

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**  
**EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE**  
**PLÁNTULAS DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*)**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN REALIZADO DE MANERA INDIVIDUAL  
COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

**AUTOR:**

**Cesar Elias Guangatal Tipanguano**

**TUTOR:**

**Ing. Edwin Leonardo Pallo Paredes. Mg.**

**CEVALLOS**

**202**

**EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE  
PLÁNTULAS DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*)**

REVISADO POR:



Firmado electrónicamente por:  
**EDWIN LEONARDO  
PALLO PAREDES**

-----  
Ing. Edwin Pallo Paredes. Mg.

TUTOR

**APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:**

**Fecha**



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

-----  
Ing. Marco Pérez S. PhD.

-----  
14/09/2022

PRESIDENTE DE TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:  
**ALBERTO  
CRISTOBAL  
GUTIERREZ ALBAN**

-----  
Ing. Alberto Gutiérrez Albán. Mg.

-----  
14/09/2022

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:  
**MANOLO SEBASTIAN  
MUÑOZ ESPINOZA**

-----  
Ing. Manolo Muñoz Mg.

-----  
14/09/2022

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **CESAR ELIAS GUANGATAL TIPANGUANO**, portador de cédula de ciudadanía número: **1805129119**, libre y voluntariamente declaro que el informe final del trabajo de integración curricular titulado: **“Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*)”** es original, auténtica 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.



---

Cesar Elías Guangatal Tipanguano

## DERECHO DE AUTOR

Al presentar este informe final del trabajo de integración curricular titulado “**Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*)**” como uno de los requisitos previos para la obtención del título 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 trabajo o de parte de él.



---

Cesar Elías Guangatal Tipanguano

## DEDICATORIA

A Dios, quien me dio la fe y la fortaleza necesaria para salir siempre adelante pese a las dificultades, por colocarme en el mejor camino, iluminando cada paso de mi vida, y por darme la salud y la esperanza para terminar este trabajo.

A mi madre María Agustina Tipanguano Bombón, por siempre creer en mí y su apoyo incondicional que siempre me da para poder salir adelante y a mi padre Segundo Alberto Guangatal Guangatal por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su esfuerzo incondicional en seguir en mis estudios para poder obtener a un título universitario.

A mis hermanos Luis Guangatal y Ángel Guangatal por brindarme su apoyo que me han ayudado salir adelante.

A mi esposa Karina Usulla a quien amo tanto y agradezco por tenerme tanta paciencia, estar a mi lado en todo momento y por darme su amor todos los días, lo que me motiva a cumplir todo lo que me proponga. En fin, a todos los que de alguna manera colaboraron en la realización de este trabajo.

A mi hijo Dominic Guangatal por entender que, durante el desarrollo de esta tesis, fue necesario sacrificar situaciones y momentos a su lado para así poder completar exitosamente mi trabajo académico y mi hija Sofía Guangatal por ser mayor tesoro de mi vida y mi fuente de motivación. Gracias a eso he podido cumplir con todas mis obligaciones académicas necesarias, pues de otra manera esta tesis no hubiera culminado con el mismo éxito.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios todo poderoso que me ha conservado con vida, con salud, que me dio inteligencia, y ha guiado y cuidado hasta hoy.

A mi padre y madre, por su amor y apoyo incondicional. Al Ing. Agr. Edwin Pallo Tutor, por su paciencia y colaboración en la realización de este trabajo. Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, ya que gran parte de los conocimientos que hoy poseo son gracias a ellos. Además, que con su entrega y dedicación han contribuido de manera excepcional para mi formación.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	iii
<b>DERECHO DE AUTOR</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	1
1.1 Antecedentes investigativos .....	1
1.1.1 Sustrato.....	1
1.1.2 Sustratos naturales.....	1
1.1.3 Propiedades físicas le sustrato.....	3
1.1.4 Propiedades químicas le sustrato .....	4
1.1.5 Según el origen de los sustratos .....	6
1.1.6 Materiales inorgánicos o minerales.....	6
1.2 Objetivos .....	7
1.2.1 Objetivo General .....	7
1.2.2 Objetivos específicos .....	7
<b>CAPÍTULO II</b> .....	8
<b>METODOLOGÍA</b> .....	8
2.1 Materiales.....	8
2.2 Método .....	8
2.2.1 Enfoque, modalidad y tipo de investigación .....	8
2.2.2 Ubicación del experimento (ensayo).....	8
2.2.3 Características del lugar .....	8
2.2.4 Factores en estudio.....	9
2.2.5 Tratamientos .....	9
2.2.6 Diseño experimental .....	10

2.2.7 Características del ensayo .....	10
2.2.8 Hipótesis .....	11
2.2.9 Manejo del experimento.....	12
2.2.10 Variables respuesta .....	13
<b>CAPÍTULO III</b> .....	15
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	15
3.1 Análisis y discusión de los resultados.....	15
3.1.1 Porcentaje de germinación .....	15
3.1.2 Variables Agronómicas.....	16
3.1.3 Costo de producción.....	18
3.2 Verificación de hipótesis.....	20
<b>CAPITULO IV</b> .....	21
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	21
4.1 Conclusiones .....	21
4.2 Recomendaciones .....	21
<b>C.MATERIALES DE REFERENCIA</b> .....	22
Referencias bibliográficas.....	22
Anexos .....	25



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción de los tratamientos .....	10
<b>Tabla 2.</b> Prueba de tukey al 5% de significación para la Variables Agronómicas .....	16
<b>Tabla 3.</b> Costo de producción por cada uno de los tratamientos .....	18
<b>Tabla 4.</b> Ingresos totales del ensayo por tratamiento .....	19

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Distribución de los tratamientos .....	11
<b>Figura 2.</b> Porcentaje de germinación .....	15

## RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo de investigación fue realizado bajo condiciones de cubierta plástica, el propósito fue evaluar el efecto del sustrato de hojarasca o tierra de hojas con las mezclas de materia orgánica de diferentes fuentes (humus y compost) para el crecimiento de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*). La metodología utilizada fue de cuatro tratamientos (Turba, sustrato de hojarasca, mezclas con humus y compost) en un diseño completo al azar (DCA), las variables evaluadas fueron, porcentaje de germinación, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, longitud y volumen radicular, costos por tratamiento, en los resultados obtenidos se consideró que: la turba (sustrato comercial) es inferior al resto de los sustratos utilizados en el ensayo por presentar bajo resultados en altura de planta con 11.07 cm, longitud y volumen radicular, número de hojas y diámetro de tallo con 2.18 mm a los 30 días después de la siembra a excepción de la germinación que presentó una óptima germinación de 99.38% ; mientras tanto, los sustratos orgánicos como el sustrato de hojarasca y sus mezclas con humus y compost presentaron los mejores resultados con un 99.40% en germinación, un 11.60 cm en altura de planta, el diámetro de tallo con 3.26 mm . Tomando en cuenta el desempeño de las plantas en las distintas variables agronómicas evaluadas y el análisis financiero realizado, los sustratos T1, T2 Y T3, ofrecen los mejores resultados para la producción de plántulas de brócoli a nivel de invernadero. Para el caso de costo de producción por plántula en los tratamientos existe un margen de rentabilidad aceptable, sobre todo en el sustratos de hojarasca con la adición de complementos orgánicos ,debido a que genero 1.64\$ mientras que la turba presentó 1.59\$ considerando que la actividad de producción de plántulas de brócoli resulta económicamente viable.

**Palabras clave:** brócoli, plántulas, sustratos, humus, compost, hojarasca, turba

## ABSTRACT

The research work was carried out under conditions of plastic cover, the purpose was to evaluate the effect of the litter substrate or soil of leaves with the mixtures of organic matter from different sources (humus and compost) for the growth of broccoli seedlings (*Brassica oleracea* italic variety). The methodology used was four treatments (peat, litter substrate, mixtures with humus and compost) in a complete random design (DCA), the variables evaluated were: percentage of germination, plant height, stem diameter, number of leaves , length and root volume, costs per treatment, in the results obtained it was considered that: peat (commercial substrate) is inferior to the rest of the substrates used in the trial because it presents low results in plant height with 11.07 cm, length and volume radicular, number of leaves and stem diameter with 2.18 mm at 30 days after planting, except for germination, which presented an optimal germination of 99.38%; meanwhile, the organic substrates such as the litter substrate and its mixtures with humus and compost appeared the best results with 99.40% in germination, 11.60 cm in plant height, stem diameter with 3.26 mm . Taking into account the performance of the plants in the different agronomic variables evaluated and the financial analysis carried out, the substrates T1, T2 and T3 offer the best results for the production of broccoli seedlings at the greenhouse level. In the case of cost of production per seedling in the treatments there is an acceptable margin of profitability, especially in litter substrates with the addition of organic supplements, because they generate \$1.64 while peat presents \$1.59 considering that the broccoli seedling production activity it is economically viable.

**Keywords:** broccoli, seedlings, substrates, humus, compost, litter, peat

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes investigativos

#### 1.1.1 Sustrato

El término sustrato en la agricultura, se refiere a todo material ya sea natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, cuya función principal es servir de soporte a la planta durante el crecimiento y desarrollo, permitiendo el anclaje radicular y favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno (Calderón, 2006).

Según Hidalgo et al.,(2009) manifiestan que cuando se utilizan materiales orgánicos susceptibles de sufrir un proceso de descomposición previo a ser empleados o durante su permanencia en la bolsa en vivero, resulta importante determinar las características biológicas de los mismos, como la población microbiana y evolución del CO<sub>2</sub>, los cuales aportarán mayor garantía a la calidad del sustrato.

#### 1.1.2 Sustratos naturales

##### 1.1.2.1 Turbas

Las turbas tienen materiales de origen vegetal con propiedades físicas y químicas variables en función del origen y se clasifican en turbas rubias y turbas negras. Las turbas rubias contienen mayor contenido de materia orgánica y están menos descompuestas. Las turbas negras están más mineralizadas lo cual permite tener un menor contenido de materia orgánica (Narváez, 2013).

Es constante el uso de turbas rubias en el cultivo sin suelo, debido a que las turbas negras presentan deficiencias en aireación y el contenido elevado de sales solubles, mientras que las turbas rubias tienen un buen nivel de retención de agua y de aireación, pero presenta variabilidad en cuanto a su composición esto debido a su origen, por la inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la

nutrición vegetal, también tiene un ph que oscila entre 5 y 7 y está turba esta empleado para la producción ornamental y plántulas hortícolas en semilleros (Suazo, 2020).

### ***1.1.2.2 Suelo de páramo***

Según Llambí et al., (2012) menciona que las principales propiedades del suelo, tales como la retención de humedad, reserva de bases intercambiables, capacidad de suministro de nitrógeno, azufre y otros elementos nutritivos de las plantas en aireación, estabilidad estructural, etc., dependen marcadamente de la cantidad de materia orgánica que se encuentra en la tierra negra.

Este tipo de suelo se caracteriza porque en el existen partículas minerales orgánicas que retienen el agua y que protegen el humus de la descomposición, lo que quiere decir que tienen un alto contenido de materia orgánica y retienen mucha agua. La tierra negra es muy rica en nutrientes, generalmente es la cubierta superficial de un suelo localizada a profundidades de 10 cm, que es un agregado de minerales y partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica con textura, estructura y espacio poroso conocido como horizonte A generalmente de un color gris a negro. Para lograr una excelente germinación, enraizamiento y crecimiento vegetativo se requieren características específicas del medio de cultivo en tanto a las propiedades físicas y químicas que dan como resultado el mejor tipo de suelo para las plantas, debido a que tienen proporciones de limo, arcilla y arena.

### ***1.1.2.3 Tierra de hojas u hojarasca***

La tierra de hojas es un producto desarrollado a partir del compostaje de hojas y residuos vegetales usado para enriquecer la turba donde se desarrollará un cultivo. Es útil para el jardín, para trasplantes, terrazas, siembras de césped, para almácigos y macetas. Una de las características de la hojarasca es que poseen una gran cantidad de materia orgánica, debido a su gran aporte de nitrógeno y otros elementos a la planta ,no genera efectos dañinos con el medio ambiente tanto como los animales y los seres humanos (Acosta-Durán et al., 2014).

La tierra de hojas está hecha a base de residuos forestales como las hojas de colca, chilca etc. Uno de los beneficios de esta tierra es que viene desinfectada y compostada de distinta granulometría gracias a los microorganismos benéficos que habitan dentro de los bosques y no hay riesgo que se propaguen enfermedades a las plantas, este producto puede ser usado como sustrato en almácigos de plantines hortícolas.

### **1.1.3 Propiedades físicas le sustrato**

Todos los medios están compuestos por 3 fases: sólida, acuosa y gaseosa.

#### **1.1.3.1 Granulometría**

La granulación es la dimensión más pequeña de las partículas de las que está compuesto el sustrato, tal que permita la circulación de la solución nutritiva y del aire. Un sustrato excesivamente fino se vuelve compacto, en especial cuando está húmedo, e impide el paso del aire. En general la experiencia señala como mejores aquellos sustratos que permiten la presencia del 15 al 35 % de aire y del 20 al 60 % de agua en relación con el volumen total (Calderon y Cevallos, 2005).

#### **1.1.3.2 Porosidad**

Es el volumen total de un medio que no es ocupado por las partículas sólidas y está distribuido por aire o agua en proporción. La condición óptima no debe sobrepasar los 80 y 85 %, aunque hay sustratos de menor porosidad que pueden ser usados con normalidad en determinadas condiciones (Picón, 2013).

Según Picón (2013) manifiesta que el grosor de los poros es muy importante debido a que condiciona la aireación y retención de agua en un sustrato, donde los poros gruesos suponen menor relación en superficie y volumen, debido a esto el equilibrio de la fuerzas gravitacionales con la tensión superficial se restablecen cuando el poro queda parcialmente saturado, formando una película de espesor determinado.

La porosidad es un factor muy importante, ya que con la presencia de poros pequeños hay mayor retención de humedad, mientras que con poros grandes hay mayor evacuación de los excesos de agua. Lo que se pretende es encontrar un equilibrio, ya que una desproporción en la porosidad puede causar la muerte de la planta por exceso de agua

dentro del sustrato. Por otro lado, si ocurriera lo contrario, muy poca retención de agua podría estar interrumpiendo la actividad fisiológica natural de la planta (Calderon y Cevallos, 2005).

#### ***1.1.3.3 Densidad***

Según Cruz-Crespo (2019) indica que la densidad de un sustrato es todo el material sólido que lo compone y entonces se está hablando de la densidad real, cuya densidad calculada se considera el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, a la que se denomina densidad aparente.

#### ***1.1.3.4 Estructura***

La estructura puede ser de forma granular como la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares, por lo que la primera no tiene forma estable, y esta se acopla fácilmente a la forma del contenedor, mientras que los sustratos fibrilares dependerán de las características de sus fibras, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente que lo contiene pero obtienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de un sustrato seco al mojado (Picón, 2013).

### **1.1.4 Propiedades químicas le sustrato**

#### ***1.1.4.1 Capacidad de intercambio catiónico***

Según Hidalgo et al., (2009) se define como la suma de los cationes cambiables que pueden ser adsorbidos por unidad de peso (o de volumen) del sustrato. Dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto lixivante del agua y están usualmente disponibles para la planta.

La capacidad de los sustratos orgánicos para adsorber cationes metálicos depende del pH: Cuando más alto es el pH, más elevada es la capacidad de intercambio catiónico. Para una turba rubia, la capacidad de intercambio catiónico se incrementa desde 50 hasta 100 meq/100 g cuando el pH aumenta desde 3.5 hasta 5.5.

#### ***1.1.4.2 Disponibilidad de nutrientes***

La nutrición vegetal depende de varios factores los cuales son de forma mineral o por acción de microorganismos y moléculas orgánicas. Estos están directamente relacionados con las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Las adiciones de materia orgánica o abonos orgánico de forma mineral favorecen a la poblaciones microbianas porque contienen moléculas que alimentan y segregan las enzimas requeridas para solubilizar minerales o mineralizarla, pero no suplen las necesidades de la mayoría de los cultivos, esta dinámica está determinada por la presencia de elementos que intervienen en la fijación del nitrógeno o la producción de ácidos orgánicos que liberan fósforo, pero que también pueden afectar la disponibilidad de varios nutrientes o las poblaciones microbianas (Medina et al., 2007).

#### ***1.1.4.3 Salinidad***

La salinidad de una solución acuosa se mide por el contenido de sales disueltas en mg/l o ppm(Partes por millón) o más comúnmente, por la capacidad de conducir corriente eléctrica o conductividad eléctrica en Milisiemens por cm, en mS/cm, o Microsiemens por cm (Velásquez, 2016).

#### ***1.1.4.4 Relación Carbono/Nitrógeno***

La relación C/N se usa tradicionalmente como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y de su estabilidad. Los daños aparecen sobre las plantas cultivadas en materiales orgánicos donde hay una inmovilización del nitrógeno como una baja disponibilidad de oxígeno en la rizosfera y esta situación provoca la actividad de los microorganismos, que son capaces de descomponer los materiales orgánicos crudos y utilizan el N para la síntesis de sus proteínas celulares (Paredes-Jácome et al., 2022).

#### ***1.1.4.5 Materiales utilizados como sustratos***

Existen diferentes tipos de sustratos utilizados en la producción de plántulas, los cuales se clasifican según el origen de los materiales y por su naturaleza, sus propiedades o su capacidad de degradación. Los más utilizados de acuerdo con sus propiedades son:



**1.1.4.5.1 *Sustratos químicamente inertes.*** Este sustrato actúa solo como soporte de la planta y no interviene en la adsorción y fijación de nutrientes, tales como la arena granítica, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, etc.

**1.1.4.5.2 *Sustratos químicamente activos.*** Este tipo de sustrato no actúa solo como soporte de la planta, sino que a su vez actúa como un depósito de reserva de los nutrientes tales como las turbas rubias y negras, la corteza de pino, la pinocha, la vermiculita, etc.

### **1.1.5 Según el origen de los sustratos**

**1.1.5.1 *Sustratos de origen natural.*** Estos tipos de sustratos se caracterizan por estar sujetos a la descomposición biológicas, como las turbas.

**1.1.5.2 *Sustratos de síntesis.*** Estos tipos de sustratos son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen a partir de síntesis química, entre las cuales tenemos a la espuma de poliuretano y poliestireno expandido.

**1.1.5.3 *Sustratos de subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas.*** La mayoría de estos sustratos requiere un proceso de compostaje, para su correcta adecuación como sustrato, tales como, la cascarilla de arroz, fibra de coco, aserrín y virutas de la madera, pajas de cereales, etc.

### **1.1.6 Materiales inorgánicos o minerales**

**1.1.6.1 *Materiales de origen natural.*** Este tipo de material se obtiene a partir de rocas o minerales de origen diverso, que muchas veces se modifican al modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos y no son biodegradables como la arena, la grava y la tierra volcánica.

**1.1.6.2 *Materiales transformados o tratados.*** Este material se obtiene a partir de rocas o minerales, ya que mediante tratamientos físicos complejos se modifican notablemente las características de los materiales, dentro de los más utilizados tenemos a la perlita y vermiculita.

**1.1.6.3 *Materiales de residuos y subproductos industriales.*** Estos materiales son procedentes de actividades industriales, como los fragmentos estériles del carbón y las escorias de alto horno.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Evaluar sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*).

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Comparar el porcentaje de germinación de cada uno de los sustratos.
- Analizar las características agronómicas de las plántulas de brócoli.
- Determinar el costo de la plántula por tratamiento.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1 Materiales**

- Bomba manual de riego a batería
- Bandejas de germinación
- Regla Graduada
- Probeta Graduada
- Calibrador Vernier
- Sustrato
- Balanza
- Semillas

#### **2.2 Método**

##### **2.2.1 Enfoque, modalidad y tipo de investigación**

El enfoque predominante es cualitativo y cuantitativo. La modalidad fue de carácter netamente experimental y de campo. En este trabajo se realizó una asociación de variables donde se probaron diferentes mezclas de sustratos.

##### **2.2.2 Ubicación del experimento (ensayo)**

Este presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la propiedad de la señora Karina Usulla, ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, parroquia Quisapincha, ubicado a 14, 2 km de la ciudad de Ambato. Sus coordenadas geográficas son: Latitud 1°13'60" S y 78°40'60" Longitud Oeste, a una altitud de 3,067 msnm.

##### **2.2.3 Características del lugar**

###### **2.2.3.1 Clima**

En la zona del páramo la temperatura oscila, entre los 3 a 6 °C, sin embargo debemos indicar que varía durante el día, en las mañanas las variaciones no son considerables, mientras que al medio día y la tarde es de 10 a 12 °C, en la noche baja de 8 a 0°C, dependiendo del enfriamiento y pérdida de calor y los diferentes meses del año y en la zona del sub páramo, el promedio de la temperatura oscila entre los 6 a 12°C, siendo

propenso a los cambios de temperatura y se ve afectado esencialmente por las heladas (INERHI, 2000).

### **2.2.3.2 Suelo**

Según el informe del (INERHI, 2000) en la parte central, extendiéndose de Occidente a Oriente se encuentra una gran zona formada por ceniza volcánica del Cuaternario conocida como “cangagua”(tierra estéril), este material constituye un elemento importante, ya que cubre gran parte de la región en un espesor variable acomodándose al relieve. La mayoría de los suelos de páramos de Quisapincha son de origen volcánicos, los cuales tienen las características de ser negros, limosos y bastante profundos, con un 20% a 50% de retención de humedad y de textura media. Poseen un alto porcentaje de materia orgánica (humus), producto de la acumulación constante de materia orgánica descompuesta, lo que puede ser una ventaja en el establecimiento de nuevos rodales de bosques nativos con miras a la protección de las fuentes de agua existentes.

### **2.2.4 Factores en estudio**

#### **A. Sustrato**

**T1** Sustrato de hojarascas de colca (*Miconia crocea* L.)

#### **B. Adición**

**C1** Humus de Lombriz

**C2** Compost

### **2.2.5 Tratamientos**

Los tratamientos fueron 4 del resultado de la combinación del sustrato de hojarascas con la adición de humus de lombriz y compost más un testigo que contiene el 100% de turba comercial.

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos

<b>No Trat.</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
T1	T1	Sustrato de hojarasca 100%
T2	T1C1	Sustrato de hojarasca 75%+Humus de lombriz 25%
T3	T1C2	Sustrato de hojarasca 75%+Compost 25%
T4	T	Turba Comercial (Ts- 1)100%

**Fuente:** Guangatal,2022

### **2.2.6 Diseño experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y tres repeticiones. A los tratamientos con respuesta significativas se aplicó pruebas de significación de Tukey al 5%.

### **2.2.7 Características del ensayo**

#### **2.2.7.1 Características de la bandeja**

Bandejas de Germinación de 338 alveolos

Cavidades de 13 x 26 alveolos

Dimensión externa: 0.34 m de ancho x 0.67 m de largo

Área total: 0.2278 m<sup>2</sup>

Número de plantas por bandeja: 338

Número de plantas/parcela neta: 262

### 2.2.7.1 Características de la parcela neta

Ancho: 0.30 m

Largo: 0.63 m

Área total: 0.189 m<sup>2</sup>

Número de plantas a analizar: 9

Número total de bandejas: 12

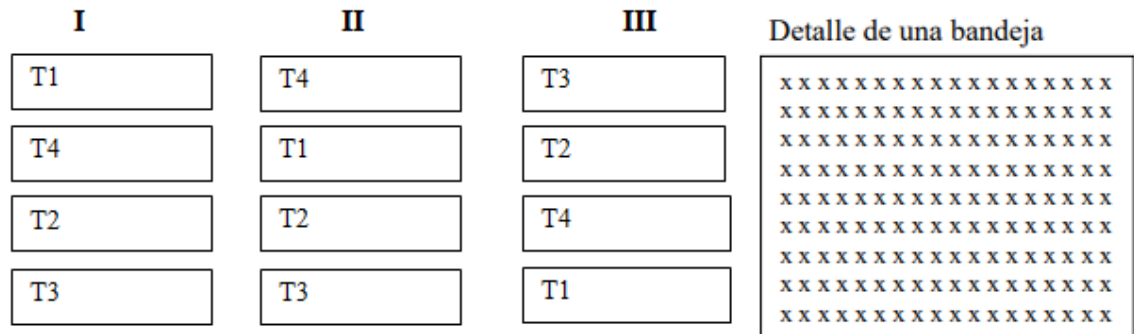
Área total de bandejas: 2.268 m<sup>2</sup>

Área total del ensayo: 2.734 m<sup>2</sup>

Número total de plántulas: 4.056

### 2.2.7.3 Esquema de distribución de las parcelas

**Figura 1.** Distribución de los tratamientos



**Fuente:** Guangatal,2022

### 2.2.8 Hipótesis

**Ho:** Los sustratos de enraizamiento sin la incorporación de complementos orgánicos no contribuyen al mejor enraizamiento de Brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica)

**Ha:** Los sustratos de enraizamiento con la incorporación de complementos orgánicos contribuyen al mejor enraizamiento de Brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica)

## **2.2.9 Manejo del experimento**

### ***2.2.9.1 Adquisición de la semilla***

Las semillas de brócoli se adquirieron de la casa comercial SAKATA, las mismas que vienen previamente desinfectadas con Thiram, con 93 % de germinación y 99.9% de pureza.

### ***2.2.9.1 Características de la cubierta plástica***

La cubierta plástica (invernadero) estaba estructurada de madera, cuya forma era de tipo capilla, con un de plástico transparente calibre 6, altura máxima de 2.50 m y mínima de 2.0 m y un área de 64 m<sup>2</sup>

### ***2.2.9.2 Preparación de los sustratos***

Los sustratos prioritarios de esta investigación, se preparó efectuando las diferentes mezclas necesarias en el sustrato de hojarasca.

### ***2.2.9.3 Características de las bandejas germinadoras***

Las bandejas de germinación eran del material espuma flex, con 34 cm de ancho por 67 cm de largo y altura de 4.6 cm, y con una capacidad de 338 alveolos.

### ***2.2.9.4 Colocación y distribución de los sustratos en las bandejas***

Se colocaron las diferentes mezclas de sustratos, según los tratamientos, en cada una de las bandejas de germinación.

### ***2.2.9.5 Siembra***

Se procedió a sembrar de forma manual en cada una de las bandejas distribuidas en el diseño experimental establecido, una semilla por alvéolo.

### ***2.2.9.5 Riegos***

Se realizaron riegos manuales cada dos días en las primeras horas de la de la tarde, utilizando una bomba de mochila.

### **2.2.9.6 Fertilización**

La nutrición de cada uno de los tratamientos se realizó con la ayuda de una bomba de mochila, a los 11, 18 y 23 días después de la germinación, cuya dosis fue de 1 cc/L, con un biol orgánico denominado Juramic.

### **2.2.9.7 Control fitosanitario**

Se realizaron monitoreos diarios, cuya finalidad fue conocer el estado fitosanitario del cultivo, para detectar el desarrollo de posibles plagas y enfermedades.

## **2.2.10 Variables respuesta**

### **2.2.10.1 Porcentaje de Germinación**

El porcentaje de germinación se logró realizar mediante conteo a los 8 días de la emergencia de las plántulas en relación con la cantidad de semillas sembradas en la bandeja. Esta variable se contabilizará hasta los 10 días después de la siembra.

El porcentaje se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{Semilla germinadas}}{\text{Número total de semillas}} \times 100$$

**Fuente:** FAO,2011

### **2.2.10.2 Altura de planta**

Para la medición de este indicador se midió a los 15 y 30 días después de la siembra, midiendo la planta desde la base del sustrato hasta el ápice de la última hoja verdadera, con la ayuda de una regla graduada, a 9 plántulas tomadas al azar de cada parcela, dato expresado en cm.

### **2.2.10.3 Número de hojas**

Para medir este parámetro se contabilizó a los 15 y 30 días después de la siembra, registrando a 9 plantas tomadas al azar de cada parcela neta.



#### ***2.2.10.4 Volumen del sistema radicular***

Una vez transcurrido 30 días después de la siembra, se determinó el volumen del sistema radicular, a 9 plantas tomadas al azar de cada parcela neta mediante el principio de Arquímedes, utilizando una probeta graduada, obteniendo el valor por desplazamiento del líquido, dato expresado en centímetros cúbicos.

#### ***2.2.10.5 Longitud del sistema radicular***

Trascurrido los 30 días después de la siembra, se midió con una regla graduada, la longitud del sistema radicular, a 9 plantas tomadas al azar de cada parcela neta, dato expresado en cm.

#### ***2.2.10.6 Diámetro del tallo***

El diámetro del tallo se registró a los 30 días después de la siembra a 9 plantas tomadas al azar de cada parcela neta, con la ayuda de un calibrador Vernier dato expresado en milímetros.

#### ***2.2.10.7 Procesamiento de la información***

Para procesar la información se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT, a los datos con respuesta significativa se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

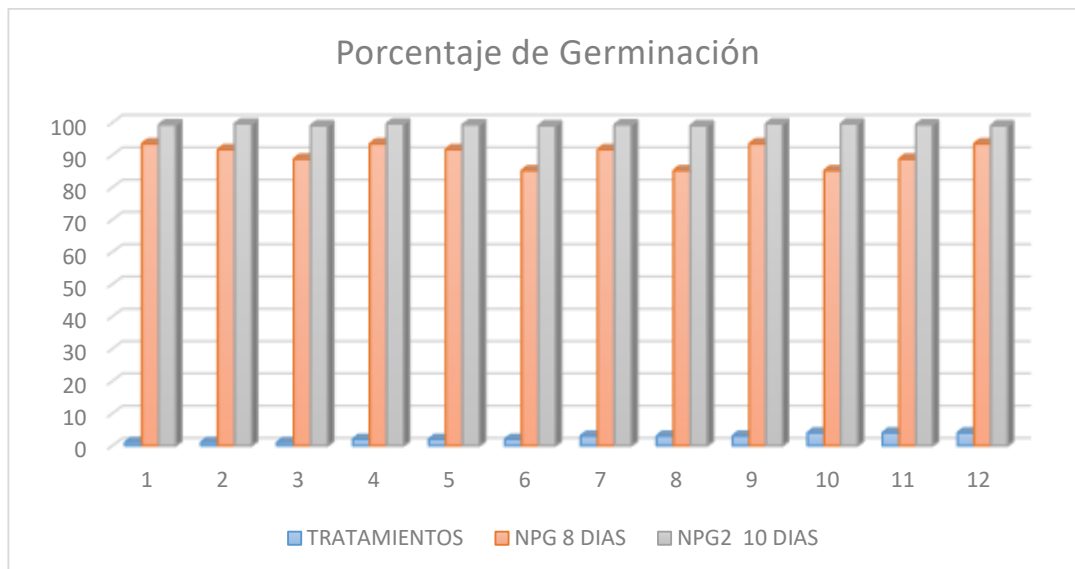
## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis y discusión de los resultados

##### 3.1.1 Porcentaje de germinación

Figura 2. Porcentaje de germinación



Fuente: Guangatal,2022

Los resultados obtenidos para la variable porcentaje de germinación, dieron como respuesta que no existe diferencia significativa, únicamente observando diferencias matemáticas mínimas, como son T1 99.40% en el primer tratamiento, el segundo tratamiento con T2 99.40 %, el tercer con T3 99.40 % y por último T4 99.37%, considerando que los sustratos son apropiados para la germinación de semilla de brócoli.

Según (Ordoñez, 2017) en su estudio obtuvo un 95% de germinación en las plántulas de brócoli mientras que en el ensayo realizado con el sustrato de hojarasca y sus mezclas se observó un alto poder germinativo con 99.40% y con la utilización de turba alcanzan un 99.37%, lo cual lleva a la conclusión de que en la germinación no importa el sustrato a utilizar siempre y cuando tenga buenas condiciones (textura, porosidad, granulometría, retención de humedad) para el efecto.

### 3.1.2 Variables Agronómicas

El ADEVA para las variables: altura de planta, número de hojas, longitud de raíz, volumen radicular, diámetro de tallo dieron como resultado, que si existen diferencias estadísticas (Tabla 2), entre los tratamientos en estudio, así como entre repeticiones.

**Tabla 2.** Prueba de Tukey al 5% de significación para la Variables Agronómicas

TRAT.	Altura de planta 15 días	Altura de planta 30 días	Nº. de hojas 15 días	Nº. de hojas 30 días	Diámetro de tallo	Volumen radicular	Longitud radicular
T1	5.86 A	11.60 A	2.30 A	3.22 A	3.26 A	2.12 A	6.73 A
T3	5.67 A	11.52 A	2.22 A	3.12 A	3.20 A	2.04 A	6.53 A
T2	5.63 A	11.46 A	2.15 A	3.08 A	3.06 A	1.95A	6.52A
T4	5.18 B	11.07 B	1.83 B	2.23 B	2.18 B	1.65 B	5.76 B

**Fuente:** Guangatal,2022

En la tabla 2 se observa las distribuciones de medias de las diferentes variables agronómicas evaluadas, obteniendo como respuesta, para el caso de altura de planta tenemos en primer lugar al T1 con 11.60 cm, seguido del T3 con 11.52 cm, el T2 con 11.46 cm mientras el T4 presentó 11.07 cm siendo este el de menor tamaño; para el caso de número de hojas por planta el Tratamiento T1 presenta mayor número de hojas con 3.25 hojas, seguido de T3 con 3.12 hojas, el T2 con 3.08 a continuación el T4 con 2.23 siendo el tratamiento que presento un mínimo número de hojas, a continuación para del diámetro de tallo se observa que el T1 presenta una media de 3.26 mm, seguido del T3 con 3.20, el T2 con 3.06 y el que presento menor diámetro de tallo fue el T4 con 2.18 mm, en el caso de volumen radicular el tratamiento T1 presento mayor masa radicular con 2.12 cc ,seguido de T3 con 2.04 cc, el T2 con 1.95 cc. y para el T4 1,65 cc. siendo el tratamiento que presento menor masa radicular y por último en las medias evaluadas para

longitud radicular, el T1 presento una mayor longitud radical con 6.73 cm, seguido de T3 con 6.53, el T2 con 6.52 y el que presento menor longitud radicular fue el T4 con 5.76 cm.

Según (Ilbay, 2012) señala que las alturas de plántulas de brócoli en su ensayo con utilización de turba alcanzan en promedio 9.33 centímetros, lo cual le lleva a la conclusión de que estas plántulas no alcanzan una altura recomendada para el trasplante y el volumen radicular con un promedio de 0,67 cc, por tanto, se comprueba que en el presente estudio realizado con la turba no ofrece buenos resultados en lo que respecta a la altura de la planta y volumen radicular, debido a que Bussard (2004) menciona que la altura óptima que deben alcanzar las plántulas de brócoli en la fase de semillero deben estar entre los 10 a 15 centímetros y el volumen radicular entre 2 cc a 2.5 cc. Los resultados obtenidos permiten deducir que la utilización del sustrato de hojarasca con la adición de humus y compost, influyen favorablemente en el desarrollo de plántulas de brócoli.

Según (Valadez, 2002), menciona que una longitud óptima del sistema radicular para el trasplante al campo definitivo esta entre 5 y 6 centímetros de largo, mientras que el tratamiento conformado por la turba comercial presento la longitud del sistema radicular (5.76 cm) que está dentro de los parámetros que menciona el autor, la diferencia es que no presento mayor longitud a diferencia de los tratamientos enriquecidos con materia orgánica.

Según (Bussard, 2004), indica que las plántulas de brócoli deben tener entre 4 y 5 hojas verdaderas para el trasplante y un tallo con buenas características para ser trasplantado debe estar en un rango de 3 a 4 milímetros. Concordamos con lo expuesto por el autor ya que en nuestro estudio los valores se encuentran dentro de los rangos antes mencionados.

### 3.1.3 Costo de producción

**Tabla 3.** Costo de producción por cada uno de los tratamientos

Trat.	Materiales	Porcentajes	Cantidad		Kg	Costo	Costo por tratamiento	Total
T1	Sustrato de hojarascas	100%	1		45	0.13	0.26	0,78
	Semilla			1014		9.12	3.04	9.12
	Bandejas		1			3.50	0.58	1.54
	Fertilización					9.60	0.0384	0.1152
	Riego			1		1.25	0.208	0.625
	Total							
T2	Sustrato de hojarascas	75%	1		45	0.13	0.19	0.57
	Humus de Lombriz	25%	1		45	0.15	0.075	0.22
	Semilla			1014		9.12	3.04	9.12
	Bandejas		1			3.50	0.58	1.54
	Fertilización		1			9.60	0.0384	0.1152
	Riego					1.25	0.208	0.625
	Total							
T3	Sustrato de hojarascas	75%	1		45	0.13	0.19	0.57
	Compost	25%	1		45	0.15	0.075	0.22
	Semilla			1014		9.12	3.04	9.12
	Bandejas		1			3.50	0.58	1.54
	Fertilización		1			9.60	0.0384	0.1152
	Riego					1.25	0.208	0.625
	Total							

T4	Sustrato comercial ts1	100%	1	25	0.20	0.40	1.20
	Semilla		1014		9.12	3.04	9.12
	Bandejas		1		3.50	0.58	1.54
	Fertilización				9.60	0.038	0.1152
	Riego				1.25	0.208	0.625
	<b>Total</b>						<b>12.60</b>

**Fuente:** Guangatal,2022

**Tabla 4.**Ingresos totales del ensayo por tratamiento

<b>Tratamiento</b>	<b>Cantidad bandejas</b>	<b>Numero plántulas</b>	<b>Precio por plántula (\$)</b>	<b>Ingreso total</b>	<b>Relación B/C</b>
<b>T1</b>	3	334	0.02\$	20.04\$	1.64
<b>T2</b>	3	334	0.02\$	20.04\$	1.64
<b>T3</b>	3	334	0.02\$	20.04\$	1.64
<b>T4</b>	3	334	0.02\$	20.04\$	1.59

**Fuente:** Guangatal,2022

En la tabla 4 se observa los ingresos totales de las ventas por las plántulas de brócoli, mediante un análisis parcial de costos para el caso de los tratamientos T1, T2, T3 la relación B/C, es de 1.64, es decir por cada dólar invertido se genera una utilidad de 0.64 USD, mientras que en el T4 la relación B/C es de 1.59. Podemos resumir que en todos los casos existe un margen de rentabilidad aceptable, considerando que la actividad de producción de plántulas de brócoli resulta económicamente viable.

Según (Álvarez, 2012) indica que el realizar el análisis de costo-beneficio ayuda a conocer si el proyecto está siendo rentable o no rentable. Si la cantidad que da como resultado, según los números de la empresa, es mayor a 1 puede considerarse que tu proyecto es financieramente rentable. En cambio, si es igual a 1 o menor, es posible que el proyecto requiera cambios inmediatos para que brinde las cantidades esperadas. De acuerdo al análisis beneficio/costo según (Álvarez, 2012), concuerdo con lo expuesto por el autor ya que en nuestro estudio los valores se encuentra en 1.64 y 1.59 dentro del proyecto financieramente rentable mayor a 1.

### **3.2 Verificación de hipótesis**

En base a los resultados obtenidos acepto la hipótesis alternativa debido a que con la incorporación de complementos orgánicos contribuyen a mejorar las características agronómicas del cultivo.

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones**

La germinación de plántulas de brócoli en los diferentes tratamientos resultó ser muy eficientes que en su totalidad alcanzan valores superiores al 99%, considerándolos como óptimos para la germinación de semilla de brócoli.

Los tratamientos T1, T2, T3, presentaron las mejores características agronómicas, tales como altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, longitud y volumen radicular, siendo estos apropiados para multiplicar plántulas de brócoli.

Todos los tratamientos presentan un margen de rentabilidad superior al 50%, considerando a la multiplicación de plántulas como una actividad rentable.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

Es necesario continuar efectuando investigaciones con el objeto de evaluar la utilización de los sustratos alternativos para la producción de otras especies a nivel de invernadero y en campo definitivo.

Investigar otros materiales alternativos para la obtención de sustratos de buena calidad y costos accesibles, que puedan ser utilizados para propagar y multiplicar plantas.



## C.MATERIALES DE REFERENCIA

### Referencias bibliográficas

- Acosta-Durán, C., Vázquez-Benítez, N., Villegas-Torres, O., Vence, L., y Acosta-Peñaloza, D. (2014). Vermicomposta como componente de sustrato. *Bioagro*, 26(1), 107–114.
- Álvarez, J. (2012). Análisis coste-beneficio. *Evaluación Económica de Medicamentos y Tecnologías Sanitarias*., 85–92. [https://doi.org/10.1007/978-84-940346-6-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-84-940346-6-4_7)
- Bussard, L. (2004). Cultivo Hortícola . 4ta .Edicion.Barcelona,España. Ed. Salvat.
- Calderón, A. (2006). Sustratos agrícolas. 56, 1–4.  
<https://lecturayescrituraunrn.files.wordpress.com/2013/08/sustratos-agricolas1.pdf>
- Calderon, F., y Cevallos, F. (2005). *Los sustratos*. 2001.  
[http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los\\_Sustratos.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm)
- Hidalgo, P., Sindoni, M., y Méndez, J. (2009). Importancia de la selección y manejo adecuado de sustratos en la producción de plantas frutales en vivero. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(2), 282–288.<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3308197>
- Ilbay, L. (2012). " Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plantulas de brocoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica)". Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato.
- INERHI. (2000). DIAGNOSTICO PRELIMINAR DEL PDYOT QUISAPINCHA. *Ambato*.
- Llambí, L., Soto, A., Borja, P., Ochoa, B., Celleri, R., y Bievre, B. (2012). Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos. Los suelos del Páramo.  
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56477.pdf>

- Marcon, T. R., Rafagnin-Da-silva, A., Meira, R. O., Guedes, L. P. C., Corsato, J. M., y Fortes, A. M. T. (2020). "Viability of using organic substrates according to toxicity tests and the antioxidant activities of tomato seeds and seedlings". *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 47(1), 1–11.  
<https://doi.org/10.7764/ijanr.v47i1.1976>
- Medina, M., Guarín, J., y Roa, C. (2007). La disponibilidad de nutrientes para las plantas, consecuencia de interacción, química, biológica y bioquímica. *Cultura Científica*, 0(5), 1–5.  
<http://www.revistasjdc.com/main/index.php/ccient/article/view/19>
- Narváez, D. R. (2013). *EVALUACION DE SUSTRATOS ORGÁNICOS ALTERNATIVOS EN LA PRODUCCION DE PEPINO (Cucumis sativus L.) EN INVERNADERO*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ.
- Ordoñez, C. (2017). "EVALUACIÓN DE HUMUS Y COMPOST EN MEZCLAS CON MATERIALES ORGÁNICOS COMO SUSTRATOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea L.*) EN LA QUINTA EXPERIMENTAL DOCENTE LA ARGELIA." UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.
- Paredes-Jácome, J. R., Hernández-Montiel, L. G., Robledo-Torres, V., González-Fuentes, J. A., Chiquito-Contreras, R. G., y Mendoza-Villarreal, R. (2022). Arbuscular mycorrhizal fungus and organics substrates effect on bean plant morphology and minerals. *Terra Latinoamericana*, 40(March), 1–10.  
<https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1012>
- Picón, R. (2013). Evaluación de sustratos alternativos para la producción de pilones del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum mill*). en los municipios de Esquipulas y Chiquimula, departamento de Chiquimula, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ruiz, F. H., Rodríguez-, J. C., Alfredo, F., y Fernando, B. (2021). Growth of four types of *Capsicum spp.* in substrates under a protected environment *Crecimiento*. 38(4).

Suazo, C. (2020). Evaluación de ocho sustratos para la producción de plántulas de (*Pinus oocarpa*) en tubetes, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.

Valadez, A. (2002). Producción de hortalizas .Editorial Limusa S.A. Mexico.p.127.

Velásquez, D. (2016). “Evaluación de sustratos alternativos para la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum L*), variedad santa cruz No.1, en los municipios de Chiquimula, Jocatan y San Juan Ermita, Departamento de Chiquimula, Guatemala, 2016”. Universidad de San Carlos de Guatemala.

## Anexos

### Proceso de elaboración de los sustratos.

#### A. Preparación de los materiales, tamizado y pesado de los sustratos



#### B. Hoyo en los alveolos y siembra de semillas en las bandejas de germinación



C. Etiquetas colocadas en las bandejas del ensayo



D. Plántulas de brócoli a los 8 días después de la siembra.



E. Medición de las plántulas de brócoli a los 15 días después de la siembra.



D. Fertilización de los tratamientos



E. Medición de las variables en estudio a los 30 días después de la siembra.



## Análisis estadísticos

### Número de plántulas germinadas a los 8 días

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NPG 8 DÍAS	12	0,05	0,00	4,33

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTOS	7,09	3	2,36	0,15	0,9237
Error	122,25	8	15,28		
Total	129,34	11			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10,22104**

Error: 15,2807 gl: 8

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
1	91,32	3	2,26 A
3	90,13	3	2,26 A
2	90,13	3	2,26 A
4	89,15	3	2,26 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Número de plántulas germinadas a los 10 días

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NPG2 10 DÍAS	12	3,9E-03	0,00	0,31

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTOS	3,0E-03	3	1,0E-03	0,01	0,9984
Error	0,77	8	0,10		
Total	0,77	11			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,81060**

Error: 0,0961 gl: 8

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
3	99,40	3	0,18 A
2	99,40	3	0,18 A
1	99,40	3	0,18 A
4	99,37	3	0,18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



### Número de hojas a los 15 días.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Número de hojas a los 15 ..	12	0,98	0,97	2,96

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTOS	2,91	3	0,97	136,82	<0,0001
Error	0,06	8	0,01		
Total	2,96	11			

#### Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,22006

Error: 0,0071 gl: 8

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
1	3,22	3	0,05 A
3	3,15	3	0,05 A
2	3,00	3	0,05 A
4	2,00	3	0,05 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Número de hojas a los 30 días.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Número de hojas a los 30 ..	12	0,93	0,91	4,27

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTOS	1,71	3	0,57	37,57	<0,0001
Error	0,12	8	0,02		
Total	1,84	11			

#### Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,32245

Error: 0,0152 gl: 8

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
1	3,12	3	0,07 A
3	3,12	3	0,07 A
2	3,08	3	0,07 A
4	2,23	3	0,07 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Altura de plántulas a los 15 días

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura 15 días	108	0,22	0,19	8,62

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTOS	6,62	3	2,21	9,52	<0,0001
Error	24,09	104	0,23		
Total	30,70	107			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,34200

Error: 0,2316 gl: 104

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
1	5,86	27	0,09	A
3	5,67	27	0,09	A
2	5,63	27	0,09	A
4	5,18	27	0,09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Altura de plántulas a los 30 días

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura 30 días	108	0,13	0,11	4,69

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTOS	4,60	3	1,53	5,36	0,0018
Error	29,76	104	0,29		
Total	34,36	107			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,38015

Error: 0,2862 gl: 104

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
1	11,60	27	0,10	A
3	11,52	27	0,10	A
2	11,46	27	0,10	A
4	11,07	27	0,10	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Diámetro del tallo a los 30 días

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diámetro tallo 30 días	108	0,63	0,61	11,79

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTOS	20,69	3	6,90	57,88	<0,0001
Error	12,39	104	0,12		
Total	33,08	107			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,24528

Error: 0,1191 gl: 104

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
1	3,26	27	0,07	A
3	3,20	27	0,07	A
2	3,06	27	0,07	A
4	2,18	27	0,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Volumen Radicular a los 30 días

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Volumen Radicular 30 días	108	0,28	0,26	13,43

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTOS	2,76	3	0,92	13,42	<0,0001
Error	7,13	104	0,07		
Total	9,89	107			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,18607

Error: 0,0686 gl: 104

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
1	2,12	27	0,05	A
3	2,04	27	0,05	A
2	1,95	27	0,05	A
4	1,69	27	0,05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Longitud radicular a los 30 días

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Longitud radicular 30 dias..	108	0,39	0,37	7,44

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTOS	14,78	3	4,93	21,81	<0,0001
Error	23,50	104	0,23		
Total	38,28	107			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,33778

Error: 0,2259 gl: 104

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
1	6,73	27	0,09	A
3	6,53	27	0,09	A
2	6,52	27	0,09	A
4	5,76	27	0,09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )