2.11.1 Definición.....	19
2.11.2 Principios de la agricultura orgánica.....	19
2.12 Fertilización orgánica	21
2.12.1 Ventajas de los abonos orgánicos.....	21
2.12.2 Microorganismos de montaña	22
2.12.3 Lixiviado de lombriz.....	23
2.12.4 Biofermento de estiércol.....	23
III. METODOLOGÍA	25
3.1 Localización del área de estudio.....	26
3.2 Especie evaluada.....	27
3.3 Diseño experimental y tratamientos.....	27
3.4 Establecimiento del experimento	29
3.4.1 Formación de camas.....	29
3.4.2 Trasplante	29
3.4.3 Obtención de tratamientos	30
3.4.4 Aplicación de tratamientos	34
3.5 Parámetros evaluados	37
3.5.1 pH.....	37
3.5.2 Conductividad eléctrica	38
3.6 Variables evaluadas.....	38
3.6.1 Altura.....	38

3.6.2 Número de hojas.....	39
3.6.3 Peso de la pella.....	40
3.6.4 Diámetro de la pella	41
3.6.5 Volumen de la pella.....	41
3.7 Análisis estadístico	42
3.8 Manejo del cultivo	42
3.8.1 Riego.....	42
3.8.2 Control de malezas	43
3.8.3 Control de plagas	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1 Parámetros evaluados.....	46
4.1.2 pH.....	46
4.1.3 Conductividad eléctrica	47
4.2 Variables evaluadas en la planta	48
4.2.1 Altura de la planta	48
4.2.2 Número de hojas.....	49
4.2.3 Peso de la pella.....	50
4.2.4 Diámetro de la pella	51
4.2.5 Volumen de la pella.....	52
V. CONCLUSIÓN	53
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
VII. ANEXOS.....	64

Índice de tablas

Tabla 2.1 - Clasificación taxonómica del brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Italica</i>).....	8
Tabla 2.2 - Clasificación taxonómica de mildiú vellosa (<i>Peronospora parasítica</i>).	15
Tabla 2.3 - Clasificación taxonómica de mancha negra (<i>Alternaria brassicae</i>).	16
Tabla 3.1 - Tratamientos del experimento.....	28
Tabla 4.1 - Medición de pH.	46
Tabla 4.2 - Medición de CE.....	47

Índice de figuras

Figura 2.1 – Raíz del brócoli (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>).....	9
Figura 2.2 – Hojas del brócoli (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>).....	9
Figura 2.3 – Flor del brócoli (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>).....	10
Figura 2.4 – Inflorescencia del brócoli (<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>).....	11
Figura 3.1 – Localización del proyecto (google earth, 2023).....	26
Figura 3.2 – Tipo de suelo en Laguna Larga (INEGI, 2023).....	26
Figura 3.3 – Especie evaluada.....	27
Figura 3.4 – Distribución de tratamientos de campo.....	28
Figura 3.5 – Formación de camas.....	29
Figura 3.6 – Trasplante.....	30
Figura 3.7 – Preparación de biofermento de estiércol. A) Colocación de estiércol, b) Colocación de agua, c) Colocación de leche, d) Colocación de melaza, e) Agua oxigenada, f) Mezcla, g) Manta, h) Colar, y i) Embotellado.....	31
Figura 3.8 – Preparación de microorganismos de montaña. a) Agua en el tambo, b) Saco de manta, c) Incorporación de melaza, d) Expulsión de gases, y f) MM en medio sólido.....	33
Figura 3.10 – A) Disolución de BE y b) Aplicación de BE.....	35
Figura 3.11 – A) Dosis químico, B) Disolución de químico y C) Aplicación de químico.	35
Figura 3.12 – A) Dosis LL, B) Disolución de LL y C) Aplicación de LL.....	36
Figura 3.13 – A) Dosis MM, B) Disolución de MM y C) Aplicación de MM.....	36
Figura 3.14 – A) Medición de pH en concentrado y B) Medición de pH en disolución.	37

Figura 3.15 – A) Medición de C.E en concentrado y B) Medición de C.E en disolución.	38
Figura 3.16 – A) Medición de altura de la planta y B) Medición de altura con el flexómetro.....	39
Figura 3.17 – Conteo de hojas.	40
Figura 3.18 – A) Registro de peso de la pella y b) Medición de peso de la pella.	40
Figura 3.19 – A) Medición de diámetro de la pella y B) Medición de diámetro con flexómetro.....	41
Figura 3.20 – A) Registro del volumen de la pella y B) Medición del volumen de la pella.	42
Figura 3.21 – Riego por goteo.....	43
Figura 3.22 – Control de malezas.	43
Figura 3.23 – Aplicación de insecticida.	44
Figura 4.1 – Altura de las plantas de brócoli. T1 = Biofermento de estiércol; T2 = Químico; T3 = Lixiviado de lombriz y T4 = Microorganismos de montaña. Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa.	48
Figura 4.2 – Número de hojas de las plantas de brócoli. T1 = Biofermento de estiércol; T2 = Químico; T3 = Lixiviado de lombriz y T4 = Microorganismos de montaña. Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa.	49
Figura 4.3 – Peso de la pella. T1 = Biofermento de estiércol; T2 = Químico; T3 = Lixiviado de lombriz y T4 = Microorganismos de montaña. Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa.....	50
Figura 4.4 – Diámetro de la pella. T1 = Biofermento de estiércol; T2 = Químico; T3 = Lixiviado de lombriz y T4 = Microorganismos de montaña. Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa.....	51

Figura 4.5 – Volumen de la pella. T1 = Biofermento de estiércol; T2 = Químico; T3 = Lixiviado de lombriz y T4 = Microorganismos de montaña. Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa..... 52

Símbolos y/o abreviaturas

Símbolo o abreviatura	Descripción
CE	Conductividad eléctrica.
cm	Centímetros.
ddt	Días después del trasplante.
dS/m	Decisiemens por metro.
g	Gramos.
kg	Kilogramos.
L	Litros.
m	Metros.
ml	Mililitros.
udm/ha	Unidad de medida por hectárea.

Glosario

Abono. Se considera aquel material orgánico que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través de mejorar las propiedades físicas del suelo (Reyes, Cantú y De la Garza Caballero, 2013).

Biofermento. Son producto del proceso de fermentación de materiales orgánicos por medio de una intensa actividad microbiológica, los cuales son transformados en minerales, vitaminas, aminoácidos, ácidos orgánicos que servirán para la nutrición de las plantas (Chaves y Guzmán, 2009).

Fertilizante. Es una sustancia o mezcla química que aporta nutrientes de fácil disponibilidad para las plantas, lo que conlleva a un mejor crecimiento de las mismas (Cardona et al., 2016).

Lixiviado. Es una sustancia líquida que se forma durante los procesos de fermentación y descomposición de materia orgánica, obtenido de colar un líquido mediante un medio sólido, por lo cual contiene nutrientes y microorganismos benéficos (Martinez et al., 2014).

Microorganismos de montaña. Son microorganismos benéficos (levaduras, hongos y bacterias) que se encuentran presentes en los ecosistemas naturales. Con ello se produce una descomposición de materia orgánica, estos microorganismos se suelen encontrar en la hojarasca de montaña presentándose entonces las colonias de microorganismos en color verdes, naranjas o blancos (Torres et al., 2022).

INTRODUCCIÓN

La producción de crucíferas es una de las actividades con mayor importancia socioeconómica en la región de El Bajío, esta es la productora más importante de brócoli en el país. Para el año 2023, se sembraron alrededor de 37 155.83 hectáreas de brócoli, a nivel nacional, siendo los estados de Guanajuato y Puebla los principales productores. En Guanajuato se cosechan alrededor de 432 217 toneladas, lo que representa una importante fuente de divisas y empleo para la región. Los municipios que presentan mayor producción son Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional, Valle de Santiago y San Luis de la Paz que representan el 31.8% del valor de la hortaliza en este estado (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2024).

Una de las prácticas más importantes para mantener la producción del brócoli es la fertilización, al respecto, Quiroga et al. (2015) mencionan que el empleo de fertilizantes químicos en la agricultura produce contaminación en el medio ambiente y alteración en el suelo y agua, por lo que es necesario emplear alternativas de producción como el empleo de fertilizantes orgánicos que aporten nutrientes al suelo sin dejar residuos.

La fertilización orgánica tiene una influencia importante en la liberación de nutrientes que apoyan el desarrollo de la raíz que conduce a un mayor rendimiento y una mejor calidad de la planta de brócoli, además de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Hameeda et al., 2007 citado por Cruz-Tobar et al., 2018) en este trabajo se evaluó el desarrollo del cultivo de brócoli utilizando tres abonos orgánicos (lixiviado de lombriz, microorganismos de montaña y biofermento de estiércol) y fertilización sintética.

I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso excesivo de agroquímicos en el cultivo de brócoli está causando graves problemas de toxicidad en los suelos del estado de Guanajuato, lo que puede provocar bajos rendimientos. Actualmente existen algunas alternativas como el uso de abonos orgánicos, que pueden minimizar el grado de toxicidad en los suelos, así como en el cultivo, garantizando un producto de mayor calidad.

Con la intención de promover la disminución en el uso excesivo de fertilizantes químicos en el cultivo de brócoli, hortaliza que se consume en fresco, se evaluará el uso de tres abonos orgánicos elaborados con residuos vegetales y animales, de fácil elaboración.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El cultivo de brócoli es una de las hortalizas de mayor importancia socioeconómica en Guanajuato, esta es la región productora más importante a nivel nacional con 24 215 hectáreas sembradas para el 2022, seguida por Puebla con 2 727 hectáreas. En el país hay disponibilidad de brócoli todo el año, aunque las mayores cosechas se dan en el ciclo primavera-verano (marzo y abril), así como al iniciar el otoño (agosto y septiembre). Esta hortaliza ha tenido una de las mayores aceptaciones en la dieta de los consumidores. Sin embargo, para poder tener altos rendimientos se utiliza fertilización química sintética lo cual ciclo con ciclo además de contaminar el suelo y el agua disminuye los microorganismos benéficos, debido a la cantidad de sales y sodio que los fertilizantes químicos dejan como residuo en el suelo. Por lo que existen alternativas de fertilización orgánica sólidas y líquidas eficaces para el desarrollo de esta hortaliza.

1.3 HIPÓTESIS

Las fuentes de abono orgánico permitirán que la planta de brócoli tenga un mayor crecimiento y desarrollo en comparación con la fertilización química.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el desarrollo del cultivo de brócoli utilizando tres abonos orgánicos (lixiviado de lombriz, microorganismos de montaña y biofermento de estiércol) y fertilización sintética.

1.4.2 Objetivos específicos

Determinar cuál de las fuentes de abonos presenta mejores resultados en el desarrollo de las pellas de brócoli.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Origen

El cultivo de brócoli es originario del Mediterráneo Oriental y fue conocido hace aproximadamente 2 500 años. Los romanos ya cultivaban esta hortaliza, pero no fue hasta el siglo XVI cuando se comenzó la expansión de este cultivo. Sin embargo, fue hasta mediados del siglo XX cuando su producción se desarrolló en Europa y América (Martínez-Ballesta et al., 2008 citado por Acosta et al., 2018)

2.2 Importancia económica

La producción de brócoli se inició en México a consecuencia de la popularidad que gozaba en otros países, principalmente Estados Unidos, y como una oportunidad comercial ante la capacidad de producirlo a menor costo, los estados con mayor participación son Zacatecas, Michoacán, Aguascalientes, Querétaro, San Luis Potosí y Guanajuato (Rocha y Cisneros-Reyes, 2019).

El 70% de la producción de brócoli en México se exporta, principalmente a Estados Unidos, pero también a Canadá, Japón y algunos países europeos, siendo entonces el segundo país en producción de brócoli para exportación (Zilli, 2018 citado por Figueroa, 2023). Por su parte Guanajuato contribuye hasta con el 60.3 % de la producción nacional de brócoli para exportación generando así más de 20 000 empleos (Martínez-Scott, 2023).

Para el 2022, a nivel nacional se reportó una producción de 632 258 toneladas de brócoli siendo Guanajuato el mayor productor con 24 215 hectáreas sembradas, una producción de 412 826 toneladas, rendimiento del 17 udm/ha y con un valor de 2 787 784 pesos (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2022).

2.3 Clasificación taxonómica

López-Chillón et al. (2016) indican la siguiente clasificación taxonómica del brócoli (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 - Clasificación taxonómica del brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*).

Clasificación	Descripción
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Género	<i>Brassica</i>
Especie	<i>oleracea</i>
Nombre científico	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>

2.4 Características botánicas

2.4.1 Raíz

La raíz es pivotante y leñosa, está principalmente conformada por raíces adventicias, secundarias, terciarias y raicillas, además cuenta con una raíz principal la cual puede llegar a profundizar 0.8 metros en el suelo (Toledo, 2003).



Figura 2.1 - Raíz del brócoli (*B. oleracea* var. *italica*).

2.4.2 Hojas

Tienen forma de lámina, se expanden desde el tallo, son de color verde oscuro, con espículas largas, limbo hendido, en la base de las hojas el nervio central es muy pronunciado, cuenta con pequeños fragmentos de limbo foliar a manera de foliolos, tienen hojas de 40 a 50 cm de largo (Weier, 2004).



Figura 2.2 – Hojas del brócoli (*B. oleracea* var. *italica*).

2.4.3 Flor

Las flores aparecen paulatina y escalonadamente en las axilas de las hojas, generalmente tras el corte de la inflorescencia principal. Las flores poseen pétalos amarillos, siendo su polinización predominantemente alógama, produciendo finalmente durante la fructificación las silicuas y con ellos la formación de las nuevas semillas (Maroto, 2002).



Figura 2.3 – Flor del brócoli (*B. oleracea* var. *italica*).

2.4.4 Inflorescencia

La inflorescencia es un corimbo conformado por numerosas flores, las que en su estado inmaduro se considera la parte comestible de la hortaliza. También se le conoce como "cabeza". Inicialmente es compacta y firme y pierde consistencia debido al crecimiento y desarrollo de los pedúnculos, de la maduración de las flores y la separación de sus floretes. El color de los corimbos varía entre distintas tonalidades de verde, esto depende del cultivar (Toledo, 2003).



Figura 2.4 – Inflorescencia del brócoli (*B. oleracea* var. *italica*).

2.5 Ciclo vegetativo

El brócoli es una especie anual, de ciclo corto en períodos donde se presenten mayores temperaturas. Para que la semilla germine requiere entre 7°C y 27°C, y la plántula requiere de 40-45 días para el trasplante, dependiendo si se cultivan en campo abierto, o en condiciones ambientales controladas. Una vez trasplantadas, se desarrollan bien a temperatura de 7°C a 30°C. El clima frío es esencial para una buena formación de pella (Kher y Díaz, 2012).

El trasplante del brócoli se realiza posterior a las 3 o 4 semanas de siembra, para llegar al estado de madurez o cosecha se necesitan de 90 a 100 días a partir del trasplante. El ciclo vegetativo comprende cuatro fases principales: La fase de crecimiento comprende al desarrollo de las hojas principales. En esta fase es importante que la temperatura del ambiente sea baja para que la planta empiece a obtener las hojas secundarias (segunda fase) que rodearán la inflorescencia. La formación de la pella comprende la tercera fase, consiste en el desarrollo de la inflorescencia principal y de la emisión de yemas desde el tallo que serán las pellas secundarias. Finalmente, la cuarta fase inicia con el desarrollo de las pellas que serán cosechadas al final del ciclo productivo (Guzmán, 2017).

2.6 Requerimientos edafoclimáticos

El cultivo de brócoli requiere de una temperatura que oscila de los 18°C a 24°C. es tolerante a la incidencia de temperaturas bajas, intolerante a las heladas cuando se presenta durante el desarrollo de la pella, esta será dañada por el congelamiento presentando el pardeamiento de la inflorescencia (Toledo, 2003). El suelo debe ser de texturas de tipo medio, sueltos, con tendencia de suelos ácidos, profundos y con buen drenaje, cuyo pH óptimo oscila entre 6.5 y 7.0. La ausencia de salinidad favorece su producción (Orellana et al., 2008). Además de que requiere una humedad relativa no menor al 70% (Ortuño, 2019).

2.7 Principales plagas en brócoli

A continuación, se describen las principales plagas que se presentan en el cultivo de brócoli, de acuerdo a diversos autores.

2.7.1 Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Son homópteros de la familia Aleyrobidae, estos colocan los huevos en el envés de las hojas, y están distribuidos en pequeños grupos, mientras la hembra gira alrededor del punto de alimentación. Tanto los adultos como las ninfas se encuentran en el envés de las hojas y se alimentan introduciendo los estiletes bucales dentro del tejido foliar para extraer la sabia de la planta produciendo altas cantidades de secreción azucarada o melaza (León, 2007).

2.7.2 Pulgón (*Brevicoryne brassicae*)

Del orden homópteros de reproducción sexual y partenogénica, viven en colonias; tanto ninfas como adultos se ubican generalmente en el envés de las hojas, brotes, tallos y flores. Estos succionan la savia de las plantas provocando decoloración en las hojas; los tejidos se deforman, ocasionando el retardo del crecimiento y hasta la muerte en las plantas pequeñas. El período crítico del ataque de estos insectos es dos: después del trasplante y un poco antes de la formación de las pellas. Los áfidos del género *B. brassicae* pueden transmitir el virus del mosaico de la coliflor (Arbaiza, 2002).

2.7.3 Polilla de la col (*Plutella xylostella*)

La polilla de las crucíferas, también llamada como palomilla de la col, ataca principalmente a cultivos como la col, coliflor, romanosco y brócoli. Es un lepidóptero de la familia Plutellidae; sus huevos son ovales, de color blanco amarillento, su larva completamente desarrollada mide entre 10–12 mm de longitud, su coloración varía entre verde azulado a verde pálido, las larvas recién eclosionadas son minadoras, raspan el envés de las hojas y dejan la cutícula del haz semejante a una serie de ventanas; en sus últimos estados perforan formando agujeros irregulares. El periodo larval tarda de 15–20 días; el adulto es una polilla de 12–15 mm de envergadura (Ramírez, 2008).

2.7.4 Gusano medidor de la col (*Trichoplusia* spp)

El adulto generalmente de hábitos crepusculares es de color café grisáceo y mide alrededor de 4 cm de extensión alar. El insecto hiberna como pupa, este se encuentra envuelto en un capullo sostenido en la hoja de la planta hospedera. La hembra deposita aproximadamente 300 huevecillos en el envés de la hoja. La larva dura de dos a cuatro semanas, dependiendo de las condiciones ambientales que tenga, pasa a pupa y en dos semanas emerge el adulto y se puede presentar hasta más de dos generaciones al año. Los daños que ocasiona en el cultivo se presentan en forma de galerías en las hojas (Rosales y Nápoles, 2007).

2.8 Principales enfermedades en brócoli

A continuación, se describen las principales enfermedades que se presentan en el cultivo de brócoli de acuerdo a distintos autores.

2.8.1 Mildiú vellosa (*Peronospora parasítica*)

Es la principal enfermedad fungosa que se presenta en el cultivo de brócoli. Sin embargo, actualmente existen algunas variedades de brócoli que resultan tolerantes a la presencia de esta enfermedad (Zamora, 2016).

a) Taxonomía

Chen et al. (2006) indican la siguiente clasificación taxonómica de la enfermedad (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 - Clasificación taxonómica de Mildiú vellosa (*Peronospora parasítica*).

Clasificación	Descripción
Reino	Chromista
Dominio	Eukaryota
Filo	Oomycota
Clase	Oomycetes
Orden	Peronosporales
Familia	Peronosporaceae
Género	<i>Peronospora</i>
Especie	<i>parasítica</i>

b) Biología

Un patógeno vegetal parásito heterotático con zoosporangióforos (estructuras asexuales) son determinadas, dicotómicamente ramificadas, que surgen de la estoma del huésped, con un tamaño máximo de 17 a 24 µm de diámetro y de 17 a 30 µm de longitud, no tienen poro diferenciado y germinan siempre por un tubo germinativo. Las esporas maduras (estructuras sexuales) son redondas, amarillas, redondas, con paredes gruesas, de 26-45 micras de diámetro, almacenadas en el suelo y desechos vegetales (Zamora, 2016).

c) Epidemiología

El patógeno ingresa a la planta a través de zoosporangios, es decir se propagan por el aire y el agua, provocando que el virus entre por los estomas de las hojas, y entre las células formen un apresorio, que seguirá hasta los primeros haustorios, posteriormente las hifas intercelulares salen del mesófilo, provocando el halo, un gran componente intracelular lobulado. Los factores más importantes para la propagación y reproducción del patógeno son la humedad (más del 50%), el calor, la niebla densa,

el rocío que gotea antes del mediodía. El hongo crece mejor en condiciones húmedas y crece rápidamente durante la noche (Zamora, 2016).

d) Sintomatología

Los síntomas se observan en las hojas, debido a que la enfermedad ocasiona pequeñas lesiones foliares, primero cloróticas y luego necróticas. En cambio, en el envés de las hojas se observa un moho grisáceo con aspecto aterciopelado (ICA, 2012; citado por Norma, 2015).

2.8.2 Mancha negra (*Alternaria brassicae*)

Esta enfermedad es causada por la presencia de un hongo fitopatógeno (*Ascomycota*) que se disemina por el viento (Ortuño, 2019).

a) Taxonomía

César y Lartey (2009) indican la siguiente clasificación taxonómica de la Mancha negra (Tabla 2.3).

Tabla 2.3 - Clasificación taxonómica de Mancha Negra (*Alternaria brassicae*).

Clasificación	Descripción
Reino	Fungi
Filo	Ascomyota
Subdivisión	Pezizomycotina
Clase	Dothideomycetes
Orden	Pleosporales
Familia	Pleosporaceae
Género	<i>Alternaria</i>
Especie	<i>brassicae</i>

b) Biología

Los conidios (estructuras de fase asexual) están dispuestos en cadenas acrópetas de forma ovada u obclavada, tienen tabiques transversales y longitudinales, conocidas como dictiosporas, también son marrones y picudas, las hifas son septadas y conidióforos septados con paredes celulares lisas o rugosas visibles (Ortuño, 2019).

c) Epidemiología

En esta enfermedad, los conidios necesitan más de 9 horas agua libre de las hojas (rocío), humedad superior al 90% y temperatura superior a 15°C o en buenas condiciones, si existen condiciones favorables el haustorio y el micelio crecen dentro de la epidermis, papel para comprobar los primeros síntomas de la enfermedad a los tres días. Las esporas se propagan en altas temperaturas y baja humedad. Los conidios pueden vivir de restos de plantas, materiales, ropa y animales, viven como saprótrofos sobre los restos de plantas enfermas o conidios. La exposición a bajas temperaturas (3°C) puede producir clamidosporas y microesclerocios, las estructuras resistentes pueden vivir en el suelo y el resto de la planta (Rolando, 2011).

d) Sintomatología

Esta enfermedad puede aparecer en la etapa de siembra, causando colapso y necrosis de los cotiledones e hipocótilos. En las plantas maduras, los síntomas aparecen en las hojas exteriores y se esparcen por toda la planta. Las manchas causadas por *A.brassicicola* son más pequeñas en las hojas que las de *A.brassicae* y tienen un color negro púrpura. *A. brassicicola* se encuentra en las partes de las flores, especialmente en la coliflor, los síntomas comienzan con manchas negras en las hojas exteriores, luego se extienden por toda la planta, luego las manchas se vuelven grises (1 cm por diámetro) parecidos a anillos y bordes morados o negros; finalmente, la lesión está rodeada por un halo clorótico y un grupo de conidias oscuras (Michereff et al., 2012).

Según Rolando (2011) otro efecto del virus es la presencia de manchas negras en el envés de la hoja en forma de manchas grasas, y manchas marrones al grado de

podrición que se ve en la inflorescencia (pella), la pérdida de la planta ocurre porque el virus aprovecha el alimento, disminuye el área foliar y la fotosíntesis, aumenta la respiración y reduce el crecimiento y la productividad.

2.9 Requerimientos nutricionales

El brócoli requiere de nutrientes esenciales como lo son el Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Dependiendo del tipo de suelo, el cultivo puede llegar a requerir por hectárea 220 kilogramos de Nitrógeno y 40 kilogramos de Fósforo, sin requerimiento de Potasio, sin embargo, en El Bajío si requiere una cantidad de Potasio. Las carencias de nitrógeno después del inicio de la yema (formación de la pella) son especialmente críticas. El Boro es otro nutriente esencial pues la deficiencia de este resulta en deformación del follaje, las pellas de color café y cavidades internas de un color pardo en los tallos (Zamora, 2016).

2.10 Requerimientos nutricionales, por estadio fenológico

En plantaciones de brócoli manejadas con fertilización química para asegurar una buena producción se suele llevar tres ciclos de fertilización con abonos químicos, el primero se debe realizar a los 15 a 20 días después de trasplante con una formulación de 27-5-0, donde el contenido de nitrógeno (N) será siempre en mayor proporción, aunque las dosis requeridas no son tan grandes, se debe llevar un registro de fertilización desde este momento y calcular la fertilización para las posteriores fertilizaciones. La segunda aplicación se realiza a partir de los 30 días, o cuando la planta entre al ciclo de desarrollo vegetativo, en el que será necesario continuar con la aplicación de dosis de fertilizantes en similares formulaciones, como 15-9-20, incrementando el contenido de potasio (K) y ajustando al mínimo el porcentaje de fósforo (P), en algunos casos se reajustan las dosis y fuentes nitrogenadas. El tercer

ciclo de fertilización se da en el inicio del ciclo de floración o en edades de 45 a 50 días, donde la planta llega al punto máximo de extracción de N, se debe disminuir los contenidos de este y en menor escala el de P, incrementando las cantidades de K con formulaciones de 12-11-18 (YARA, 2019).

Para que el ciclo de fertilización química sea efectivo, se debe aplicar la dosis adecuada y que sea asimilable para la planta, ya que elementos como la Urea aplicados en dosis altas producirán que el programa de fertilización quede fuera de control, incrementando así solo el desarrollo vegetativo de la planta y reduciendo su producción (Calvache, 2015).

2.11 Agricultura orgánica

2.11.1 Definición

La agricultura orgánica es un sistema de producción que promueve y mejora la salud del agroecosistema, incluyendo la biodiversidad, los ciclos biológicos, así como la actividad biológica del suelo (Soto, 2020).

Zamilpa et al. (2016) indican que esta alternativa reduce el uso de agroquímicos que causan erosión, pérdida de fertilidad en el suelo, disminuyen los nutrientes del suelo, provocan la salinización y alcalinización.

2.11.2 Principios de la agricultura orgánica

Son principios éticos que permiten orientar el buen desarrollo de sistemas productivos y la elaboración de normas de los diferentes países productores, de tal forma que estos principios se adapten en todo el mundo. Son cuatro principios fundamentales de la

agricultura orgánica, los cuales son reconocidos a nivel mundial que se mencionan a continuación (Céspedes, 2005).

Principio de la salud: “La agricultura orgánica debe sostener y promover la salud del suelo, planta, animal, persona y planeta como una sola e indivisible”. Este principio sostiene que suelos saludables producen cultivos saludables, y que, a su vez, fomentan la salud de los animales y las personas. De esta forma, el buen manejo de la producción orgánica mejora los recursos naturales utilizados (Céspedes, 2005).

El principio de ecología enraíza a la agricultura dentro de sistemas ecológicos vivos. Estableciendo que la producción debe estar basada en procesos ecológicos y de reciclaje. Esta debe de lograr el equilibrio a través del diseño de sistemas agrarios, el establecimiento de hábitat y el mantenimiento de la diversidad genética y agrícola. Además, de que quienes producen, transforman, comercializan o consumen productos orgánicos deben proteger y beneficiar el ambiente común el cual incluye paisajes, hábitat, biodiversidad, aire y agua (Salinas, 2014).

El principio de equidad enfatiza que los involucrados en la agricultura orgánica deben de conducir las relaciones humanas de tal manera que aseguren justicia a todos los niveles y a todas las partes como lo son los productores, trabajadores, transformadores, distribuidores, comercializadores y consumidores. Que la agricultura orgánica debe de proporcionar a todos los involucrados, una buena calidad de vida, contribuir a la soberanía alimentaria, además de la reducción de la pobreza. En otras palabras, la agricultura orgánica debe de satisfacer el abasto suficiente de alimentos saludables (Salinas, 2014).

Principio de Precaución: “La agricultura orgánica debe ser gestionada de una manera responsable y con precaución para proteger la salud y el bienestar de las generaciones presentes, futuras y el ambiente”. Dentro de este principio se establece la precaución y la responsabilidad pues estos son elementos claves en la gestión, el desarrollo y la elección de las tecnologías para la agricultura orgánica, ya que al tratarse de sistemas vivos y dinámicos, que responden a demandas, así como a condiciones internas y externas, que son quienes practican la agricultura orgánica y permiten incrementar la eficiencia y la productividad siempre que no se complementa la salud y el bienestar

tanto de las personas y del ecosistema. Por otra parte, la agricultura debe prevenir riesgos importantes adoptando tecnologías apropiadas y rechazando las impredecibles, al respecto (Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica [IFOAM], 2005; Céspedes, 2005) manifiesta su oposición al uso de la ingeniería genética en la agricultura orgánica, tanto en plantas, microorganismos o animales. Esto a que se han tenido impactos negativos irreversibles que pueden causar con la liberación de organismos que antes no existían en la naturaleza, y sobre todo por tratarse de prácticas que son incompatibles con la agricultura orgánica (Céspedes, 2005).

2.12 Fertilización orgánica

Mosquera (2010) indica que la fertilización orgánica es una fuente de microorganismos para el suelo y que son necesarios para la nutrición vegetal, así como también ayuda a mejorar las condiciones físicas del suelo e incrementa la absorción y humedad de este.

Los fertilizantes orgánicos son productos que se obtienen a partir complejos procesos y de reacciones química-biológicas ya sean de origen animal y/o vegetal, que se aplican al suelo para que los cultivos puedan crecer y desarrollarse de una mejor manera (Iñiguez, 2007).

2.12.1 Ventajas de los abonos orgánicos

Mosquera (2010) indica que las ventajas de utilizar abonos orgánicos son:

- Favorece la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y una mayor actividad de los microorganismos aerobios.
- Incrementan considerablemente el desarrollo de microorganismos benéficos.

- Disminuye la erosión ya sea por efectos del agua o del viento.
- Mejora la estructura del suelo y aumenta el espacio de los poros.
- Permite que el suelo absorba mejor el calor y hace germinar antes las semillas.
- Suministra reservas de nutrientes, específicamente nitrógeno y fósforo requeridos para la actividad biológica.

2.12.2 Microorganismos de montaña

Los microorganismos de montaña son colonias de hongos, bacterias y levaduras benéficas para la salud del suelo, se encuentran de manera natural en los diferentes ecosistemas. Estos microorganismos generan una descomposición de materia orgánica, y esto se convierte en los nutrientes necesarios que requieren las plantas para su crecimiento y desarrollo. Son un cultivo mixto líquido de microorganismos benéficos, obtenidos de sistemas naturales; al ser microorganismos benéficos pueden incrementar el valor nutricional, aumentan la supervivencia y previenen de algunas enfermedades mediante la inhibición del crecimiento de bacterias patógenas que dañen a las plantas (Campo-Martínez et al., 2014).

En la transformación de la materia orgánica se implica una sucesión de comunidades microbianas en presencia de oxígeno y nutrientes como lo son el nitrógeno y el carbono, los microorganismos liberan calor a lo largo de todo el proceso. En este proceso se encuentran tres etapas o fases; La primera fase visible se conoce como mesófila y es donde se inicia la transformación de materia orgánica a temperatura ambiente y al pasar unos días esta temperatura aumenta. Después se encuentra la segunda fase llamada termófila, en esta la temperatura aumenta más superando la temperatura alcanzada de la fase mesófila y por ello se adicionan bacterias termófilas con el fin de degradar fuentes de carbono y finalmente, en la tercera etapa hace presencia una segunda fase mesófila donde la temperatura baja y se inicia el proceso de maduración. Una vez alcanzadas estas tres etapas (20 días después) es posible utilizar la materia orgánica para convertir esos microorganismos de montaña a la fase

líquida, los cuales se agregan en una dilución y se dejan reposar 15 días (Palmero, 2010).

El uso de Microorganismos de montaña es una buena alternativa por su diversidad funcional y su composición (Rodríguez-Calampa et al., 2013), pues cumplen roles benéficos en los procesos biológicos del suelo, siendo así una alternativa de bajo costo que no genera efectos nocivos y por ello ayuda a la activación y recuperación de la vida del suelo (Umaña et al., 2017).

2.12.3 Lixiviado de lombriz

Es una concentración líquida de nutrientes que se obtiene durante el proceso de descomposición que llevan a cabo las lombrices las cuales descomponen la materia orgánica la cual es transformada en composta. Es una alternativa que potencia la fertilidad de los suelos, lo constituye el desarrollo de los microorganismos capaces de fijar el nitrógeno, así como solubilizar el fósforo, el potasio y ayudan a estimular el crecimiento de las plantas; Implementar la lombricultura constituye además al método de obtención de humus esto mediante la cría de la lombriz de la tierra, lo que permite el bajo costo de producción y grandes volúmenes de materia. Es por ello que la materia orgánica resultante de las excretas de lombriz mezcladas con agua da origen a un lixiviado de lombriz, este último es el humus líquido que aplicado al suelo o a la planta actúa como un fertilizante (Pérez y Lamadrid, 2014).

2.12.4 Biofermento de estiércol

En la actualidad una estrategia ampliamente utilizada para el mejoramiento de la calidad del suelo son los abonos orgánicos, estos se pueden utilizar de manera sólida o líquida de restos vegetales, estiércoles o lombrices. El biofermento de estiércol es un abono orgánico que se puede emplear de manera líquida y son un excelente

sustituto de los fertilizantes químicos, además de que es factible su elaboración, tiene efectos positivos en la nutrición de las plantas y el suelo (Suchini, 2012).

El biofermento de estiércol permite compensar la deficiencia de nutrientes para los cultivos, además regulan otras propiedades como lo es la capacidad de intercambio catiónico, la porosidad y la estructura del suelo (Mazur et al., 1983; Burbano, 1989; Ferreira y Cruz, 1992; Alves et al., 1999 citado por Armbrrecht et al., 2011) y, por lo tanto, esta implementación de producción agrícola orgánica es amigable con el medio ambiente, lo que ha permitido mayor aceptación (Armbrrecht et al., 2011).

III. METODOLOGÍA

3.1 Localización del área de estudio

El proyecto se estableció en el Rancho Laguna Larga perteneciente al municipio de Irapuato, Guanajuato, a una altitud de 1,706 metros, con una latitud de 20°32'31"N y una longitud de 101°28'59"O con un clima semicálido subhúmedo con temperaturas que oscilan entre 20 y 33 °C, una humedad relativa de hasta 75% y un tipo de suelo Vertisol (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2023).

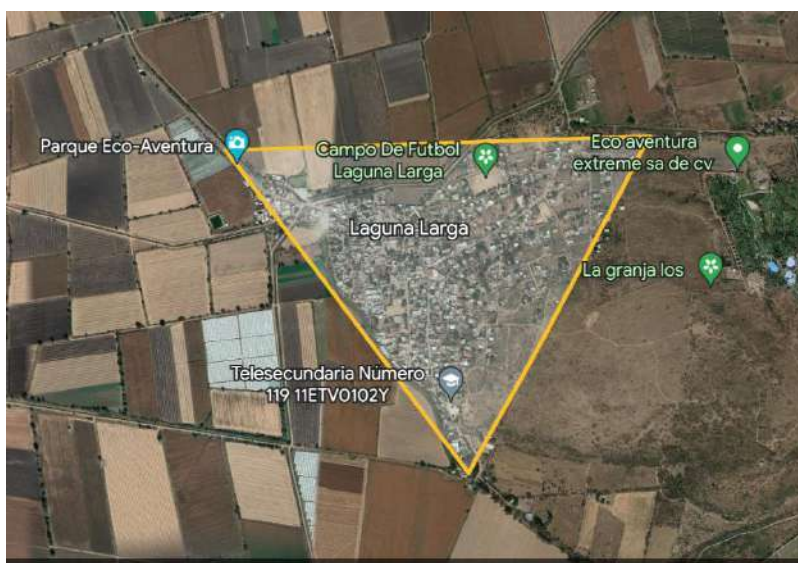


Figura 3.1 – Localización del proyecto (Google earth, 2023).



Figura 3.2 – Tipo de suelo en Laguna Larga (INEGI, 2023).

3.2 Especie evaluada

En la realización de este proyecto, se utilizaron plántulas de brócoli (*B. oleracea*) variedad Italica, germinadas con 40 días de anticipación al trasplante.



Figura 3.3 – Especie evaluada.

3.3 Diseño experimental y tratamientos

Los tratamientos consistieron en el uso de un fertilizante químico y tres fertilizantes orgánicos. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones, con 20 plantas en cada unidad experimental y 320 plantas en todo el experimento.

En la Tabla 3.1 se muestran los tratamientos del experimento.

Tabla 3.1 – Tratamientos del experimento.

Número de tratamientos	Abreviatura	Descripción
1	T1	Biofermento de estiércol
2	T2	Químico
3	T3	Lixiviado de lombriz
4	T4	Microorganismos de montaña

En la Figura 3.4 se muestra la distribución de los tratamientos y las repeticiones en el área de campo.

T1 R1	T4 R2	T1 R3	T2 R4
T2 R1	T3 R2	T2 R3	T4 R4
T3 R1	T1 R2	T3 R3	T1 R4
T4 R1	T2 R2	T4 R3	T3 R4

Figura 3.4 – Distribución de tratamientos de campo.

3.4 Establecimiento del experimento

Para ubicar el experimento se midieron 6 m de largo y 6 m de ancho para dividirlos entre las unidades experimentales, las cuales midieron 1.5 m de largo y 1.5 m de ancho y se acondicionó una malla sombra para evitar aves.

3.4.1 Formación de camas

Se labró el suelo manualmente con ayuda de picos, palas y azadón, después se realizaron las camas con una medida de 1.5 m de largo y 1.5 m de ancho y una altura de 20 cm.



Figura 3.5 – Formación de camas.

3.4.2 Trasplante

El trasplante se llevó a cabo el día 11 de marzo de 2023, para ello fue necesario que el suelo estuviera a capacidad de campo, posteriormente se hicieron pequeños huecos

sobre las camas para colocar las plántulas de brócoli, y se presionó ligeramente alrededor de ella para que tuviera mejor firmeza.



Figura 3.6 – Trasplante.

3.4.3 Obtención de tratamientos

- Tratamiento 1 (Biofermento de estiércol BE)

La elaboración de Biofermento de estiércol se determinó con base a Castillo y Jerezano (2017) donde se utilizaron 5 kg de estiércol, 10 ml de agua oxigenada, 800 ml de melaza, 200 ml de leche, un tambo y una manta. Primero se colocó en el tambo el estiércol (Figura 3.7A), luego se agregó el agua (Figura 3.7B), posteriormente se agregó la leche (Figura 3.7C) y la melaza disuelta en agua tibia (Figura 3.7D), después de forma muy lenta se agregó el agua oxigenada (Figura 3.7E), posteriormente se mezcló por espacio de 5 a 10 minutos hasta homogenizar todos los ingredientes (Figura 3.7F), luego se tapó con la manta (Figura 3.7G), se mezcló diariamente durante 10 días, y por último se coló (Figura 3.7H) para ser embotellado (Figura 3.7I).



Figura 3.7 – Preparación de biofermento de estiércol. A) Colocación de estiércol, B) Colocación de agua, C) colocación de leche, D) Colocación de melaza, E) Agua oxigenada, F) Mezcla, G) Manta, H) Colar, y I) Embotellado.

- Tratamiento 2 (Químico)

Compuesto de ingredientes activos tales como: Nitrógeno 11.47%, Potasio 6%, Boro 0.036%, Cobre 0.04%, Fierro 0.050%, Molibdeno 0.005%, Zinc 0.080%, Clorhidrato de tiamina 0.004%, Fósforo 8%, Azufre 0.23%, Calcio 0.025%, Cobalto 0.002%, Manganeso 0.036%, Magnesio 0.025% y Ácido indo acético 0.003%.

- Tratamiento 3 (Lixiviado de lombriz LL)

Compuesta de ingredientes activos tales como: Nitrógeno, Fósforo y Potasio, Zinc, Fierro, Cobre, Manganeso Molibdeno, Boro, Calcio, Magnesio, Azufre y Sodio.

- Tratamiento 4 (Microorganismos de montaña MM)

La elaboración de MM se determinó con base a Castillo y Jerezano (2017) donde se utilizó 1 kg de MM en medio sólido, un saco de manta, 55 L de agua, $\frac{1}{2}$ L de melaza, una manguera de plástico de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro, una botella y un tambo. Primero se colocaron 25 litros de agua dentro del tambo (Figura 3.8A), luego se agregó 1 kg de MM dentro de un saco de manta (Figura 3.8B), posteriormente se mezcló el agua con $\frac{1}{2}$ L de melaza dentro del tambo (Figura 3.8C), después se introdujo el saco de MM y se agregaron 30 l de agua, posterior a ello se abrió un agujero en la tapa del barril y se colocó la manguera (Figura 3.8D); y el otro extremo se situó dentro de una botella plástica con $\frac{3}{4}$ de agua para facilitar la expulsión de gases y evitar la entrada de aire (Figura 3.8E), y por último se selló y dejó en reposo protegido de la luz, sol y lluvia, durante 15 días para su posterior embotellamiento.



Figura 3.8 – Preparación de microorganismos de montaña. A) Agua en el tambo, B) Saco de manta, C) Incorporación de melaza, D) Expulsión de gases, y F) MM en medio sólido.



Figura 3.9 - Microorganismos de montaña.

3.4.4 Aplicación de tratamientos

Para los tratamientos orgánicos se realizaron aplicaciones con intervalo de 10 días y para el tratamiento químico aplicaciones con intervalo de 30 días, la primera aplicación se llevó a cabo a los 15 días del trasplante.

La dosis que se utilizó para el T1 fue de 75 mL de BE para las 80 plantas, como objeto de medición se utilizó una jeringa, posteriormente se disolvió en 1 L de agua y se aplicó de manera foliar en las plantas.



Figura 3.10 – A) Disolución de BE y B) Aplicación de BE.

En el T2 la dosis fue de 3 mL de fertilizante químico disueltos en 1 L de agua y se aplicó a las 80 plantas.



Figura 3.11 – A) Dosis Químico, B) Disolución de Químico y C) Aplicación de Químico.

Para el T3 la dosis fue de 4.5 mL de LL disueltos en 1 L de agua para ser aplicados a las 80 plantas.



Figura 3.12 – A) Dosis LL, B) Disolución de LL y C) Aplicación de LL.

En el T4 la dosis fue de 15 mL de MM disueltos en 1 L de agua y así aplicarlo a las hojas de las 80 plantas.



Figura 3.13 – A) Dosis MM, B) Disolución de MM y C) Aplicación de MM.

3.5 Parámetros evaluados

3.5.1 pH

La medición del pH se realizó para cada uno de los tratamientos (LL, MM y BE) en concentrado y en solución con agua con ayuda de un pHmetro digital de la marca LCD®. Para esto se utilizó un volumen de 50 ml de agua y 50 ml de la muestra de cada uno de los tratamientos, se agitó manualmente y cada muestra se dejó reposar durante 15 minutos, posterior a ello se registró el pH cuando la lectura se mantuvo estabilizada.



Figura 3.14 – A) Medición de pH en concentrado y B) Medición de pH en disolución.

3.5.2 Conductividad eléctrica

Se midió la conductividad eléctrica de cada una de las muestras mezcladas anteriormente que fueron utilizadas para medir el pH, con agua y muestras de los abonos orgánicos, con ayuda de un conductímetro de la marca TDS&EC(hold)[®] y los resultados se expresaron en deciSiemens por metro (dS/m).

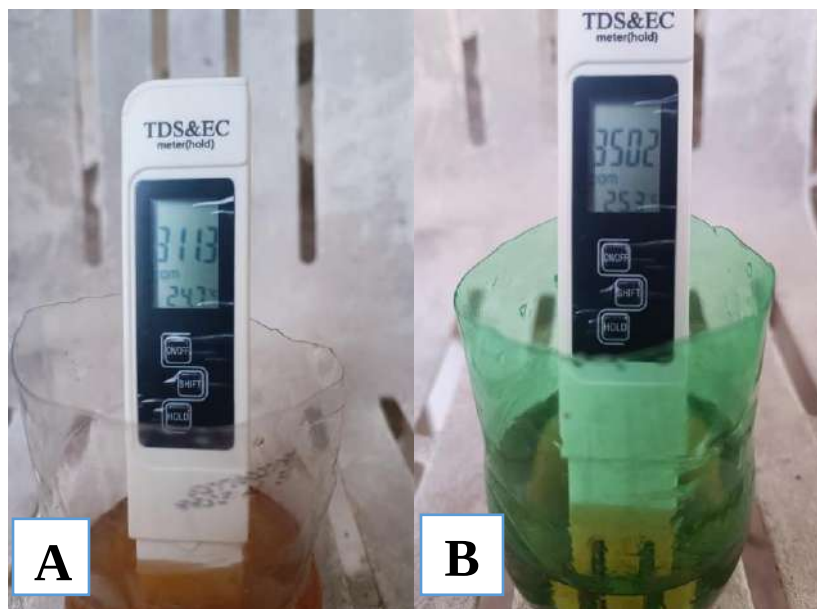


Figura 3.15 – A) Medición de C.E en concentrado y B) Medición de C.E en disolución.

3.6 Variables evaluadas

3.6.1 Altura

La altura se tomó mediante un muestreo al azar del 50% (10 plantas) en cada unidad experimental; los datos fueron medidos en centímetros mediante el uso de un flexómetro desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la hoja. Los datos registrados se tomaron un día antes del trasplante, posterior a ello cada 15 días hasta la cosecha (Figura 3.25).



Figura 3.16 – A) Medición de altura de la planta y B) Medición de altura con el flexómetro.

3.6.2 Número de hojas

La cuantificación del número de hojas se tomó mediante un muestreo al azar del 50% (10 plantas) en cada unidad experimental al igual que la altura; se realizó mediante un proceso manual sencillo, donde se contabilizan hoja por hoja de cada una de las plantas medidas, desde la base hasta la yema apical de la planta. Los datos registrados se tomaron cada 15 días hasta llegar a la cosecha (Figura 3.26).



Figura 3.17 – Conteo de hojas.

3.6.3 Peso de la pella

El peso de la pella se midió 110 días después del trasplante, ya que estas se encontraban maduras. Se registraron los pesos de las pellas con un muestreo del 50% (10 plantas) en cada unidad experimental con la ayuda de una báscula modelo SF-400 con una capacidad máxima de hasta 7 kg y los resultados se expresaron en gramos (Figura 3.27).



Figura 3.18 – A) Registro de peso de la pella y **B)** Medición de peso de la pella.

3.6.4 Diámetro de la pella

El registro de datos del diámetro de la pella se realizó al momento de la cosecha, el número de pellas medidas fue igual a las demás variables 50% (10 plantas) por unidad experimental, dichas mediciones se realizaron a las mismas pellas que se tomaron para medir el peso; la unidad de medida fue en pulgadas con ayuda de un flexómetro (Figura 3.28).



Figura 3.19 – A) Medición de diámetro de la pella y B) Medición de diámetro con flexómetro.

3.6.5 Volumen de la pella

El registro de datos para el volumen de la pella se realizó al momento de la cosecha, con las mismas pellas que se utilizaron para medir el peso y el diámetro 50% (10 plantas) de cada unidad experimental. Se utilizó el método de desplazamiento de agua el cual consistió en agregar un volumen de agua en una cubeta el cuál fue de 5 L correspondiente a 5 kg, después se sumergió la pella y se observó cuánto aumentó y ese resultado se tomó como el volumen que tenía la pella y los resultados se expresaron en cm^3 (Figura 3.29).



Figura 3.20 – A) Registro del volumen de la pella y B) Medición del volumen de la pella.

3.7 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) en el software InfoStat®.

3.8 Manejo del cultivo

3.8.1 Riego

El suministro de agua a las plantas se realizó mediante un sistema de riego por goteo, se emplearon riegos diariamente, con una duración de 30 minutos, aplicándolos en las últimas horas del día.



Figura 3.21 – Riego por goteo.

3.8.2 Control de malezas

El control de malezas se llevó a cabo mediante un proceso manual, en el cual se eliminaron las plantas arvenses.



Figura 3.22 – Control de malezas.

3.8.3 Control de plagas

Se utilizó un insecticida botánico que tiene como ingrediente activo Azadiractina. Este se aplicó 2 veces con intervalo de 7 días.



Figura 3.23 – Aplicación de insecticida.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Parámetros evaluados

4.1.2 pH

En la Tabla 4.1 se muestran los valores de pH para las tres muestras de los tratamientos (LL, MM y BE) en concentrado y en solución con agua. Se observa que los valores del pH en concentrado son menores, por su parte en disolución dichos valores aumentaron. Tal como lo señala la literatura y la experimentación, los valores del pH aumentan en medida que aumenta o se agrega la cantidad de agua en que se diluyen (Millán et al., 2018).

Tabla 4.1 – Medición de pH de los tratamientos orgánicos.

Tratamiento	pH en concentrado	pH en disolución
Lixiviado de lombriz	6.75	6.95
Microorganismos de montaña	4.17	4.19
Biofermento de estiércol	4.78	4.83

4.1.3 Conductividad eléctrica

En la Tabla 4.2 se muestran los valores de la CE para las tres muestras de los tratamientos (LL, MM y BE) en concentrado y en solución con agua. Los valores de la CE en concentrado son un poco más altos en comparación a los valores en disolución. Los resultados obtenidos concuerdan con Millán et al. (2018) al demostrar que las mediciones de CE son dependientes de la relación entre la muestra del abono orgánico y el agua, los valores tienden a ser más estables a relaciones más bajas de la muestra y el solvente, es decir, a medida que se incrementa la cantidad de solvente (agua), los valores de CE son más bajos. Por su parte Huanca y Fernández (2019) en su trabajo de investigación midieron la CE teniendo un valor desde los 2 dS/m hasta los 9 dS/m indicando poca presencia de sales.

Tabla 4.2 – Medición de CE de los tratamientos orgánicos.

Tratamiento	CE en concentrado	CE en disolución
Lixiviado de lombriz	7.85148 dS/m	5.46312 dS/m
Microorganismos de montaña	4.85628 dS/m	3.44448 dS/m
Biofermento de estiércol	9.9606 dS/m	7.6596 dS/m

4.2 Variables evaluadas en la planta

4.2.1 Altura de la planta

En la Figura 4.1 se muestra la altura que presentaron las plantas durante el experimento, en la cual se observa que en ninguna de las evaluaciones se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas. La altura de las plantas en el día de trasplante era de 4 cm a 10 cm y mantuvieron un crecimiento continuo hasta los 105 días después del trasplante (ddt) donde obtuvieron alturas desde 34 cm a 39 cm. Por lo anterior, todos los tratamientos alcanzaron al fertilizante químico, lo que garantiza que al utilizar sobrantes agrícolas en fertilizantes orgánicos promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas (Ramos y Terry, 2014) incrementando así, el rendimiento de los cultivos (Reyes et al., 2013). Cabe mencionar que Ortiz (2019) evaluó dos tratamientos orgánicos los cuales se comportaron estadísticamente igual a la fertilización química en el cultivo de brócoli.

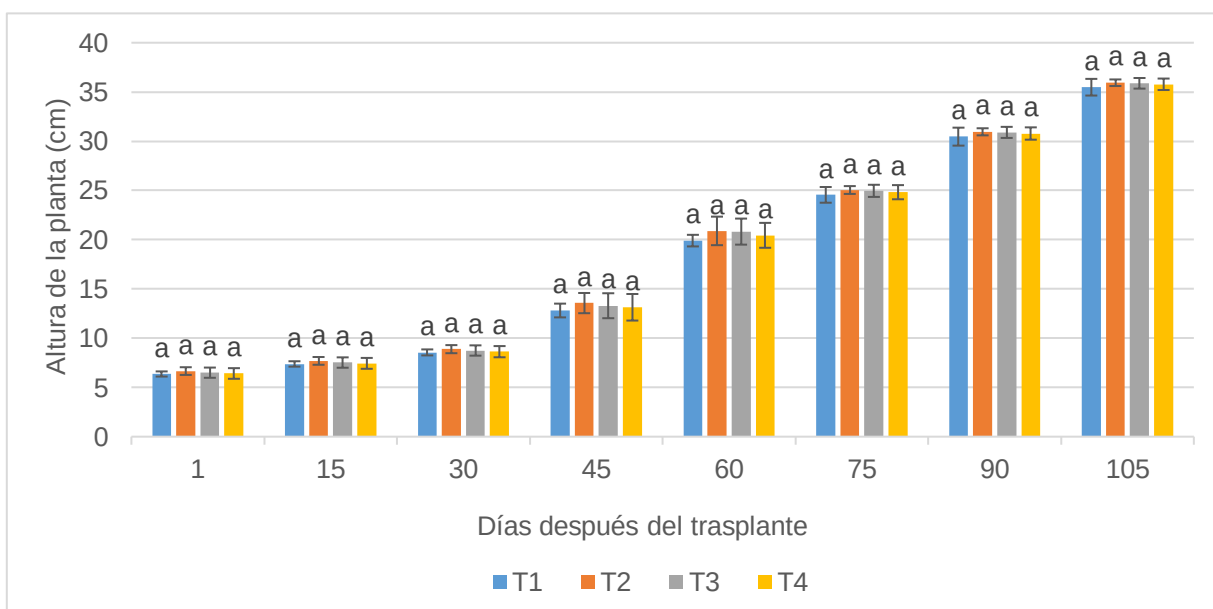


Figura 4.1 – Altura de las plantas de brócoli. T1 = Biofermento de estiércol; T2 = Químico; T3 = Lixiviado de lombriz y T4 = Microorganismos de montaña. Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa.

4.2.2 Número de hojas

En la Figura 4.2 se muestra el número de hojas que desarrollaron las plantas durante la evaluación, donde no se observan diferencias estadísticamente significativas. Al primer día de trasplante las plantas presentaban de 2 a 3 hojas, estas manifestaron un crecimiento ascendente hasta los 105 ddt donde presentaron de 17 a 23 hojas. Canqui (2018) indica que al no existir diferencia significativa se puede atribuir a la parte genética, a la humedad y a la temperatura. Por otro lado, cabe mencionar que Huanca y Fernández (2019) evaluaron el efecto de tres dosis de abono orgánico donde no obtuvieron diferencia estadísticamente significativa sin embargo los datos obtenidos fueron confiables ya que se logró un promedio de 23 hojas por planta.

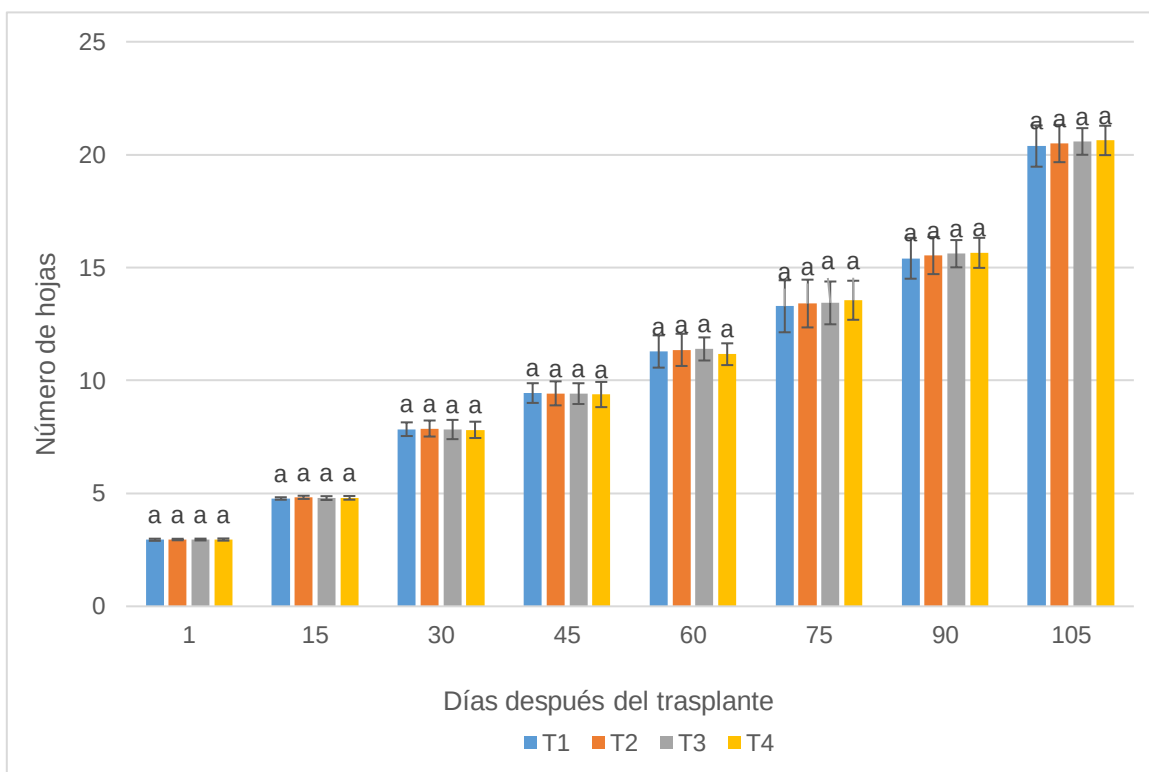


Figura 4.2 – Número de hojas de las plantas de brócoli. T1 = Biofermento de estiércol; T2 = Químico; T3 = Lixiviado de lombriz y T4 = Microorganismos de montaña. Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa.

4.2.3 Peso de la pella

En la Figura 4.3 se muestra los pesos que alcanzaron los tratamientos que va desde los 340 g hasta los 434 g; sin embargo, no se observan diferencias estadísticamente significativas. Los resultados de este estudio concuerdan con lo mencionado por Ramos y Terry (2014) al demostrar que no existen diferencias significativas ante la influencia de la aplicación combinada de fertilizantes y abonos orgánicos. Por otra parte, Jara (2017) al evaluar el efecto de abonos orgánicos y químicos en el cultivo de brócoli no obtuvo alguna diferencia estadísticamente significativa en el análisis de varianza, no obstante, se alcanzó un promedio de 409 g en el peso de la pella.

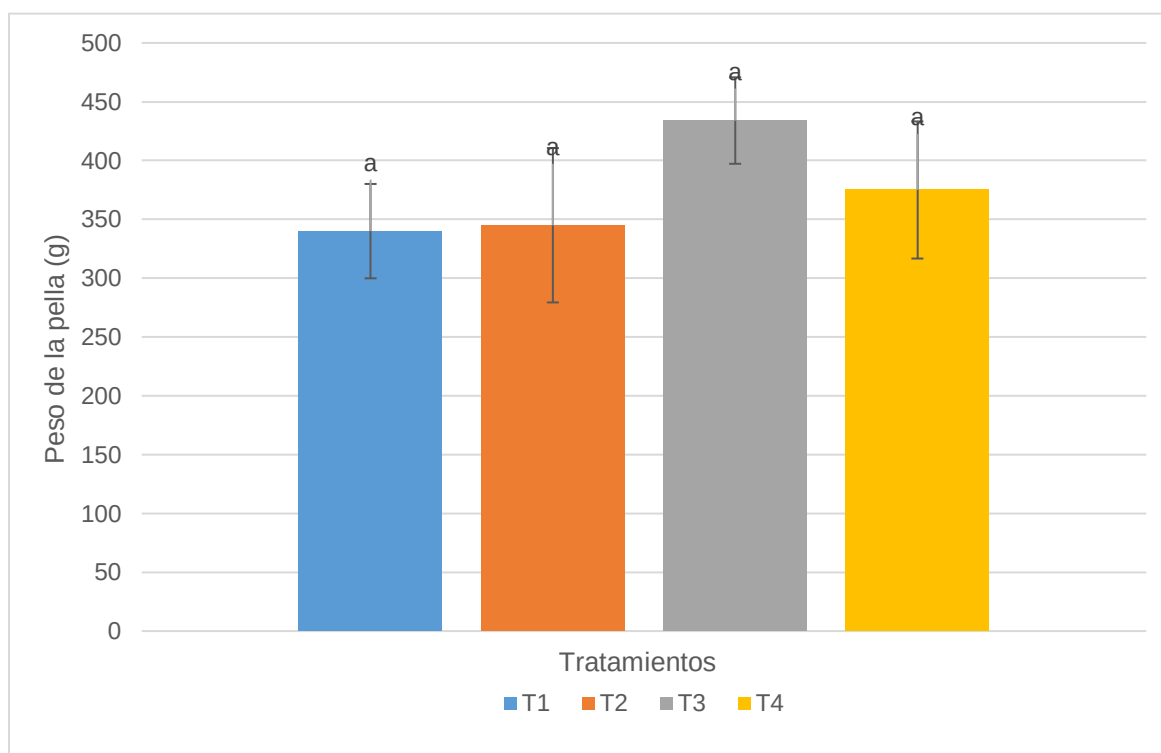


Figura 4.3 – Peso de la pella. T1 = Biofermento de estiércol; T2 = Químico; T3 = Lixiviado de lombriz y T4 = Microorganismos de montaña. Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa.

4.2.4 Diámetro de la pella

En la Figura 4.4 se observa el diámetro de la pella que obtuvieron las plantas durante el proceso experimental. En el cual se presentó un promedio general de 6 pulgadas; sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Por lo tanto, en estas mediciones, todos los tratamientos presentaron un diámetro de la pella similar al igual que Ortiz (2019) quien evaluó cinco tratamientos dos orgánicos, dos químicos y el testigo, donde al 95 y 99 % de probabilidades no encontró alguna diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos obteniendo un diámetro similar al obtenido en esta investigación. Cabe mencionar que López (2022) al evaluar tres abonos orgánicos en el cultivo de brócoli obtuvo un diámetro de pella de 14 cm equivalente a 5.5 pulgadas siendo este el valor más alto entre los tratamientos por lo que dicho diámetro fue semejante al alcanzado en esta investigación.

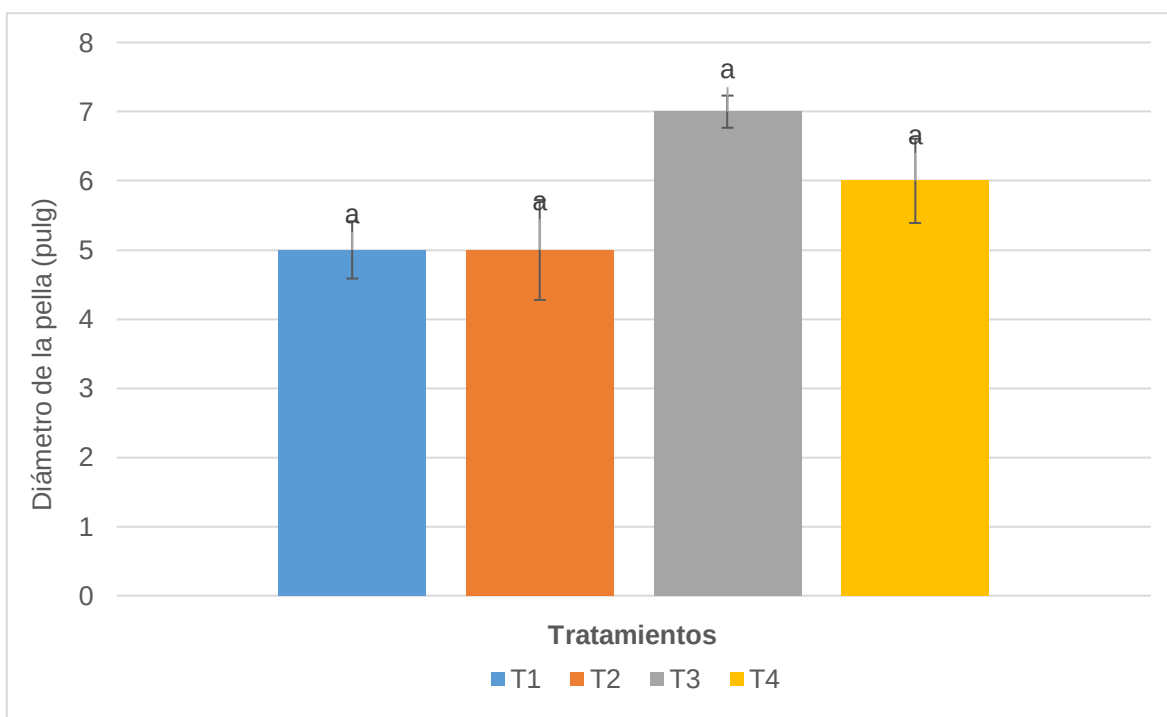


Figura 4.4 – Diámetro de la pella. T1 = Biofermento de estiércol; T2 = Químico; T3 = Lixiviado de lombriz y T4 = Microorganismos de montaña. Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa.

4.2.5 Volumen de la pella

La Figura 4.5 muestra el diámetro de la pella que obtuvieron las plantas durante el experimento, donde no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. El T3 (Lixiviado de lombriz) alcanzó un volumen de 335 cm³, y el T4 (Microorganismos de montaña) alcanzó un volumen de 288 cm³, superando a los T1 (Biofermento de estiércol) y T2 (Químico) los cuales cuentan con un volumen de 246 cm³ y 247 cm³ respectivamente, aunque estadísticamente no existen diferencias significativas. Faiza et al. (2022) indican que en su trabajo de investigación el volumen más alto en las pellas fue de 327.9 cm³ y el más bajo de 170.8 cm³ utilizando lixiviado de lombriz, de modo que estos valores son similares a lo obtenido en este trabajo de investigación dado que el volumen obtenido más alto fue de 335 cm³ y el más bajo de 246 cm³. Por otro lado, Chatterjee et al. (2005) mencionan que el lixiviado de lombriz facilita la absorción de nutrientes lo que mejora el crecimiento tanto vegetativo como reproductivo.

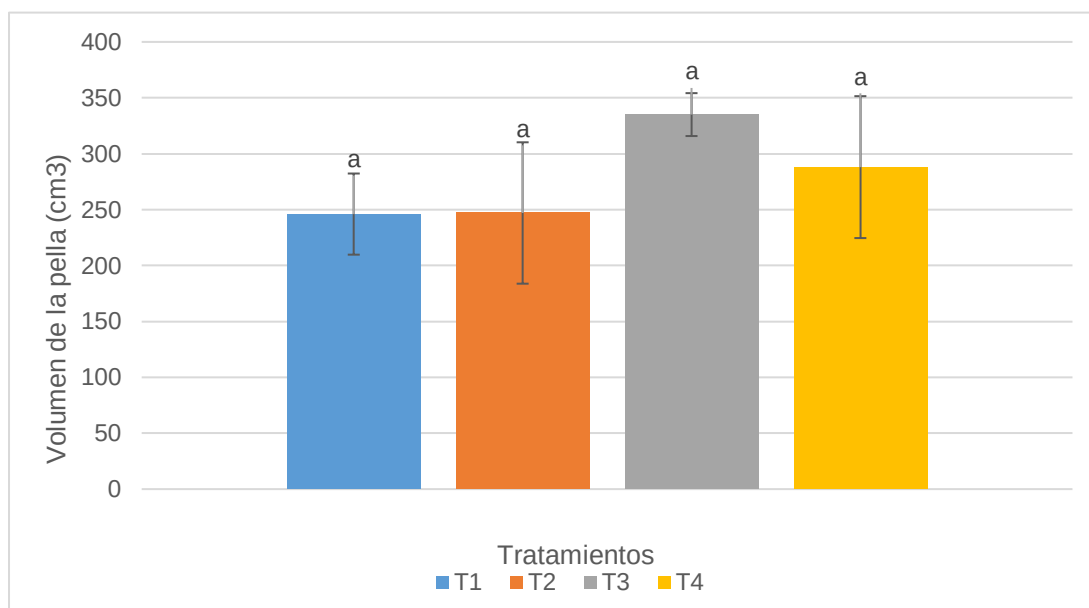


Figura 4.5 – Volumen de la pella. T1 = Biofermento de estiércol; T2 = Químico; T3 = Lixiviado de lombriz y T4 = Microorganismos de montaña. Letras iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa.

V. CONCLUSIÓN

En conclusión, las plantas de brócoli presentaron la misma respuesta en las variables evaluadas (altura de la planta, número de hojas, peso de la pella, diámetro de la pella y volumen de la pella), independientemente del tratamiento al que fueron sometidos (fertilizante químico o abonos orgánicos (lixiviado de lombriz, microorganismos de montaña y biofermento de estiércol)) siendo estadísticamente iguales con una prueba de Tukey con una confianza del 95%, lo que indica que la fertilización orgánica es una alternativa para la producción de brócoli.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J. R., Cerdá, B., Cerdá, A., Gómez, B., y Núñez, E. (2018). Alimentos de la región de Murcia: brócoli. *Cátedra UCAM-Santander de Emprendimiento En El Ámbito Agroalimentario*, 10-17.
- Alves, W. L., Melo, W. J., y Ferreira, M. P. (1999). Efeito do composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo. *Ciência do Solo* 23, 729-736.
- Arbaiza, A. (2002). *Guía práctica y manejo de plagas en 26 cultivos*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Armbrecht, I., Montoya, J., Ascuntar, N. H., Peña, I., Ramos, M., Daza, M., Reyes, A., Galindo, V., Giraldo, C., y Sanabria, C. (2011). Influencia de dos acondicionadores orgánicos del suelo sobre el crecimiento de un policultivo de maíz y frijol. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 10, 93-100.
- Burbano, H. (1989). *El Suelo. Una visión sobre sus componentes biorgánicos*. Serie Investigaciones. Universidad de Nariño.
- Calvache, A. (2015). *Fertilización en brócoli*. Piura
- Campo-Martínez, A. P., Acosta-Sánchez, R. L., Morales-Velasco, S., y Alonso-Prado, F. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña (mm) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 79-87.
- Canqui, C. (2018). *Comportamiento agronómico de tres variedades de brócoli (Brassica oleracea L.) en la comunidad Achocara Alta del municipio de Luribay*. [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio de la Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20475/TS-2627.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cardona, A., Bolaños, M. M., y Chavarriaga, W. (2016). Efecto de fertilizantes químicos y orgánicos sobre la agregación de un suelo cultivado con *Musa acuminata* AA. *Acta Agronómica*, 65(2), 144-148.
- Castellón, J. J., Bernal, R., y Hernández, M. L. (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, 19(1), 39-50.

- Castillo, B., y Jerezano, K. B. (2017). *Abonos orgánicos*. Universidad Veracruzana.
- César, A. J., y Lartey, R. T. (2009). Primer informe de una mancha foliar causada por *Alternaria brassicae* en la maleza invasora *Lepidium draba* en América del Norte. *Plant Disease*, 93(8), 846.
- Céspedes, M. C. (2005). Agricultura orgánica. Principios y fundamentos. En M. C. Céspedes (Ed.), *Agricultura orgánica. Principios y prácticas de producción*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu.
- Chatterjee, R., Choudhuri, P., & Bandyopadhyay, S. (2006). Influence of Integrated Use of Organic and Inorganic Sources of Nutrients on Green Yield of Palak (*Beta vulgaris* L. Var Bengalensis Hort.) Cv Pusa Bharati in Terai Zone of West Bengal. *Environment and Ecology*, 24(3), 722.
- Chaves, A., y Guzmán, G. (2009). *Elaboración de biofermentos y su aplicación como abono foliar*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Chen, L. S., Cheng, C. W., Chen, R. S., y Tsay, J. G. (2006). Identificación de dos hongos mildiú vellosos en Taiwán basada en el espaciador transcrito interno de la región ribosómica. *Boletín de Protección Fitosanitaria (Taipei)*, 48(1), 53-64.
- Cruz-Tobar, E., Vega-Chariguamán, J., Gutiérrez-Albán, A., González-Rivera, M., Saltos-Espín, R., y González-Rivera, V. (2018). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la producción de brócoli (*Brassica oleraceae*). *Revista de Investigación Talentos*, 5(1), 1-8.
- Faiza, A., Mujeeb, U. R., Neelam, A., Farzana, F., & Habib, U. (2022). Response of broccoli (*Brassica oleraceae* var. italica) to azotobacterbiofertilizer and vermicompost levels. *Journal of Xi'an Shiyou University, Natural Science Edition*, 18, 712-720.
- Ferreira, M. E. y Cruz, M. C. P. (1992). Estudo do efeito de vermicomposto sobre absorção de nutrientes e produção de matéria seca pelo milho e propriedades do solo. *Científica* 20, 217 – 227.

- Figueroa, H. (2023). *Uso de Kairomonas y feromonas como alternativa en el manejo integrado de la palomilla dorso de diamante (Plutella xylostela L.) en el cultivo de brócoli en la región norte de Guanajuato, México*. [Tesis de grado, Universidad Autónoma del estado de México]. Repositorio de la Universidad Autónoma del estado de México. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/138950>.
- Google earth. (2023). Laguna Larga. [Imagen satelital].
- Guzmán, V. (2017). *Evaluación de seis híbridos de brócoli (Brassica oleraceae var. Italica, hib. legacy), a tres densidades de siembra. Machachi-Pichincha*. [Tesis de Grado]. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Quito.
- Huanca, G. M., y Fernández, C. M. (2019). Efecto de tres dosis de compost en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) en ambiente atemperado en el municipio de El Alto. *Apthapi*, 5(3), 1652-1658.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Geografía y Medio Ambiente*. <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>
- Iñiguez, M. (2007). *Fertilidad, fertilizantes y fertilización*. Universidad Nacional de Loja.
- Jara, C. D. (2017). *Efecto de los abonos orgánicos y la fertilización inorgánica en el rendimiento del cultivo de brócoli (brassica oleracea) variedad italica, en condiciones agroecológicas de Yamos - Huacrachuco - Huánuco 2017*". [Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco]. Repositorio de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco. <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/4516/TAG0786J24.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Kher, E., y Diaz, P. (2012). *Producción de brócoli para la industria*. INIA.
- León, G. A. (2007). *Control de plagas y enfermedades en los cultivos*. Grupo Latino Editores.
- Lopez, Y. P. (2022). *Evaluación de tres abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de Brócoli (Brassica oleracea L.) en La Argelia, cantón Loja*. [Tesis de grado,

- Universidad Nacional de Loja]. Repositorio de la Universidad Nacional de Loja.
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25660/1/Yajaira%20Patricia%20Lopez%20Luzon.pdf>.
- López-Chillón, M. T., Villaño, D., García-Viguera, C., y Moreno, D. A. (2016). Brócoli: alimento natural con grandes beneficios en salud. *Grupo THM*.
- Maroto, J. V. (2002). *Horticultura Herbácea Especial*. Ediciones MundiPrensa.
- Martínez, A. G., Padrón, W., Rodríguez, O. F., Chiquito, O., Escarola, M. A., Hernández, J. M., Elvira, E. A., Méndez, G. A., Tinoco, J. C., y Martínez, J. (2014). Alternativas actuales del manejo de lixiviados. *Avances en química*, 9(1), 37-47.
- Martínez-Ballesta, M. C., López-Pérez, L., Carvajal, M., Pérez-Balibrea, S., Moreno, D. A., y García-Viguera, C. (2008). Cultivo del brócoli con aguas salinas. ¿Es posible algún beneficio? *Agrícola Vergel*, 315, 132-13.
- Martínez-Scott, M. M., Ramos-Aguilar, M., y Zúñiga-Maldonado, W. M. (2023). *Control biológico de palomilla dorso de diamante (Plutella xylostella L.) en brócoli con hongos entomopatógenos*. [Tesis de grado, Tecnológico Nacional de México]. Repositorio del Tecnológico Nacional de México.
http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Control_biologico_de_palomilla_dorso_de_diamante_Plutella_xylostella_L_en_brocoli_con_hongos_entomopatogenos.html.
- Mazur, N., Santos, A., y Velloso, A. (1983). Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 7, 153-156.
- Medina, E. K., Mancilla, O. R., Larios, M. M., Guevara, R. D., Olguín, J. L., y Barreto, O. A. (2016). Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco. *IDESIA*, 34(6).
- Michereff, S., Marissnia, M., Noronha, M., Filha, M., Câmar, M., & Reis, A. (2012). Survey and prevalence of species causing *Alternaria* leaf spots on *Brassica* species in Pernambuco. *Horticultura Brasileira*, 30, 345-348.

- Mosquera, B. (2010). *Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana: manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos*. FONAG.
- Norma, Y. T. (2015). Aplicación de productos sello verde en el manejo de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *avenger*), en las condiciones agroecológicas de izamba. *Universidad Técnica de Ambato*, 25-52.
- Orellana, H., Solórzano, H., Bonilla, A., Salazar, G., Falconí-Borja, C., y Velasteguí, R. (2008). *Manejo orgánico ecológico del cultivo de brócoli*. Vademécum agrícola.
- Ortiz, H. (2019). *Abonamiento orgánico y químico en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea L.) en la comunidad campesina de los Angeles, Huancarama-Andahuaylas-Apurímac*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4186/253T20190308_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Ortuño, O. (2019). Efecto de tres concentraciones del residuo de endulzado de chocho sobre *Alternaria* sp y *Brevicorine brassicae* L (Pulgón) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.) en el laboratorio. *Escuela Superior Politécnica del Chimborazo*, 17-25.
- Palmero, R. (2010). Elaboración de compost con restos vegetales por el sistema tradicional en pilas o montones. *Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular Tenerife*. 1–13.
- Pérez, Y. L., y Lamadrid, L. J. (2014). Efecto del lixiviado de humus de lombriz sobre indicadores morfológicos en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). *Centro Agrícola*, 41(4), 33-37.
- Quiroga, M., Agüero, D., Zapata, R., Busilacchi, H., y Bueno, M. (2015). Activadores de crecimiento y biofertilizantes como alternativa al uso de fertilizantes químicos en cultivo de chía (*Salvia hispanica* L.). *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 35, 31-40.

- Quishpe, M., y Hermelinda, H. (2019). Control de *Plasmodiophora brassicae* en brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) cv. 'Avenger' con Trichoderma viride mezclado con biocarbón activado. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, 128.
- Ramírez, F. (2008). *Control de Plagas y Enfermedades en los Cultivos*. Primera edición. Editorial Grupo Latino Bogotá.
- Ramos, D., y Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.
- Reyes, C. A., Cantú, M. A., y Garza, M. (2013). *Los abonos orgánicos: una alternativa para incrementar los rendimientos de maíz*. SAGARPA.
- Reyes, C. A., Cantú, M., y De la Garza Caballero, M. (2013). *Los abonos orgánicos: una alternativa para incrementar los rendimientos de maíz*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Rocha, J. E., y Cisneros-Reyes, Y. D. (2019). La producción de brócoli en la actividad agroindustrial en México y su competitividad en el mercado internacional. *Acta universitaria*, 29.
- Rodriguez-Calampa, N., Torres, T., y Lusdina, Z. (2013). Producción de Microorganismos de Montaña para el Desarrollo de una Agricultura Orgánica. *IV CONACIN*, 28.
- Rolando, Y. C. (2011). *Efecto de tres dosis en tres épocas de aplicación de Pyraclostrobin (COMET®) en el control de la mancha foliar (Alternaria brassicae Berk) y validación del efecto AgCelence en el rendimiento de un híbrido de Brócoli (Brassica oleracea var. Italica) en la provincia de Cotopaxi*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/950/1/T-UTC/1246.pdf>
- Rosales, S., y Nápoles, J. (2007). *Hortalizas: Plagas y enfermedades*. Trillas.
- Salinas, E. (2014). *La agricultura orgánica como modelo alternativo*. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.

- Sarabia, I. F., Cisneros, R., Aceves de Alba, J., Durán, H. M., y Castro, J. (2011). Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del Valle de San Luis Potosí, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(2), 103-113.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Avance de siembras y cosechas. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Panorama agroalimentario: La ruta de la transformación agroalimentaria 2018-2024. https://drive.google.com/file/d/1NXcDhaB63Z94wjRUV6f_FK0Urv6cgvJ/view
- Soto, G. (2020). El continuo crecimiento de la agricultura orgánica: Orgánico 3.0. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 215-226.
- Suchini, J. G. (2012). *Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio*. CATIE.
- Tartabull, T., y Betancourt, C. (2016). La calidad del agua para el riego. Principales indicadores de medida y procesos que la impactan. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(1), 47-61.
- Toledo, J. (2003). *Cultivo del Brócoli*. INIA.
- Torres, J. C., Aguilar, C. E., Vázquez, H., Solís, M., Gómez, E., y Aguilar, J. R. (2022). Evaluación del uso de microorganismos de montaña activados en el cultivo de rosas, Zinacantán, Chiapas, México. *Siembra*, 9(1).
- Umaña, S., Rodríguez, K., y Rojas, C. (2017). ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 133–144.
- Weier, E. (2004). *Botany and introduction to biology*. Limusa.
- YARA. (2019). YaraMila - Fertilizantes complejos NPK. Boletín Técnico, Yarecuador Cia. Ltda., Guayaquil.

- Zamilpa, J., Schwentesius, R., y Ayala, D. A. (2016). Estado de la cuestión sobre las críticas a la agricultura orgánica. *Acta Universitaria*, 26(2).
- Zamora, E. (2016). El cultivo del brócoli. *Serie guías-producción de hortalizas DAG/HORT-010*.
- Zilli, C., R. (2018). *México, quinto productor mundial de brócoli*. El economista (I).

VII. ANEXOS

7.1 Presupuesto

Tabla 7.1 – Presupuesto del proyecto.

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Plántula de brócoli	Charola (320 cavidades)	1	\$150	\$150
T1 (Biofermento de estiércol)				
Estiércol	Kg	4	\$5	\$20
Agua oxigenada	ml	1	\$20	\$20
Melaza	ml	800	\$20	\$20
Leche	L	0.5	\$12	\$6
T2 (Químico)	L	1	\$200	\$200
T3 (Lixiviado de lombriz)	L	2	\$100	\$200
T4 (Microorganismos de montaña)				
Microorganismos en medio sólido	Kg	1	\$100	\$100
Melaza	ml	500	\$15	\$15
Manguera de plástico de ½ pulgada	pulgada	½	\$20	\$20
Tambo	Pieza	1	\$300	\$300
Acondicionamiento del lugar de trabajo				
Malla sombra	m	20	\$80	\$1,600
Rollo de alambre	m	18	\$60	\$1,080
Sistema de riego				
Manguera negra	m	18	\$8	\$144
Cintilla de goteo	m	48	\$3.50	\$168
Conexiones	Piezas	4	\$15	\$60
Llaves de paso	Piezas	2	\$25	\$50

Material de trabajo

Mochila aspersora	Pieza	1	\$1,550	\$1,550
Pesa digital	Pieza	1	\$180	\$180
Azadón	Pieza	1	\$350	\$350
Total			\$1,134	\$6,233

7.2 Análisis de varianza

Tabla 7.2 - Análisis de varianza de la altura de la planta del día 11 de marzo del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	0.19	0.06	0.2	0.8944
Tratamiento	3	0.19	0.06	0.2	0.8944
Error	12	3.75	0.31		
Total	15	3.94			

Coeficiente de variación = 8.68

Tabla 7.3 - Análisis de varianza de la altura de la planta del día 25 de marzo del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	0.5	0.17	0.57	0.6445
Tratamiento	3	0.5	0.17	0.57	0.6445
Error	12	3.5	0.29		
Total	15	4			

Coeficiente de variación = 7.20

Tabla 7.4 - Análisis de varianza de la altura de la planta del día 08 de abril del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	0.19	0.06	0.2	0.8944
Tratamiento	3	0.19	0.06	0.2	0.8944
Error	12	3.75	0.31		
Total	15	3.94			

Coeficiente de variación = 6.5

Tabla 7.5 - Análisis de varianza de la altura de la planta del día 22 de abril del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	0.69	0.23	0.17	0.9151
Tratamiento	3	0.69	0.23	0.17	0.9151
Error	12	16.25	1.35		
Total	15	16.94			

Coeficiente de variación = 8.91

Tabla 7.6 - Análisis de varianza de la altura de la planta del día 06 de mayo del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	2.69	0.9	0.56	0.6525
Tratamiento	3	2.69	0.9	0.56	0.6525
Error	12	19.25	1.6		
Total	15	21.94			

Coeficiente de variación = 6.20

Tabla 7.7 - Análisis de varianza de la altura de la planta del día 20 de mayo del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	1	0.33	0.67	0.5885
Tratamiento	3	1	0.33	0.67	0.5885
Error	12	6	0.5		
Total	15	7			

Coeficiente de variación = 2.86

Tabla 7.8 - Análisis de varianza de la altura de la planta del día 03 de junio del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	1	0.33	0.67	0.5885
Tratamiento	3	1	0.33	0.67	0.5885
Error	12	6	0.5		
Total	15	7			

Coeficiente de variación = 2.30

Tabla 7.9 - Análisis de varianza de la altura de la planta del día 17 de junio del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	0.69	0.23	0.58	0.6399
Tratamiento	3	0.69	0.23	0.58	0.6399
Error	12	4.75	0.4		
Total	15	5.44			

Coeficiente de variación = 1.76

Tabla 7.10 - Análisis de varianza del número de hojas de la planta del día 11 de marzo del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	0	0		
Tratamiento	3	0	0		
Error	12	0	0		
Total	15	0			

Coeficiente de variación = 0.00

Tabla 7.11 - Análisis de varianza del número de hojas de la planta del día 25 de marzo del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	0	0		
Tratamiento	3	0	0		
Error	12	0	0		
Total	15	0	0		

Coeficiente de variación = 0.00

Tabla 7.12 - Análisis de varianza del número de hojas de la planta del día 08 de abril del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	0	0	0	0.9999
Tratamiento	3	0	0	0	0.9999
Error	12	3	0.25		
Total	15	3			

Coeficiente de variación = 6.45

Tabla 7.13 - Análisis de varianza del número de hojas de la planta del día 22 de abril del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	0.19	0.06	0.23	0.8732
Tratamiento	3	0.19	0.06	0.23	0.8732
Error	12	3.25	0.27		
Total	15	3.44			

Coeficiente de variación = 5.37

Tabla 7.14 - Análisis de varianza del número de hojas de la planta del día 06 de mayo del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	0.19	0.06	0.1	0.9565
Tratamiento	3	0.19	0.06	0.1	0.9565
Error	12	7.25	0.6		
Total	15	7.44			

Coeficiente de variación = 6.87

Tabla 7.15 - Análisis de varianza del número de hojas de la planta del día 20 de mayo del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	0.19	0.06	0.06	0.978
Tratamiento	3	0.19	0.06	0.06	0.978
Error	12	11.75	0.98		
Total	15	11.94			

Coeficiente de variación = 7.36

Tabla 7.16 - Análisis de varianza del número de hojas de la planta del día 03 de junio del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	0.69	0.23	0.38	0.7697
Tratamiento	3	0.69	0.23	0.38	0.7697
Error	12	7.25	0.6		
Total	15	7.94			

Coeficiente de variación = 4.99

Tabla 7.17 - Análisis de varianza del número de hojas de la planta del día 17 de junio del 2023.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	0.69	0.23	0.38	0.7697
Tratamiento	3	0.69	0.23	0.38	0.7697
Error	12	7.25	0.6		
Total	15	7.94			

Coeficiente de variación = 3.78

Tabla 7.18 - Análisis de varianza del peso de la planta.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	22141	7380.33	2.78	0.0865
Tratamiento	3	22141	7380.33	2.78	0.0865
Error	12	31823	2651.92		
Total	15	53964			

Coeficiente de variación = 13.79

Tabla 7.19 - Análisis de varianza del diámetro de la planta.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	3	1	3	0.0728
Tratamiento	3	3	1	3	0.0728
Error	12	4	0.33		
Total	15	7			

Coeficiente de variación = 10.04

Tabla 7.20 - Análisis de varianza del volumen de la planta.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	3	21202.25	7067.42	2.92	0.0776
Tratamiento	3	21202.25	7067.42	2.92	0.0776
Error	12	29061.5	2421.79		
Total	15	50263.75			

Coeficiente de variación = 17.63

7.3 Cronograma de actividades

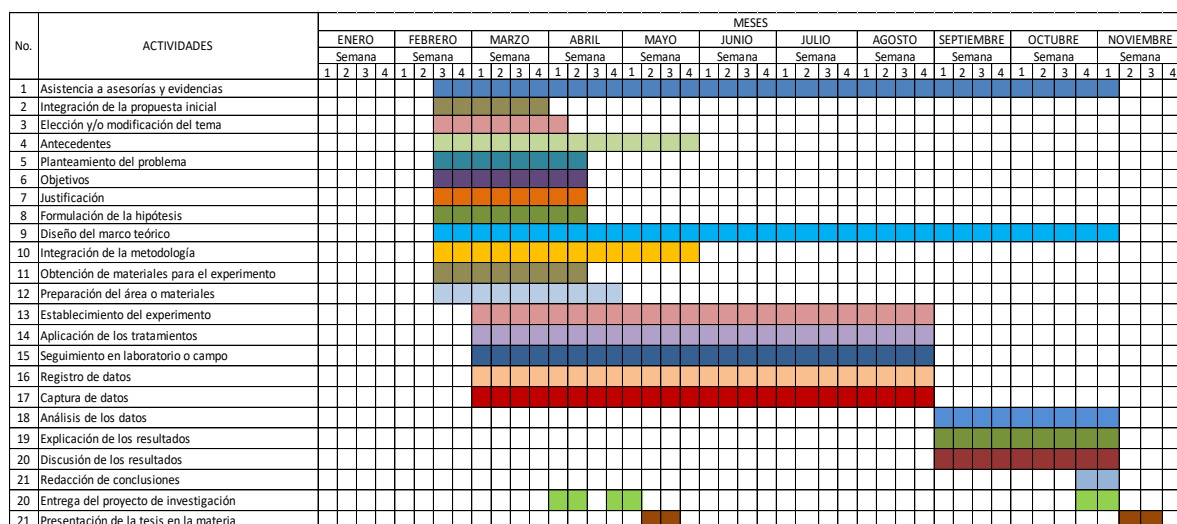


Figura 7.1 – Cronograma de actividades.