



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**“ESTUDIO DE SISTEMAS DE PROPAGACIÓN Y SU EFECTO EN LA
PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Itálica* L.), SAN LUIS DE
AGUALONGO”**

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR:

DAVID FERNANDO NOBOA LÓPEZ

DIRECTOR:

Ing. FRANKLIN EDUARDO SÁNCHEZ PILA MSc.

Ibarra, Ecuador

2020

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

“ESTUDIO DE SISTEMAS DE PROPAGACIÓN Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Itálica* L.), SAN LUIS DE AGUALONGO.”

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Título de:
INGENIERO EN AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Franklin Eduardo Sánchez Pila MSc.
DIRECTOR



FIRMA

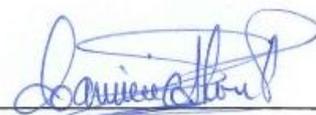
Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Lcda. Carmen Amelia Alvear Puertas MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Lucía Del Rocío Vásquez Hernández MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100367133-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Noboa López David Fernando		
DIRECCIÓN:	Urb. Las Orquídeas		
EMAIL:	titoutn@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	022-110-311	TELÉFONO MÓVIL:	0987180898

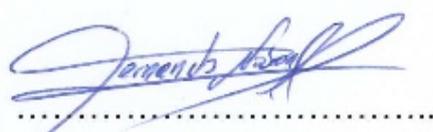
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“ESTUDIO DE SISTEMAS DE PROPAGACIÓN Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i> L.), SAN LUIS DE AGUALONGO”
AUTOR:	David Fernando Noboa López
FECHA:	30 de enero de 2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Agropecuario
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Franklin Eduardo Sánchez Pila MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de enero del 2020

EL AUTOR



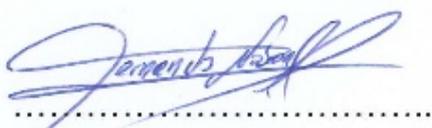
David Fernando Noboa López
C.I.: 1003671334

ACEPTACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto, es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de enero del 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "David Fernando Noboa López", is written over a horizontal dotted line.

Firma

David Fernando Noboa López

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. David Fernando Noboa López, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 30 días del mes de enero del 2020



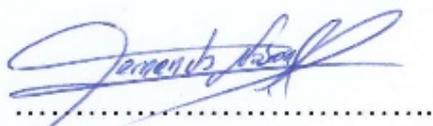
FIRMA

Ing. Franklin Sánchez MSc.
DIRECTOR DE TESIS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, David Fernando Noboa López, con cédula de identidad Nro. 1003671334, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“ESTUDIO DE SISTEMAS DE PROPAGACIÓN Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Itálica* L.), SAN LUIS DE AGUALONGO.”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Agropecuario en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 30 días del mes de enero del 2020



Firma

David Fernando Noboa López

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 30 días del mes de enero del 2020

DAVID FERNANDO NOBOA LÓPEZ: “ESTUDIO DE SISTEMAS DE PROPAGACIÓN Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. Itálica L.), SAN LUIS DE AGUALONGO.” /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 30 días del mes de enero del 2020. 97 páginas.

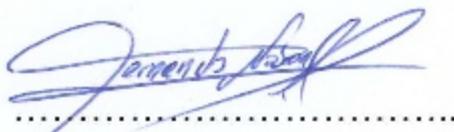
DIRECTOR: Ing. FRANKLIN EDUARDO SÁNCHEZ PILA MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la eficiencia de dos sistemas de propagación y dos mezclas de sustrato en la propagación y producción de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica L.). Entre los objetivos específicos se encuentran: Determinar la calidad de plántulas de brócoli bajo dos mezclas de sustrato y dos sistemas de propagación. Comparar el efecto de las mezclas de sustrato y sistemas de propagación en el rendimiento del brócoli. Analizar los costos de producción en los tratamientos en estudio.



FIRMA

Ing. FRANKLIN EDUARDO SÁNCHEZ PILA MSc.
Directora de Trabajo de Grado



David Fernando Noboa López
Autor

AGRADECIMIENTO

Mi mayor agradecimiento para Dios el dador de la vida, pues sin él nada de esto hubiera posible, gracias por darme inteligencia y sabiduría para poder adquirir los conocimientos que me fueron impartidos, gracias por darme fuerzas para seguir adelante en cada momento en el que sentía que no podía seguir.

Gracias a mi papá Tarquino y a mi mamá Bibiana quienes se han esforzado todos los días por que yo pueda seguir adelante y me brindaron, me brindan y me brindarán su apoyo y todo el amor que poseen, gracias por cada mala noche que pasaron por estar pendientes de mí.

A mis hermanas Verónica, Soraya, Miriam, a mi hermano Edgar, muchas gracias por sus palabras de aliento y sus consejos disfrazados de regaños me ayudaron a entender muchas cosas que con el paso de los años me sirvieron para ser mejor persona.

A mis sobrinos y sobrinas Alejandra, Leo, María José, Fabiana, Julián, les agradezco por brindarme alegrías y hacer de mi vida más emocionante.

A mis amigos Alicia, María José, Lensy, Sairi, Alexis, Jhonatan, David, Evelin, Gino, Tatiana y a todos los que me faltan por mencionar, gracias por compartir tantos momentos increíbles durante estos años, se convirtieron en la familia que escogí, y la escogí bien, gracias por estar pendientes de mí, por haberme dado ánimos cuando lo necesitaba y a pesar de todo por brindarme siempre de su compañía.

A mis docentes, mi director y mis asesores, por tener el tino y la paciencia para transmitirme sus conocimientos, por estar pendientes de que haga las cosas bien y esté preparado para cumplir mis metas y ser un buen profesional sin dejar a un lado la parte humanitaria con todos.

A Maribel Roby quien se ha dado el tiempo de escucharme, orientarme y ayudarme a lo largo de mi preparación profesional.

MUCHAS GRACIAS A TODOS.

DEDICATORIA

Este documento va dedicado a mi familia, quienes en todo momento me impulsaron a seguir con mis sueños, me ayudaron a aferrarme a mis metas y fueron la inspiración para levantarme día a día hasta lograr culminar con mi proceso de aprendizaje.

Dedico a mis amigos quienes pusieron su grano de arena durante estos años, quienes me aconsejaron, me apoyaron y estuvieron brindándome ayuda en cada actividad que realicé.

A mi director, a mis asesores y a todos los docentes que de una u otra manera estuvieron a lo largo de la elaboración de este documento y supieron guiarme, darme consejos y guías para realizar un buen trabajo.

A todas las personas que estuvieron pendientes de mí y que desean que pueda seguir adelante cumpliendo más metas y propósitos.

Principalmente a Dios por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante en mi vida y mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	I
ÍNDICE DE TABLAS	II
ÍNDICE DE ANEXOS	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT	V
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 Hipótesis.....	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Brócoli	4
2.1.1 Descripción.....	4
2.1.2 Clasificación taxonómica	4
2.1.3 Morfología.....	4
2.1.4 Fases fenológicas.....	4
2.1.5 Clima y suelos	5
2.1.6 Requerimientos hídricos.....	5
2.1.7 Sistemas de propagación	5
2.1.7.1 Siembra directa.....	6
2.1.7.2 Siembra en almácigo o cajones	6
2.1.7.3 Siembra en bandejas.....	6
2.1.7.4 Siembra en bloque de sustrato.....	6
2.1.8 Plagas y enfermedades	6
2.1.8.1 Plagas	7
2.1.8.2 Enfermedades.....	7
2.1.9 Manejo del cultivo.....	8
2.1.10 Rendimiento	8
2.1.11 Valor nutricional del brócoli	8
2.2 Sustratos	9
2.2.1 Ventajas de los sustratos	9
2.2.2 Características de los sustratos	9
2.2.3 Propiedades de los sustratos	9
2.2.3.1 Propiedades físicas	9
2.2.3.2 Propiedades químicas	10
2.2.4 Origen de los sustratos	11
2.3 Análisis económico	13

2.3.1 Costos	13
2.3.2 Clasificación de costos	13
2.3.2.1 Costos por su función	13
2.3.2.2 Costos por su identificación con el producto	14
2.3.3 Costos de producción del cultivo de brócoli	14
2.3.4 Relación beneficio-costos	15
2.4 Marco legal.....	16
CAPÍTULO III	17
3. MARCO METODOLÓGICO	17
3.1 Descripción de la fase de vivero	17
3.1.1 Ubicación geográfica.....	17
3.1.2 Características climáticas	17
3.1.3 Materiales	18
3.1.4 Métodos.....	18
3.1.4.1 Factores en estudio	18
3.1.4.2 Tratamientos.....	19
3.1.4.3 Diseño experimental de la fase de vivero.....	19
3.1.4.4 Características del experimento en la fase de vivero	19
3.1.4.5 Análisis estadístico.....	20
3.1.4.6 Variables para evaluarse en la fase de vivero	20
3.1.4.7 Manejo del experimento en la fase de vivero.....	23
3.2. Descripción del área de estudio de la fase de campo	26
3.2.1 Ubicación geográfica.....	26
3.2.2 Características climáticas	27
3.2.3 Materiales	27
3.2.4 Métodos.....	27
3.2.4.1 Factores en estudio	27
3.2.4.2 Tratamientos.....	28
3.2.4.3 Diseño experimental de la fase de campo	28
3.2.4.4 Características del experimento en la fase de campo	28
3.2.4.5 Análisis estadístico.....	29
3.2.4.6 Variables a evaluarse en la fase de campo	29
3.2.4.7 Manejo del experimento en la fase de campo	31
CAPÍTULO IV	34
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1 Fase de vivero.....	34
4.1.1 Propiedades fisicoquímicas de los sustratos.....	34
4.1.2 Índice de velocidad de emergencia	35
4.1.3 Porcentaje de mortalidad	37
4.1.4 Longitud parte aérea.....	38
4.1.5 Longitud de la raíz.....	39
4.1.6 Materia seca parte aérea	41
4.1.7 Materia seca raíz.....	42

4.2 Fase de campo	43
4.2.1 Mortalidad al trasplante.....	43
4.2.2 Porcentaje de sobrevivencia	45
4.2.3 Incidencia de plagas	46
4.2.4 Incidencia de enfermedades	46
4.2.5 Días a la cosecha	47
4.2.6 Diámetro de la pella	48
4.2.7 Rendimiento	50
4.2.8 Determinación de costos de producción.....	51
4.2.9 Relación beneficio-costos	54
CAPÍTULO V	56
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1 Conclusiones	56
5.2 Recomendaciones.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la fase de vivero	17
Figura 2. Distribución de los tratamientos de la fase de vivero	20
Figura 3. Medición de propiedades físicas	21
Figura 4. Medición de propiedades químicas.....	22
Figura 5. Solarización de sustratos.....	23
Figura 6. Mezcla de sustratos.....	24
Figura 7. Elaboración y colocación de los bloques de sustrato.....	24
Figura 8. Llenado de bandejas.....	25
Figura 9. Siembra de semillas	25
Figura 10. Riego durante la fase de vivero.....	26
Figura 11. Mapa de ubicación de la fase de campo	26
Figura 12. Distribución de los tratamientos en estudio durante la fase de campo	29
Figura 13. Medición del diámetro de la pella.....	30
Figura 14. Pesaje de la pella.....	31
Figura 15. Trasplante de plántulas de brócoli	31
Figura 16. Limpieza de las parcelas.	32
Figura 17. Fertilización.	32
Figura 18. Índice de madurez del brócoli.....	33
Figura 19. Índice de velocidad de emergencia.....	36
Figura 20. Porcentaje de mortalidad en la fase de vivero	37
Figura 21. Crecimiento aéreo de las plántulas de brócoli a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación.....	38
Figura 22. Crecimiento radicular de las plántulas de brócoli a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación	40
Figura 23. Materia seca de la parte aérea de las plántulas a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación.....	41
Figura 24. Crecimiento de materia seca de la parte radicular a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación.....	43
Figura 25. Porcentaje de mortalidad a los 5 – 10 –15 días después del trasplante	44
Figura 26. Porcentaje de sobrevivencia a la cosecha	45
Figura 27. Días a la cosecha utilizando tres sustratos	47
Figura 28. Días a la cosecha con dos sistemas de propagación	48
Figura 29. Diámetro de la pella con los distintos sustratos	49
Figura 30. Diámetro de la pella con los sistemas de propagación	49
Figura 31. Rendimiento de brócoli en toneladas por hectárea con la utilización de distintos sustratos.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Costos de producción para una hectárea de brócoli	15
Tabla 2	Características climáticas de la fase de vivero	18
Tabla 3	Materiales usados en la fase de vivero	18
Tabla 4	Tratamientos y codificación del ensayo	19
Tabla 5	Descripción de las características de la fase de vivero.....	19
Tabla 6	Análisis de la varianza (ADEVA) para la fase de vivero.....	20
Tabla 7	Características climáticas para la fase de campo	27
Tabla 8	Materiales usados en la fase de campo.....	27
Tabla 9	Tratamientos y codificación utilizados en el estudio	28
Tabla 10	Área experimental y los tratamientos en la fase de campo	28
Tabla 11	Análisis de la varianza (ADEVA) para la fase de campo	29
Tabla 12	Propiedades fisicoquímicas de los sustratos en estudio	34
Tabla 13	ADEVA para la variable velocidad de emergencia	36
Tabla 14	ADEVA del porcentaje de mortalidad en la fase de vivero	37
Tabla 15	ADEVA de la variable longitud de la parte aérea a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación	38
Tabla 16	ADEVA de la variable longitud de raíz medida a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación.....	39
Tabla 17	ADEVA de la variable materia seca aérea a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación.....	41
Tabla 18	ADEVA de la variable materia seca de la raíz a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación.....	42
Tabla 19	ADEVA de la variable mortalidad evaluada a los 5 – 10 – 15 días después del trasplante	44
Tabla 20	ADEVA del porcentaje de sobrevivencia al momento de la cosecha de brócoli	45
Tabla 21	Incidencia de gusano trozador (<i>Agrotis ipsilon</i>)	46
Tabla 22	Incidencia de palomilla dorso de diamante (<i>Plutella xylostella</i>).....	46
Tabla 23	ADEVA para la variable días a la cosecha	47
Tabla 24	ADEVA para la variable diámetro de pella	48
Tabla 25	ADEVA de la variable peso de la pella.....	50
Tabla 26	Costos de producción por tratamiento en la fase de vivero.....	52
Tabla 27	Costos de producción por tratamiento en la fase de campo	53
Tabla 28	Resumen de los costos de producción por tratamiento del experimento	54
Tabla 29	Relación beneficio/costo	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Prueba Fisher para la variable velocidad de emergencia.....	65
Anexo 2. Prueba Fisher para la variable porcentaje de mortalidad en vivero.....	65
Anexo 3. Prueba Fisher para la variable longitud de la parte aérea.	65
Anexo 4. Prueba Fisher para la variable longitud de raíz	66
Anexo 5. Prueba Fisher para la variable materia seca de la parte aérea.....	66
Anexo 6. Prueba Fisher para la variable materia seca raíz.....	67
Anexo 7. Prueba Fisher para la variable mortalidad al trasplante.....	67
Anexo 8. Prueba Fisher para la variable diámetro en cm para los sistemas de propagación ...	67
Anexo 9. Prueba Fisher para la variable diámetro en cm para sustratos.....	68
Anexo 10. Prueba Fisher para la variable peso medido en tn/ha	68
Anexo 11. Costos de producción del tratamiento 1-fase de vivero.....	68
Anexo 12. Costos de producción del tratamiento 2-fase de vivero.....	69
Anexo 13. Costos de producción para el tratamiento 3-fase de vivero.....	70
Anexo 14. Costos de producción para el tratamiento 4-fase de vivero.....	71
Anexo 15. Costos de producción para el tratamiento 5-fase de vivero.....	72
Anexo 16. Costos de producción para el tratamiento 6-fase de vivero.....	73
Anexo 17. Costos de producción para el tratamiento 1-fase campo	74
Anexo 18. Costos de producción para el tratamiento 2-fase campo	75
Anexo 19. Costos de producción para el tratamiento 3-fase de campo	76
Anexo 20. Costos de producción para el tratamiento 4-fase de campo	77
Anexo 21. Costos de producción para el tratamiento 5-fase de campo	78
Anexo 22. Costos de producción para el tratamiento 6-fase de campo	79

ESTUDIO DE SISTEMAS DE PROPAGACIÓN Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *Itálica* L.), SAN LUIS DE AGUALONGO

Autor: David Fernando Noboa López

*Universidad Técnica del Norte

Correo: dfnoboal@utn.edu.ec

RESUMEN

Una plántula vigorosa de brócoli es clave para lograr altos rendimientos en las cosechas, la turba posee características propicias como sustrato, sin embargo, provoca contaminación en el sitio de extracción. El objetivo del estudio fue evaluar la eficiencia de dos sistemas de propagación: bandejas multiceldas y soil block maker, además de dos mezclas de sustrato que comprenden: a) 25% cascarilla de arroz, 50% humus y 25% pomina; b) 50% fibra de coco, 25% humus y 25% pomina, y c) testigo 100% turba comercial, en vivero y su influencia en la producción en campo. En la fase de vivero se aplicó un diseño en bloques completos al azar con seis tratamientos, aquí se evaluó las propiedades fisicoquímicas de los sustratos, velocidad de emergencia, biomasa aérea y radicular, mientras que, en la fase de campo, en donde se empleó un diseño en bloques con parcelas divididas y seis tratamientos, se evaluó el porcentaje de mortalidad, diámetro de pella, rendimiento y el análisis económico. Los resultados determinaron que la turba en bloques aumentó el tamaño y materia seca de la plántula un 10% y 44.44% respectivamente, con relación a la turba en bandeja. Al momento de la cosecha, las plántulas provenientes de bandejas y la mezcla con cascarilla de arroz, presentaron un rendimiento 18.61% superior a la turba. La mezcla con fibra de coco en bloques produjo plántulas con altura similar a la de la turba, mientras que la mezcla con cascarilla de arroz, presentó mayor rendimiento, por lo que la utilización de sustratos alternativos puede reemplazar al comercial.

Palabras claves: bandejas multiceldadas, brócoli, soil block maker, sustratos.

STUDY OF PROPAGATION SYSTEMS AND ITS EFFECT IN THE PRODUCTION OF BROCCOLI (*Brassica oleracea* var. *Itálica* L.), SAN LUIS DE AGUALONGO

Author: David Fernando Noboa López

*Universidad Técnica del Norte

Mail: dfnoboal@utn.edu.ec

ABSTRACT

A vigorous broccoli seedling is key to achieving high yields in the crops, peat has propitious characteristics such as substrate, however, it causes contamination at the extraction site. The objective of the study was to evaluate the efficiency of two propagation systems: multicell trays and soil block maker, in addition to two substrate mixtures comprising: a) 25% rice shell, 50% humus and 25% pomine; b) 50% coconut fiber, 25% humus and 25% pomine, and c) 100% commercial peat witness, in nursery and its influence on field production. In the nursery phase a random complete block design was applied with six treatments, here the physicochemical properties of the substrates, emergency speed, aerial and root biomass were evaluated, while, in the field phase, where a design was used in blocks with divided plots and six treatments, assessed mortality rate, pella diameter, yield and economic analysis. The results determined that the blocked peat increased the size and dry matter of the seedling by 10% and 44.44% respectively, relative to tray peat. At harvest time, seedlings from trays and rice shell mixture were 18.61% higher than peat. The mixture with coconut fiber blocks produced seedlings with peat-like height, while the rice shell mixture showed higher yield, so the use of alternative substrates can replace the commercial.

Keywords: speedlings, broccoli, soil block maker, substrates.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El crecimiento demográfico a nivel mundial, obliga a los agricultores a aumentar el rendimiento en la producción, esto ha motivado a que la tecnología avance e innove, con el fin de mejorar la estructura que protege el material vegetal, con la implementación de sistemas de riego y sistemas de propagación, en donde cada semilla tenga su propia zona de crecimiento y facilite la extracción, para evitar el rompimiento del sistema radicular (Escobar y Lee, 2009).

La utilización de plántulas de hortalizas germinadas con algún tipo de sustrato, preparadas para su posterior trasplante, ha suplantado la germinación directa en el campo (Ulle, 2009) ya que este no cuenta con características óptimas para la germinación y puede presentar residualidad de agroquímicos como de agentes fitopatógenos (Rodríguez, et al., 2008).

Guerrero, Revelo, Benavides, Chaves y Moncayo (2014) mencionan que varias de las características que un sustrato debería tener para poder maximizar su uso y obtener resultados óptimos, como: buena duración y la capacidad de reutilizar, mientras que Sarduy Díaz, Díaz Aguila, Castellanos González, Soto Ortiz, y Pérez Rodríguez (2016), obtuvieron plántulas con un mayor diámetro de tallo, una mayor área foliar, al mezclar fibra de coco con turba y humus, lo que demuestra que la mezcla de sustratos genera buenos parámetros productivos.

Ortega-Martínez, Sánchez-Olarte, Díaz-Ruiz y Ocampo-Mendoza (2010a) compararon aserrín proveniente del compostaje de pino, cáscara molida de aguacate, lombricomposta y turba, para evaluar el efecto que tiene sobre el crecimiento de las plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) por lo que se demuestra en su estudio, que el suelo no se considera un buen sustrato, mientras que la turba presenta importantes resultados.

Otros estudios realizados por Gonzáles, Gonzáles, Acevedo, Gonzáles y Contreras (2014) demostraron que variables como germinación, altura de planta, diámetro de tallo entre otras se ven mejoradas por el uso de sustrato turba; de igual forma, hay evidencia que el uso de sustratos mejora considerablemente la calidad de plántulas a diferencia del uso de suelo agrícola (Ortega-Martínez, et al., 2010b).

Ilbay (2012) utilizó tratamientos con turba, suelo de páramo y ácidos húmicos para evaluar la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica), manifiesta que la turba junto con un porcentaje de ácidos húmicos presenta una calidad óptima de plantines mejora la producción de este cultivo.

Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, emitida por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2015) el brócoli es el segundo cultivo transitorio de mayor producción en Imbabura, luego de las papas, con una superficie de 768 ha sembradas y cosechadas, con una producción anual de 12 206 Tm. Las exportaciones de brócoli son principalmente a Japón 38.03%, Estados Unidos 31.16% y Alemania 11.59%, lo que dio como resultado un aumento de 4.34% en volumen de producción, logrando USD 88 900 mil en valor

Free on Board (FOB) y 64 225 toneladas en el año 2016 (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones [PROECUADOR], 2017).

1.2 Problema

Para la producción de plántulas, se ocupa cerca de 500 000 m³ de turba y tierra de páramo, ya que son los sustratos más utilizados, sin embargo; su extracción provoca la pérdida de la fertilidad y productividad del suelo, además; su costo es elevado, ya que no se cuenta con turberas propias y el país depende de la importación de este material (Gayosso, Borges, Villanueva, Estrada y Garruña, 2016).

El proceso germinativo de la semilla tiene, en un inicio la emisión de una radícula bastante frágil, cuando esta se desarrolla y emite raíces secundarias y pelos absorbentes la germinación es exitosa, este cometido se logra en un ambiente ligero y con una densidad baja, situación que no es garantizada al momento de realizar la siembra directa, ya que no se puede controlar los factores físicos del suelo.

Los problemas de organismos fitopatógenos, la presencia de residuos de agroquímicos en el suelo y el raleo de las plántulas extras, ocasionan pérdidas de un 7.64%, lo que implica un mayor gasto en semilla para cubrir las necesidades de producción y el rendimiento deseado (Araméndiz-Tatis, et al., 2013).

Por otro lado, los sistemas convencionales de producción de plántulas para el cultivo de brócoli, generalmente utiliza bandejas plásticas, las cuales tienen un periodo de vida útil relativamente corto, lo que provoca que estos materiales se conviertan en fuentes de contaminación de muy difícil degradación.

1.3 Justificación

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2013) el consumo de hortalizas principalmente brócoli, se ha incrementado en los últimos años, lo que ha derivado en un aumento de la producción, por ejemplo: en el año 2000 la producción nacional estuvo cerca de las 15 mil Tm/año, en tanto que para el año 2012 la cosecha incrementó cerca de 6 mil Tm.

Días (2012) menciona que el brócoli es importante por sus propiedades nutritivas, las principales son: bajas calorías, el aporte de vitamina C, B₆, en cantidades menores, B₁, B₂ y B₃, además de potasio; el mismo autor recalca que las crucíferas tienen propiedades antioxidantes, poseen fibra dietética, alto contenido de vitamina C, E y β -caroteno, al igual que propiedades anticancerígenas; debido a esto, es importante estudiar un sustrato que permita elevar la producción de este vegetal.

Para De Grazia, Tiftonell y Chiesa (2006) el momento más crítico para obtener una buena producción de hortalizas, es en la etapa inicial de las plántulas, de aquí, la necesidad de encontrar el sustrato más eficiente en el que se pueda observar velocidad de emergencia, uniformidad y tasa de crecimiento en tiempos razonables.

Ortega-Martínez et al. (2010a) afirman que un buen sustrato puede incrementar cerca de un 30 % en la altura de planta, y da mayor diámetro de tallo, por lo que las plantas pueden presentar más resistencia al momento del trasplante. En cuanto a la densidad aparente, Flores y Alcalá (2010) mencionan que la porosidad total de un buen sustrato debe ser más del 85% mientras que, en el suelo la porosidad no supera el 50%.

El desarrollo de un sustrato elaborado con subproductos que provienen de otras industrias, podría reducir el impacto al aumentar la utilización de materias primas propias del lugar, lo que evitaría la diseminación de plagas y enfermedades del lugar de explotación hacia el sector en el que se va a producir el semillero y posteriormente el cultivo en sí (García, Alcántar, Cabrera, Gavi y Volke, 2001).

Ordoñez (2017) evaluó humus y compost junto con otras materias orgánicas como cascarilla de arroz, cascarilla de maní y bagazo de caña para la producción de plántulas de brócoli cuyos resultados demuestran que los sustratos orgánicos como cascarilla de maní presentan mayor porcentaje de germinación, plantas con una longitud más extensa y con menores costos con relación al comportamiento de la turba.

Por lo tanto, la presente investigación tiene la finalidad de encontrar una alternativa eficiente de bajo costo para producir plántulas de brócoli, utilizando materiales residuales del medio y de esta forma eliminar la utilización de suelos de páramo para elaborar sustratos; además de romper la dependencia a productos importados y preferir materias primas que reducen los impactos ambientales.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia de dos sistemas de propagación y dos mezclas de sustrato en la propagación y producción de brócoli (*Brassica olerácea* var. *Itálica* L.).

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la calidad de plántulas de brócoli bajo dos mezclas de sustrato y dos sistemas de propagación.
- Comparar el efecto de las mezclas de sustrato y sistemas de propagación en el rendimiento del brócoli.
- Analizar los costos de producción en los tratamientos en estudio.

1.5 Hipótesis

- Ho: Los sistemas de propagación no inciden en la productividad del brócoli.
- Ha: Los sistemas de propagación inciden en la productividad del brócoli.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Brócoli

2.1.1 Descripción

El brócoli es una hortaliza perteneciente al grupo de las crucíferas del género *brassica*, nativa de Asia menor y de la región mediterránea (Alvarado y Huiracocha, 2014) esta asemeja la forma de un árbol puesto que forma una cabeza con varias cabezas florales con un color verde intenso. Los mismos autores mencionan que la gran variedad de climas que existe en el Ecuador, favorece al crecimiento de este cultivo; otorgándole las características deseables por los consumidores extranjeros.

2.1.2 Clasificación taxonómica

Coello (2005) menciona la clasificación del brócoli.

Reino:	Vegetal
Clase:	Dicotiledóneas
Orden:	Roedales
Familia:	Brassicaceae
Género:	<i>Brassica</i>
Especie:	<i>B. oleracea</i> L.
Variedad:	Itálica

2.1.3 Morfología

Jaramillo y Díaz (2006) así como también Esquivel y Tello, (2009) informan que el brócoli es una planta con raíz pivotante, ramificada y profunda, posee un tallo herbáceo, de forma cilíndrica con un grosor aproximado de 3 a 6 cm diámetro y una altura que oscila entre los 20 a 50 cm con entrenudos cortos en donde se insertan las hojas helicoidales de color verde oscuro, festoneadas con ligeras espículas pero sin estípulas, son generalmente opuestas lobuladas o dentadas, presenta cabeza más conocida como pella que es la parte comestible, de la que se forma una inflorescencia en corimbo con flores de color amarillo, su fruto forma una pequeña vaina (silicua) que mide entre 3 a 4 cm que contiene de 3 a 8 semillas por cada una las semillas que alcanzan un diámetro de 2 a 3mm de diámetro.

2.1.4 Fases fenológicas

Corea y Miranda (2007) indican que las distintas fases por las que la planta de brócoli pasa durante todo su ciclo son las siguientes:

- a) Crecimiento, aquí la planta únicamente forma hojas y desarrolla sus raíces.
- b) Inducción floral, la brotación de hojas continúa en esta fase con un tamaño menor a la anterior, aquí comienzan cambios fisiológicos que influyen en el apareamiento de la inflorescencia, el factor clave para alcanzar una buena formación de pellas es la temperatura que debe oscilar entre los 15 a 16 °C.
- c) Formación de pellas, en esta fase la inflorescencia formada anteriormente empieza a compactarse más y toma un color intenso, su tamaño aumenta, de igual manera en las yemas axilares empiezan a aparecer cabezas florales más pequeñas.
- d) Floración, los tallos empiezan a elongarse, existe una apertura de hojas y se produce la floración para luego de la fecundación se produzca la fructificación y producción de semillas.

2.1.5 Clima y suelos

El brócoli es una planta que se produce en una temperatura con un rango óptimo de 15 a 25 °C, prefiriendo una temperatura ideal de 16 °C., sin embargo; soporta bajas temperaturas hasta de -2 °C hasta antes de la formación de la pella. El suelo debe tener un buen drenaje, se puede sembrar en suelos de diversas texturas, siendo los francos aquellos en los que se produce de mejor manera, tolera un pH ligeramente ácido entre 6 a 6.8 y una salinidad del suelo de hasta un 2.8 dS/m pasado este valor el rendimiento empieza a reducirse (Zamora, 2016).

2.1.6 Requerimientos hídricos

Ayme (2016) menciona que la precipitación debe oscilar entre los 800 a 1 200 mm al año con una humedad relativa 80% óptima, esta no puede bajar el 70%. Esta planta necesita riego abundante y constante, principalmente al momento del trasplante, ya que, si existe una deficiencia de agua el desarrollo fisiológico, puede verse alterado; lo que ocasiona la formación temprana o prematura de pellas pequeñas, e incide en la reducción del rendimiento y la calidad del producto.

2.1.7 Sistemas de propagación

La propagación de brócoli se da por medio de semillas, las mismas que han pasado por programas de mejoramiento genético que se producen en áreas aisladas en donde se puede controlar el flujo de polen y garantizar que los materiales sean puros y mejoren el rendimiento. Estas semillas vienen tratadas para la protección contra patógenos presentes en el suelo o sustrato al momento durante la germinación (Aguilar, et al., 2016).

El semillero o almácigo es el sitio en donde una planta va a empezar su ciclo de crecimiento y de producción, que puede ser un área de terreno determinado o un recipiente diseñado para contener un sustrato en el cual se deposita la semilla, de tal manera que sea capaz de brindar las condiciones necesarias para los primeros estados de desarrollo de la planta (Jaramillo y Díaz, 2006).

2.1.7.1 Siembra directa

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011), indica que este tipo de siembra, consiste en colocar la semilla directamente en el suelo en donde se va a realizar la producción de la especie deseada. Para lo cual el terreno debe haber pasado por un tiempo de barbecho o descanso, suelto; sin la presencia de partículas extrañas que eviten la emergencia de las semillas. Pérez (2014) informa que la ventaja de esta labor, evita la extracción de la plántula, para conservar así el sistema radicular intacto, mientras que la desventaja es el aumento de la semilla necesaria para la producción

2.1.7.2 Siembra en almácigo o cajones

Ramos (2015) hace referencias a que se puede utilizar cajoneras que se llenan con sustrato en donde la semilla se esparce haciendo pequeños surcos o líneas y se deposita la semilla ya sean esparcidas o colocadas en una determinada cantidad por cada sitio o también se arroja la semilla al voleo; la desventaja de este tipo de siembra es que al momento de la extracción para el trasplante, la plántula sale con raíz desnuda y sufre rupturas de las raicillas, lo que provoca un shock que reduce el crecimiento de la planta.

2.1.7.3 Siembra en bandejas

Ramos (2015) indica que la siembra con la ayuda de bandejas multiceldas o también conocidas como speedlings, se coloca una semilla por cavidad, esto ocasiona que el pan de tierra recubra las raíces para evitar que se rompan y exista alguna enfermedad que pudiera ingresar por las heridas causadas al momento de la extracción. Reveles, Huchín, Velásquez, Trejo y Ruiz (2010) mencionan que el uso de bandejas o contenedores, permite obtener plántulas con un sistema radicular de mayor volumen que aumenta la sobrevivencia al momento del trasplante, además de que se puede planificar la siembra, con el fin de regular la producción para las fechas oportunas de comercialización.

Aguilar et al. (2016) menciona que para la siembra de brócoli se recomienda la utilización de bandejas de 53 a 128 alveolos o conos, ya que estas poseen un mayor volumen de celda lo que permite un mejor desarrollo radicular y de follaje.

2.1.7.4 Siembra en bloque de sustrato

Otra alternativa de la siembra indirecta, son los bloques a manera de cubos independientes comprimidos, elaborados con tierra o sustrato que mantienen su forma sin la necesidad de un contenedor, para evitar el uso de materiales plásticos, El soil block maker (bloquera) es un dispositivo para compactar el material a utilizar como medio de crecimiento para las semillas (Institute for Zero Waste in Africa [IZWA], 2009).

2.1.8 Plagas y enfermedades

El cultivo de brócoli presenta varias plagas y enfermedades que merman su producción.

2.1.8.1 Plagas

a) Fungus gnat (*Bradysia* spp.)

Esta mosquita pertenece al orden díptero, de la familia Sciaridae, es una especie cosmopolita, con alta relevancia en la horticultura que se cultiva en invernaderos, ya sea desde la siembra para el crecimiento de plántulas o ya trasplantados para producción, puesto que cuando las larvas se alimentan de la raíz, provoca un daño directo a la planta, reduciendo la capacidad de absorción de nutrientes, minerales y agua, además; que éstas pueden transmitir y diseminar enfermedades, todo esto ocasiona un daño indirecto que las heridas en las raíces atacadas dan paso libre a ciertos organismos patógenos tales como: *Verticillium sp*, *Pythium sp*, *Botrytis*, *Fusarium sp* entre otros (López, Plascencia, Martínez y González, 2009).

b) Pulgones (*Brevicoryne brassicae*)

El pulgón pertenece a la orden hemíptera, que se distribuye a lo largo de las regiones cálidas y templadas del mundo, estos insectos tienen el cuerpo blando, un aspecto a manera de globo y pueden alcanzar un tamaño máximo de 10 mm, se alimentan de la savia de las plantas, esto ocasiona que la hoja se encrespe y reduce la capacidad fotosintética; además de que es un vector para el apareamiento del hongo más conocido como fumagina (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2012).

c) Gusano cogollero (*Spodoptera* sp.)

Este gusano pertenece al orden lepidóptero, se alimenta principalmente del follaje de las hortalizas que se producen en climas templados y cálidos; las larvas se alimentan de las plántulas emergidas o trasplantadas, son capaces de consumir grandes fracciones de la hoja. Este gusano también puede actuar a manera de trozador, por lo que reduce la densidad de plantas sembradas por hectárea y ocasiona graves pérdidas en la producción; este puede atacar al repollo, brócoli, coliflor y cebolla, los adultos son polillas de 25 a 35 mm, las hembras ya adultas depositan sus huevos en la inserción del brote terminal (ICA, 2012).

d) Polilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*)

También conocida como polilla de las coles, es un lepidóptero de la familia Plutellidae, es cosmopolita que se alimenta específicamente de las especies de brasicáceas principalmente del brócoli, cuando se encuentra en su estado larvario se alimenta de las hojas, de las estructuras florales y ocasiona pérdidas importantes en el cultivo (Lietti, Trumper, Fernández, Reyes, Leoncelli y Vignaroli, 2014).

2.1.8.2 Enfermedades.

a) Damping off

Es conocido también como mal de almácigo, puede ser causado por varios organismos patógenos como *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium tode* y

Pythium, que se encuentran en el suelo y se puede presentar antes o después de que la semilla germine, y sus síntomas presentan clorosis en el follaje, luego el tallo se dobla y este se marchita produciendo finalmente que la plántula muera (Medrano y Ortuño, 2007).

b) Alternaria (*Alternaria brassicae*)

Esta enfermedad puede afectar a todos los tejidos de la planta, se presenta formando anillos concéntricos con una tonalidad púrpura, su modo de acción es ingresar a través de los estomas o heridas, lo que ocasiona manchas que siguen creciendo hasta que logran necrosar el tejido; el hongo puede pasar latente durante largos periodos de tiempo sobre los residuos de la cosecha (ICA, 2012).

c) Antracnosis (*Colletotrichum corda*)

Es una enfermedad cuyo agente causal es *Colletotrichum corda*, sus síntomas se observan claramente en la parte aérea de la planta, ya que se producen manchas definidas de un color pardo oscuro en los tallos, en las hojas y en semillas cuando su estadio ya está avanzado, las manchas pueden convertirse en lesiones cóncavas de un tono rojizo con una masa gelatinosa en su interior (ICA, 2012).

2.1.9 Manejo del cultivo

El suelo debe estar preparado, suelto sin la presencia de tallos o troncos del cultivo anterior residuos de las cosechas anteriores para realizar los surcos o levantar camas, una vez que esté listo se trasplanta los plantines que presentan 3 a 4 hojas verdaderas para esto el terreno debe estar húmedo para evitar estrés hídrico, la humedad del suelo favorece también el crecimiento de malezas, es importante realizar el deshierbe a los primeros 15 a 20 días después del trasplante y a la par el proceso de fertilización de acuerdo a los requerimientos nutricionales, hacer evaluaciones fitosanitarias regulares para tomar decisiones oportunas en el tiempo adecuado (Luna, 2017).

2.1.10 Rendimiento

El rendimiento del cultivo de brócoli varía en dependencia de las condiciones edafoclimáticas de la zona en producción, la nutrición, el control de plagas y enfermedades, es así, que en la provincia de Chimborazo el rendimiento promedio de 14.6 Tn.ha⁻¹ en el año 2012 (Muñoz, 2012), mientras que para el año 2014 el rendimiento anual es de 25 Tn.ha⁻¹ (Zamora, 2014).

2.1.11 Valor nutricional del brócoli

Dentro de la familia de las Brassicaceae, el brócoli, es una de las más importantes debido a que contiene sulforafano (isotiacionato) que es una sustancia fotoquímica que induce la detoxificación de sustancias precursoras del cáncer (Campas-Baypoli, et al., 2009). Posee cantidades considerables de sustancias anticancerígenas como glucosinolatos y betacaroteno, que ayudan a desintoxicar el organismo y a eliminar toxinas, además de ser una fuente rica en

vitaminas A, C, ácido fólico, además de potasio, zinc y varios aminoácidos que influyen en mejorar el estado de salud del consumidor (Gutiérrez,2016).

2.2 Sustratos

Cruz-Crespo, Can-Chulim, Sandoval-Villa, Bugarín-Montoya, Robles-Bermúdez y Juárez-López, (2013) mencionan que es un medio o material distinto del suelo que brinda ciertos requerimientos que las semillas necesitan para lograr un desarrollo normal y adecuado, de igual manera se puede tratar de la mezcla de varios elementos vegetales que proveen de mejores condiciones para el crecimiento de la planta y mejorar el sistema productivo.

El sustrato posee tres fracciones con funciones propias: la sólida que otorga la estabilidad de la planta y el mantenimiento del sistema radicular, una fracción líquida que proporciona el agua requerida y mediante su interacción con la sólida, brindan los nutrientes necesarios para el desarrollo normal y la fracción gaseosa que asegura que exista intercambio gaseoso entre el oxígeno y el dióxido de carbono en el entorno radicular (Masanguer y López, 2006).

2.2.1 Ventajas de los sustratos

Cruz-Crespo, et al. (2013) mencionan las ventajas que un sustrato brinda al momento de su utilización: la reducción de plagas y enfermedades, ya que los sustratos son tratados previamente para evitar que existan problemas al momento del crecimiento, se obtiene una producción más homogénea, asegura plántulas de mejor calidad y facilidad de manejo.

2.2.2 Características de los sustratos

Es necesario tomar en cuenta que el sustrato a usar puede dar diferentes resultados de acuerdo con el material a utilizarse, por lo que al momento de su elección se debe fijar en sus características: buena retención de agua/humedad, mayor volumen de aire, buen anclaje, elementos nutritivos y que no tenga componentes que dificulten el crecimiento, además, debe ser de coste asequible, con disponibilidad inmediata (Burés, 2002).

2.2.3 Propiedades de los sustratos

2.2.3.1 Propiedades físicas

Antes de utilizar un sustrato es importante conocer las propiedades que este posee, aquí la caracterización física se basa en la granulometría que presenta, la cual estudia su densidad aparente, su porosidad, la capacidad de retención de agua y la aireación (López, Pérez, Ruiz y Masaguer, 2017).

- **Densidad aparente (Da)**

Esta representa la relación que existe entre el peso seco que posee el medio, con el volumen que este ocupa (Pire y Pereira, 2003). Para Hossne y Américo (2008) esta relación es un índice físico que mide la compactación del suelo y tiene relación directa con el crecimiento radicular de la planta, intercambio gaseoso y el movimiento de los solutos presentes.

- **El espacio poroso o porosidad**

La porosidad está relacionada con la infiltración y el escurrimiento del agua y su transporte en el medio así mismo el tamaño, la cantidad y distribución de los poros condiciona el flujo del aire y del agua, es por esto que se categoriza en tres grupos: porosidad sub-microscópica que posee poros muy pequeños lo que dificulta que las moléculas de agua se agrupen disminuyendo el flujo, también está la porosidad capilar o microscópica que tiene poros que dependen de la morfología del medio y por último, la macroporosidad, los poros son grandes y tienen su origen en los cambios volumétricos actividad microbiana o grietas (González, González y Chávez, 2012)

- **Capacidad de retención de agua**

Es el volumen máximo de agua que puede retener un sustrato, bajo condiciones de medición, después de que se ha producido el drenaje, este depende de la distribución de las partículas, el espesor de las partículas, cuando no existe una buena retención de agua disponible es posible que se deba a que existe una porosidad muy reducida o en su defecto una cantidad excesiva de poros grandes (Vence, 2008).

- **Capacidad de aireación (CA)**

Es la proporción de aire que el medio contiene, estos valores son de gran importancia puesto que las diferentes especies poseen distintos requerimientos de aireación, los valores aceptables deben presentar un rango comprendido entre un 10 y 35 %, para llegar a estos valores el tamaño de partícula y el contenedor influyen directamente (Cruz-Crespo, et al., 2013).

2.2.3.2 Propiedades químicas

Se diferencian dos tipos de materiales: químicamente activos que, por la presencia de materiales orgánicos, tienen intercambio de minerales entre el sustrato y la solución y también se encuentran los químicamente inertes en donde el intercambio de minerales es nulo o muy reducido (Martínez y Roca 2011).

a) Capacidad de intercambio catiónico

Es la cantidad de cationes que se encuentran presentes en el sustrato que pueden intercambiar con los de la solución nutriente, con el fin de llegar a un equilibrio, es necesaria una alta CIC que garantice que los fertilizantes agregados al medio van a ser retenidos, con el fin que exista una liberación gradual y una fácil disposición para las raíces y evitar las pérdidas por lavado (Martínez y Roca 2011).

b) Salinidad

Es la concentración de sales solubles presentes en una solución de un medio o sustrato, siendo elevada en sustratos con mayor cantidad de materia orgánica; existen además sustratos de

origen orgánico que poseen una cierta concentración propia en su estructura como la fibra de coco (Cruz-Crespo, et al., 2013).

c) pH

Es el grado de acidez que presenta la solución del sustrato y controla la disponibilidad de los nutrientes, el pH óptimo del sustrato tiene relación con la especie que se va a producir, aunque la mayoría de la gran mayoría de especies soportan bien el pH ligeramente ácido entre 6.2 a 6.8, si baja a 5 puede producirse deficiencias de varios nutrientes como: N, K, Mg y Ca (Muñoz, 2007).

2.2.4 Origen de los sustratos

Los sustratos presentan diferentes características de acuerdo a su origen, orgánicos e inorgánicos como se detalla a continuación.

2.2.4.1 Sustratos de origen orgánico

a) Humus

La lombricomposta o humus de lombriz, es un abono 100% natural que se obtiene de la excreta de la lombriz roja californiana, al transformar los residuos orgánicos que ingiere, su calidad y composición se rige por las propiedades nutritivas de la alimentación que tiene; la tierra enriquecida con humus es más esponjosa, tiene mayor resistencia a sequías y mejor capacidad de intercambio catiónico (Candelaria, Navarro, Velázquez y Velázquez. 2013).

b) Turba

La turba es uno de los sustratos orgánicos más utilizados en la horticultura. Su origen, es el resultado de la descomposición parcial de la vegetación acuática, ciénagas o de pantano que se produce principalmente en países de zonas templadas como Canadá, Alemania, Letonia, Finlandia, Suiza, Estonia, Irlanda (Ordoñez, 2017).

La composición de la turba varía de acuerdo con la vegetación original, el grado de acidificación y su contenido mineral. Alvarado y Solano (2002) mencionan que puede ser clasificada en dos tipos:

- **Turba rubia**

También conocida como peat moss, es la más usada en la mezcla de sustratos, debido a que cumple con los requisitos necesarios para usar en la horticultura, viene preparada y lista para utilizar. Las sales solubles son bajas, se puede mezclar con otros ingredientes, mantiene buen drenaje y aireación, posee un contenido de materia orgánica va entre el 80 a 90% y un 4 a 20% en contenido de cenizas.

- **Turba negra**

Ha pasado por un proceso de descomposición más largo que la turba que la anterior, posee un color castaño oscuro o negruzco, su materia orgánica es de 50% y 50 % de cenizas factores que demuestran que su estado de mineralización es más avanzado.

c) Cascarilla de arroz

Es un subproducto que se genera de la molienda del grano de arroz proveniente del cultivar, es la parte externa del grano una vez que ya ha alcanzado su madurez (Vargas, Alvarado, Vega y Porras, 2013). Se emplea directamente, su consistencia es áspera, abrasiva, presenta densidad baja y un peso específico bajo aproximado a 125 kg/m³ (Prada y Cortés, 2010).

La cascarilla de arroz posee un contenido de celulosa bajo (40%) además, presenta un contenido alto de Dióxido de silicio (SiO₂), permitiéndole tener una utilización importante como sustrato en cultivos hidropónicos, en el uso de compost y abonos, en la preparación de camas para cría de aves (Sierra, 2009).

d) Fibra de coco

Es un subproducto que se adquiere de la cáscara o mesocarpio fibroso presente en el fruto, la estructura de esta fibra es dura y corta, con un diámetro promedio de 1 mm aproximadamente y su gran capacidad para extenderse, flotabilidad, resistencia al agua salina y a la acción de las bacterias y su capacidad de retención de humedad la vuelven de gran importancia y muy útil en la producción hortícola (Alvarado, Blanco y Taquechel, 2008).

2.2.4.2 Sustratos de origen inorgánico

a) Arcilla

Es un material que sirve de almacenamiento de agua y de nutrientes para el sustrato, a la par, abastece de los micronutrientes a la planta e influye positivamente en la porosidad y en la capacidad de amortiguación del medio; la capacidad de intercambio catiónico de la arcilla oscila entre 200 a 300 meq/l de un suelo que presenta 30% de arcilla (FAO, 2002).

b) Arena de río

La arena es uno de los materiales más usados por la facilidad de obtención, su disponibilidad y lo económico que resulta, tiene un tamaño que varía entre los 0.5 y 2 mm, y tiene una capacidad de retener un 20% de su peso en agua y un 35% de su volumen, posee un pH variado que oscila entre 4 y 8, sin embargo, esta reduce la porosidad del sustrato (Tut, 2014).

c) Perlita

Este material sirve como un ingrediente extra que mejora la estructura del sustrato, ya que es completamente inerte, su capacidad de intercambio catiónico es baja y no tiene buena retención de agua, por otro lado; es capaz de mejorar la aireación del medio y evita que su estructura

cambie, su densidad aparente es baja y el pH es neutro, sin embargo; existe el riesgo de que se genere toxicidad provocada por el aluminio cuando los niveles de pH son bajos y al no almacenar suficiente agua, cuando hay un proceso de transpiración elevado aumenta la frecuencia de riego (FAO, 2002).

d) Pomina

Es una roca volcánica de color blanca que se ha formado a partir de la espuma de emanaciones volcánicas, químicamente óxido de aluminio y dióxido de silicio con cantidades pequeñas de óxido calcio, magnesio, sodio, hierro, por lo tanto es una materia inerte y sin reacción o de reacción neutra, esto le otorga una estructura porosa y esponjosa; en la horticultura se la utiliza para la propagación luego de ser tamizada ya que presenta partículas con diámetros que oscilan entre 1.5 a 3.1 mm (Sango, 2013).

2.3 Análisis económico

El análisis económico pretende investigar la situación de la empresa como unidad económica, en donde estudia la potencialidad que puede tener, los beneficios y la rentabilidad actual, así como también, la futura; en otras palabras, se encarga de analizar a una empresa como negocio y a su capacidad de generar beneficios hasta llegar a una rentabilidad en un periodo de tiempo, centrándose en la calidad de negocio que provee (Jiménez y Benedicto, 2010).

2.3.1 Costos

Se comprende por costo al valor económico del total de los recursos utilizados (o dejados de percibir) para generar un proceso productivo cualquiera y obtener un producto terminado; entre estos costos se encuentran los de materia prima, de mano de obra y costos generales de fabricación (Salinas, 2012).

2.3.2 Clasificación de costos

Agrowin (2011) clasifica los costos de acuerdo a su importancia práctica al momento de generar informes administrativos y contables en una empresa de producción agrícola, siendo estos: costos por su función y costos por su identificación con el producto.

2.3.2.1 Costos por su función

El mismo autor supone los costos en función de la empresa.

- **Gastos empresariales:** Son reparticiones de recursos para mantener a la empresa o finca en funcionamiento, como: pagos de servicios, seguros, bonificaciones que se han originado desde la parte administrativa y logística.
- **Costos de producción:** es utilizado en la agricultura; es la valoración de los recursos que se utilizan en la transformación de la materia prima, en los productos que se producen en la empresa; como mano de obra, insumos y otros, en el caso de empresas agrícolas, para empresas pecuarias, los costos son las que se destinan en creación de galpones,

corrales y cercas mientras que, para las agroindustriales, son recursos como mano de obra y materiales para la planta de procesamiento.

2.3.2.2 Costos por su identificación con el producto

Agrowin (2011) considera la relación con la parte productiva de la empresa.

- Costos directos: Valoran económicamente los recursos aplicados en los cultivos o lotes, ya que, las cantidades necesarias se establecen con precisión, tales como: mano de obra, insumos y materiales.
- Costos indirectos: Son los recursos que se han sacrificado durante el proceso productivo y su utilización afecta a más de un cultivo o lote; son gastos como: asistencia técnica, supervisión, costos de mantenimiento, depreciación de activos, reparación de vías, riego, entre otros.

2.3.3 Costos de producción del cultivo de brócoli

Los costos de producción para 40 000 plántulas de brócoli que se necesitan para trasplantar en una hectárea puede ir de USD 2 400 o llegar a costos más grandes de hasta USD 4 265 en dependencia de los implementos utilizados y la optimización de recursos que se logren (Ordoñez, 2017).

Los costos de producción para una hectárea de brócoli varían en función de los implementos, insumos y técnicas que se vayan a aplicar para la producción, Tencio (2013) presentó costos de USD 5 440, por otro lado, Cerón (2018) presentó un valor de USD 4 991.19.

En la Tabla 1 se puede apreciar los costos propuestos para una hectárea de brócoli.

Tabla 1
Costos de producción para una hectárea de brócoli

Actividades/Productos	Unidad	Cantidad/ ha	Valor Unitario	Valor Total
COSTOS DIRECTOS				
PREPARACIÓN DEL SUELO				
Arriendo	-	1	1	250
Arada-Rastra	Hora/tractor	16	15	240
Surcada	Hora/tractor	16	15	240
MANO DE OBRA DIRECTA				
Siembra	Jornal	15	15	225
Abonadura	Jornal	15	15	225
Aporque	Jornal	15	15	225
Aplicación fitosanitaria	Jornal	6	15	90
MANEJO DEL CULTIVO				
Plántulas	Unidad	41000	0.05	2050
Control Fitosanitario				
Insecticida orgánico	Unidad/gallon	2	40	80
Fertilizante foliar	Unidad/sobre	4	20	80
Fertilizantes				
Superfosfato triple	kg	85.28	0.66	56.28
Azufre elemental	kg	6.15	2.75	16.91
Muriato de Potasio	kg	98.40	0.48	47.23
COSECHA				
Cosecha	Jornal	20	15	300
Cubetas	Unidad	10	15	150
COSTOS INDIRECTOS				
Análisis de suelo	Unidad	2	45	90
Transporte	Unidad/carreras	20	20	400
Subtotal				4515.42
Imprevistos (5%)				225.77
Total				4991.19

(Cerón, 2018)

2.3.4 Relación beneficio-costo

El análisis de esta relación es un proceso que permite evaluar los costes presentes y el beneficio que se obtendrá en el proyecto, con el fin de determinar su viabilidad; por tal motivo, los costos

y beneficios deben ser cuantificados y expresados en una unidad monetaria, para calcular los beneficios netos a obtener (Agrowin, 2011).

Según Zamora (2014), en el Ecuador la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de brócoli permite obtener una mayor relación beneficio costo de 1.11 por lo que se presenta una ganancia de 0.11 por cada dólar invertido, para Aguilar et al. (2016), la relación B/C para producción de 12 Tn.ha⁻¹ es 1.13 en el sector del oriente antioqueño.

2.4 Marco legal

La presente investigación se encuentra inmersa en los artículos y leyes vigentes del estado ecuatoriano, según el Art. 71 de la Constitución de la República de 2008, se establecen que la naturaleza es un ente que goza de derechos, es así, que en el año 2017 se estableció el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida, cuyo objetivo 3 se encarga de “garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones” por lo que es necesario establecer prácticas que sean amigables con el medio ambiente y permitan reducir el impacto ambiental que se ocasiona por las labores agrícolas y pecuarias convencionales, hasta crear un manejo responsable de los recursos naturales no renovables.

La Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria en el Título II, Capítulo III, Art. 9, acerca de la investigación y extensión de la soberanía alimentaria refiere a mejorar la calidad y productividad y en el Título III, Capítulo I sobre el fomento a la producción agroecológica en el Art. 14, trata de estimular la producción agroecológica, es así que el uso de distintos ingredientes para sustrato provenientes de otras producciones permitan sustituir la materia prima comercial y establecer un sistemas con menor utilización de plástico.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

El experimento se dividió en dos fases: la primera fase, de vivero; en la que se observó el desarrollo de las plántulas y la segunda fase, de campo en la que se evaluó su crecimiento y producción del cultivo.

3.1 Descripción de la fase de vivero

3.1.1 Ubicación geográfica

La fase de vivero se llevó a cabo en la Granja experimental “La Pradera” perteneciente a la Universidad Técnica del Norte, situada en la parroquia San José de Chaltura, cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura (Figura 1).

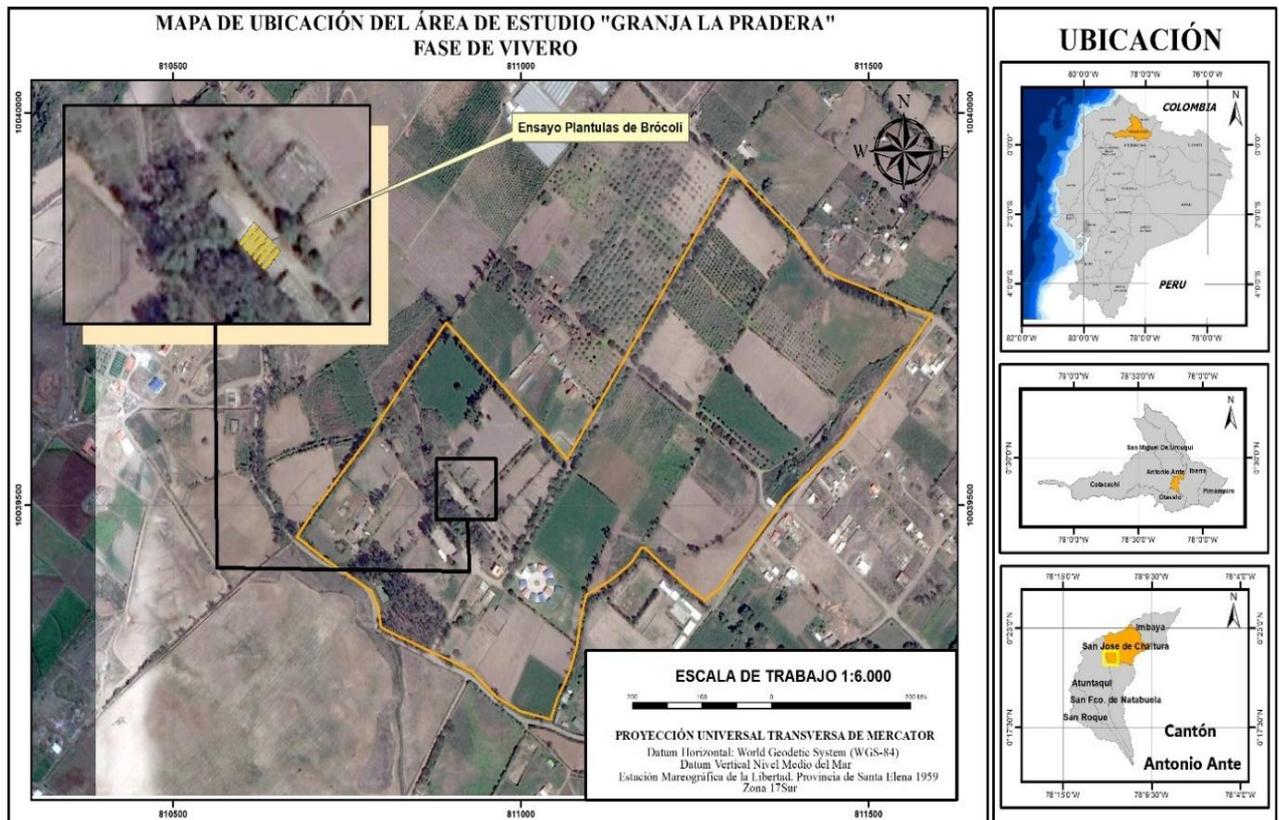


Figura 1. Mapa de ubicación de la fase de vivero

3.1.2 Características climáticas

En la Tabla 2 se puede observar las características climáticas de la zona de estudio para la fase de vivero (Gobierno Autónomo Descentralizado Antonio Ante, 2019).

Tabla 2*Características climáticas de la fase de vivero*

Características	Vivero
Altitud:	2340 msnm.
Temperatura media anual:	16 °C
Precipitación medio anual:	600 mm
Humedad relativa:	68,9%

3.1.3 Materiales

En el presente estudio se utilizaron varios materiales de campo, los mismos que ayudaron al crecimiento de las plántulas de brócoli de una manera más simple, además de distintos equipos que se utilizaron en la medición de las distintas variables en estudio (Tabla 3).

Tabla 3*Materiales usados en la fase de vivero*

Materiales de campo	Equipos	Insumos	Herramientas
Bandejas	Balanza	Semilla de brócoli	Azadón.
Bloquera (soil block maker)	Calculadora	Biol	Atomizador manual
Libreta de campo	Cámara fotográfica	Cascarilla de arroz	Flexómetro
Piola	Computadora	Fibra de coco	Martillo
Rótulos	Conductímetro	Humus	
Sarán	pHmetro	Insecticidas	
Tubos PVC		Turba	
Zaranda		Pomina	

3.1.4 Métodos

3.1.4.1 Factores en estudio

Factor A: Método de propagación

C1: Bandeja multiceldada plástica. Para este factor se utilizó la bandeja con 128 alveolos con volumen de 25 ml cada uno.

C2: Soil block maker. Instrumento para conformación de 20 bloques de sustrato con volumen de 55 ml cada uno.

Factor B: Sustratos

S1: Turba (Testigo)

S2: Cascarilla de arroz, humus y pomina

S3: Fibra de coco, humus y pomina

3.1.4.2 Tratamientos

Resultan de la interacción de los factores de estudio y sus niveles y se pueden observar en la Tabla 4.

Tabla 4
Tratamientos y codificación del ensayo

Tratamiento	Descripción	Código
T1	Bandeja + turba comercial	B: T
T2	Bandeja + 25% cascarilla de arroz, 25% pomina, 50% humus	B: CA
T3	Bandeja + 50% fibra de coco, 25% pomina, 25% humus	B: FC
T4	Soil block maker + turba comercial	SM: T
T5	Soil block maker + 25% cascarilla de arroz, 25% pomina, 50% humus	SM: CA
T6	Soil block maker + 50% fibra de coco, 25% pomina, 25% humus	SM: FC

3.1.4.3 Diseño experimental de la fase de vivero

En la fase de vivero, se utilizó un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con tres bloques con seis tratamientos.

3.1.4.4 Características del experimento en la fase de vivero

En la Tabla 5 se presenta el número de plantas usadas en cada sistema de propagación y la descripción de los tratamientos dentro del vivero. La diferencia en cuanto al número de plantas por unidad experimental en los distintos sistemas de propagación se da, debido a que la bandeja presenta 128 alveolos, mientras que el soil block maker forma grupos de 20 bloques por golpe.

Tabla 5
Descripción de las características de la fase de vivero

Descripción	Unidad
Número de repeticiones	6
Número de bloques	3
Número unidades experimentales	18
Número de plantas por unidad experimental (bandejas)	128
Número de plantas por unidad experimental (bloques)	120
Número de plantas totales	2088

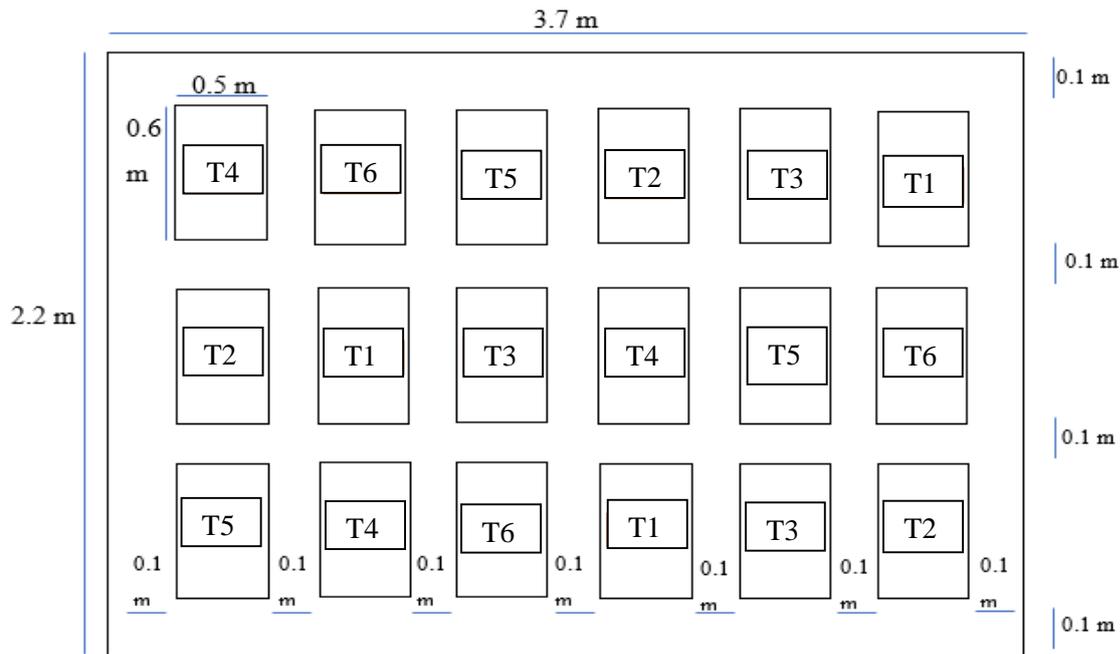


Figura 2. Distribución de los tratamientos de la fase de vivero

3.1.4.5 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos encontrados, se utilizó el paquete estadístico “INFOSTAT”, y la prueba de significancia de Fisher al 5% (Tabla 6).

Tabla 6

Análisis de la varianza (ADEVA) para la fase de vivero

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Técnica de cultivo	2-1	1
Sustrato	3-1	2
Técnica de cultivo x sustrato		2
Error		13
Total		18

3.1.4.6 Variables para evaluarse en la fase de vivero

a) Propiedades físicas de los sustratos.

Las propiedades calculadas fueron las siguientes:

- Densidad aparente (Da)
- Porcentaje espacio poroso total (EP)
- Porcentaje de capacidad de aireación (VEA)
- Porcentaje de capacidad de almacenamiento de agua, en base a volumen (CAA)

Para la medición de las variables anteriores, se utilizó el método propuesto por USCC citado por Aburto (2007):

Se preparó los sustratos según lo determina las mezclas propuestas por los tratamientos, seguidamente para el cálculo de la densidad aparente se tomó una alícuota de 50 cc de cada mezcla de sustratos y se calculó el peso fresco (A_{50}) y se llevó a una estufa a 105 °C por 24 horas, y se obtendrá el peso seco (O_{50}).

Se utilizaron tres tubos PVC con un diámetro de 11 cm, con capacidad para 1500 cc, se cubrió un extremo y se le hicieron 4 agujeros en la parte inferior de 3 mm cada uno de manera uniforme, los mismos que fueron tapados temporalmente. Por debajo de estos se colocaron otros tres recipientes de capacidad para 1000 cc, para drenaje de los tubos.

Se rellenaron los tubos con dos alícuotas de 350 cc y una de 300 cc, que completan los 1000 cc, para evitar compactación.

La mezcla contenida en el tubo se pesó nuevamente (A_{1000}) y se registró su volumen (V_{1000}).

Se añadió agua destilada lentamente hasta que se forme un espejo de agua en la superficie, después de cinco minutos, se repitió la adición del agua.

Se destaparon los agujeros sellados y se dejó drenar el agua durante 30 minutos; se repitió el proceso de saturación con agua destilada y se calculó nuevamente el peso (W_{nd}) y volumen (V_{nd}). Finalmente se drenaron las muestras por cuatro horas y se calculó nuevamente el peso (M_{dd}) y volumen (V_{dd}).

Para las variables se utilizaron las siguientes ecuaciones.

Ecuación 1. Peso seco de muestra (O_{1000}).

$$O_{1000} = A_{1000} * (O_{50} \div A_{50}) \text{ (g)}$$

Ecuación 2. Densidad aparente (D_a).

$$D_a = O_{1000} \div V_{1000} \text{ [g} \cdot \text{cm}^{-3}\text{]}$$

Ecuación 3. Porcentaje espacio poroso total (EP).

$$EP = \{ [W_{nd} - O_{1000} + (V_{1000} - V_{nd})] \div V_{1000} \} * 100 \text{ [%]}$$

Ecuación 4. Porcentaje de capacidad de aireación (VEA)

$$VEA = \{ (W_{nd} - W_{dd}) \div V_{1000} \} * 100 \text{ [%]}$$

Ecuación 5. Porcentaje de capacidad de almacenamiento de agua (CAA)

$$CAA = EP - VEA \text{ [%]}$$



Figura 3. Medición de propiedades físicas: a) Medición de volumen de sustrato y b) Capacidad de almacenamiento de agua

b) Propiedades químicas de los sustratos

Se utilizó el método descrito por Zucconi citado por Saavedra (2008) para determinar el pH y la conductividad eléctrica.

Se combinaron 5 g de sustrato en 50 cc de agua destilada en un vaso y se mantuvo una hora a temperatura ambiente, se realizaron tres agitaciones durante ese tiempo. Luego, se filtró, para obtener un extracto acuoso. En esta suspensión-dilución se introdujo el conductímetro y los electrodos para la medición del pH, hasta que se obtuvo un valor constante.

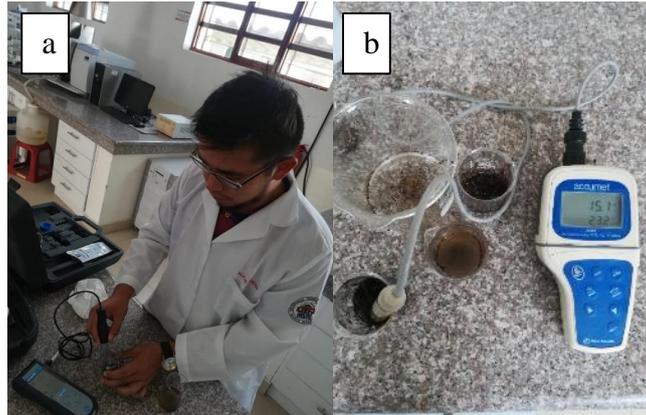


Figura 4. Medición de propiedades químicas: a) Medición de pH y b) Medición de conductividad eléctrica

c) Velocidad de emergencia

Se realizó un conteo diario de las plántulas emergidas, en la primera observación se anotó cuantas emergieron, en la siguiente observación se contaron el total y se restó las observadas en el conteo anterior, para esto se usó la ecuación 6 (Tadeo, Espinoza, Valdivia, Gómez, Sierra, y Zamudio, 2010).

Ecuación 6.

$$V.E. = (X_1)/1 + (X_2)/2 + (X_3)/3 + \dots + (X_i)/n$$

En donde:

X= número de plántulas emergidas por día

n= número de días después de la siembra.

i= 1, 2, 3, ...n.

d) Porcentaje de mortalidad

Se evaluó el número de plántulas muertas antes del trasplante con relación al número de plántulas germinadas, para lo cual se utilizó ecuación porcentaje de mortalidad.

Ecuación 7.

$$\% \text{ de mortalidad} = \frac{\text{Plántulas muertas antes del trasplante}}{\text{Plántulas germinadas}} \times 100$$

e) Crecimiento radicular

Para medir esta variable se seleccionaron 10 plantas al azar de cada unidad experimental; a los 10 - 20 - 30 días se desprendió el pan de tierra presente, se realizó un corte en el cuello de la planta para separar la raíz de la parte aérea, estas tres distintas observaciones fueron para evidenciar el efecto de los sustratos y sistemas de propagación en el crecimiento. A su término se efectuó el pesaje fresco, posteriormente, se trasladó a una estufa a 105 °C durante 24 horas para su deshidratación y se pesó la materia seca.

f) Crecimiento aéreo de la plántula

Para medir esta variable se tomó 10 plantas al azar de cada unidad experimental a los 10 - 20 - 30 días, en estos distintos periodos de tiempo se pudo evidenciar la velocidad de crecimiento de la parte aérea y denotar la influencia de los tratamientos. Se tomó el peso en fresco de la parte aérea de la plántula, a continuación, se las llevó a una estufa por 24 horas a 105 °C, posteriormente se dejó en enfriar y finalmente se pesó el contenido de materia seca.

3.1.4.7 Manejo del experimento en la fase de vivero

a) Solarización de los sustratos

En un plástico transparente se colocó los materiales orgánicos e inorgánicos de la mezcla de los sustratos, se humedeció cada uno de ellos y se cubrió por completo y se mantuvo al sol durante 35 días como se observa en la Figura 5.



Figura 5. Solarización de sustratos

b) Mezcla de sustratos

Se usó cascarilla de arroz que es un subproducto del procesamiento de esta gramínea, fibra de coco, la cual involucra la cobertura fibrosa de este fruto, que presentó una textura fina. los sustratos fueron mezclados con el humus y pomina (Figura 6) en las siguientes proporciones:

- 25% cascarilla de arroz, 25% pomina, 50% humus
- 50% fibra de coco, 25% pomina, 25% humus



Figura 6. Mezcla de sustratos

c) Elaboración de los bloques de sustrato

Al tener los sustratos elaborados, se procedió a humedecer y homogeneizar para evitar al máximo que existan áreas secas. Posteriormente en la herramienta *soil block maker* todas las celdas fueron rellenas y compactadas (Figura 7). Luego con el mecanismo de desprendimiento se liberaron los pequeños bloques de sustrato, que pasarán a un contenedor (tabla de madera) para facilitar su transporte.



Figura 7. Elaboración y colocación de los bloques de sustrato

d) Llenado de bandejas

En las bandejas plásticas se colocó las mezclas homogeneizadas de los sustratos (Figura 8). Conforme se colocó el sustrato en las bandejas y se apelmazó presionar cada una de las celdas con la finalidad de evitar la formación de capas de aire internas, finalmente se procedió a llenar con la mezcla los espacios restantes en las celdas de la bandeja.



Figura 8. Llenado de bandejas

e) Siembra de semillas

Se adquirieron semillas de calidad en la casa comercial ALASKA con un porcentaje de germinación del 93%, las mismas que fueron sembradas una por cada celda y cada bloque a 0,5 cm de profundidad (Figura 9).



Figura 9. Siembra de semillas

f) Control de plagas y enfermedades

Se tuvo una continua revisión durante el desarrollo, con el fin de divisar con anterioridad la presencia de plagas o enfermedades, con el fin de aplicar un tratamiento inmediato y evitar así la pérdida de plantas.

También se realizó un control preventivo con oxiclورو de cobre según la dosis del fabricante y aplicado con atomizador para evitar la infección por algún organismo patógeno, las bandejas eran estériles, y el control del riego, ventilación y sombreo fue minucioso.

g) Riego

Después de la siembra se realizaron riegos diarios en las primeras horas de la mañana y en la tarde (Figura 10). En dependencia del clima se utilizó un riego extra con la ayuda de una regadora. Se mantuvo la capacidad de campo sin llegar al punto de saturación.



Figura 10. Riego durante la fase de vivero

3.2. Descripción del área de estudio de la fase de campo

3.2.1 Ubicación geográfica

La fase de campo se realizó en la comunidad San Luis de Agualongo perteneciente a la parroquia San Juan de Ilumán, cantón Otavalo, provincia de Imbabura (Figura 11).

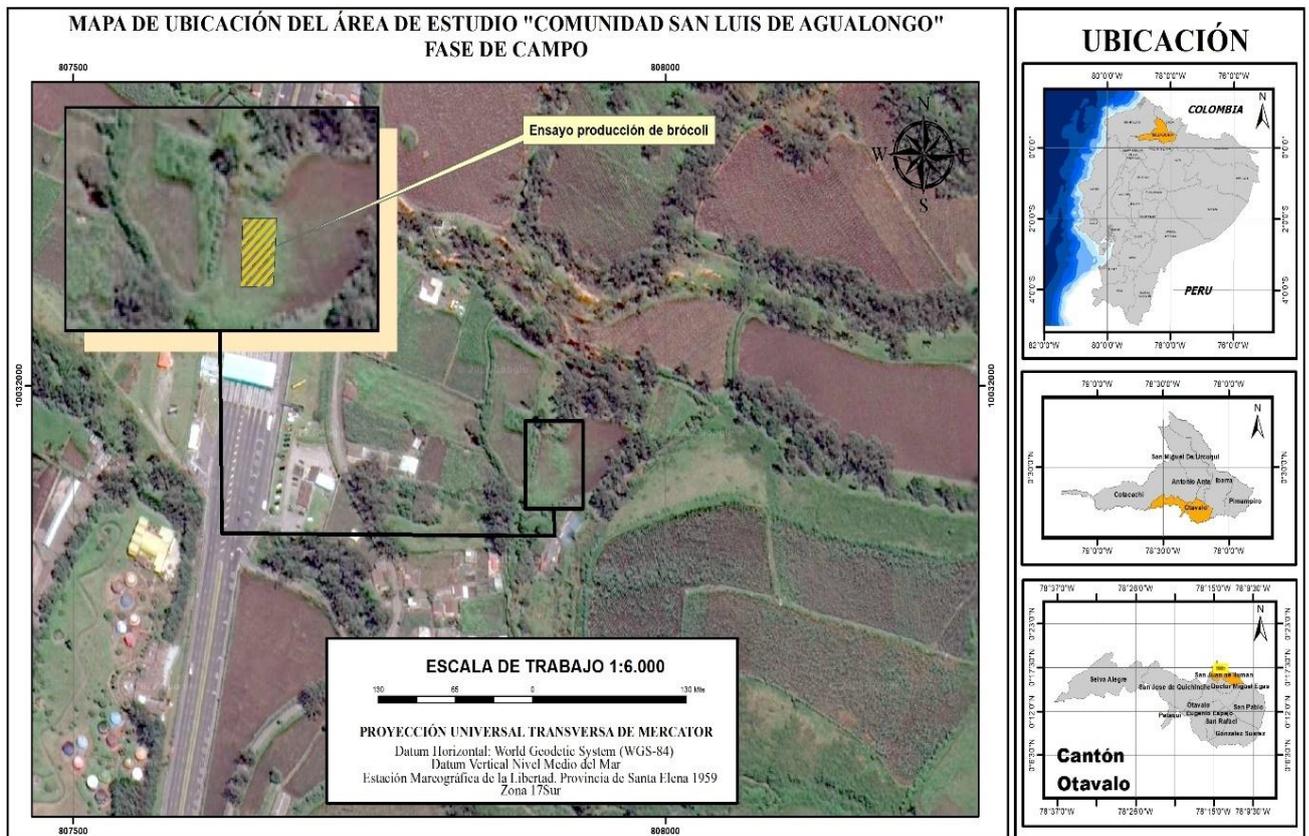


Figura 11. Mapa de ubicación de la fase de campo

3.2.2 Características climáticas

En la Tabla 7 se puede observar las características climáticas de la zona de estudio para la fase de vivero, (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2014).

Tabla 7

Características climáticas para la fase de campo

Características	Campo
Altitud:	2548 msnm.
Temperatura media anual:	14.5 °C
Precipitación media anual:	750 mm
Humedad relativa:	76%

3.2.3 Materiales

En el presente estudio se utilizó varios materiales de campo que permitieron establecer el cultivo de una manera más ordenada, además de distintos equipos que ayudaron en la medición de las distintas variables en estudio (Tabla 8).

Tabla 8

Materiales usados en la fase de campo

Materiales de campo	Equipos	Insumos	Herramientas
Estacas	Computadora	Plántulas de brócoli	Azadón
Piola	Calculadora	Biol	Bomba de mochila
Regla	Cámara fotográfica	Fertilizante	Flexómetro
Libreta de campo	Balanza	Insecticida	Martillo
Rótulos	Calibrador		

3.2.4 Métodos

3.2.4.1 Factores en estudio

Factor A: Método de propagación

C1: Bandeja multicelda plástica.

C2: Soil block maker.

Factor B: Sustratos

S1: Turba (Testigo)

S2: cascarilla de arroz, humus y pomina

S3: Fibra de coco, humus y pomina

3.2.4.2 Tratamientos

Resultan de la interacción de los factores de estudio y sus niveles y se pueden observar en la Tabla 9.

Tabla 9
Tratamientos y codificación utilizados en el estudio

Tratamiento	Descripción	Código
T1	Bandeja + turba comercial	B: T
T2	Bandeja + 25% cascarilla de arroz, 25% pomina, 50% humus	B: CA
T3	Bandeja + 50% fibra de coco, 25% pomina, 25% humus	B: FC
T4	Soil block maker + turba comercial	SM: T
T5	Soil block maker + 25% cascarilla de arroz, 25% pomina, 50% humus	SM: CA
T6	Soil block maker + 50% fibra de coco, 25% pomina, 25% humus	SM: FC

3.2.4.3 Diseño experimental de la fase de campo

En la fase de campo, se aplicó un diseño en bloques con parcelas divididas con seis tratamientos y tres bloques.

3.2.4.4 Características del experimento en la fase de campo

En la Tabla 10 se presenta las medidas trazadas en el terreno para el área experimental y tratamientos, durante la fase campo.

Tabla 10
Área experimental y los tratamientos en la fase de campo

Descripción	Unidad
Bloques	3
Número de tratamientos	6
Número unidades experimentales	18
Área total experimental	593 m ²
Área de cada unidad experimental	21.56 m ²
Área de la parcela neta	6.13 m ²
Número de surcos por unidad experimental	9
Número de plantas por unidad experimental	81
Número de plantas totales	1458
Distancia de siembra	0.70 x 0.35 m

Cada unidad experimental está conformada por 81 plantas distribuidas en 9 surcos, una dimensión de 3.15 m de ancho por 6.3 m de largo, lo que da un área de 19.85 m² (Figura 12).

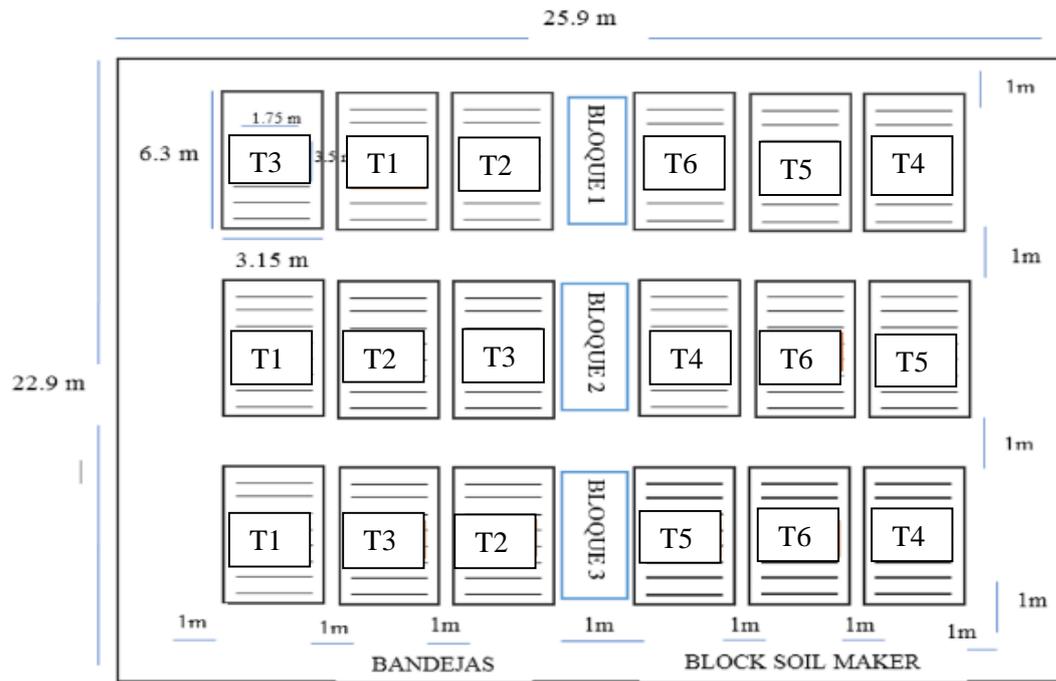


Figura 12. Distribución de los tratamientos en estudio durante la fase de campo

3.2.4.5 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos encontrados, se utilizará el paquete estadístico “INFOSTAT”, y la prueba de significancia de Fisher al 5% (Tabla 11).

Tabla 11

Análisis de la varianza (ADEVA) para la fase de campo

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Bloques	3-1	2
Técnica de cultivo	2-1	1
Error		2
Sustratos	3-1	2
Sustrato x bloque		4
Sustrato x técnica de cultivo		2
Error Experimental		4
Total		17

3.2.4.6 Variables a evaluarse en la fase de campo

a) Porcentaje de mortalidad al trasplante

Se evaluó el número de plantas muertas con relación al número de plántulas trasplantadas a los 5, 10 y 15 días, a partir del día 0 que es el día en el que se realizó el trasplante, para lo cual se utilizó la ecuación porcentaje de mortalidad trasplante.

Ecuación 10.

$$\% \text{ de mortalidad al trasplante} = \frac{\text{Plántulas muertas}}{\text{Plántulas trasplantadas}} \times 100$$

b) Porcentaje de sobrevivencia

Al término del ciclo productivo se evaluó el número de plantas cosechadas con respecto del número de plántulas trasplantadas, para lo cual se utilizó la ecuación Para ello se utilizó la ecuación porcentaje de sobrevivencia.

Ecuación 11.

$$\% \text{ de sobrevivencia} = \frac{\text{Plántulas cosechadas}}{\text{Plántulas trasplantadas}} \times 100$$

c) Incidencia de plagas

Gusano cogollero (*Spodoptera* sp.); pulgones (*Brevicoryne brassicae*)

Se realizó una lectura cada 15 días, para observar los daños producidos por los insectos en las hojas de las plantas (Chango, 2012; Medina, 2012), para esta variable se utilizó la ecuación porcentaje de incidencia de plagas.

Ecuación 12.

$$\text{Incidencia de plagas} = \frac{\text{Plántas atacadas}}{\text{Número total de plantas}} \times 100$$

d) Incidencia de enfermedades

Alternaria (*Alternaria brassicae*); antracnosis (*Colletotrichum corda*)

Se registró el total de plantas evaluadas, cada 15 días se observaron y relacionaron las plantas afectadas sobre aquellas que fueron vistas (Casimba, 2017). Para ello se utilizó la ecuación Para ello se utilizó la ecuación porcentaje de incidencia de enfermedades.

Ecuación 13.

$$\text{Incidencia de enfermedades} = \frac{\text{Plántas atacadas}}{\text{Número total de plantas}} \times 100e)$$

e) Diámetro de la pella

Una vez cosechado el producto se utilizó un calibrador o pie de rey, para tomar el valor del diámetro total (el más amplio) de la inflorescencia (Figura 13).



Figura 13. Medición del diámetro de la pella

f) Peso de la pella

Se procedió a colocar la pella sobre una balanza y se tomaron los datos del peso en la libreta de campo (Figura 14).



Figura 14. Pesaje de la pella

g) Determinación de los costos de producción

Una vez determinados y valorados económicamente los ingredientes de cada sustrato en estudio se procedieron a verificar la estimación de los costos por cada tratamiento y de esta manera se estableció la mejor mezcla en referencia al costo.

h) Relación beneficio-costo

Para la medición de esta variable, se determinó el costo de producción, mediante información recopilada en el libro de campo, también, se valoró la venta de las pellas de brócoli al final de la producción, para determinar los ingresos; con estos valores se realizó el análisis de B/C por cada uno de los tratamientos, en donde se interpreta que, si el resultado fue mayor a uno se consideró como ganancia y si su resultado presentó un valor inferior a uno, se generar pérdidas (Briones, Patrano y Armijos, 2016).

Ecuación 14.

$$B/C = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$$

3.2.4.7 Manejo del experimento en la fase de campo

a) Trasplante

Las plántulas provenientes de los tratamientos T1, T3, T4, T6 fueron trasplantadas a los 43 días, mientras que el T2 y T5 fueron trasladadas al campo a los 48 días. El trasplante se realizó cuando la cuarta hoja verdadera empezó a desarrollarse (Figura 15).



Figura 15. Trasplante de plántulas de brócoli

b) Labores culturales

Se realizó el manejo de control de malezas o deshierbe a los 21 – 42 – 63 días después del trasplante (Figura 16).



Figura 16. Limpieza de las parcelas.

c) Fertilización

Se realizó el análisis conforme a las recomendaciones propuestas por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias. El fósforo se aplicó a chorro continuo y se dividió para 2 aplicaciones, mientras que el nitrógeno, potasio y azufre se fragmentó para 3 puestas, la primera fertilización se dio al trasplante, a los 21 días después del trasplante se colocó la segunda mitad del P y dos terceras partes de N, K, S, y la última fue a los 45 días después del trasplante (Figura 17).



Figura 17. Fertilización.

d) Cosecha

Se realizó tres cosechas, a los 71, 79 y 89 días después del trasplante para el caso de los tratamientos T1, T3, T4, T6 y para el caso de los T2 y T5 se cosechó a los 66, 74 y 82 días después del trasplante, cuando la pella presentó una inflorescencia compacta, de aspecto húmedo, cabeza de domo perfecto, grano fino a medio, coloración verde intenso, mínima presencia de brotes laterales y una pella firme se realizará el corte a 5 cm por debajo de la pella (Linzmayer, 2004) (Figura 18).

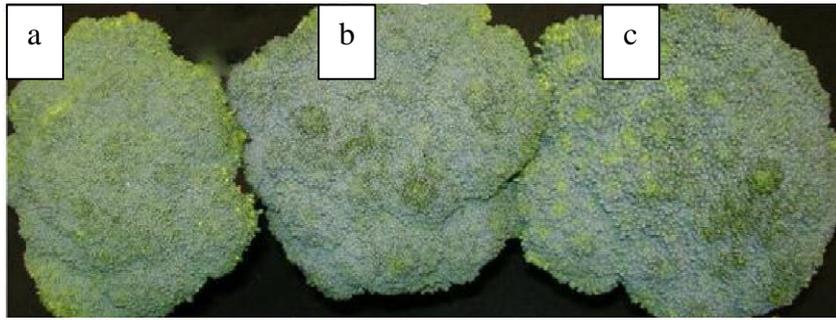


Figura 18. Índice de madurez del brócoli: a) Inmaduro, granos pequeños, b) Maduro, granos bien desarrollados y c) Demasiado maduro, granos abiertos

e) Evaluación

Se tomaron datos de 25 plantas por unidad experimental, las mismas que se encontraron en el centro de la parcela (parcela neta), sin tomar en cuenta los surcos del efecto borde.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los resultados obtenidos al término del estudio de sistemas de propagación y su efecto en la producción de brócoli, compuesta por dos fases, en la fase 1 (vivero) se evaluó la calidad de plántulas con la utilización de dos sistemas de propagación y dos sustratos alternativos y la fase 2, de campo, se valoró la productividad y el análisis financiero para los tratamientos estudiados.

4.1 Fase de vivero

4.1.1 Propiedades fisicoquímicas de los sustratos

Para esta variable se evaluó únicamente los sustratos independientemente de los sistemas de propagación.

Tabla 12
Propiedades fisicoquímicas de los sustratos en estudio

Sustrato	DA (kg.m ⁻³)	EP (%)	CA (%)	CAA (%)	pH	CE (dS.m ⁻¹)
Turba	89	74.98	16.50	58.48	6.08	0.01530
Ca+H+P	513	56.16	11.53	44.63	6.87	0.01169
Fc+H+P	289	56.12	12.3	43.82	4.9	0.01158
Ideal*	< 400	> 85	20 - 30	55 - 70	5.20 - 6.50	< 0.5

Nota: CA+H+P= mezcla de cascarilla de arroz, humus y pomina; Fc+H+P= mezcla de fibra de coco, humus y pomina; DA= densidad aparente; EP= espacio poroso; CA= capacidad de aireación; CAA= capacidad de almacenamiento de agua; CE= conductividad eléctrica; *Abad, Noguera y Burés (2001).

● Propiedades físicas

En la Tabla 12 se puede apreciar que el testigo, el testigo presentó una densidad de 89 kg.m⁻³, lo que favoreció a un crecimiento abundante de la zona radicular, por otra parte, la mezcla a base de fibra de coco obtuvo una densidad de 289 kg.m⁻³, valores que se encuentran dentro del rango establecido por Abad, Noguera y Burés (2001) quienes mencionan que este dato debe ser menor a 400 kg.m⁻³.

López et al. (2017) reportan que el sustrato fibra de coco junto con otros materiales tales como; poliestireno expandido y corteza de pino compostado presentaron densidades dentro del rango mencionado anteriormente. Sin embargo, la mezcla de cascarilla de arroz alcanzó una densidad de 513 kg.m⁻³, motivo por el cual el crecimiento radicular se vio reducido, esto difiere con el resultado de García et al. (2001) los cuales, en su mezcla de cascarilla de arroz y corteza de pino presentaron 340 kg.m⁻³.

Las mezclas de sustrato presentaron una porosidad del 56.16% y 56.12% para cascarilla de arroz y fibra de coco respectivamente, estos resultados se encuentran por debajo del rango propuesto por Puerta, Russián y Ruíz (2012) los cuales se encuentran entre el 70-85%, por otra

parte, el testigo alcanzó un 74.98%; por el contrario, este porcentaje es inferior para los requerimientos propuestos por Abad, et al (2001) que son >85%.

Abad et al (2001), menciona que la capacidad de aireación debe ser de 20 – 30%, no obstante, los sustratos estuvieron por debajo de este con porcentajes de 16.50 para turba, 11.53% para cascarilla de arroz y 12.3% para fibra de coco, sin embargo, estos resultados se encuentran dentro del rango comprendido entre 10 – 30% establecidos por García et al. (2001).

El testigo alcanzó una capacidad de absorción de agua de 58.48%, un valor que sobrepasa al mínimo de 55% recomendable para sustratos (Abad, 2001), por el contrario, la mezcla de cascarilla de arroz y la fibra de coco no se encontraron en el rango, con porcentajes de 44.63 y 43.82% respectivamente.

Los resultados se asemejan a los encontrados en el estudio de García et al. (2001) quien reportó 43.9% en una mezcla de cascarilla de arroz con fibra de coco, estos porcentajes son aceptables de acuerdo con Acosta-Durán, Acosta- Peñaloza, Cazárez-Prado y Martínez-Villegas (2004) en donde mencionan que para un buen desarrollo de las plántulas, la humedad debe permanecer por sobre el 30%, ya que si este porcentaje es menor, el crecimiento se ve reducido y ocasiona una mayor permanencia en el vivero.

- **Propiedades químicas**

La turba presentó un pH que se encuentra dentro de los parámetros óptimos, mientras que la mezcla con cascarilla de arroz presentó un ligero aumento con relación al rango propuesto (Tabla 12), la diferencia mostrada puede deberse a que esta contenía un mayor porcentaje de humus, y el pH puede tener leves incrementos en su valor dado a que la lombriz produce una digestión alcalina (Durán y Henríquez, 2007).

Bracho, Pierre y Quiroz (2009) presentaron un valor igual al de este estudio. Por otro lado, la fibra de coco presentó un pH menor debido a la acidez que posee este material (Arévalo, Oberpaup y Méndez, 2016), a pesar de ello, el crecimiento de la plántula en este sustrato no se vio afectado.

Abad y Noguera, (2000) afirman que la mayor asimilabilidad de nutrientes se da en un rango entre 5.0 a 6.5, aquí se resalta que la turba está muy cerca del nivel inferior a este valor razón por la cual no presentó problemas en su desarrollo.

Los valores de conductividad eléctrica se presentaron en un rango de 0.01158 a 0.01530 dS.m⁻¹, valores que se encuentran dentro del rango óptimo, pero por debajo del descrito por (Bracho et al., 2009), que señalan que el nivel ideal es de 0.2 dS.m⁻¹.

4.1.2 Índice de velocidad de emergencia

Una vez realizado el análisis de varianza con respecto a la variable velocidad de emergencia se determinó que existe interacción entre los factores propagación y sustrato ($F= 0.85$; $gl=2,10$; $p=0.0059$) (Tabla 13); además, se realizó una regresión general entre variables sin encontrar significancia.

Tabla 13
ADEVA para la variable velocidad de emergencia

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Propagación	1	10	12.16	0.4563
Sustratos	2	10	171.96	<0.0001
Propagación: Sustratos	2	10	0.85	0.0059

Los resultados obtenidos muestran que la turba comercial resultó con una mayor velocidad de emergencia tanto para bandejas como para bloques y el tratamiento que se comportó en emergencia más lento fue la cascarilla de arroz.

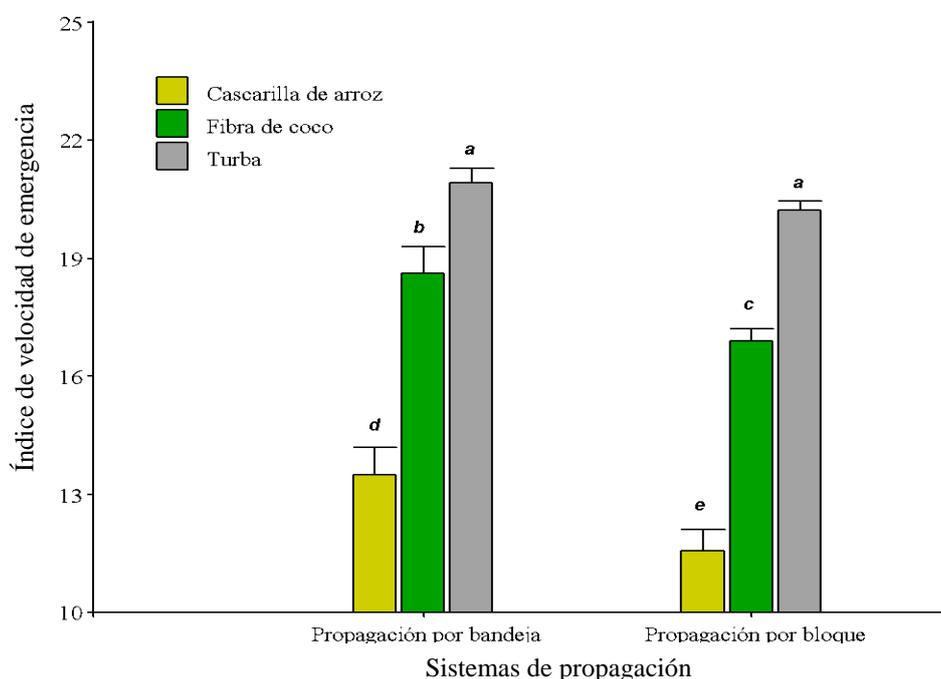


Figura 19. Índice de velocidad de emergencia

En la Figura 19, se puede apreciar que existen diferencias significativas para los tratamientos en estudio, presentándose 5 rangos, en donde el tratamiento control (T1) y T4 se encontraron en el rango A con los valores más altos 20.92 y 20.23 respectivamente, El T3 y T6 presentaron valores intermedios de 18.63 y 19.91, mientras que el T5 presentó el índice con menor velocidad de emergencia (11.56) (Anexo 1); Roupheal et al. (2004) evidencian que el uso de humus de lombriz o de materiales compostados produce plántulas con menor índice de velocidad, por la diferencia de temperatura que este material genera.

Este resultado contrasta con los estudios de Favaro, Buyatti y Acosta (2002) y Ortega-Martínez et al. (2010a) en donde, al utilizar turba como control para comparar el aserrín compostado en la producción de plántulas de tomate, no encontraron diferencias estadísticas para emergencia, de la misma manera, Araméndiz-Tatis, Cardona-Ayala y Correa-Álvarez (2013) realizaron mezclas de cascarilla de arroz y fibra de coco con otros ingredientes como: aluvión, lombriabono, y gallinaza sin presentar diferencia significativa alguna.

Por lo tanto, el sustrato turba en el presente estudio obtuvo un índice de velocidad de emergencia del 44.74% sobre la cascarilla de arroz, por lo que, reduce el tiempo de permanencia en el vivero y el riego, por lo tanto los costos disminuyen; este factor fue influenciado por la capacidad de retención de humedad que posee; esto permite un mayor aporte a la semilla, lo que desencadena cambios metabólicos más rápidos, dando lugar a una división y alargamiento de las células lo que ocasiona la rotura de la cubierta seminal que se produce al momento de la emergencia (Doria, 2010).

4.1.3 Porcentaje de mortalidad

De acuerdo con el análisis de varianza realizado para la variable porcentaje de mortalidad en la fase de vivero, se determinó que no existe interacción entre factores (Tabla 14).

Tabla 14

ADEVA del porcentaje de mortalidad en la fase de vivero

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Propagación	1	10	0.17	0.6878
Sustratos	2	10	0.96	0.4150
Propagación: Sustratos	2	10	1.80	0.2150

Los tratamientos alternativos muestran mínimos porcentajes de mortalidad, lo cual evidencia de que estos tienen gran potencial para producción de plántulas; mediante los resultados obtenidos existen diferencias numéricas (Anexo 2) en donde el T2 que corresponde a la mezcla de cascarilla de arroz presentó una mortalidad del 3.23%, en tanto que el tratamiento de control estuvo en 0.59%.

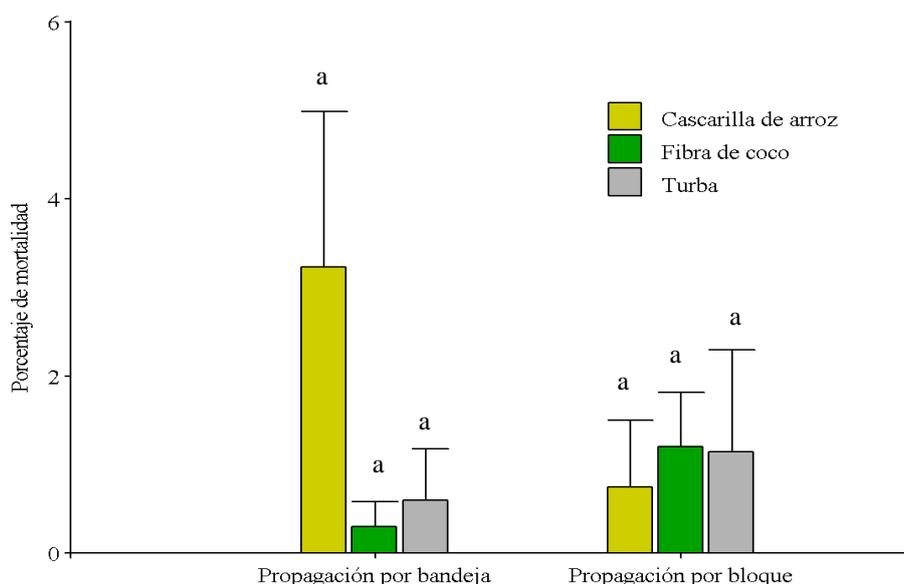


Figura 20. Porcentaje de mortalidad en la fase de vivero

Para la variable porcentaje de mortalidad en la fase de vivero no existió diferencia estadística significativa, por lo que se puede evidenciar que los dos sistemas propagación y los tres

sustratos mantienen porcentajes de mortalidad dentro del rango idóneo establecido por Rosas (2016), en donde se establece que el porcentaje de mortalidad no debe superar el 15%.

4.1.4 Longitud parte aérea

Al analizar los datos para la variable longitud de la parte aérea se puede apreciar que existe interacción entre los días después de la germinación y los factores en estudio ($F= 6.34$; $gl= 520$; $p= 0.0001$) (Tabla 15).

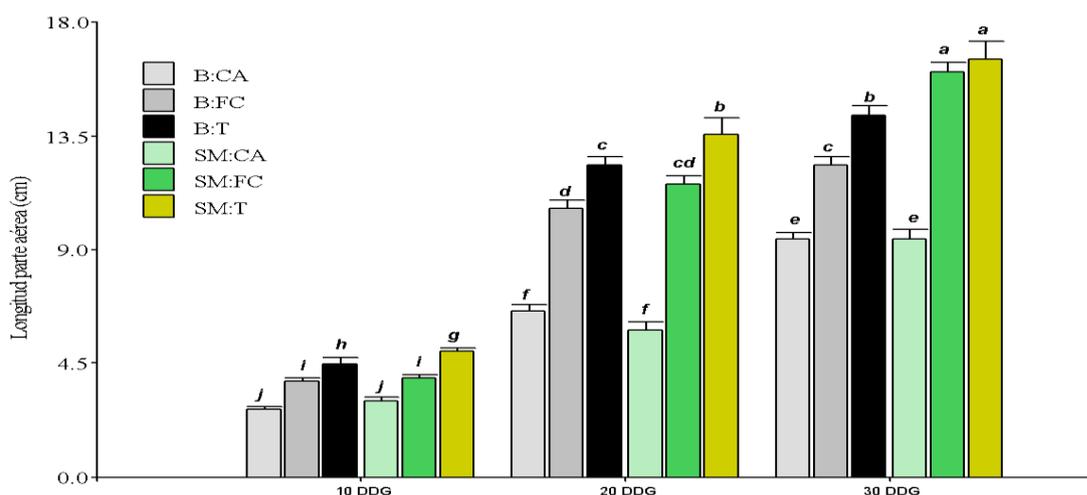
Tabla 15

ADEVA de la variable longitud de la parte aérea a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Días después de la germinación	2	520	1852.52	<0.0001
Propagación	1	520	23.10	<0.0001
Sustratos	2	520	248.19	<0.0001
Ddg: Propagación	2	520	11.14	<0.0001
Ddg: Sustratos	4	520	59.16	<0.0001
Propagación: Sustratos	2	520	3.28	0.0383
Ddg: Propagación: Sustratos	4	520	6.34	0.0001

Nota: Ddg: Días después de la germinación

En la Figura 21 se muestra el comportamiento del crecimiento vegetativo aéreo en función del tiempo, donde se puede observar que el uso de la turba como sustrato en bloques presentó mayor crecimiento con respecto a los demás tratamientos evaluados. Esto ocurrió debido a que este sustrato presentó las mejores condiciones de porosidad y densidad aparente, lo cual dio lugar a que las raíces absorbieran más nutrientes y se obtenga un desarrollo adecuado de la plántula.



Nota: B=bandeja; SM=block soil maker; CA=cascarilla de arroz; FC=fibra de coco; T=turba; DDG=días después de la germinación.

Figura 21. Crecimiento aéreo de las plántulas de brócoli a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación

La variable crecimiento aéreo de las plántulas de brócoli, muestra a los 10 días después de la germinación, diferencias significativas entre los sistemas de propagación que contienen turba. El tratamiento en bloque con turba obtuvo una mayor elongación vegetativa que alcanzó un promedio de 4.98 cm, seguida por el tratamiento en bandeja con 4.47 cm; sin embargo, para el resto de los tratamientos se diferencian estadísticamente por el tipo de sustrato más no por el sistema de propagación. El mismo comportamiento se presentó a los 20 días después de la germinación donde el sustrato turba con los dos sistemas de propagación presentaron una mayor longitud aérea con un promedio de 13.56 cm y 12.35 cm respectivamente (Anexo 3).

Finalmente, a los 30 días se observan diferencias significativas entre sistemas de propagación. La turba en bloque presentó un mayor crecimiento con una longitud promedio de 16.55 cm, sin embargo, la mezcla con fibra de coco en bloque demostró una altura comparable a la anterior (16.03 cm), lo cual es corroborado por Meza (2011), quien reportó una longitud aérea 10% mayor (12.9 cm) con la utilización de turba comparada con una mezcla que contenía turba y aserrín de coco.

Los resultados obtenidos en este estudio, difieren con los encontrados por González, González, Acevedo, González y Contreras (2014), que a los 35 días después de la germinación obtuvieron plántulas con una altura media de 9.33 cm en turba. Valores que estadísticamente presentan un rango menor al de una mezcla con cachaza compostada y perlita con una media de 11.13 cm, estas plántulas fueron sembradas en bandejas con 228 alvéolos que almacenan un menor volumen de sustrato y limita el crecimiento. López-Baltazar, Méndez-Matías, Pliego-Marín, Aragón-Robles y Robles-Martínez (2013), también mostraron resultados mayores con el uso de composta de bagazo por sobre los de la turba.

4.1.5 Longitud de la raíz

Una vez analizado los datos de la variable longitud de raíz se puede observar que existe interacción entre los días después de la germinación y los factores en estudio ($F = 15.17$; $gl = 4,520$ y un valor de $P < 0.0001$) (Tabla 16).

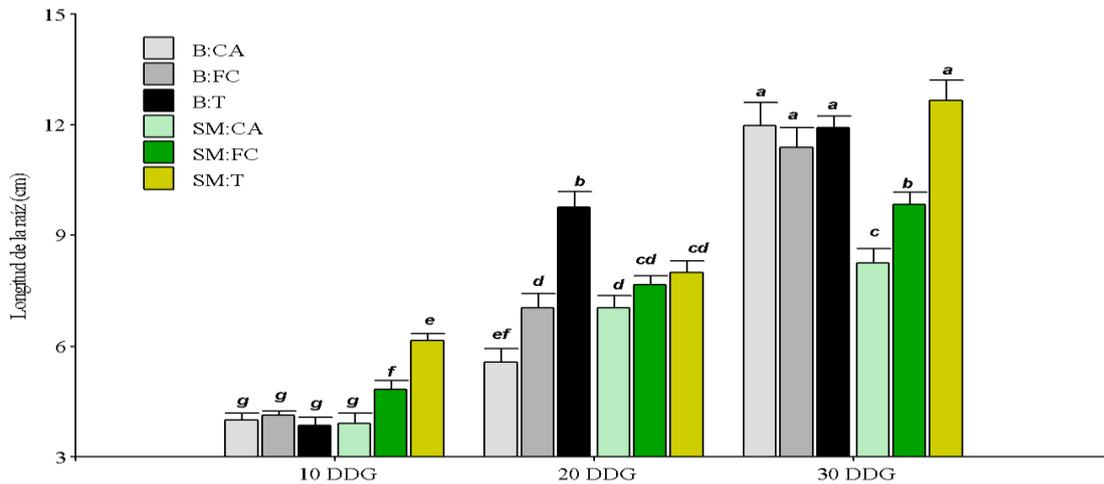
Tabla 16

ADEVA de la variable longitud de raíz medida a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Ddg	2	520	554.51	<0.0001
Propagación	1	520	13.20	0.0003
Sustratos	2	520	42.01	<0.0001
Ddg: Propagación	2	520	18.22	<0.0001
Ddg: Sustratos	4	520	4.47	0.0015
Propagación: Sustratos	2	520	9.99	0.0001
Ddg: Propagación: Sustratos	4	520	15.17	<0.0001

Nota: Ddg: Días después de la germinación

La capacidad de retención de agua que posee la turba permite que los nutrientes se dispongan mejor, mientras que, la baja densidad permite que las raíces aumenten su volumen y exista una mayor elongación, a diferencia de la cascarilla de arroz que fue más densa, lo que disminuyó la porosidad y provocó una ligera compactación que dificulta y reduce la velocidad de crecimiento.



Nota: B=bandeja; SM=block soil maker; CA=cascarilla de arroz; FC=fibra de coco; T=turba; DDG=días después de la germinación.

Figura 22. Crecimiento radicular de las plántulas de brócoli a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación

En la Figura 22, se puede observar que, a los 10 días de desarrollo, la variable longitud de raíz no presenta diferencias estadísticas entre tratamientos a excepción de la turba en bloque que presentó mayor desarrollo radicular (6.16 cm), seguido por la fibra de coco en bloque (4.83 cm).

A los 20 días se puede apreciar diferencias significativas, en donde el tratamiento testigo fue el que presentó el mayor incremento radicular con una longitud de 9.77 cm, con respecto del T2 que mostró el menor desarrollo radicular (5.57 cm); el resto de los tratamientos se mantuvieron en el rango D.

A los 30 días, no existieron diferencias estadísticas para los tratamientos con bandejas y el tratamiento en bloque con turba. Existen diferencias estadísticas para un menor desarrollo radicular en el tratamiento con fibra de coco y cascarilla de arroz con la utilización bloques (Anexo 4).

La discrepancia entre sistemas de propagación podría explicarse en que el aumento radicular, se encuentra condicionado por el contenedor y el volumen del medio, es así, que en la bandeja el crecimiento de las raíces es más evidente, pues una vez que llega a la base, la raíz tiende a envolverse y configurar la forma del contenedor, a diferencia del bloque que induce a un mayor desarrollo de raíces secundarias, ya que no posee restricción alguna (Monge, 2007).

Puerta et al. (2012) han proporcionado evidencia de que cada sustrato tiene influencia en el crecimiento tanto aéreo como radicular de la plántula, ya que, en su estudio el tratamiento con

base en fibra de coco y pulpa de café presentó una longitud radicular 15.8% superior con respecto a la turba comercial.

4.1.6 Materia seca parte aérea

De acuerdo con el análisis de varianza para la materia seca de la parte aérea de plántulas de brócoli se puede observar que existe interacción para los días después de la germinación, los dos sistemas de propagación y los tres sustratos en estudio ($F= 6.64$; $gl= 520$; $p< 0.0001$) (Tabla 17).

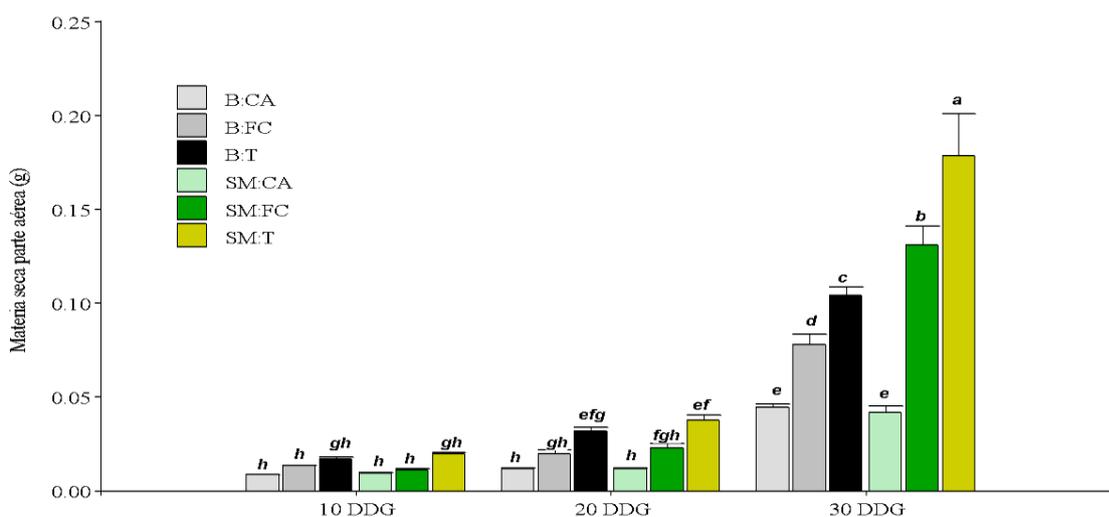
Tabla 17

ADEVA de la variable materia seca aérea a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Ddg	2	520	337.17	<0.0001
Propagación	1	520	27.69	<0.0001
Sustratos	2	520	78.04	<0.0001
Propagación: sustratos	2	520	8.46	0.0002
Ddg: propagación	2	520	21.55	<0.0001
Ddg: sustrato	4	520	32.24	<0.0001
Ddg: propagación: sustratos	4	520	6.64	<0.0001

Nota: Ddg: Días después de la germinación

La hoja, que corresponde a la mayor proporción de la parte aérea, es el órgano principal para la sintetizar los foto asimilados, que serán translocados al resto de órganos de la planta (Medina, Bustamante, Lobo y Vargas, 2008), por lo que, el contenido de materia seca se emplea como un indicador para mejorar la relación entre asimilación de nutrientes y el crecimiento, es decir, que exista el balance entre el flujo de carbohidratos y la capacidad de los órganos para captarlos (Vaieretti, Díaz, Ville y Garnier, 2007).



Nota: B=bandeja; SM=block soil maker; CA=cascarilla de arroz; FC=fibra de coco; T=turba; DDG=días después de la germinación.

Figura 23. Materia seca de la parte aérea de las plántulas a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación

Como se puede apreciar en la Figura 23, no existen diferencias estadísticas para esta variable a los 10 días, de notándose los valores más altos en los tratamientos con turba comercial (0.02 g). De la misma manera ocurre a los 20 días en donde no se presentan diferencias significativas, sin embargo, los tratamientos con turba que se encuentran en el rango EF presentaron los valores más altos, mientras que los tratamientos con cascarilla de arroz que corresponden al rango H presentaron la menor acumulación de materia seca.

A los 30 días se puede apreciar diferencias significativas, esto demuestra que la turba en bloques fue superior al resto de tratamientos con un peso de 0.18 g que representa un 44.44% mayor con respecto al testigo, seguido por el tratamiento con fibra de coco que también presentó mayor acumulación con un 23.08%, por otra parte, el sustrato a base de cascarilla de arroz en ambos sistemas de propagación, presentó el rango E con una media de 0.04 g (Anexo 5), que corresponde al 60% menor con respecto al control.

Estos resultados difieren de los encontrados por Puerta, Russian y Ruiz (2012), quienes utilizaron una mezcla con fibra de coco con la cual obtuvieron una acumulación de materia seca 19% superior con relación a la turba comercial, debiéndose principalmente al mayor aporte de potasio (K) y fósforo (P) que suministra este sustrato.

4.1.7 Materia seca raíz

De acuerdo con el análisis de varianza para la materia seca de la parte radicular se puede observar que existe interacción entre los factores en estudio y los días después de la germinación ($F= 3.25$; $gl= 520$; $p= 0.0120$) (Tabla 18).

Tabla 18

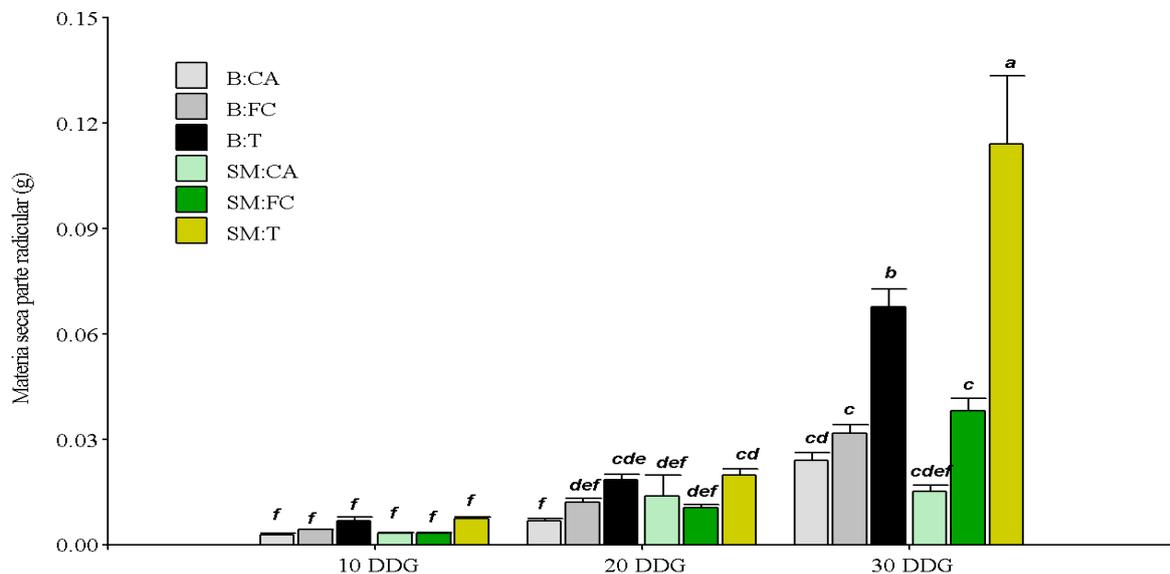
ADEVA de la variable materia seca de la raíz a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Propagación	1	520	0.24	0.6264
Sustratos	2	520	41.75	<0.0001
Ddg	2	520	109.15	<0.0001
Propagación: sustratos	2	520	1.40	0.2475
Propagación: ddg	2	520	2.70	0.0683
Sustratos: ddg	4	520	18.23	<0.0001
Propagación: sustratos: ddg	4	520	3.25	0.0120

Nota: Ddg: Días después de la germinación

El sistema radicular fisiológicamente es una de las partes más importantes de las plantas, ya que aquí se almacenan, absorben y reciclan los nutrientes, agua y minerales (Garate y Blanco, 2013). La distribución de materia seca que se da entre las raíces y la parte aérea de las plantas de debe a un equilibrio funcional entre la absorción de nutrientes y agua por parte de las raíces y de la fotosíntesis realizada principalmente por las hojas (Peil y Glavez, 2005).

En la Figura 24, se observa que las plántulas de brócoli a los 10 días después de la germinación no presentaron diferencias significativas para la materia seca radicular, este mismo comportamiento se presentó en la segunda observación a los 20 días.



Nota: B=bandeja; SM=block soil maker; CA=cascarilla de arroz; FC=fibra de coco; T=turba; DDG=días después de la germinación.

Figura 24. Crecimiento de materia seca de la parte radicular a los 10 – 20 – 30 días después de la germinación

Sin embargo, a los 30 días después de la germinación se evidenciaron diferencias significativas en donde el T4 (SM: T) se encuentra en el rango A, siendo superior un 36.36 % con respecto al testigo (B: T) correspondiente al rango B. En cuanto a los tratamientos restantes se ubicaron en el rango C, presentaron únicamente diferencias numéricas (Anexo 6).

Estos resultados son corroborados por López-Baltazar et al. (2013), quienes demostraron en su estudio, que el uso de turba y su volumen influye en el aumento del peso seco de la raíz, debido a que el pH que posee se encuentra dentro del rango propicio (5.2-6.3) para el crecimiento normal y favorable de las raíces para que puedan almacenar la mayor cantidad de biomasa radicular.

Sin embargo, en esta investigación se puede observar que el uso de soil block maker obtuvo mayor acumulación de materia seca radicular que con la utilización de bandejas plásticas, debido a que este sistema de propagación utiliza un mayor volumen de sustrato y sus propiedades físicas favorecen el crecimiento de un sistema radicular, con mayor facilidad de absorción de nutrientes.

4.2 Fase de campo

4.2.1 Mortalidad al trasplante

Luego de realizar el análisis de varianza para la variable mortalidad al trasplante se puede apreciar que existe una interacción entre los días después del trasplante y los sustratos evaluados con un valor $F= 3.49$; $gl= 34$ y un valor $P= 0.0172$ (Tabla 19).

Tabla 19

ADEVA de la variable mortalidad evaluada a los 5 – 10 – 15 días después del trasplante

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Dd trasplante	2	34	9.17	0.0007
Propagación	1	34	0.09	0.7666
Sustratos	2	34	3.92	0.0293
propagación: sustratos	2	34	0.25	0.7788
ddt: propagación	2	34	0.10	0.9094
ddt: sustrato	4	34	3.49	0.0172
ddt: propagación: sustratos	4	34	0.26	0.9007

Ddt: Días después del trasplante

En la Figura 25 se puede apreciar el incremento de la mortalidad en función de los días transcurridos en las 3 observaciones a los 5-10-15 días después del trasplante.

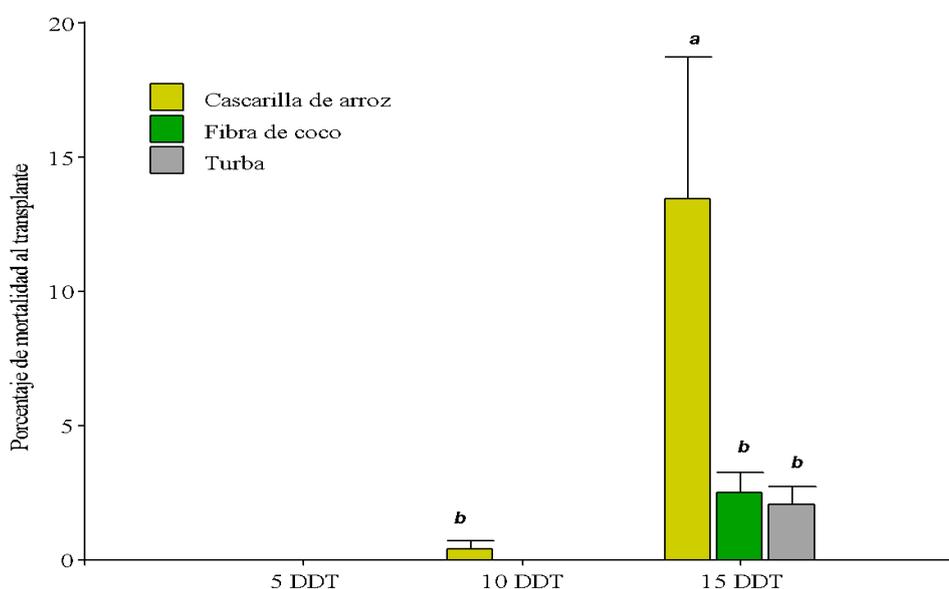


Figura 25. Porcentaje de mortalidad a los 5 – 10 – 15 días después del trasplante

Como se puede apreciar en la Figura 25, luego de 5 días después del trasplante no existió mortalidad, a los 10 días se evidenció un ligero porcentaje para el sustrato compuesto por cascarillas de arroz, el mismo que a los 15 días aumentó notablemente hasta el 13.46% (Anexo 7).

Para Abanto-Rodríguez et al. (2016), este resultado puede explicarse por el hecho de que, durante la fase de vivero, el sustrato con cascarilla de arroz presentó una alta densidad reduciendo el volumen radicular y una baja acumulación de materia seca, esto influyó en la baja adaptación de las plantas en campo.

De la misma manera para Bracho et al. (2009), el porcentaje de materia seca interviene en la sobrevivencia de las plántulas al momento del trasplante, que proporciona energía para su

adaptación en los primeros días de su prendimiento en el suelo definitivo, por tal motivo el porcentaje se elevó pasado los 10 días posteriores al trasplante.

4.2.2 Porcentaje de sobrevivencia

Luego de realizar los análisis de la variable mortalidad al trasplante se puede apreciar que no existe una interacción entre los sistemas de propagación y los sustratos evaluados con un valor $F= 0.26$ y un valor $P= 0.7771$ (Tabla 20), así mismo se puede observar que no existe diferencias significativas para los factores en estudio.

Tabla 20

ADEVA del porcentaje de sobrevivencia al momento de la cosecha de brócoli

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Propagación	1	10	0.12	0.7324
Sustratos	2	10	1.68	0.2350
Propagación: Sustratos	2	10	0.26	0.7771

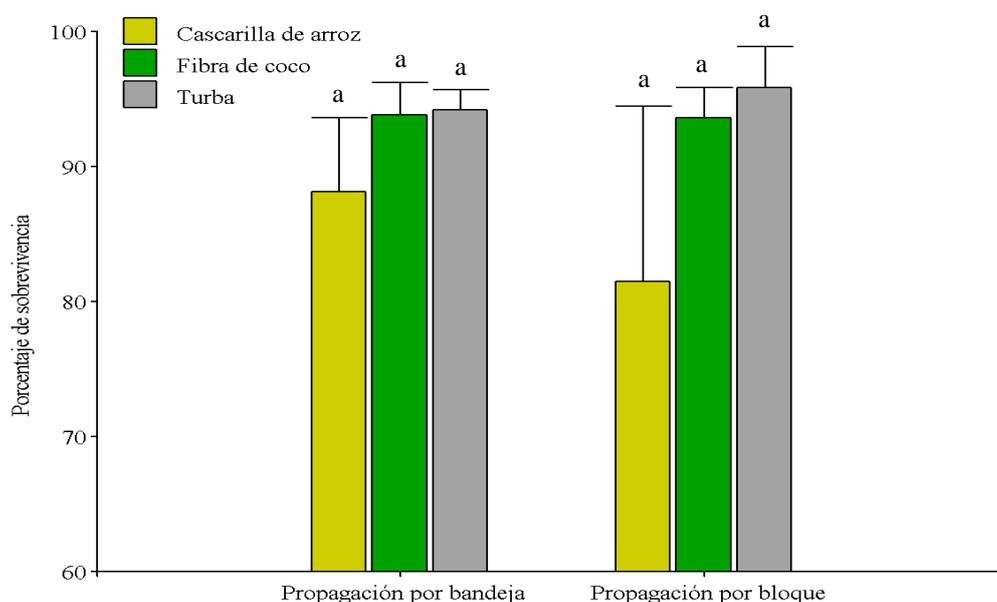


Figura 26. Porcentaje de sobrevivencia a la cosecha

La Figura 26, muestra el comportamiento de la variable porcentaje de sobrevivencia a la cosecha, en donde se puede observar que no existe diferencias estadísticas. Sin embargo, se presentaron diferencias numéricas en donde el sistema de propagación por bloques con el sustrato turba obtuvo un mayor porcentaje (95.88) con respecto a los demás tratamientos. En cuanto al sustrato de cascarilla de arroz en este mismo sistema presentó un porcentaje más bajo (81.48). Cabe mencionar, que el T4 (turba - bloque) presentó el mayor porcentaje de

sobrevivencia, el sistema de propagación en bandeja y cascarilla de arroz fue aquel que presentó un mayor rendimiento en pella.

4.2.3 Incidencia de plagas

Como se puede apreciar en las tablas 21 y 22 no existió interacción entre factores ni sistemas de propagación para la variable incidencia de plagas tanto gusano trozador ni para palomilla dorso de diamante.

Tabla 21

Incidencia de gusano trozador (Agrotis ipsilon)

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Propagación	1	10	0.61	0.4527
Sustratos	2	10	0.38	0.6951
Propagación: Sustratos	2	10	0.07	0.9289

Tabla 22

Incidencia de palomilla dorso de diamante (Plutella xylostella)

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad libertad Error	Valor F	Valor P
Propagación	1	46	0.00	>0.9999
Sustratos	2	46	0.57	0.5687
Propagación: Sustratos	2	46	1.71	0.1914

El cultivo de brócoli es atractivo para algunas plagas durante sus primeras etapas de desarrollo, principalmente de aquellas que trozan el cuello de la plántula o su tallo, hasta cortar su crecimiento (Hernández, 2013). La incidencia del gusano trozador en la presente investigación fue baja (menor al 1%) puesto a que, en los primeros días de crecimiento vegetativo del cultivo, se realizó un control pertinente con el uso de un insecticida y posteriormente biol.

El umbral económico para la palomilla dorso de diamante es de 1 a 1.5 larvas por planta muestreada durante el estado vegetativo a inicio de floración (Lietti, et al., 2014). En este estudio se encontró menos una larva por planta, debido al control realizado previamente y las condiciones climáticas que no fueron favorables para la cría y reproducción de la plaga.

4.2.4 Incidencia de enfermedades

El ataque de alternaria (*Alternaria brassicae*) y antracnosis (*Colletotrichum corda*) fue nulo, no se presentaron plantas enfermas, visualmente se encontraban en un buen estado físico y nutricional, de igual manera las condiciones climáticas no favorecen la aparición de los microorganismos fitopatógenos causantes de estas enfermedades.

4.2.5 Días a la cosecha

Luego de realizar el análisis de varianza para la variable días a la cosecha se determinó que no existe interacción entre los factores sistemas de propagación y sustratos ($F= 0.27$; $gl= 442$; $p= 0.7600$). En lo que respecta al factor sustratos existen diferencias significativas ($F= 19.83$; $gl= 442$; $p= <0.0001$). De manera similar existen diferencias significativas para el factor sistemas de propagación, independientemente de los sustratos ($F= 14.11$; $gl= 442$; $p= 0.0002$) (Tabla 23).

Tabla 23

ADEVA para la variable días a la cosecha

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Propagación	1	442	14.11	0.0002
Sustratos	2	442	19.83	<0.0001
Propagación: Sustratos	2	442	0.27	0.7600

En la Figura 27 se puede apreciar los días transcurridos desde que se realizó el trasplante hasta el momento de la cosecha de las pellas, donde se puede observar que el sustrato cascarilla de arroz presentó un ciclo de producción más extenso con una media de 79.97 días que se refleja en el rango A, mientras que la turba y fibra de coco se encontraron en el rango B con un ciclo de producción más corto, con medias de 77.56 y 76.65 días respectivamente.

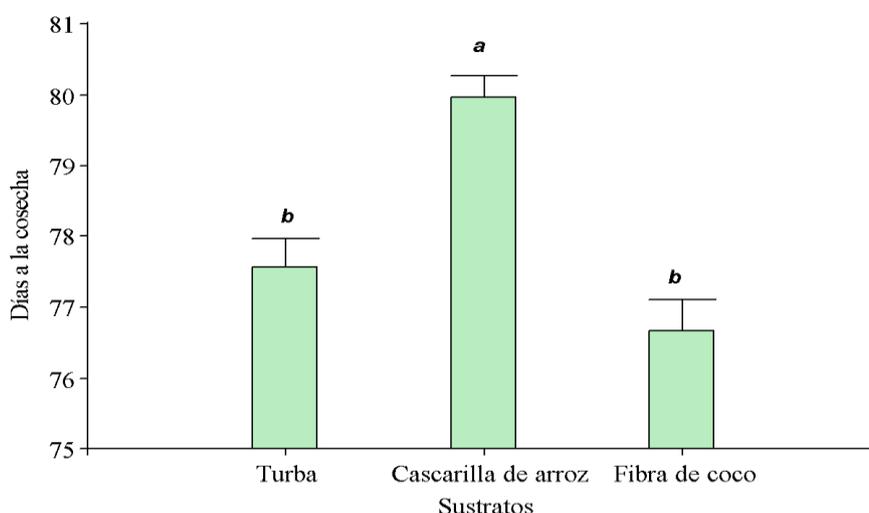


Figura 27. Días a la cosecha utilizando tres sustratos

La Figura 28 para días a la cosecha, permite observar que el sistema de propagación por bandeja presentó mayor número de días la cosecha (78.90), mientras que en el sistema por bloques la cosecha fue a los 77.23 días, existiendo una diferencia de 1 día entre tratamientos, que corresponde al 2 %.

Nicolalde y Quintana (2010) presentaron el mayor porcentaje de cosecha a los 83 días después del trasplante con la utilización de bacterias fijadoras de nitrógeno,

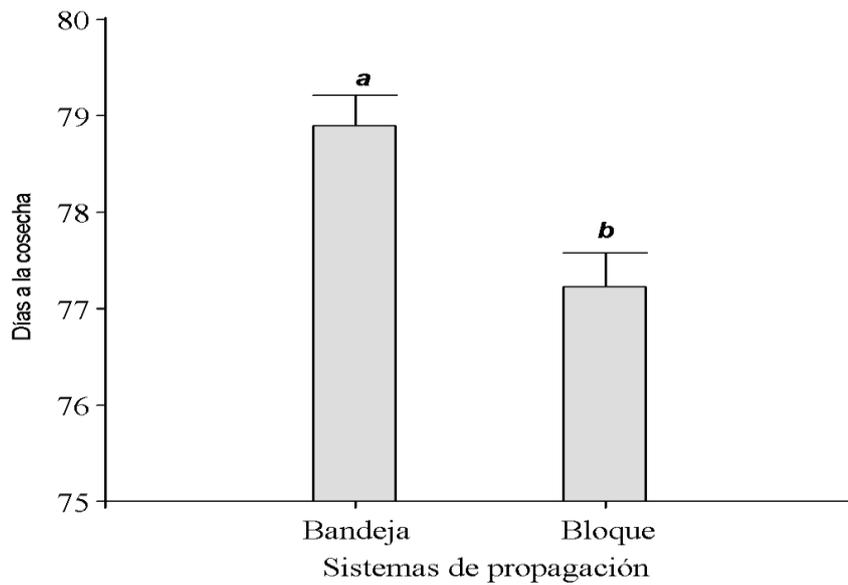


Figura 28. Días a la cosecha con dos sistemas de propagación

De acuerdo con Sánchez, Moreno, Contreras y Gonzáles (2006) estos resultados pueden deberse a que el uso de contenedores con menor volumen de sustrato influye en el volumen de crecimiento de raíces y prolonga el ciclo de crecimiento y desarrollo reproductivo de las plantas.

El número de días a la cosecha en este estudio fue menor a la de otros estudios, ya que presentó una media de 79 días, mientras que, Cifuentes (2014) realizó la cosecha a los 88 días y con la aplicación de un fertilizante nitrogenado extra redujo hasta los 81 días.

4.2.6 Diámetro de la pella

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que no existe interacción entre los factores sistemas de propagación y sustratos ($F= 1.30$; $gl= 442$; $p= 0.2743$). En lo que respecta al factor sustratos existen diferencias significativas ($F= 36.03$; $gl= 442$ $p<0.0001$), de manera similar, hay diferencias estadísticas significativas para el factor sistemas de propagación, independientemente de los sustratos ($F= 9.61$; $gl= 442$; $p= 0.0021$) (Tabla 24).

Tabla 24

ADEVA para la variable diámetro de pella

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Propagación	1	442	9.61	0.0021
Sustratos	2	442	36.03	<0.0001
Propagación: Sustratos	2	442	1.30	0.2743

Mediante la prueba de Fisher al 5% para el diámetro de la pella, en relación con los sustratos utilizados, mostró dos rangos A y B (Anexo 8). El sustrato a base de cascarilla de arroz presentó un diámetro de pella superior con un promedio de 16.55 cm a diferencia de los sustratos de fibra de coco que registraron un diámetro de 14.68 cm y turba con 14.21 cm (Figura 29).

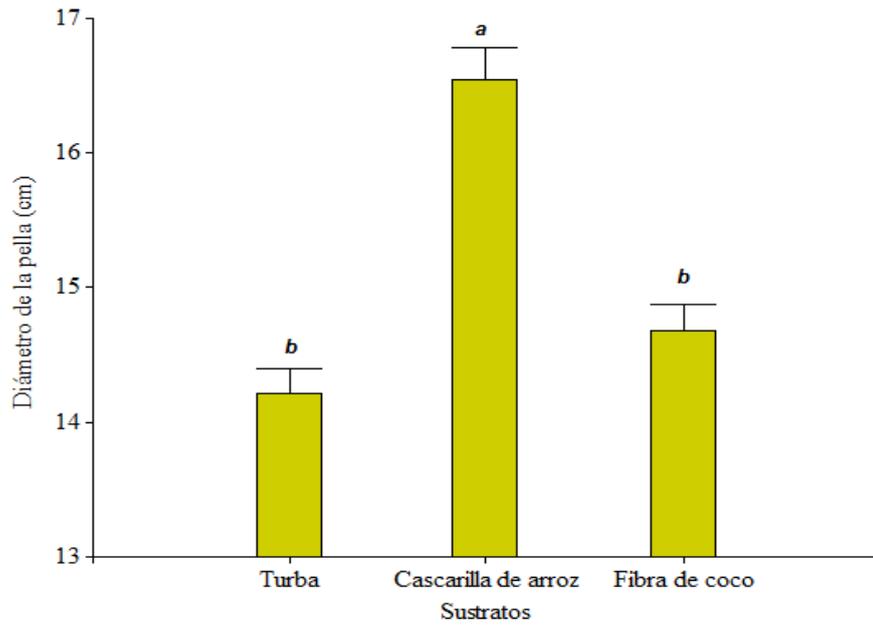


Figura 29. Díámetro de la pella con los distintos sustratos

En la Figura 30 se aprecia que existe diferencia entre los sistemas de propagación, ya que las plántulas provenientes del sistema en bandeja produjeron pellas con diámetro de 15.51 cm en promedio, siendo el sistema en bloques el que promovió un menor diámetro de pella con un promedio de 14.78 cm (Anexo 9).

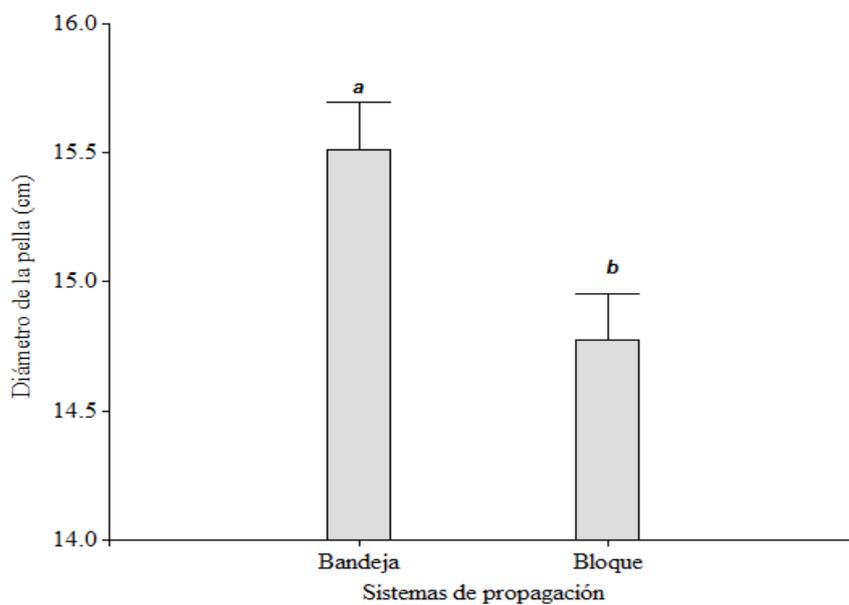


Figura 30. Díámetro de la pella con los sistemas de propagación

Los resultados obtenidos en el sistema de propagación en bloque, presentaron mayor cantidad de raíces secundarias; lo que provocó una mayor precocidad, una formación rápida de la pella

y maduración violenta en campo, por lo tanto, evitó que el diámetro aumente y reduzca el rendimiento en la producción de brócoli.

Al contrario del sistema de propagación en bandeja que tuvo un sistema radicular bien formado, donde la raíz principal se encarga de sostener las plántulas y las raíces secundarias mantenían un normal volumen. Esto produjo que en campo exista una buena formación radicular y con ello una mayor absorción de nutrientes reflejándose así en el rendimiento al obtener pellas con mayor diámetro.

Esto es corroborado por Sánchez et al. (2006), quienes mencionan que la utilización de contenedores pequeños para el crecimiento radicular retrasa la anthesis y maduración, por otra parte, a mayor volumen radicular el ciclo se acorta, pero también presentaron una disminución significativa en cuanto al rendimiento.

4.2.7 Rendimiento

Para la variable peso de la pella se consideró todas las plantas de la parcela neta, una vez realizado el análisis estadístico se determinó que no existe interacción entre los factores sustratos y sistemas de propagación ($F= 0.08$; $GL= 10$; $P= 0.9205$), sin embargo, se presentaron diferencias estadísticas significativas para el factor sustratos ($F= 4.74$; $GL= 10$; $P= 0.0356$) (Tabla 25).

Tabla 25

ADEVA de la variable peso de la pella

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Propagación	1	10	0.24	0.6364
Sustratos	2	10	4.74	0.0356
Propagación: Sustratos	2	10	0.08	0.9205

En la Figura 31, se observa que existen diferencias entre sustratos, siendo las plantas provenientes de la mezcla de cascarilla de arroz las que presentaron un rendimiento de 21.98 tn ha¹ que supera con un 18.61% al testigo (Anexo 10). En la evaluación presentada por Muñoz (2012) presentó rendimientos de 22 Tn.ha⁻¹, datos que se ven influidos por las condiciones climáticas y del manejo del cultivo.

Este resultado, según menciona Urrestarazu, Nájera y Gallegos (2016), es debido al contenido de silicio que presenta la cascarilla de arroz, ya que es un elemento que ayuda a la absorción de nutrientes en el suelo, incrementa la resistencia contra enfermedades, patógenos, estrés hídrico y salinidad, por lo que mejora la calidad y eficiencia de los cultivos motivo por el cual, promueve el crecimiento y desarrollo en el cultivo (Castellanos-González, Prado y Silva-Campos, 2015).

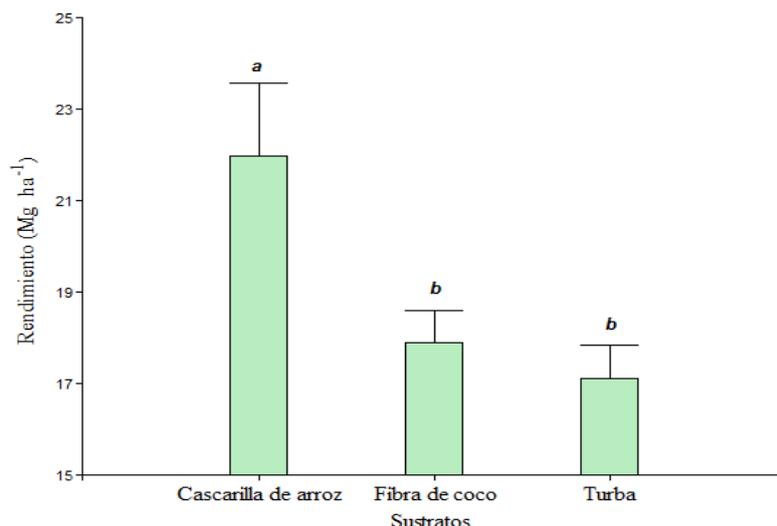


Figura 31. Rendimiento de brócoli en toneladas por hectárea con la utilización de distintos sustratos

Estos resultados fueron más bajos que los obtenidos por Cerón (2018) en donde trasplantó plántulas de brócoli con un sustrato a base de humus (85%) y cascarilla de arroz (15%) que, al implementar una fertilización diferente con base en harina de sangre, alcanzó un rendimiento promedio de 36.57 Tn.ha⁻¹; este rendimiento se debe a las condiciones climáticas presentes en su estudio, pertenecen a un piso altitudinal más alto lo que proporciona un ambiente que favoreció el rendimiento del cultivo.

En otro estudio realizado por Zamora (2014), evaluó la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos obteniendo rendimientos promedios de 18.09 Tn.ha⁻¹, lo que permitió aumentar el rendimiento en un 9%, este valor fue menor con respecto al rendimiento presentado en esta evaluación, sin embargo, fue mayor con relación al resto de sustratos del ensayo.

4.2.8 Determinación de costos de producción

En la Tabla 26 se puede apreciar el costo por cada tratamiento en estudio. Para la fase de vivero se realizó el análisis para 40 000 plántulas de brócoli, aquí se puede observar que el T6 que corresponde a la mezcla con fibra de coco (\$1968,45) en el block soil maker fue 15% más costoso que el testigo (B:T), puesto a que el volumen de sustrato que este requiere es mayor y el costo de estos insumos es más elevado que el resto, por otra parte, el T2 (B:CA) es el tratamiento que presenta el menor costo con un valor de \$1537.39.

Por otra parte, el costo de producción para plántulas, en este ensayo fue menor al presentado por Ordóñez (2017) quien obtuvo un costo total de USD 2 400, al implementar varios sustratos en la elaboración de plántulas de brócoli.

Tabla 26*Costos de producción por tratamiento en la fase de vivero*

CONCEPTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6
A. COSTOS DIRECTOS						
1. Preparación de bandejas						
Preparación del sustrato	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Llenado de bandejas	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
2. Mano de obra						
Siembra	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Riego	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Aplicación fitosanitaria	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
3. Insumos						
Semilla	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00
Oxicloruro de cobre	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Abonos foliares	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Biol	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00
Sustrato	307,20	22,50	192,00	652,80	50,00	408,00
Pomina		84,22	84,22		179,67	179,67
Humus		180,50	95,00		380,00	190,00
SUBTOTAL A	1322,70	1302,72	1386,72	1668,30	1625,17	1793,17
B. COSTOS INDIRECTOS						
Depreciación	154,12	154,12	154,12	81,54	81,54	81,54
SUBTOTAL B	154,12	154,12	154,12	81,54	81,54	81,54
Imprevistos (5%)	81,55	80,55	77,04	87,49	85,34	93,74
C. TOTAL COSTOS A+B	1558,37	1537,39	1617,88	1837,33	1792,05	1968,45

En la fase de campo se proyecta a una producción de 40 000 plantas por hectárea, el insumo que varía en los precios es el costo de adquisición de las plántulas, provenientes de la fase de vivero, es así que nuevamente el T6 (SM: FC) resulta ser el tratamiento más costoso del estudio. La sumatoria de los costos por fase brinda el costo total del estudio, en donde el T2 (B: CA) fue el tratamiento que más optimizó los costos ya que reflejó un 0.72% más económico que el tratamiento testigo (B: T) y presentó valores de \$ 5 271.39.

Por otra parte, Ceron (2018) obtuvo un costo menor al presentado en esta investigación con Costos de USD 4 991.19, sin embargo, Tencio (2013) presentó costos de USD 5 440, lo que implica que los costos de producción varían con respecto los insumos utilizados, los materiales empleados y la técnica para optimizar los recursos.

Tabla 27
Costos de producción por tratamiento en la fase de campo

CONCEPTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6
A. COSTOS DIRECTOS						
1. Preparación del suelo						
Arada y cruza	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Surcado	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
2. Mano de obra						
Trasplante	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
Fertilización	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Aplicación fitosanitaria	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00
Deshierbe	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Cosecha	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
3. Insumos						
Plántulas	1558,37	1537,39	1617,88	1837,33	1792,05	1968,45
Úrea	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Nitrato de calcio	21,12	21,12	21,12	21,12	21,12	21,12
Muriato de potasio	64,20	64,20	64,20	64,20	64,20	64,20
Sulpomag	47,56	47,56	47,56	47,56	47,56	47,56
10-30-10	31,14	31,14	31,14	31,14	31,14	31,14
Foliar	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Cipermetrina	13,70	13,70	13,70	13,70	13,70	13,70
Biol	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
SUBTOTAL A	3160,59	3139,61	3220,10	3439,55	3394,27	3570,67
B. COSTOS INDIRECTOS						
Análisis de suelo	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00
Arriendo terreno	249,99	249,99	249,99	249,99	249,99	249,99
Depreciación	96,25	96,25	96,25	96,25	96,25	96,25
SUBTOTAL B	409,24	409,24	409,24	409,24	409,24	409,24
Imprevistos (5%)	181,20	185,15	181,47	192,44	190,18	199,00
C. TOTAL COSTOS A+B	3751,03	3734,00	3810,81	4041,23	3993,69	4178,91

Como se puede apreciar en la Tabla 27 el costo de la adquisición de plántulas corresponde a un 41% del costo total en la fase de campo, por lo que, la elaboración de un almacigo propio puede, a largo plazo, disminuir los costos y generar mayores ingresos para los agricultores, quienes tendrán a la vez, conocimiento de la procedencia de las plántulas

A continuación, en la Tabla 28 se puede observar de manera resumida los costos por cada una de las fases del ensayo por cada tratamiento presentado.

Tabla 28*Resumen de los costos de producción por tratamiento del experimento*

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Costos fase de vivero (\$)	1558.37	1537.39	1617.88	1837.33	1792.05	1968.45
Costos fase de campo (\$)	3751.03	3734.00	3810.81	4041.23	3993.69	4178.91
Costo total (\$)	5309.40	5271.39	5428.69	5878.56	5785.74	6147.36

4.2.9 Relación beneficio-costo

En esta variable se calculó la venta por kilogramo de brócoli, cuyo precio fue de 0.51 USD., costo promedio de los últimos seis meses establecido por el Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA, 2019), se mermó 303.4 kg en el rendimiento de cada tratamiento para ajustar la diferencia del costo en la categorización de pellas cosechadas.

Tabla 29*Relación beneficio/costo*

CONCEPTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6
RENDIMIENTO EN KG	17000,00	22428,56	17693,53	16623,40	20956,46	17510,48
PRECIO POR KG	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
INGRESO	8670,00	11438,56	9023,70	8477,93	10687,79	8930,34
COSTO	5309,40	5271,39	5428,69	5878,56	5785,73	6147,35
B/C	1,63	2,17	1,66	1,44	1,85	1,45

Los resultados presentes en la Tabla 29, muestran que los seis tratamientos generaron réditos económicos, debido a que la relación beneficio/costo fue superior a uno (1.0) dándose a entender que por cada dólar invertido, este se recupera y genera ganancias (Luna, 2017) en este estudio el T2 correspondiente al tratamiento en el que se utilizó bandejas plásticas con la mezcla de sustrato a base de cascarilla de arroz, se mostró como el más rentable con un valor de 2.17, aquí se presentó una ganancia de \$1.17, debido a que el costo de los insumos necesarios en este tratamiento fueron menores y su rendimiento fue 18.61% superior al del testigo (B:T).

Seguido al T2 se encuentra al T5 que también presenta cascarilla de arroz en bloques, el cual mostró una relación de 1.85, es decir, que hay una ganancia de 0.85 USD., por cada dólar invertido. En cuanto que el T1 y T3 presentaron una relación igual en donde se muestra una ganancia de 0.66 USD., por último, el T4 y T6 presentaron una ganancia de 0.45 USD., siendo estos los tratamientos de menor ganancia.

Estos resultados dan a conocer que el uso de sustrato con cascarilla de arroz junto con el sistema de propagación con bandejas plásticas, permite obtener una ganancia de \$1.17 lo cual fue superior al resto de tratamientos. Por el contrario, a lo obtenido en esta investigación Luna (2017) determinó en cambio que con el uso del sustrato turba en conjunto con limo, humus y arcilla se obtuvo una relación B/C de \$3.63 y ganancia de 2.63 por cada unidad monetaria invertida.

Esta relación se ve afectada por el factor que se evaluado, es así que, Cifuentes (2014) con la utilización de un fertilizante altamente eficiente, proporcionó un rendimiento muy alto, el mismo que influenció una relación B/C muy favorable en la que se recupera el dólar invertido y además se gana 3.25 USD.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La baja densidad, buena retención de humedad y porosidad en la turba y en la mezcla de sustrato a base de fibra de coco con el sistema de propagación en bloques permitió obtener plántulas con 10% mayor longitud, con un volumen radicular 44% más abundante, vigorosas, además de un almacigo homogéneo, indicadores que dan a conocer una alta calidad de plántulas.
- El rendimiento del cultivo de brócoli, según los sistemas de propagación no presentaron diferencias significativas, sin embargo, al analizar los sustratos se obtuvo que la mezcla de cascarilla de arroz más humus y pomina presentó un rendimiento de 21.98 Tn.ha¹ que fue superior en un 18.61% con respecto al testigo turba. Ante esto, se rechaza la hipótesis alternativa, pero las relevancias de los sustratos están relacionadas con la productividad.
- Luego de realizar el análisis económico, se determinó que la mezcla de cascarilla de arroz en bandeja fue el tratamiento con mayor rentabilidad desde el punto de vista económico, que alcanza la mayor relación B/C de 2.17 con un beneficio de 1.17 USD, por cada dólar invertido

5.2 Recomendaciones

- Realizar un análisis fisicoquímico de los ingredientes del sustrato, previa a su mezcla para determinar proporciones idóneas de cada uno de los ingredientes en función de alcanzar valores óptimos en porosidad y densidad del sustrato elaborado.
- Reducir el número de días al trasplante de las plántulas que se desarrollan en el soil block maker, para evitar el rompimiento de las raíces al momento de su extracción y su traslado al campo.
- Para futuras investigaciones se recomienda evaluar el comportamiento de las plántulas de brócoli con cascarilla de arroz molida y en una proporción mayor en relación a otros ingredientes, para formar una mezcla de sustrato en condiciones favorables de porosidad y densidad.
- Realizar una evaluación del sistema de propagación convencional en bandejas y con la utilización del soil block maker en otras especies de hortalizas, en función de investigar proporciones de ingredientes alternativos para la estructuración de sustratos que garanticen una buena calidad de plántulas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M., Noguera, P., y Burés, S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technology*, 77, 197-200.
- Abad, M., y Noguera, P. (2000). Los sustratos en los cultivos sin suelo. En M. Urrestarazu (Ed.), *Manual del Cultivo sin Suelo* (pp. 137-184). Almería, España: Grupo Mundi Prensa.
- Abanto-Rodríguez, C., García-Soria, D., Guerra-Árevalo, W., Murga- Orrillo, H., Saldaña-Ríos, G., Vázquez-Reátegui, D., y Tadashi-Sakazaki, R. (2016). Sustratos orgánicos en la producción de plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.). *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 341-347.
- Aburto, F. (2007). *Evaluación de sustratos obtenidos a partir de la mezcla de un residuo orgánico bioprocesado con materiales comunes para la propagación de Palto* (Tesis de pregrado.). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Acosta-Durán, C., Acosta-Peñaloza D., Cazárez Prado M., y Martínez Villegas, Y. (2004). Retención de humedad de materiales para la preparación de sustratos en la producción de plantas en contenedor. *Investigación agropecuaria*, 1(1), 18-22.
- Aguilar, P., Arguello, O., Saldarriaga, A., Forero, C., Jaramillo, J., Valencia, C., Martínez, A., y Franco, G. (2016). *Modelo tecnológico para el cultivo de brócoli en el departamento de Antioquia Brassica oleracea L. var Itálica*. Antioquía, Colombia: Corpoica.
- Agrowin. (2011). Manual costos de producción. Obtenido de Capítulo 3: Clasificación de costos: <http://www.agrowin.com/documentos/manual-costos-de-produccion/MANUAL-COSTOS-AGROWIN-CAP1-2y3.pdf>
- Alvarado, A., Blanco, A., y Taquechel, A. (2008, marzo). Fibra de coco. Una alternativa ecológica como sustrato agrícola. *Agricultura orgánica*. Recuperado de www.actaf.co.cu/revistas/revista_ao_95-2010/Rev%202008-3/19-Coco.pdf
- Alvarado, A., y Huiracocha, M. (2014). *Impacto en los costos de exportación por la renuncia de Ecuador a la ley de promoción comercial andina y erradicación de drogas (ATPDEA) con los Estados Unidos de América* (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Alvarado, M., y Solano, J. (2002). *Producción de sustratos para viveros*. Recuperado de <http://www.cropprotection.es/documentos/Compostaje/Sustratos-para-Viveros.pdf>
- Araméndiz-Tatis, H., Cardona-Ayala, C., y Correa-Álvarez, E. (2013). Efecto de diferentes sustratos en la calidad de plántulas de berenjena (*Solanum mlongena* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(1), 55-61.

- Arévalo, M., Oberpaur, C., y Méndez, C. (2016). Inclusión de musgo (*Sphagnum magellanicum* Brid.) y fibra de coco como componentes orgánicos del sustrato para almácigos de kiwi (*Actinidia deliciosa*). *IDIESA (Chile)*, 34(2), 47-55.
- Ayme, J. (2016). *Evaluación de la eficacia del fertilizante orgánico cistefol en el rendimiento del cultivo de Brassica oleracea L., var. Avenger (brócoli)* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Bracho, J., Pierre, F., y Quiroz, A. (2009). Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado Lara, Venezuela. *Bioagro*, 21(2), 117-124.
- Briones, K., Pastrano, E., y Armijos, V. (2016). *Relación beneficio-costos por tratamiento en la producción orgánica de hortalizas (Cilantro, Lechuga, Cebolla roja, Cebolla de rama) en el cantón Santo Domingo de los Colorados* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
- Burés, S. (2002). Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas. *Extra*. Recuperado de <http://www.horticom.com/pd/imagenes/51/742/51742.pdf>
- Campas-Baypoli, O., Bueno-Solano, C., Martínez-Ibarra, D., Camacho-Gil, F., Villa-Lerma, Alma., Rodríguez-Núñez, J., López-Cervantes, J. y Sánchez-Machado, D. (2009). Contenido de sulforafano (1-isotiocianato-4-(metilsulfinil)-butano) en vegetales crucíferos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(1), 95-100.
- Candelaria, M., Navarro, M., Velázquez, C., y Velázquez, J. (2013, 17 de diciembre). Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana. *Estudios agrarios*. Recuperado de http://www.pa.gob.mx/publica/rev_53-54/analisis/elaboraci%C3%B3n_abono.pdf
- Castellanos González, L., Prado, R., y Silva Campos, C. (2015). El silicio en la resistencia de los cultivos a las plagas agrícolas. *Cultivos tropicales*, 36, 16-24.
- Cerón, V. (2018). Evaluación del efecto de harina de sangre como fertilizante complementario en el cultivo de brócoli (*brassica oleracea* var. avenger), en la parroquia Fernández salvador, cantón Montúfar, provincia del Carchi (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Chango, L. (2012). *Control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (Zea mays L.)* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Cifuentes, A. (2014). *Evaluación de tres niveles de ferthigue en el rendimiento del cultivo orgánico de brócoli* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Coello, G. (2005). *Evaluación de cuatro productos orgánicos en el combate de plagas y enfermedades para la producción de brócoli (Brassica oleracea Vr. Itálica) en Yaruquí* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica del ejército, Sangolquí, Ecuador.

- Corea, G., y Miranda, E. (2007). *Evaluación de dos variedades de brócoli (Pirata y Green F. sprouting calabrense) y tres dosis de fertilización (18-46-0) en la Comarca Mombachito, Camoapa, Boaco* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Boaco, Nicaragua.
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarín-Montoya R., Robles-Bermúdez, A., y Juárez-López, P. (2013). Sustratos en la horticultura. *Revista Bio Ciencias*, 2(2), 17-26.
- De Grazia, J., Tiftonell, P., y Chiesa, A. (2006). Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). *Ciencia e Investigación Agraria*, 34(3), 195-204.
- Dias, J. (2012). Nutritional quality and health benefits of vegetables: A review. *Food and nutrition Sciences*, 3, 1354 - 1374. Doi: dx.doi.org/10.4236/fns.2012.310179
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1), 74-85.
- Durán, L., y Henríquez, C. (2007). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costaricense*, 31(1), 41-51.
- Escobar, H., y Lee, R. (Ed.). Manual de producción de tomate bajo invernadero. Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Esquivel, J., y Tello, T. (2009). *Evaluación de fosfito potásico, biolmax y un extracto vegetal estandarizado para el control de áfidos (Brevicoryne brassicae) en el cultivo de brocoli (Brassica oleracea var. Itálica) en flores Santa Mónica Ñanta-Aláquez-Cotopaxi* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- Favaro, J., Buyatti, M., y Acosta, M. (2002). Evaluación de sustratos a base de serrín de Salicáceas (*Salix* sp.) compostados para la producción de plantones. *Investigación agraria*, 17(3), 367-374.
- Flores, L., y Alcalá, J. (2010). *Laboratorio de Física de suelos, manual de procedimientos analíticos*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Gárate, M., y Blanco, J. (2013). Importancia de la caracterización de la biomasa de raíces en la
- García, C., Alcántar G. Cabrera, R. Gavi R., y Volke, H. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra Latinoamericana*, 19(3), 249-258.
- Gayosso, S., Borgues, L., Villanueva, E., Estrada, M., y Garruña, R. (2016). Sustratos para producción de flores. *Agrociencia*, 50, 617-631.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Antonio Ante. (2019). *Cantones de Antonio Ante*. Obtenido de San José de Chaltura: <https://www.antonioante.gob.ec/AntonioAnte>.
- Guerrero, E., Revelo, J., Benavides, O., Chaves, G., y Moncayo, C. (2014). Evaluación de sustratos en un cultivo de lechuga bajo un sistema hidropónico en el municipio de pasto. *Revista de ciencias agrícolas*, 31(3), 3-16.

- Gutiérrez, Y. (2016). *Elaboración de un dip vegetal a partir de sub-productos de brócoli (Brassica oleracea var. Italica) y zanahoria (Daucus carota), como alternativa para el consumo* (tesis de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- González, J., González, G., y Chávez, E. (2012). Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3(1), 21-32.
- González, R., González, G., Acevedo, I., González, M., y Contreras, J. (2014). Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annum* L.) con sustrato a base de cachaza compostada. *Rev. Fac. Agron*, 1, 182-190.
- Hernández, E. (2013). *El cultivo de brócoli (Brassica oleraceae itálica) para la Exportación en el Norte del Estado de Guanajuato* (tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Hossne, G., y Américo, J. (2008). La densidad aparente y sus complicaciones agrícolas en el proceso de expansión /contracción del suelo. *Terra latinoamericana*, 26(3), 195-202.
- Ilbay, L. (2012). *Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica)* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Institute for Zero Waste in Africa. (2009). *Soil blocks a zero waste option in seedling production*. Sudáfrica.: Global Alliance for Incinerator Alternatives. Recuperado de: <https://izwa.org.za/02SoilblockBooklet.pdf>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de hortalizas. Medidas para la temporada invernal*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/bb883b42-80da-4ae5-851f-4db05edf581b/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-hortalizas.aspx>
- Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones (PROEcuador). (2017). Análisis sectorial: Brócoli 2017.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2015). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2014). Anuario Meteorológico. Quito –Ecuador.
- Jaramillo, N., y Díaz, D. (Ed). (2006). *El cultivo de las crucíferas*. Antioquía, Colombia: Editorial Litomadrid.
- Jiménez, J., y Benedicto, M. (2010). Contabilidad y finanzas. Análisis económico financiero. Recuperado de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:67125/componente67150.pdf
- Ley orgánica de la Soberanía Alimentaria (T.3241–SGJ–09–1202). *Registro Oficial Suplemento*, 583.

- Lietti, M., Trumper, E., Fernández, C., Reyes, V., Leoncelli, G., y Vignaroli, L. (2014). Plan de muestreo secuencial para larvas de la polilla de las coles, *Plutella xylostella* (L.), en Colza. I simposio latinoamericano de Canola. Passo Fundo, Brasil.
- Linzmayr. (2004). *Respuesta de tres cultivares de brócoli (Brassica oleracea var. Itálica L.) a diferentes fechas de almácigo y trasplante en Valdivia* (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- López-Baltazar, J., Méndez-Matías, A., Pliego-Marín, L., Aragón-Robles, E., y Robles-Martínez, M. (2013). Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile ‘onza’ (*Capsicum annuum*) en invernadero. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*, (6), 1139-1150.
- López, G., Pérez, J., Ruiz, J., y Masaguer, A. (2017). Caracterización física e hidrofísica de sustratos orgánicos sostenibles para sistemas de naturación en espacios urbanos. *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(1), 33-40.
- López, I., Plascencia, A., Martínez, L., y González, M. (2009). Monitoreo poblacional de *Bradysia* (Winnertz) como una herramienta para su control, en Morelia, Michoacán México. En F. González (Presidencia), llevado a cabo en el XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Oaxaca, México
- Luna, E. (2017). *Evaluación de dos variedades de brócoli (Brassica oleracea) bajo tres densidades de plantación en ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota-Cota* (tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Martínez, P., y Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. En V., Flórez (Ed). *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo*. (pp. 37-77). Bogotá, Colombia: Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Masanguer, A., y López-Cuadrado, M. (2006). Sustratos para viveros. *Extra*. Recuperado de http://www.horticom.com/revistasonline/revistas/viveros06/m_cruz_a_masaguer.pdf
- Medina, C., Martínez, E., Lobo, M., y Vargas, M. (2008). Distribución de la materia seca durante la ontogenia del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) a plena exposición solar en el bosque húmedo montano bajo del oriente antioqueño, Colombia. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 61(1), 4256-4268.
- Medina, S. (2012). *Control alternativo de áfidos (Brevicoryne brassicae) en brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica) híbrido Avenger* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Cevallos, Ecuador.
- Medrano, A., y Ortuño, N. (2007). Control del *Damping off* mediante la aplicación de bioinsumos en almácigos de cebolla en el Valle Alto de Cochabamba – Bolivia. *Acta Nova*, 3(4), 660 – 679.
- Meza, C. (2011). *Crecimiento y extracción de nutrientes en plántulas de tomate y pimentón bajo diferentes soluciones nutritivas, sustratos y épocas de siembra* (Trabajo de Posgrado). Universidad de California, Los Ángeles.

- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2013). *Boletín situacional Brócoli*. Quito - Ecuador.
- Monge, A. (2007). *Evaluación del crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate (Lycopersicon esculentum) Mill y chile dulce (Capsicum annum) Linn, mediante la utilización de seis sustratos y tres métodos de fertilización en el cantón de San Carlos, Costa Rica* (tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica sede regional San Carlos. Costa Rica.
- Muñoz, E. (2012). Evaluación de la aclimatación y rendimiento de 20 cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* L. Var Itálica.), a campo abierto, en Macají, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Muñoz, Z. (2007). *Comparación del sustrato fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de Eucalyptus globulus (Labill)* (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- Nicolade, A., y Quintana, D. (2010). *Utilización de bacterias fijadoras de nitrógeno (Azotobacter) y solubilizadoras de fosfora en el cultivo de brócoli (Brassica oleraceae var. Legacy) en Otavalo* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador
- 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* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura en el mundo. (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo. Roma.; FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/005/s8630s/s8630s00.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *Ayuda humanitaria de asistencia y recuperación para comunidades afectadas por la sequía en el Chaco*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-as972s.pdf>
- Ortega-Martínez, L., Sánchez-Olarte, J., Díaz-Ruiz, R., y Ocampo-Mendoza, J. (2010). Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* MILL). *Ra Ximhai*, 6(3), 365-372.
- Ortega-Martínez, L., Sánchez-Olarte, J., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, E., Salcido-Ramos, B., y Manzo-Ramos, F. (2010). Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai*, 6(3), 339-346.
- Peil, R., y Galvez, J. (2005). Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *R. bras. Agrociência*, 11(1), 05-11.

- Pérez, W. (2014). *Métodos de almacigo en cultivos hortícolas como alternativa para la reducción de periodos de producción* (tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Pire, R., y Pereira, A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. *Bioagro*, 15(1), 1-4.
- Prada, A., y Cortés, C. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. *Orinoquia*, 14(1), 155-170.
- Puerta, C., Russián, T., y Ruiz, C. (2012). Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) en sustratos orgánicos a base de mezclas con fibra de coco. *UDO Agrícola*, 12(2), 298-306.
- Ramos, M. (2015). Producción de plantines. *Voces y ecos*. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_vocesyecos_nro30_produccion_de_plantines.pdf
- Reveles-Hernández, M., Huchín-Alarcón, S., Velásquez-Valle, R., Trejo-Calzada, R., y Ruiz-Torres, J. (2010). Producción de plántula de chile en invernadero. Folleto técnico Núm. 41. Campo experimental Valle del Guadiana, CIRNOC-INIFAP, 40p. Recuperado de <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/2682>
- Rodríguez Dimas, N., Cano Ríos, P., Figueroa Viramontes, U., Palomo Gil, A., Favela Chávez, E., Álvarez Reyna, V., Márquez Hernández, C., y Moreno Reséndez, A. (2008). Producción de tomate bajo invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Fitotecnia Mexicana*, 31(3), 265-272.
- Rosas, 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, Jocotán y San Juan Ermita, departamento de Chiquimula, Guatemala, 2016*. (Tesis de grado). Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Rouphael, Y., Colla, G., Battistelli, A., Moscatello, A., Proietti, S., y Rea, E. (2004). Yield, water requirement, nutrient uptake and fruit quality of zucchini squash grown in soil and closed soilless culture. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(3), 423-430.
- Saavedra, C. (2008). *Evaluación de mezclas de residuos orgánicos bioprocesados y otros materiales, para la propagación de arándano* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Salinas, G. (2012). *Los costos de producción y su efecto en la rentabilidad de la planta, fibra de vidrio en Cepolfi Industrial C.A de la ciudad de Ambato* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Sánchez, F., Moreno, E., Contreras, E., y Gonzáles, E. (2006). Reducción del ciclo de crecimiento en pepino europeo, mediante trasplante tardío. *Revista fitotecnia mexicana*, 29(2). 87-90.

- Sango, M. (2013). *Evaluación de cuatro sustratos y dos hormonas de enraizamiento para tres variedades de clavel (Dianthus caryophyllus)*. Latacunga, Cotopaxi (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Sarduy Díaz, M., Díaz Aguila, I., Castellanos González, L., Soto Ortiz, R., y Pérez Rodríguez, Y. (2016). Sustratos y soluciones nutritivas para la obtención de plántulas de pimiento y su influencia en la producción en cultivos protegido. *Centro Agrícola*, 43(4), 42-48.
- Sierra, J. (2009). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia* (tesis de postgrado). Universidad de Sucre, Sincelejo.
- Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). (2019). Quito, Ecuador: Precio referencia del brócoli. Información Agricultor Precios.
- Tadeo, M., Espinoza, A., Valdivia, R., Gómez, N., Sierra, M., y Zamudio, B. (2010). Vigor de las semillas y productividad de variedades de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 31-38.
- Tencio, R. (2013). Estructuras de costos de producción de hortalizas. Recuperado de <http://sites.google.com/site/regioncentraloriental/>
- Tut, M. (2014). *Evaluación de cinco sustratos para la producción en vivero de palo blanco (Tabebuia donnell-smiithii Rose); Santa Catalina la Tinta, Alta Verapaz* (tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- Ulle, J. A. (2009). Evaluación del crecimiento, de plantines de hortalizas de hojas con diferentes edades, en sustratos orgánicos. *Desarrollo y Difusión de Tecnología para la Producción Ecológica* (43), 16-21.
- Urrestarazu, M., Nájera, C., y Gallegos, V. (2016). Efecto del silicio en cultivos hortícolas. *Nuestro campo*, 46, 19-23.
- Vaieretti, M., Diaz, S., Ville, E., y Garnier, E. (2007). Two measurement methods of leaf dry matter content produce similar results in a broad range of species. *Ann. Bot.*, 99(5), 955–958.
- Vargas, J., Alvarado, P., Vega-Baudrit, J., y Porras, M. (2013). Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. *Revista científica*, 23(1), 87-102.
- Vence, L. (2008). Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. *CI. Suelo*, 26(2), 105-114.
- Zamora, E. (2016). *El cultivo de brócoli*. Recuperado de <http://dagus.uson.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>
- Zamora, F. (2014). *Evaluación del efecto a la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica)* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

ANEXOS

Anexo 1. Prueba Fisher para la variable velocidad de emergencia.

Propagación	Sustratos	Medias	E.E.				
Bandeja	turba	20.92	0.61	A			
Soil maker	turba	20.23	0.38	A			
Bandeja	fibra de coco	18.63	0.61		B		
Soil maker	fibra de coco	16.91	0.38			C	
Bandeja	cascarroz	13.48	0.61				D
Soil maker	cascarroz	11.56	0.38				E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 2. Prueba Fisher para la variable porcentaje de mortalidad en vivero

Propagación	sustratos	Medias	E.E.		
Bandeja	cascarilla de arroz	3.23	0.98	A	
Soil maker	fibra de coco	1.21	0.98	A	B
Soil maker	turba	1.15	0.98	A	B
Soil maker	cascarilla de arroz	0.75	0.98	A	B
Bandeja	turba	0.59	0.98	A	B
Bandeja	fibra de coco	0.29	0.98		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 3. Prueba Fisher para la variable longitud de la parte aérea.

ddg	propagación	sustratos	Medias	E.E.			
30	soil maker	turba	16.55	0.44	A		
30	soil maker	ficoco	16.03	0.44	A		
30	bandeja	turba	14.33	0.44		B	
20	soil maker	turba	13.56	0.43		B	
30	bandeja	ficoco	12.37	0.44			C
20	bandeja	turba	12.35	0.43			C
20	soil maker	ficoco	11.58	0.43			CD
20	bandeja	ficoco	10.64	0.43			D
30	bandeja	cascarroz	9.44	0.44			E
30	soil maker	cascarroz	9.40	0.44			E
20	bandeja	cascarroz	6.58	0.43			F
20	soil maker	cascarroz	5.83	0.43			F
10	soil maker	turba	4.98	0.26			G
10	bandeja	turba	4.47	0.26			H
10	soil maker	ficoco	3.93	0.26			I
10	bandeja	ficoco	3.81	0.26			I
10	soil maker	cascarroz	3.01	0.26			J
10	bandeja	cascarroz	2.68	0.26			J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 4. Prueba Fisher para la variable longitud de raíz

ddg	propagacion	sustratos	Medias	E.E.	rango
30	soil maker	turba	12.66	0.50	A
30	bandeja	cascarroz	11.98	0.50	A
30	bandeja	turba	11.93	0.50	A
30	bandeja	ficoco	11.38	0.50	A
30	soil maker	ficoco	9.85	0.50	B
20	bandeja	turba	9.77	0.39	B
30	soil maker	cascarroz	8.26	0.50	C
20	soil maker	turba	8.01	0.39	CD
20	soil maker	ficoco	7.66	0.39	CD
20	soil maker	cascarroz	7.04	0.39	D
20	bandeja	ficoco	7.03	0.39	D
10	soil maker	turba	6.16	0.25	E
20	bandeja	cascarroz	5.57	0.39	EF
10	soil maker	ficoco	4.83	0.25	F
10	bandeja	ficoco	4.12	0.25	G
10	bandeja	cascarroz	4.00	0.25	G
10	soil maker	cascarroz	3.89	0.25	G
10	bandeja	turba	3.84	0.25	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 5. Prueba Fisher para la variable materia seca de la parte aérea.

Propagación	sustratos	ddg	Medias	E.E.	Rango
Soil maker	turba	30	0.18	0.01	A
soil maker	ficoco	30	0.13	0.01	B
bandeja	turba	30	0.10	0.01	C
bandeja	ficoco	30	0.08	0.01	D
bandeja	cascarroz	30	0.04	0.01	E
soil maker	cascarroz	30	0.04	0.01	E
soil maker	turba	20	0.04	0.01	E F
bandeja	turba	20	0.03	0.01	E F G
soil maker	ficoco	20	0.02	0.01	F G H
bandeja	ficoco	20	0.02	0.01	G H
soil maker	turba	10	0.02	0.01	G H
bandeja	turba	10	0.02	0.01	G H
bandeja	ficoco	10	0.01	0.01	H
soil maker	cascarroz	20	0.01	0.01	H
bandeja	cascarroz	20	0.01	0.01	H
soil maker	ficoco	10	0.01	0.01	H
soil maker	cascarroz	10	0.01	0.01	H
bandeja	cascarroz	10	0.01	0.01	H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 6. Prueba Fisher para la variable materia seca raíz

propagación	sustratos	ddg	Medias	E.E.	Rango
soil maker	turba	30	0.11	0.01	A
bandeja	turba	30	0.07	0.01	B
soil maker	ficoco	30	0.04	0.01	C
bandeja	ficoco	30	0.03	0.01	C
bandeja	cascarroz	30	0.02	0.01	C D
soil maker	turba	20	0.02	2.9E-03	C D
bandeja	turba	20	0.02	2.9E-03	C D E
soil maker	cascarroz	30	0.02	0.01	C D E F
soil maker	cascarroz	20	0.01	2.9E-03	D E F
bandeja	ficoco	20	0.01	2.9E-03	D E F
soil maker	ficoco	20	0.01	2.9E-03	D E F
soil maker	turba	10	0.01	9.6E-04	F
bandeja	turba	10	0.01	9.6E-04	F
bandeja	cascarroz	20	0.01	2.9E-03	F
bandeja	ficoco	10	4.1E-03	9.6E-04	F
soil maker	ficoco	10	3.3E-03	9.6E-04	F
soil maker	cascarroz	10	3.2E-03	9.6E-04	F
bandeja	cascarroz	10	3.0E-03	9.6E-04	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 7. Prueba Fisher para la variable mortalidad al trasplante

Sustratos	dd.trasplante	Medias	E.E.	
Cascarilla de arroz	15	13.46	1.96	A
Fibra de coco	15	2.49	1.96	B
Turba	15	2.06	1.96	B
Cascarilla de arroz	10	0.45	1.96	B
Turba	5	0.00	1.96	B
Turba	10	0.00	1.96	B
Fibra de coco	5	0.00	1.96	B
Fibra de coco	10	0.00	1.96	B
Cascarilla de arroz	5	0.00	1.96	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 8. Prueba Fisher para la variable diámetro en cm para los sistemas de propagación

Propagación	Medias	E.E.	
Bandeja	15.51	0.17	A
Bloque	14.78	0.17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 9. Prueba Fisher para la variable diámetro en cm para sustratos

Sustratos	Medias	E.E.	Rango
Cascarilla de arroz	16.55	0.21	A
Fibra de coco	14.68	0.21	B
Turba	14.21	0.21	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 10. Prueba Fisher para la variable peso medido en tn/ha

Sustratos	Medias	E.E.	Rango
Cascarilla de arroz	21.98	1.20	A
Fibra de coco	17.89	1.20	B
Turba	17.10	1.20	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 11. Costos de producción del tratamiento 1-fase de vivero

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación de bandejas				
Preparacion del sustrato	jornal	6	20,00	120,00
llenado de bandejas	jornal	10	20,00	200,00
2. Mano de obra				
Siembra	jornal	20	20,00	400,00
Riego	jornal	1	20,00	20,00
Aplicación fitosanitaria	jornal	4	20,00	80,00
3. Insumos				
	25000			
Semilla	semillas	2	80,00	160,00
Oxicloruro de cobre	funda 500 g	1	5,00	5,00
Abonos foliares	sobre 1 kg	1	3,50	3,50
Biol	frasco 1 lt	9	3,00	27,00
turba	pacas 250 lt	8	38,40	307,20
SUBTOTAL A				1322,70
B. COSTOS INDIRECTOS				
Depreciación				154,12
SUBTOTAL B				154,12
Imprevistos (5%)				81,55
C. TOTAL COSTOS A+B				1558,37

Anexo 12. Costos de producción del tratamiento 2-fase de vivero

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación de bandejas				
Preparacion del sustrato	jornal	6	20,00	120,00
llenado de bandejas	jornal	10	20,00	200,00
2. Mano de obra				
Siembra	jornal	20	20,00	400,00
Riego	jornal	1	20,00	20,00
Aplicación fitosanitaria	jornal	4	20,00	80,00
3. Insumos				
	25000			
Semilla	semillas	2	80,00	160,00
Oxicloruro de cobre	funda 500 g	1	5,00	5,00
Abonos foliares	sobre 1 kg	1	3,50	3,50
Biol	frasco 1 lt	9	3,00	27,00
cascarilla de arroz	bultos 20 kg	2,25	10,00	22,50
pomina	kg	280,73	0,30	84,22
humus	bultos 23 kg	19	9,50	180,50
SUBTOTAL A				1302,72
B. COSTOS INDIRECTOS				
Depreciación				154,12
SUBTOTAL B				154,12
Imprevistos (5%)				80,55
C. TOTAL COSTOS A+B				1537,39

Anexo 13. Costos de producción para el tratamiento 3-fase de vivero

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación de bandejas				
Preparacion del sustrato	jornal	6	20,00	120,00
llenado de bandejas	jornal	10	20,00	200,00
2. Mano de obra				
Siembra	jornal	20	20,00	400,00
Riego	jornal	1	20,00	20,00
Aplicación fitosanitaria	jornal	4	20,00	80,00
3. Insumos				
	25000			
Semilla	semillas funda	2	80,00	160,00
Oxicloruro de cobre	500 g sobre 1	1	5,00	5,00
Abonos foliares	kg	1	3,50	3,50
Biol	frasco 1 lt bloque 5	9	3,00	27,00
fibra de coco	kg	24	8,00	192,00
pomina	kg bultos 23	280,73	0,30	84,22
humus	kg	10	9,50	95,00
SUBTOTAL A				1386,72
B. COSTOS INDIRECTOS				
Depreciación				154,12
SUBTOTAL B				154,12
Imprevistos (5%)				77,04
C. TOTAL COSTOS A+B				1617,88

Anexo 14. Costos de producción para el tratamiento 4-fase de vivero

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación de bandejas				
Preparacion del sustrato	jornal	6	20,00	120,00
llenado del bloque	jornal	10	20,00	200,00
2. Mano de obra				
Siembra	jornal	20	20,00	400,00
Riego	jornal	1	20,00	20,00
Aplicación fitosanitaria	jornal	4	20,00	80,00
3. Insumos				
	25000			
Semilla	semillas	2	80,00	160,00
Oxicloruro de cobre	funda 500 g	1	5,00	5,00
Abonos foliares	sobre 1 kg	1	3,50	3,50
Biol	frasco 1 lt	9	3,00	27,00
turba	pacas 250 lt	17	38,40	652,80
SUBTOTAL A				1668,30
B. COSTOS INDIRECTOS				
Depreciación				81,54
SUBTOTAL B				81,54
Imprevistos (5%)				87,49
C. TOTAL COSTOS A+B				1837,33

Anexo 15. Costos de producción para el tratamiento 5-fase de vivero

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación de bandejas				
Preparación del sustrato	jornal	6	20,00	120,00
llenado del bloque	jornal	10	20,00	200,00
2. Mano de obra				
Siembra	jornal	20	20,00	400,00
Riego	jornal	1	20,00	20,00
Aplicación fitosanitaria	jornal	4	20,00	80,00
3. Insumos				
	25000			
Semilla	semillas funda 500	2	80,00	160,00
Oxicloruro de cobre	g	1	5,00	5,00
Abonos foliares	sobre 1 kg	1	3,50	3,50
Biol	frasco 1 lt bultos 20	9	3,00	27,00
cascarilla de arroz	kg	5	10,00	50,00
pomina	kg bultos 23	598,89	0,30	179,67
humus	kg	40	9,50	380,00
SUBTOTAL A				1625,17
B. COSTOS INDIRECTOS				
Depreciación				81,54
SUBTOTAL B				81,54
Imprevistos (5%)				85,34
C. TOTAL COSTOS A+B				1792,05

Anexo 16. Costos de producción para el tratamiento 6-fase de vivero

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación de bandejas				
Preparación del sustrato	jornal	6	20,00	120,00
llenado del bloque	jornal	10	20,00	200,00
2. Mano de obra				
Siembra	jornal	20	20,00	400,00
Riego	jornal	1	20,00	20,00
Aplicación fitosanitaria	jornal	4	20,00	80,00
3. Insumos				
	25000			
Semilla	semillas funda 500	2	80,00	160,00
Oxicloruro de cobre	g sobre 1	1	5,00	5,00
Abonos foliares	kg	1	3,50	3,50
Biol	frasco 1 lt bloque 5	9	3,00	27,00
fibra de coco	kg	51	8,00	408,00
pomina	kg bultos 23	598,89	0,30	179,67
humus	kg	20	9,50	190,00
SUBTOTAL A				1793,17
B. COSTOS INDIRECTOS				
Depreciación				81,54
SUBTOTAL B				81,54
Imprevistos (5%)				93,74
C. TOTAL COSTOS A+B				1968,45

Anexo 17. Costos de producción para el tratamiento 1-fase campo

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación del suelo				0
Arada y cruza	hora/tractor	2	30	60
Surcado	hora/tractor	2	25	50
2. Mano de obra				
Trasplante	jornal	15	20	300
Fertilización	jornal	10	20	200
Aplicación fitosanitaria	jornal	8	20	160
Deshierbe	jornal	10	20	200
Cosecha	jornal	15	20	300
3. Insumos				
Plántulas	unidades	40000	0,0390	1558,37
Úrea	saco 50 kg	4	22,5	90
Nitrato de calcio	saco 50 kg	1,6	13,2	21,12
Muriato de potasio	saco 50 kg	3	21,4	64,2
Sulpomag	saco 50 kg	1,45	32,8	47,56
10-30-10	saco 50 kg	1,2	25,95	31,14
	frasco 500			
Foliar	ml	1	4,5	4,5
	frasco			
Cipermetrina	1000 ml	1	13,7	13,7
Biol	frasco 1 lt	20	3	60
SUBTOTAL A				3160,59
B. COSTOS INDIRECTOS				
Análisis de suelo	análisis	1	63	63
Arriendo terreno	mes	3	83,33	249,99
depreciacion		1	96,25	96,25
SUBTOTAL B				409,24
Imprevistos (5%)				181,20
C. TOTAL COSTOS A+B				3751,03

Anexo 18. Costos de producción para el tratamiento 2-fase campo

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación del suelo				0
	hora/tracto			
Arada y cruza	r	2	30	60
	hora/tracto			
Surcado	r	2	25	50
2. Mano de obra				
Trasplante	jornal	15	20	300
Fertilización	jornal	10	20	200
Aplicación fitosanitaria	jornal	8	20	160
Deshierbe	jornal	10	20	200
Cosecha	jornal	15	20	300
3. Insumos				
Plántulas	unidades	40000	0,0384	1537,389
Úrea	saco 50 kg	4	22,5	90
Nitrato de calcio	saco 50 kg	1,6	13,2	21,12
Muriato de potasio	saco 50 kg	3	21,4	64,2
Sulpomag	saco 50 kg	1,45	32,8	47,56
10-30-10	saco 50 kg	1,2	25,95	31,14
	frasco 500			
Foliar	ml	1	4,5	4,5
	frasco			
Cipermetrina	1000 ml	1	13,7	13,7
Biol	frasco 1 lt	20	3	60
				3139,609
B. COSTOS INDIRECTOS				
Análisis de suelo	análisis	1	63	63
Arriendo terreno		3	83,33	249,99
depreciacion		1	96,25	96,25
SUBTOTAL B				409,24
Imprevistos (5%)				185,15
C. TOTAL COSTOS A+B				3734,00

Anexo 19. Costos de producción para el tratamiento 3-fase de campo

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación del suelo				0
Arada y cruza	hora/tractor	2	30	60
Surcado	hora/tractor	2	25	50
2. Mano de obra				
Trasplante	jornal	15	20	300
Fertilización	jornal	10	20	200
Aplicación fitosanitaria	jornal	8	20	160
Deshierbe	jornal	10	20	200
Cosecha	jornal	15	20	300
3. Insumos				
Plántulas	unidades	40000	0,0404	1617,879
Úrea	saco 50 kg	4	22,5	90
Nitrato de calcio	saco 50 kg	1,6	13,2	21,12
Muriato de potasio	saco 50 kg	3	21,4	64,2
Sulpomag	saco 50 kg	1,45	32,8	47,56
10-30-10	saco 50 kg	1,2	25,95	31,14
	frasco 500			
Foliar	ml	1	4,5	4,5
	frasco 1000			
Cipermetrina	ml	1	13,7	13,7
Biol	frasco 1 lt	20	3	60
				3220,099
B. COSTOS INDIRECTOS				
Análisis de suelo	análisis	1	63	63
Arriendo terreno		3	83,33	249,99
depreciacion		1	96,25	96,25
SUBTOTAL B				409,24
Imprevistos (5%)				181,47
C. TOTAL COSTOS A+B				3810,81

Anexo 20. Costos de producción para el tratamiento 4-fase de campo

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación del suelo				0
Arada y cruza	hora/tracto			
	r	2	30	60
Surcado	hora/tracto			
	r	2	25	50
2. Mano de obra				
Trasplante	jornal	15	20	300
Fertilización	jornal	10	20	200
Aplicación fitosanitaria	jornal	8	20	160
Deshierbe	jornal	10	20	200
Cosecha	jornal	15	20	300
3. Insumos				
Plántulas	unidades	40000	0,0459	1837,33
Úrea	saco 50 kg	4	22,5	90
Nitrato de calcio	saco 50 kg	1,6	13,2	21,12
Muriato de potasio	saco 50 kg	3	21,4	64,2
Sulpomag	saco 50 kg	1,45	32,8	47,56
10-30-10	saco 50 kg	1,2	25,95	31,14
Foliar	frasco 500 ml			
	ml	1	4,5	4,5
Cipermetrina	frasco 1000 ml			
	1000 ml	1	13,7	13,7
Biol	frasco 1 lt			
	1 lt	20	3	60
				3439,55
B. COSTOS INDIRECTOS				
Análisis de suelo	análisis	1	63	63
Arriendo terreno		3	83,33	249,99
depreciacion		1	96,25	96,25
SUBTOTAL B				409,24
Imprevistos (5%)				192,44
C. TOTAL COSTOS A+B				4041,23

Anexo 21. Costos de producción para el tratamiento 5-fase de campo

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación del suelo				0
Arada y cruza	hora/tractor	2	30	60
Surcado	hora/tractor	2	25	50
2. Mano de obra				
Trasplante	jornal	15	20	300
Fertilización	jornal	10	20	200
Aplicación fitosanitaria	jornal	8	20	160
Deshierbe	jornal	10	20	200
Cosecha	jornal	15	20	300
3. Insumos				
Plántulas	unidades	40000	0,0448	1792,047
Úrea	saco 50 kg	4	22,5	90
Nitrato de calcio	saco 50 kg	1,6	13,2	21,12
Muriato de potasio	saco 50 kg	3	21,4	64,2
Sulpomag	saco 50 kg	1,45	32,8	47,56
10-30-10	saco 50 kg	1,2	25,95	31,14
	frasco 500			
Foliar	ml	1	4,5	4,5
	frasco			
Cipermetrina	1000 ml	1	13,7	13,7
Biol	frasco 1 lt	20	3	60
				3394,267
B. COSTOS INDIRECTOS				
Análisis de suelo	análisis	1	63	63
Arriendo terreno		3	83,33	249,99
depreciación		1	96,25	96,25
SUBTOTAL B				409,24
Imprevistos (5%)				190,18
C. TOTAL COSTOS A+B				3993,69

Anexo 22. Costos de producción para el tratamiento 6-fase de campo

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación del suelo				
Arada y cruza	hora/tractor	2	30	60
Surcado	hora/tractor	2	25	50
2. Mano de obra				
Trasplante	jornal	15	20	300
Fertilización	jornal	10	20	200
Aplicación fitosanitaria	jornal	8	20	160
Deshierbe	jornal	10	20	200
Cosecha	jornal	15	20	300
3. Insumos				
Plántulas	unidades	40000	0,0492	1968,447
Úrea	saco 50 kg	4	22,5	90
Nitrato de calcio	saco 50 kg	1,6	13,2	21,12
Muriato de potasio	saco 50 kg	3	21,4	64,2
Sulpomag	saco 50 kg	1,45	32,8	47,56
10-30-10	saco 50 kg	1,2	25,95	31,14
	frasco 500			
Foliar	ml	1	4,5	4,5
	frasco			
Cipermetrina	1000 ml	1	13,7	13,7
Biol	frasco 1 lt	20	3	60
				3570,667
B. COSTOS INDIRECTOS				
Análisis de suelo	análisis	1	63	63
Arriendo terreno		3	83,33	249,99
depreciacion		1	96,25	96,25
SUBTOTAL B				409,24
Imprevistos (5%)				199,00
C. TOTAL COSTOS A+B				4178,91