

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



CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

**“EVALUACIÓN DE DISTINTAS FÓRMULAS DE SUSTRATOS
ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS
DECOL DE BRUSELAS (*Brassica oleracea var. gemmifera*) EN LA
PARROQUIA IZAMBA”**

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

WILLIAM JAVIER TELENCHANA TELENCHANA

ING. AGR. MG. SEGUNDO CURAY Q.

AMBATO - ECUADOR

2017

El suscrito WILLIAM JAVIER TELENCHANA TELENCHANA, portador de cédula de identidad número: 1804963641, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “EVALUACIÓN DE DISTINTAS FÓRMULAS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE COL DE BRUSELAS (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) EN LA PARROQUIA IZAMBA”, es original, auténtica y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

WILLIAM JAVIER TELENCHANA T.

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: “EVALUACIÓN DE DISTINTAS FÓRMULAS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE COL DE BRUSELAS (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) EN LA PARROQUIA IZAMBA”, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

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

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

WILLIAM JAVIER TELENCHANA T.

Fecha:

**“EVALUACIÓN DE DISTINTAS FÓRMULAS DE SUSTRATOS
ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE COL DE
BRUSELAS (*Brassica oleracea var. gemmifera*) EN LA PARROQUIA
IZAMBA”**

William Telenchana

REVISADO POR:

Ing. Agr. Mg. Segundo Curay Q.
TUTOR

Ing. Agr. Mg. Luciano Valle
ASESOR DE BIOMETRÍA

Ing. Agr. MSc. Eduardo Cruz T.
ASESOR DE REDACCIÓN TÉCNICA

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a ese ser supremo por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera.

Doy gracias a mis padres Lupe y Marcos por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser unos excelentes ejemplos de vida a seguir.

Agradezco a mis hermanas Sofía y Cristina por darme la oportunidad de crecer a su lado y ser mejor día a día, por todos los momentos que pasamos juntos y por los que aún nos falta por recorrer.

Agradezco la Sra. Lupe Tobar y a la Ing. Jenny Camacho por abrirme las puertas del que sería mi primer trabajo en la vida real, por todas las enseñanzas, por el ejemplo de brindar un buen servicio a la comunidad agrícola y por ser unas excelentes mentoras. Muchas Gracias.

A mis amigos y compañeros de carrera porque desde un inicio mostraron compañerismo, humildad y solidaridad, por haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré. Ha sido un verdadero gusto conocerles y espero mantener nuestra amistad.

Al Ing. Segundo Curay, al Ing. Luciano Valle y al Ing. Eduardo Cruz les agradezco por todo el apoyo brindado a lo largo de la carrera, por su tiempo, amistad y por los conocimientos que me transmitieron.

Finalmente a todas aquellas personas que han formado parte de mi vida y que me han permitido ser parte de la suya, a todos ustedes GRACIAS.

DEDICATORIA

A mi madre Lupe y a mi padre Marcos, quienes estuvieron presentes en todo momento, siempre muy cerca de mí ofreciéndome su apoyo absoluto, colmando cada instante de vida con su ternura, sus palabras que me alentaban a seguir adelante, a no flaquear, a culminar lo que un día con tanto esfuerzo me empeñé en comenzar. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mis hermanas Cristina y Sofía por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado.

Nunca nadie nos podrá parar.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
CAPÍTULO I	01
INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO II	02
REVISIÓN DE LITERATURA	02
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	02
2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	03
2.2.1. Características de los sustratos	03
2.2.1.1. El agua en el sustrato	04
2.2.1.2. El aire en los sustratos	04
2.2.1.3. Propiedades de un sustrato	05
2.2.1.4. Sustratos naturales	05
2.2.1.5. Sustratos artificiales	07
2.2.2. Sustratos utilizados en el ensayo	09
2.2.2.1. <i>Azolla Anabaena</i>	09
2.2.2.1.1. Características de <i>Azolla</i>	09
2.2.2.1.2. Utilización de <i>Azolla</i> en la agricultura	10
2.2.2.2. Turba rubia Klasmann	11
2.2.2.3. Fibra de coco	12
2.2.3. Cultivo de col de Bruselas	13
2.2.3.1. Factores de producción	13
2.2.3.1.1. Clima	13
2.2.3.1.2. Suelo	14
2.2.3.1.3. Fertilización	15
2.2.3.2. Manejo del cultivo	15
2.2.3.2.1. Plagas	15
2.2.4. Características de la col de Bruselas híbrido Compact	15
CAPÍTULO III	17
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	17
3.1. HIPÓTESIS	17
3.2. OBJETIVOS	17
3.2.1. Objetivo general	17
3.2.2. Objetivos específicos	17

	Pág.
CAPÍTULO IV	18
MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO	18
4.2. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR	18
4.3. EQUIPOS Y MATERIALES	19
4.4. FACTORES EN ESTUDIO	20
4.5. TRATAMIENTOS	20
4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL	21
4.7. VARIABLES RESPUESTAS	23
4.8. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN	24
4.9. PROCESAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	26
CAPÍTULO V	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
5.1. RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y DISCUSIÓN	27
5.1.1. Porcentaje de emergencia	27
5.1.2. Altura de plántula a los 15, 30 y 45 días	29
5.1.3. Peso de las hojas	32
5.1.4. Volumen del sistema radicular	34
5.1.5. Altura de tallo a los 15, 30 y 45 días	37
5.1.6. Porcentaje de plantas útiles	40
5.2. ANÁLISIS ECONÓMICO	42
5.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	45
CAPÍTULO VI	46
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	46
6.1. CONCLUSIONES	46
6.2. RECOMENDACIONES	48
6.3. BIBLIOGRAFÍA	48
6.4. ANEXOS	52
CAPÍTULO VII	58
PROPUESTA	58
7.1. DATOS INFORMATIVOS	58
7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	58
7.3. JUSTIFICACIÓN	58

	Pág.
7.4. OBJETIVO	59
7.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	59
7.6. FUNDAMENTACIÓN	59
7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO	60
7.8. ADMINISTRACIÓN	62
7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	62

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
TABLA1.	TRATAMIENTOS	20
TABLA2.	ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE EMERGENCIA	27
TABLA3.	PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE EMERGENCIA	28
TABLA4.	ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE ALTURA DE PLÁNTULA A LOS 15, 30 Y 45 DÍAS	30
TABLA5.	PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE ALTURA DE PLÁNTULA A LOS 15, 30 Y 45 DÍAS	30
TABLA6.	ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PESO DE LAS HOJAS	33
TABLA7.	PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE PESO DE LAS HOJAS	33
TABLA8.	ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE VOLUMEN DEL SISTEMA RADICULAR	35
TABLA9.	PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE VOLUMEN DEL SISTEMA RADICULAR	36
TABLA10.	ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE ALTURA DE TALLO A LOS 15, 30 Y 45 DÍAS	37
TABLA11.	PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE ALTURA DE TALLO A LOS 15, 30 Y 45 DÍAS	38
TABLA12.	ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE PLANTAS ÚTILES	40
TABLA13.	PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE PLANTAS ÚTILES	41
TABLA14.	COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO (Dólares)	43
TABLA 15.	COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO	43
TABLA 16.	INGRESOS TOTALES DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO	44

	Pág.
TABLA 17. CÁLCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO COSTO DE LOS TRATAMIENTOS CON TASA DE INTERÉS AL 11%	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA1. Esquema del ensayo en el campo	22
FIGURA 2. Curva de crecimiento para altura de plántula con respecto a sustratos	31
FIGURA 3. Curva de crecimiento para altura de tallo con respecto a sustratos	39

RESUMEN

El ensayo se hizo en la parroquia Izamba, del cantón Ambato, provincia de Tungurahua, con latitud Sur de 1° 22'08", longitud Oeste de 78° 36'22" y una altitud de 2570 msnm, con el objetivo de: determinar la mejor combinación de sustrato *Azolla Anabaena*¹, fibra de coco y turba rubia Klasmann² que maximice el rendimiento y calidad de las plántulas de col de Bruselas; a más de, determinar la eficiencia económica de los tratamientos.

Los tratamientos fueron siete. Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar. Se efectuó el análisis de variancia y pruebas de significación de Tukey al 5%. El análisis económico se realizó con la metodología de la relación beneficios costo (RBC).

Los resultados demostraron que, con la utilización del 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), se obtuvieron los mejores resultados, al obtenerse mejor crecimiento y desarrollo tanto de la parte aérea, como del sistema radicular, con mayor cantidad de plantas útiles, reportando las plántulas que se desarrollaron en estas condiciones: mayor porcentaje de emergencia (99,11%), mejor altura de plántula, tanto a los 15 días (6,39 cm), como a 30 días (8,51 cm) y a los 45 días (9,84 cm) de la siembra. El peso de las hojas fue mejor (0,57 g), como también el volumen del sistema radicular (6,37 cc), alcanzando mayor crecimiento en altura de tallo tanto a los 15 días (2,43 cm), como a los 30 días (2,85 cm) y a los 45 días (3,53 cm) de la siembra, reportando consecuentemente mayor porcentaje de plantas útiles (97,53%).

Del análisis económico se concluye que, el tratamiento de 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,51, en donde los beneficios netos obtenidos fueron 0,51 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad.

¹*Azolla Anabaena*. Son plantas acuáticas flotantes, de hojas pequeñas con raíces cortas, frondes divididas cuyo color oscila entre rojo y púrpura a pleno sol y de verde pálido a verde azulado en la sombra.

²Turba rubia Klasmann. Sustratos de cultivo listos para su uso, a base de turba rubia, con el pH corregido, para cualquier sistema de cultivo.

SUMMARY

The trial was carried in the Izamba parish, Ambato city, in Tungurahua province, with a South latitude of 1° 22' 08 ", west longitude of 78° 36' 22" and an altitude of 2570 m.s.n.m, in order to determine the best combination of *Azolla Anabaena*¹ substrate, coconut fiber and Klasmann blonde peat² to maximize yield and quality of Brussels sprout seedlings; to more than, determine the economic efficiency of the treatments.

The treatments were seven. The experimental design of blocks was completely randomized. The analysis of variance and significance tests of Tukey at 5% was performed. The economic analysis was carried out using the cost-benefit methodology (RBC).

The results showed that, with the use of 75% of *Azolla Anabaena* and 25% of Klasmann blond peat (S2), the best results were obtained, with better growth and development of both aerial part and root system, with greater and the number of useful plants, reporting the seedlings that developed under these conditions: greater percentage of emergence (99,11%), better seedling height, both at 15 days (6,39 cm) and at 30 days (8,51 cm) and at 45 days (9,84 cm) of sowing. The leaf weight was better (0,57 g), as was the root system volume (6,37 cc), reaching greater growth in stem height both at 15 days (2,43 cm) and at 30 days (2,85 cm) and at 45 days (3,53 cm) of sowing, reporting a higher percentage of useful plants (97,53%).

From the economic analysis it is concluded that the treatment of 75% of *Azolla Anabaena* and 25% of Klasmann blonde peat (S2), reached the highest cost benefit ratio of 0,51, where the net benefits obtained were 0,51 times that invested, being from the economic point of view the treatment of greater profitability.

¹*Azolla Anabaena*. They are floating aquatic plants, with small leaves with short roots, divided fronds whose color oscillates between red and purple in full sun and pale green to blue green in the shade.

² Blonde Peat Klasmann. Ready-to-use, cultivate substrates of blond peat, with pH corrected, for any cropping system.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La germinación de semillas es un factor muy importante en cuanto se refiere a la propagación de plántulas de hortalizas. Para lograr un mayor porcentaje de germinación y un buen desarrollo de la planta, en sus fases iniciales, se han desarrollado diferentes tipos de sustratos a nivel mundial, los cuales han sido elaborados con materia orgánica y sustancias minerales artificiales o naturales.

En general un sustrato tiene una granulometría mucho más gruesa que un suelo, lo que facilita la aireación aunque disminuye de la retención de agua. Por ello, al hacer una mezcla a base de sustancias orgánicas y minerales, hay que tratar de buscar el equilibrio entre retención de agua y aireación.

En el Ecuador la mayoría de agricultores han optado por usar sustratos o turbas extranjeras, para tener un mayor porcentaje de germinación y mejor sistema radicular de las plántulas de hortalizas. Estos sustratos son de cultivo a base de turba rubia y negra para germinación de semillas y propagación de plantas en cultivos especializados de flores, hortalizas y frutas.

Aunque estos sustratos extranjeros son de muy buena calidad, los costos que tienen junto a los de la semilla hacen que en la provincia de Tungurahua, la propagación de plántulas sean elevados y no siempre se pueden asegurar un porcentaje de germinación muy buena y el desarrollo del sistema radicular no es de muy buena calidad.

La provincia de Tungurahua se encuentra entre las mayores productoras de hortalizas del país, con zonas específicas como: Cunchibamba, Izamba, Samanga, Pelileo, Patate, Píllaro, entre otras; cuya producción abastecen los mercados de Quito y Guayaquil principalmente, constituyéndose de esta manera en una fuente de trabajo para diversos sectores (Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones, 2015).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Hernández (2011), menciona en su trabajo de investigación que los sustratos se caracterizan por ser compuestos fino, con buena aireación libre de enfermedades y semillas de maleza. La mezcla puede consistir en general entre un 65-70% de materia inerte y el 30% restante de material orgánico.

Raven. (1992), describió en su indagación que un sustrato en horticultura es todo material sólido distinto del suelo in situ, natural o de síntesis, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando un papel de soporte para la planta.

Chinchilla (1991), manifiesta en su investigación que el sustrato turba presentó la mayor supervivencia, mostrando que es el más adecuado para el establecimiento de las plántulas, porque mantiene una humedad adecuada y pH estable lo que permitiría que las plántulas presenten un mayor vigor.

Espinoza y Gutiérrez (2006), alude en su investigación que dada la importancia de la simbiosis *Azolla Anabaena* como fijadora de nitrógeno y su potencial uso como biofertilizante, se realizaron diez expediciones de muestreo durante 1991-1993, con el propósito de identificar y evaluar la productividad agronómica en *Azolla* nativa.

Chinchilla (1991), sugirió en su investigación que los aspectos a tomar, para determinar si un sustrato es eficaz, son altura de la plántula, diámetro de tallo, número de hojas (grandes y pequeñas), masa seca de plántula y raíz.

Davidse (1995), a raíz de su investigación indico que desde que se introdujo el cultivo en contenedor, se planteó la necesidad de un cambio conceptual con respecto al cultivo tradicional en suelo, apareciendo los sustratos, en sus distintas variantes, para sustituir al suelo natural.

2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.2.1. Características de los sustratos

Para Escrive (2010), el sustrato orgánico es un medio en el que crecen las plantas, hierbas y verduras en una maceta o recipiente duradero. Es un material orgánico, de color pardo oscuro y rico en carbono. Está formado por una masa esponjosa y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron.

Utilizar el término sustrato es referirse al material que se utiliza para llenar el recipiente de cultivo y que, de cierta manera, es el reemplazante de la tierra. Es decir, es el medio donde van a crecer las raíces, y de donde estas van extraer los nutrientes requeridos para compartir entre todas las partes de la planta durante su crecimiento inicial. La selección de un buen sustrato es el factor más importante para el éxito de las plantas obtenidas en la pilonera (Escrive, 2010).

Para que un sustrato sea el adecuado, debe tener las siguientes características:

Debe ser ligero, para permitir que disminuya el peso en las bandejas y facilitar su transporte y el de los recipientes.

Es necesario que contenga gran cantidad de poros (es decir, espacios libres), lo cual permitirá que las raíces se desarrollen fácilmente facilitando la circulación del agua, al efectuar los riegos.

También deben tener un buen contenido de nutrientes, generalmente la mayoría de sustratos aportan poca cantidad de nutrientes a las plántulas, por lo que será necesario aplicar al sustrato un abono orgánico.

Un sustrato adecuado es necesario que posea una buena estabilidad, para que mantenga sus propiedades durante varios meses.

Actualmente los sustratos que poseen la mayor parte de estas características mencionadas son los denominados orgánicos o tierras vegetales (Llurba, 1997).

Los sustratos de producción deben de tener unas características:

Poseer en lo posible una granulometría uniforme; mantener una estabilidad química y no poseer elementos fitotóxicos, al momento de realizar la desinfección, debe permanecer estable; gran facilidad para realizar la mezcla, en lo posible Poder ser reutilizados; es necesaria una aireación adecuada, resistir al lavado de nutrientes, en todo el tiempo de uso; un bajo costo, buena retención de humedad, bajo peso y baja contracción de volumen; control del pH, un buen sustrato posee actividad supresora ante patógenos (Terres, Artetxe, Beunza, 1997).

A lo que denominamos sustrato es un sistema formado por una parte sólida y otra porosa. Su estructura física está formada por un esqueleto sólido que conforma un espacio de poros. Deben existir poros entre partículas y dentro de ellas. La porosidad de un sustrato se expresa como el porcentaje de espacio poroso en relación al volumen aparente del sustrato. La porosidad interna de algunos sustratos puede hacerse accesible a través de las fracturas generadas por las hifas de los hongos, también la porosidad está influida por el contenedor es mayor cerca de las paredes, y el tamaño del contenedor también afecta a la porosidad. (Terres, Artetxe, Beunza, 1997).

2.2.1.1. El agua en el sustrato

El agua disponible suele encontrarse en los poros, cuando llega a estar llenos se dice que el sustrato está saturado. Es necesario conocer que el contenido de agua de un sustrato está influido por la altura del contenedor, a mayor altura menos agua (Llurba, 1997).

2.2.1.2. El aire en los sustratos

Un punto muy importante es la aireación, pues las raíces absorben y liberan CO₂, los microorganismos también precisan O y compiten por la planta por él. Si el

aire no se renueva pueden producirse fermentaciones anaerobias, originándose metano y etileno (Llurba, 1997).

2.2.1.3. Propiedades de un sustrato

El sustrato que utilicemos, tiene que reunir varias condiciones básicas y otras no tan básicas para cada planta. Por lo general, las plantas que utilizamos son especies adaptadas (y no tan adaptadas) importadas de otros países, incluso continentes. Esto implica que debemos simular de la mejor manera posible las condiciones del entorno donde se desarrollaron de forma primitiva, si queremos unos resultados óptimos y una variedad vegetal sin precedente. Para eso debemos empezar, como por ejemplo en una casa se tratase, primero por los cimientos (Hartmann y Kester, 1987).

Lo principal que debemos tener en cuenta es que el sustrato ante efectos fisicoquímicos, no tiene las mismas características de un suelo. Un sustrato debe ser mucho más aireado en relación al poco peso que genera el volumen contenido en una bandeja. Pero una de las diferencias más importantes, es quizá el contenido en materia orgánica (Hartmann y Kester, 1987).

Actualmente, un suelo con un 3% de MO se considera un buen suelo. La gran mayoría están entre el 1% y el 2% y a veces no se llega ni al 1%. Un sustrato no obstante, perfectamente puede llegar a niveles del 70% en materia orgánica, inclusive pudiendo ser cercanos al 90% en algunos casos. Otros factores importantes para la selección o creación de un sustrato serán la porosidad o capacidad de intercambio de aire, y la capacidad de retención de agua. En el caso del agua, también es importante no solo la capacidad de retenerla sino también la cantidad disponible para la planta. Probablemente la última característica de un sustrato aunque pueda parecer obvia, es el soporte para el desarrollo de la planta (Hartmann y Kester, 1987).

2.2.1.4. Sustratos naturales

Arena: este es uno de los sustratos que se utiliza mayormente por su fácil manera de uso, granulometría y porque presta un buen drenaje general al

homogeneizarse bien con el resto de componentes del sustrato. Mediante pruebas realizadas se ha detectado que las mejores arenas para este fin, son las provenientes de río. Poseen una capacidad de retención de agua media. El único problemilla que podemos tener, es que con el tiempo perderemos un poco de la fase aérea debido a la compactación por lo tanto la capacidad de aireación disminuirá levemente. Otro aspecto interesante es que apenas se degradan con el tiempo (Llurba, 1997).

Gravas: otro sustrato también muy utilizado. Buena estabilidad estructural, baja capacidad de retención de agua (drenante), pero en cambio su porosidad es alta por lo que ayudan a la aireación general del sustrato. También son muy estables como las arenas de río, así que tendremos grava para buen tiempo. Las mejores son las de cuarzo, y las que tengan poco contenido en carbonato de calcio. La piedra pómez es otra interesante pero debe ser lavada antes de su utilización (Fernández, 1998).

Grava volcánica: La procedencia de este material resulta ser obvia. Es un compuesto principalmente por óxidos de Si y Al, entre otros. Como algunas ventajas podríamos decir que contiene algunos micros y macro nutrientes como Ca, Mg y P. El pH es algo ácido y su capacidad de retención de agua es prácticamente nula (García, 1952).

Turba: de igual manera como los tres materiales anteriores se podrían considerar inertes, en la turba ya nos salimos un poco de esta clasificación. La turba se refiere a la primera fase de formación del carbón mineral partiendo de restos vegetales, la composición es muy variable, distinguimos entre turbas rubias y negras. Las primeras son menos mineralizadas y por ende un mayor contenido en MO son muy utilizadas en semilleros por ejemplo. Las genuinas y buenas turbas rubias son las compuestas por restos de musgos del norte de Europa. Las negras, todo lo contrario, tienen más contenido mineral, pero su estabilidad es mejor. Al momento de comprar turba tenemos que poner mayor cuidado que con otros sustratos. Al variar su composición en función de su procedencia debemos tenerlo en cuenta (Guerrero, 1980).

Fibra de coco: es un material muy utilizado para este fin. Tiene una muy buena capacidad de retención de agua y a su vez buena capacidad de aireación. Suele contener sales así que debe lavarse (Seymur, 1980).

Estiércol: debe estar previamente tratado, en compost y descompuesto para su utilización directa. Posee un alto contenido en materia orgánica, dependerá también del tipo de estiércol del que se trate y de su nivel de compostado. Su capacidad de retención de agua es muy buena también (Fernández, 1998).

Humus de lombriz: este es un tipo de compost elaborado sabiamente por la lombriz roja californiana, a este pequeño anélido le debemos mucho. Este sustrato es uno de los mejores actualmente, su aporte en nutrientes disponibles es excepcional, además de mejorar la estructura del sustrato y su composición química (Fernández, 1998).

Corteza de pino: es también muy utilizada de las cortezas puede que se lleve la palma. Se utiliza tanto fresca como en compost, siendo el más recomendable. Las que son frescas pueden causarnos problemas de fitotoxicidad. Tiene buena capacidad de aireación y su capacidad de retención de agua es media-baja (Guerrero, 1980).

Piedra pómez o pomina: al utilizar la pomina como medio de enraizamiento se tiene un buen resultado por ser un material esponjoso y poroso que atrapa el aire impidiendo así que se sature de agua por completo; es químicamente inerte y de reacción neutra. Las partículas presentan un diámetro de 0,0015 a 0,0031 m. Hartman y Kester (1987), sostienen que aquel sustrato es una roca volcánica que originalmente se hizo espuma debido a los gases, proporcionándole así una textura esponjosa. Aquel material es inerte y de reacción neutra. En la propagación se utilizan las partículas que van de 0,00158 a 0,00317 m de diámetro (Llurba, 1997).

2.2.1.5. Sustratos artificiales

En determinadas ocasiones podremos necesitar alguno de estos sustratos porque puedan tener propiedades necesarias para un caso definido. Algunos de los

artificiales como las arcillas expandidas o las perlitas y vermiculitas tienen unas propiedades excelentes (Projar, 2015).

Perlita: posee gran capacidad de retención de agua, puede llegar hasta 5 veces su peso, pero a su vez, gran porosidad. Es un excelente componente que proviene de gravas volcánicas a las que se les aplica un tratamiento térmico para que adquiera dichas propiedades. Muy utilizada junto con la vermiculita en sustratos para semillero. También tiene una durabilidad aceptable, aproximadamente 6 años. (Pillajo, 1984)

Vermiculita: es un mineral perteneciente a la familia de las micas compuesto por silicatos de Al, Mg y Fe, al que se le trata térmicamente adquiriendo un volumen muy superior al original. Esta expansión es la que le confiere las características de alta capacidad de retención de agua y capacidad de aireación aunque este último se llegue a perder con el tiempo por la compactación así como pasa con las arenas (Pillajo, 1984)

Arlitas: estas son conocidas también como arcillas expandidas, deben tratarse térmicamente para que adquieran un volumen muy superior a su peso y ganen en porosidad, esa es su gran virtud, ya que por el lado contrario tenemos una baja capacidad de retención de agua (Fernández, 1998).

Lana de roca: Este sustrato es fabricado a partir de roca volcánica, se lo utiliza mucho en la industria de la construcción por sus propiedades ignífugas e insonorizantes, pero también tiene su aplicación para crear un sustrato para plantas. Como ventaja de este material se puede decir que consigue tener una buena capacidad de retención de agua y a la vez conseguir una aireación aceptable. Se puede llegar a degradar con el tiempo (Limongelli, 1979).

Poliestireno expandido: aunque es un plástico, ha sido y sigue siendo utilizado como componente aireador de muchos sustratos. El bajo precio puede ser un buen motivo de su uso tan común. Posee una baja capacidad de retención de agua (Fernández, 1998).

2.2.2. Sustratos utilizados en el ensayo

2.2.2.1. *Azolla Anabaena*

Davidse (1995), sostiene que *Azolla* es un helecho acuático que forma una simbiosis permanente, hereditaria con una fijación de nitrógeno, formando una cianobacteria (*Anabaena azollae*). La *Azolla Anabaena* es la simbiosis mutua que sólo se conoce entre una pteridofita y una procariota diazotrófica. La asociación ha ganado la atención en las últimas décadas debido a su uso potencial como una alternativa a los fertilizantes químicos nitrogenados y como alimento para animales.

Por la alta capacidad de fijar nitrógeno la asociación simbiótica entre *Azolla sp.* y la cianobacteria filamentosa *Anabaena sp.* en los últimos tiempos ha adquirido mucha importancia para la agricultura (Montaño, 2009).

La *Azolla sp.* alberga en sus cavidades basales de la fronda una cianobacteria del género *Anabaena sp.* En el ámbito ecológico la *Azolla* es responsable del aumento sustancial de N del ambiente puesto que durante su vida fija nitrógeno y al morir el nitrógeno fijado puede ser utilizado por las plantas a su alrededor. La asociación de *Azolla Anabaena* tiene un alto potencial como abono verde en los cultivos de arroz en las zonas tropicales, con una fijación aproximada de 600 kg de N/ha/año en condiciones óptimas de luz, temperatura y composición química del sustrato (Petters, 1985).

2.2.2.1.1. Características de *Azolla*

Son plantas acuáticas flotantes, poseen hojas pequeñas y raíces cortas. Las frondas divididas y el color oscilan entre rojo y púrpura a pleno sol y de verde pálido a verde azulado cuando está sombra. Se propaga muy rápido, es ideal para cubrir la superficie. También ayuda a controlar el desarrollo de las algas al limitar la disponibilidad de la luz. No toleran el agua salada (Espinoza y Gutiérrez, 2004).

Estas flotan en la superficie del agua por medio de pequeñas y estrechamente sobrepuestas escamas como hojas en gran número, con sus raíces

colgando en el agua. Forman relaciones simbióticas con la bacteria cyanobacterium (*Anabaena azollae*), proveyendo a la planta la capacidad de fijar nitrógeno del aire (Espinoza y Gutiérrez, 2004).

Azolla tiene un amplio intervalo de distribución de pisos altitudinales, puede desarrollarse desde cerca del nivel del mar hasta 5.000 msnm. Pero generalmente, *Azolla* prefiere condiciones frías y semisombreadas y se desarrolla mejor en contenidos altos de fósforo, tanto en el agua como en el suelo (Carrapíco et al, 2001).

Se han identificado siete especies de *Azolla* ampliamente distribuidas mundialmente, siendo fuertemente influenciada por el hombre, por la introducción indiscriminada del helecho de un área a otra. En Venezuela se ha señalado la presencia de *A. filiculoides*, *A. mycrophylla* (Espinoza y Gutierrez, 2004).

2.2.2.1.2. Utilización de *Azolla* en la agricultura

Debido a sus características de crecimiento y siendo un potencial fijador de nitrógeno, *Azolla* es una gran fuente de N para algunos sistemas agrícolas. El nitrógeno que se produce por la fijación simbiótica, puede ser disponible para la planta de arroz y otros cultivos, ya sea por descomposición del helecho *Azolla*, o por excreción del nitrógeno al ambiente (Baca, 2006).

Se debe sembrar el helecho a una proporción de 7,5 a 10 t/ha, en los campos preparados e inundados para plantar arroz se, cuando ha alcanzado la densidad necesaria (entre 5 a 10 días; aproximadamente, 22 a 25 t/ha), se saca el agua y se incorpora al suelo. Una vez que la *Azolla* es incorporada al suelo el nitrógeno orgánico que contiene en su estructura celular se mineraliza, y de esta manera queda disponible para la planta de arroz. Por otra parte, la asociación en simbiosis normalmente excreta al ambiente acuático 25% del nitrógeno fijado en un período aproximado de 30 días de incubación. La incorporación de *Azolla* al cultivo de arroz proporciona 50% del N necesario para producir 5 t. A pesar de las grandes cantidades de N que la asociación simbiótica *Azolla Anabaena* aporta para el cultivo de arroz, algunos experimentos realizados en África han demostrado que la mejor producción

del cultivo (2.835 kg/ha) se obtiene cuando *Azolla* se utiliza en mezcla con urea a una proporción de 7000 kg *Azolla*/ha + 43,5 kg N/ha, comparado con fertilizante químico donde se obtuvo una producción de arroz de 3158 kg/ha (Carrapico, 2001).

2.2.2.2. Turba rubia Klasmann

Turba: de igual manera como los tres materiales anteriores se podrían considerar inertes, en la turba ya nos salimos un poco de esta clasificación. La turba se refiere a la primera fase de formación del carbón mineral partiendo de restos vegetales, la composición es muy variable, distinguimos entre turbas rubias y negras. Las primeras son menos mineralizadas y por ende un mayor contenido en MO son muy utilizadas en semilleros por ejemplo. Las genuinas y buenas turbas rubias son las compuestas por restos de musgos del norte de Europa. Las negras, todo lo contrario, tienen más contenido mineral, pero su estabilidad es mejor. Al momento de comprar turba tenemos que poner mayor cuidado que con otros sustratos. Al variar su composición en función de su procedencia debemos tenerlo en cuenta (Fernández et al, 1998).

Las turbas son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica (Infoagro, 2006).

Es más frecuente el uso de turbas rubias en cultivo sin suelo, debido a que las negras tienen una aireación deficiente y unos contenidos elevados en sales solubles. Las turbias rubias tiene un buen nivel de retención de agua y de aireación, pero muy variable en cuanto a su composición ya que depende de su origen. La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la nutrición vegetal, presentan un pH que oscila entre 3,5 y 8,5. Se emplea en la producción ornamental y de plántulas hortícolas en semilleros (Infoagro, 2006).

2.2.2.3. Fibra de coco

Fibra de coco: es un material muy utilizado para este fin. Tiene una muy buena capacidad de retención de agua y a su vez buena capacidad de aireación. Suele contener sales así que debe lavarse (Fernández et al, 1998).

El sustrato conocido como “fibra de coco” se obtiene como residuo de la industria textil de las fibras del mesocarpio de los frutos del cocotero (cocos nucifera). Este residuo se compone de una fracción granular, a modo de “copos” que también es conocido como “turba de coco”, y otra fracción fibrosa, que son los restos de fibras (Abonos y sustratos, 2016).

Algunas características de este producto son: buen equilibrio entre retención de agua y capacidad de aireación. Evita las enfermedades fungosas en las raíces como consecuencia del exceso de humedad. El pH de este producto es un pH estable y controlado, oscila entre 5,5 y 6,5, rango que resulta apropiado para la mayoría de las plantas. Capacidad de retención del agua. En el cultivo intensivo este valor resulta de interés frente a sustratos como la perlita o la lana de roca, cuya escasa retención hídrica puede comprometer seriamente el cultivo en caso de fallo del sistema de riego. Buena mojabilidad. El sustrato de coco al contrario que las turbas absorbe muy rápidamente el agua cuando está seco. Capacidad de intercambio catiónico. Es capaz de retener nutrientes y liberarlos progresivamente, evitando las pérdidas por lixiviación. Ejerce un poder amortiguador contra los errores de abonado. Producto ecológico y renovable. Su extracción y posterior eliminación no representa ningún tipo de impacto medioambiental. (Abonos y sustratos, 2016).

Este material se está aprovechando actualmente como sustrato agrícola. Sin embargo como se trata de un producto de bajo precio, para abaratar los costes de transporte es necesario secarlo y prensarlo, hasta convertirlo en balas o briquetas, que se sirven al resto del mundo en contenedores transportados por barco (los niveles de prensado son superiores a los que pueden lograrse con la turba) (Abonos y sustratos, 2016).

2.2.3. Cultivo de col de Bruselas

Agricultura (2016) expresa que la parte comestible está constituida por yemas del tallo, las cuales se desarrollan en formas de pequeñas cabezas similares al repollo, por lo que se conocen con el nombre de repollitas. La col de Bruselas es rica en vitamina A y ácido ascórbico, con cantidades apreciables de riboflavina, niacina, Fe y Ca. La col de Bruselas se cultiva por encima de 2 000 metros de altitud, con precipitaciones entre 1 000 y 1 500 mm anuales. Se multiplica por semilla trasplantándose desde el semillero, cuando la planta tiene entre 10 y 15 cm de altura. Una libra de semilla alcanza para sembrar entre 2,5 y 3,0 hectáreas.

Agricultura (2016) dice que se requieren como mínimo tres desyerbas desde el trasplante hasta la cosecha. Sobre el despunte y deshoje existen diversas opiniones sobre eliminar la yema terminal y las hojas inferiores una vez se forman las cabezuelas. El mismo autor explica que la cosecha se inicia tres o cuatro meses después del trasplante, se empaca en bolsas de polietileno de 1/2 y 1 libra, las cuales se colocan en cajas de cartón. Se almacena a 0 grados centígrados.

2.2.3.1. Factores de producción

2.2.3.1.1. Clima

Infoagro (2005), manifiesta que las coles se desarrollan y producen mejor en climas templados y frescos; en regiones tropicales y subtropicales durante el invierno. La temperatura mínima para su germinación es de 4,4°C y la máxima de 35°C, siendo la óptima de 29,4°C. Las temperaturas ambientales propias para su crecimiento y desarrollo son de 15°C a 20°C, con mínimas de 0°C y máximas de 27°C.

Edmond (1984), indica que generalmente las plantas de col prosperan mejor y producen las mejores cabezas bajo temperaturas promedio mensuales entre 10 y 21°C, con máximas de 24°C. Girard y Osorio (1983) mencionan que temperaturas persistentes por debajo de 10°C, hacen que el repollo emita el tallo floral en forma prematura, ocasionando pérdida total de la parte comestible. Cuando la temperatura es superior a

los 25°C, por períodos de algunas semanas, muchas variedades de col se desarrollan más rápido de lo normal, pero son flojas y de baja calidad.

2.2.3.1.2. Suelo

En el Ecuador el cultivo de coles prospera muy bien en suelos que se ubican entre 1 500 y 2 800 msnm. Los suelos deben ser de preferencia arcillo-arenosos, húmedos, con buen drenaje, fértiles, con pH ligeramente ácidos y ligeramente alcalinos. En relación con las características físicas del suelo, la col se desarrolla bien en terrenos cuya composición tiene de 30% al 50% de arena, con un contenido de limo que oscila del 25% al 60%. Los suelos con más contenido de limo son más adecuados para las variedades tempranas, pues aumentan sensiblemente su precocidad. Las áreas de mayor potencialidad para cultivar esta hortaliza se ubican en las provincias de: Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja (Suquilanda, 2000).

Infoagro (2005), manifiesta que la mayoría de las coles son moderadamente tolerantes a la salinidad, siendo las coles rojas más sensibles que las blancas. Son ligeramente tolerantes a la acidez, con un rango de pH de 6,8-5,5, tendiendo como óptima 6,5-6,2. Se desarrolla bien en cualquier tipo de suelo, desde arenosos hasta orgánicos, prefiriendo aquellos con buen contenido de materia orgánica y drenaje adecuado.

Girard y Osorio (1983), anotan que la acidez del suelo debe estar entre 5,5 y 6,5, pues en este rango hay una adecuada disponibilidad de nutrientes, especialmente fósforo, elemento fundamental para obtener altas producciones. En zonas con suelos de mayor acidez a la indicada, es frecuente encontrar síntomas típicos de deficiencias en fósforo y de elementos menores, lo cual disminuye sensiblemente el rendimiento y la calidad de las cabezas.

2.2.3.1.3. Fertilización

Maroto (1982), señala que las coles poseen grandes necesidades de nitrógeno, fósforo y potasio. Para el nitrógeno 100-125 kg/ha, la fertilización se distribuye de una a tres aplicaciones, en banda a ambos lados del surco, antes del inicio de la formación de cabezas. Para fósforo 225-280 kg/ha, en suelos pobres de este nutriente (menos de 15 ppm), se recomienda aplicar al voleo y antes del rayado de las camas. En suelos medios (15-30 ppm) de 170-225 kg/ha aplicado de la misma manera. Para suelos ricos en fósforo (+ 30 ppm), la aplicación no mayor de 90 kg/ha. El potasio en suelos que requieren de este nutriente, se incorpora antes del rayado de las camas.

2.2.3.2. Manejo del cultivo

2.2.3.2.1. Plagas

Guerrero (1980), cita como las principales plagas que atacan al cultivo, las siguientes:

Pulgón de la col *Brevicoryne brassicae*, mosca de la col *Chorthopylla brassicae bouche*, chinche de la col *Eurydema ornata*, falsa hernia de la col (*Ceuthorrhynchus pleurostiema*), mariposa de la col (*Pieris brassicae L.*), gusanos grises (*Agrotis sp.*), pulgilla de las crucíferas (*Phyllotreta cruciferaea goeza*), caracoles y babosas.

Entre las principales enfermedades se tiene: pie negro de la col *Phomalingam*; podredumbre negra de la col (*Xantomonas campestres*); Oídio polvoso *Oidiúm Erysiphoides*; hernia de la col *Plasmodiopora brassicae*; Mildiu de las crucíferas *Peronospora parasítica*.

2.2.4. Características de la col de Bruselas híbrido Compact

Col de Bruselas vigorosa, fácil de crecer, con entrenudos cortos. Coles medias y compactas de color verde bien esparcidas. Planta con tallo fuerte. Densidad de siembra de 0,60 x 0,50 m. Ciclo promedio de 165 días después del trasplante. En

temperaturas altas el ciclo de cosecha se extiende unos días más y en temperaturas bajas se reduce (Bejo, 2016). Esta variedad es de alto rendimiento; ideal para la industria del congelado y mercado fresco; se adapta para siembras durante todo el año (Bejo, 2016).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. HIPÓTESIS

Ha = La combinación de los sustratos *Azolla Anabaena*, fibra de coco y turba rubia (Klasmann), influyen en la producción de plántulas de col de Bruselas (*Brassica oleracea var. gemmifera*) en la parroquia Izamba.

Ho = La combinación de los sustratos *Azolla Anabaena*, fibra de coco y turba rubia (Klasmann), no influyen en la producción de plántulas de col de Bruselas (*Brassica oleracea var. gemmifera*) en la parroquia Izamba.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo general

Aportar con tecnología para el manejo del cultivo de col de Bruselas (*Brassica oleracea var. gemmifera*), en la producción masiva de plántulas de calidad.

3.2.2. Objetivos específicos

Determinar la mejor combinación de sustrato *Azolla Anabaena*, fibra de coco y turba rubia (Klasmann) que maximice el rendimiento y calidad de las plántulas.

Determinar la eficiencia económica de los tratamientos.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se llevó a cabo en la propiedad de la Sra. Lupe Telenchana, ubicada en la parroquia Izamba, perteneciente al cantón Ambato, de la provincia de Tungurahua, con una latitud Sur de 1° 22'08", longitud Oeste de 78° 36'22" y una altitud de 2570 msnm (sistema de posicionamiento global GPS).

4.2. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

4.2.1. Suelo

Los suelos de esta zona, pertenecen al grupo Entic Eutrandept del orden de los Inceptisoles, presentando las siguientes características: son muy profundos, originados por depósitos eólicos sucesivos de material volcánico, predomina las texturas franco arenosas y franco limosas. La estructura es bastante desarrollada en bloque subangular, de consistencia suelta, de color pardo, la actividad biológica es buena en las capas superficiales, además es notoria la presencia de material volcánico como ceniza y piedra pómez. La topografía en general es plana con pendientes que oscilan entre 0 y 2%, el carácter plano del relieve y la pendiente determina que el drenaje externo sea restringido, internamente es moderado, por la granulometría de las capas y la buena profundidad del perfil de suelo, presenta leve evidencia de erosión (IGM, 1986).

4.2.2. Clima

De manera general, el clima del sector es templado frío, con una temperatura media anual de 13,85°C, humedad relativa media anual de 74%, precipitación de 573,4 mm, evaporación 116,46 mm, heliofanía 1 724,3 horas luz, nubosidad 7 octavos y velocidad de viento 4,2 m/seg con frecuencia Este (INAMHI, 2016).

4.2.3. Agua

La zona cuenta con el agua de riego del canal Chacón Sevilla y de la acequia Darquea, cuyas aguas son aptas para el regadío.

4.2.4. Clasificación ecológica

De acuerdo a la clasificación ecológica de Holdridge (1982), se encuentra en la zona de vida bosque seco Montano Bajo (bs-MB), en transición con estepa espinosa Montano Bajo (ee-MB).

4.3. EQUIPOS Y MATERIALES

4.3.1. Material experimental

Plántulas de col de Bruselas (*Brassica oleracea var. gemmifera*), híbrido Compact. Sustratos de enraizamiento *Azolla Anabaena*, fibra de coco y turba rubia (Klasmann).

4.3.2. Cubierta plástica

Cubierta plástica metálica de 3 m de altura, 4 m de ancho y 6 m de largo, cubierta con plástico de invernadero y provista de cortinas (sarán).

4.3.3. Herramientas y equipos

Regadera, pala, bomba de mochila.

4.3.4. Agroquímicos

Thiofin (MetilThiofanato), Previcur (Propamocarb), Curzate (Cymoxanil + Mancozeb).

4.3.5. Materiales de oficina

Libreta, computadora, impresora, cámara fotográfica, papel bond, esferográficos, lápiz, borrador.

4.3.6. Materiales varios

Balanza, flexómetro, rótulos, regla, balde, tanque de 200 l, cuchillo, bandejas germinadoras, sacos de yute, molino industrial, tiras de madera, manguera.

4.4. FACTOR EN ESTUDIO

4.4.1. Sustratos de enraizamiento y sus combinaciones

Fibra de coco

Azolla Anabaena

Turba rubia (Klasmann)

4.5. TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron siete como se detalla en el tabla 1.

TABLA 1. TRATAMIENTOS

No.	Símbolo	Fibra de coco %	<i>Azolla Anabaena</i> %	Turba rubia (Klasmann) %
1	S1	0	50	50
2	S2	0	75	25
3	S3	50	50	0
4	S4	25	75	0
5	S5	100	0	0
6	S6	0	100	0
7	S7	0	0	100

4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), con siete tratamientos y tres repeticiones.

Se efectuó el análisis de variancia (ADEVA), de acuerdo al diseño experimental planteado y pruebas de significación de Tukey al 5%, para diferenciar entre tratamientos.

El análisis económico de los tratamientos, se realizó siguiendo la metodología de la relación beneficios costo (RBC).

4.6.1. Características del ensayo

Cada parcela experimental se conformó de una bandeja plástica, cada una con 338 plántulas, que contenían los sustratos evaluados.

–	Número de bandejas por tratamiento:	3
–	Largo de la bandeja:	0,66 m
–	Ancho de la bandeja:	0,34 m
–	Profundidad de la bandeja:	0,05 m
–	Área de cada bandeja:	0,22 m ²
–	Número de plántulas por bandeja:	338
–	Número de plántulas/tratamiento:	1014
–	Distancia entre plantas:	0,02 m
–	Número total de bandejas:	21
–	Número de plantas/total ensayo:	7098
–	Superficie total del ensayo:	7,69 m ²
–	Superficie total de las parcelas:	4,62 m ²
–	Superficie de caminos :	3,07 m ²
–	Número de plantas a evaluar/trat:	15

4.7. VARIABLES RESPUESTA

4.7.1. Porcentaje de emergencia

La emergencia de las plántulas se registró a los 10 días de la siembra, mediante el conteo de las plántulas emergidas por bandeja del total de plantas de la parcela, llevando los valores a porcentaje.

4.7.2. Altura de planta

La altura de planta se obtuvo midiendo con regla graduada desde la base de la plántula hasta el ápice de la última hoja verdadera, registrando a 15 plántulas tomadas al azar de cada parcela neta. Las lecturas se efectuaron a los 15, 30 y 45 días de la siembra.

4.7.3. Peso de las hojas

Para obtener el peso de las hojas, se separó la parte aérea de las plántulas, sin tomar en cuenta los tallos, pesando con una balanza de precisión, a 15 plántulas tomadas al azar de cada parcela neta. La lectura se efectuó a los 45 días de la siembra, expresando los valores en gramos.

4.7.4. Volumen de sistema radicular

El volumen del sistema radicular se obtuvo mediante el principio de Arquímedes (probeta), sumergiendo las raíces previamente lavadas, de 15 plántulas tomadas al azar de cada parcela neta en una probeta de 200 ml, obteniendo el volumen por desplazamiento del líquido. La lectura se hizo a los 45 días de la siembra, expresando los valores en centímetros cúbicos.

4.7.5. Altura de tallo

La altura del tallo se registró con la ayuda de una regla graduada, midiendo desde la zona de transición (cuello de la plántula) hasta la inserción de los

cotiledones, a 15 plántulas tomadas al azar de cada parcela neta. La lectura se hizo a los 15, 30 y 45 días de la siembra.

4.7.6. Porcentaje de plántulas útiles

Al final del ensayo (45 días de la siembra), se contabilizó el número de plántulas que estuvieron listas para el trasplante al campo, registrando en el total de plántulas de la parcela total, expresando los valores en porcentaje.

4.8. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

4.8.1. Preparación del área del ensayo

Antes de iniciar el ensayo, se realizó la limpieza general del lugar, dejando el suelo totalmente limpio libre de tierra, para luego delimitar el área designada para el estudio.

4.8.2. Características de la cubierta plástica

La cubierta plástica fue una estructura metálica de 3 m de altura, 4 m de ancho y 6 m de largo, cubierta con plástico de invernadero color amarillo provista de cortinas (sarán).

4.8.3. Obtención de la *Azolla Anabaena*

La *Azolla Anabaena* se la obtuvo de los estanques de la Granja Experimental Docente Querochaca, de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el sector Querochaca, perteneciente al cantón Cevallos. Para la recolección se utilizó un rastrillo para arrastrar la *Azolla Anabaena* hacia la orilla y colocarla en sacos para ser trasladados al lugar del ensayo.

4.8.4. Preparación de la *Azolla Anabaena*

Se secó la *Azolla Anabaena* por el lapso de dos días, para ello se extendió en un lugar pavimentado, plano y seco, siendo removido con la ayuda de un rastrillo, hasta cuando se secó completamente. Luego se la procedió a triturar con la ayuda de un molino industrial.

4.8.5. Adquisición del sustrato comercial turba rubia Klasman y fibra de coco

El sustrato comercial KlasmanTS1 y la fibra de coco, fueron adquiridos en el centro agrícola “Agroahorro” ubicado en la parroquia Izamba.

4.8.6. Características de las bandejas germinadoras

Las bandejas germinadoras fueron de espuma flex, con las siguientes características: diseño del alveolo 2 cm x 2 cm (338 alveolos por bandeja), medidas exteriores de la bandeja de 34 cm x 66 cm, profundidad del alveolo 5 cm.

4.8.7. Obtención de la semilla

La semilla de col de Bruselas, híbrido Compact (Bejo).

4.8.8. Preparación de los sustratos

La preparación de los sustratos se realizó mezclando las diferentes concentraciones que conformaron cada uno de los tratamientos: S1 50% de *Azolla* 50% de Klasman, S2 75% de *Azolla* 25% de Klasman, S3 50% de *Azolla* 50% de fibra de coco, S4 75% de *Azolla* 25% de fibra de coco, S5 100% de fibra de coco, S6 100% de *Azolla* y S7 100% de Klasman.

4.8.9. Llenado de bandejas

Se procedió a llenar los alveolos de las bandejas con los sustratos de cada tratamiento, presionando ligeramente para eliminar el aire y obtener un llenado total.

4.8.10. Siembra y colocación de las bandejas

Para la siembra, se colocó una semilla en cada alveolo, tapando con 2-3 mm de sustrato, presionándola ligeramente. Las bandejas se colocaron sobre unas tiras de madera para que no tome contacto directo con el suelo.

4.8.11. Riegos

Los riegos se realizaron diariamente, con una regadera conectada a una manguera, utilizando agua desinfectada del canal Latacunga-Salcedo-Ambato, efectuando riegos hasta cuando las plántulas estuvieron listas para el trasplante.

4.8.12. Controles fitosanitarios

A los ocho días de la siembra, se efectuó una aplicación de Thiofin (Metil Tiofanato) a razón de 1 g/l y ocho días después una aplicación de Previcur (Propamocarb) a razón de 1,5 cc/l para la prevención y control de *Phyitium*. Posteriormente a los 21 y 30 días de la siembra, se aplicó Curzate (Cymoxanil + Mancozeb) para el control de tizón temprano (*Alternaría sp.*) en dosis de 2,5 g/l.

4.9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos tomados en el campo, se procesaron utilizando el programa estadístico Infostat, con el cual se obtuvo los análisis de variancia y las pruebas de rangos. Para elaborar los gráficos y para el cálculo del análisis económico se utilizó el software estadístico Excel 2016.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN

5.1.1. Porcentaje de emergencia

Los resultados obtenidos en el análisis de variancia al evaluar el porcentaje de emergencia registrado a los 10 días de la siembra, permitieron observar que, existió significación estadística a nivel del 1% entre tratamientos, indicando que la emergencia de las plántulas fue diferente entre los tratamientos sometidos a distintos sustratos de enraizamiento (tabla 2). Las repeticiones fueron no significativas, por lo que prevalecieron respuestas similares entre las repeticiones de cada tratamiento. Los valores del porcentaje de emergencia detectado en el campo van desde 92,31% hasta 99,41%, con promedio general 96,11%, cuyos valores se presentan en el anexo 1. El coeficiente de variación fue de 1,49%, cuya magnitud confiere adecuada confiabilidad a los resultados encontrados.

TABLA2. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE EMERGENCIA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	1,89	0,95	0,46ns
Tratamientos	6	63,19	10,53	5,11**
Error exp.	12	24,75	2,06	
Total	20	89,84		

Coef. de var. = 1,49%

ns = no significativo

** = significativo al 1%

El mayor porcentaje de emergencia de plántulas registrado a los 10 días de la siembra, se observó en el tratamiento conformado por el sustrato de enraizamiento 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasman (S2), al ubicarse en el primer rango en la prueba de significación de Tukey al 5% (tabla3), con el mayor

promedio de 99,11%. Les siguen varios tratamientos que compartieron el primer y segundo rangos, con promedios que van desde 96,65% hasta 95,76%. El menor porcentaje de emergencia de plántulas, por su parte, se detectó en el tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de turba rubia Klasmann (S7), al ubicarse en el segundo rango y último lugar en la prueba, con el menor promedio de 92,70%.

TABLA3. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE EMERGENCIA

Tratamientos		Promedio (%)	Rango
No.	Símbolo		
2	S2	99,11	a
1	S1	96,65	ab
6	S6	96,25	ab
3	S3	96,15	ab
4	S4	96,15	ab
5	S5	95,76	ab
7	S7	92,70	b

El porcentaje de emergencia de plántulas de col de Bruselas, registrado a los 10 días de la siembra, sometidas al desarrollo de distintos sustratos de enraizamiento, permite deducir que, los sustratos de enraizamiento influenciaron significativamente en la emergencia, por cuanto existieron diferencias estadísticas significativas en el análisis de variancia. Los mejores resultados se alcanzaron en las plántulas del sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), cuyas plantas superaron el porcentaje de emergencia en promedio de 6,41%, que los tratamientos del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de turba rubia Klasmann (S7); lo que permite inferir que, el sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann, es el sustrato adecuado para obtener mayor número de plántulas emergidas, al beneficiarse de las características del sustrato, quien dotó a las plántulas de la suficiente nutrición, aireación, soltura y retención de humedad, obteniéndose consecuentemente plántulas de mejor calidad. Horturba.com (2014), cita que un buen sustrato debe ser ligero, que permita disminuir el peso de las bandejas y facilitar el transporte de los recipientes. Debe tener gran cantidad de poros (espacios libres), que permita a las raíces desarrollarse fácilmente a la vez que

permite la circulación del agua. Tener una buena cantidad de nutrientes, la mayoría de sustratos aportan pocos nutrientes a la plantas, por lo que será necesario mezclar el sustrato con un abono orgánico. Buena estabilidad, que mantenga sus propiedades durante varios meses. Los sustratos que reúnen la mayor parte de estas características son los sustratos orgánicos, como el utilizados en el presente trabajo de investigación, por lo que las plantas al encontrar mejores condiciones de desarrollo, emergiendo mejor y en mayor cantidad, lo que es beneficioso, por cuanto se puede contar con mayor cantidad de material vegetativo. Causado posiblemente a que los dos tipos de sustratos, dotaron al medio, de la adecuada soltura, aireación y humedad, lo que permitió a las semillas germinar y emerger del sustrato, sin dificultades, obteniéndose un apropiado porcentaje de emergencia, que asegura la obtención de mayor número de plántulas para el posterior trasplante.

5.1.2. Altura de plántula a los 15, 30 y 45 días

Las respuestas obtenidos en los análisis de variancia al evaluar el crecimiento en altura de plántula a los 15, 30 y 45 días de la siembra, permitieron observar que, existieron diferencias estadísticas significativas a nivel del 1% entre tratamientos en las lecturas a los 15 días y 45 días; y, diferencias estadísticas significativas a nivel del 5% en la lectura a los 30 días, indicando que el crecimiento en altura de plántula fue diferente entre los tratamientos sometidos a distintos sustratos de enraizamiento (tabla 4). Las repeticiones fueron no significativas, por lo que prevalecieron respuestas similares entre las repeticiones de cada tratamiento. La altura de plántula detectada en el campo va desde 5,12 cm hasta 6,73 cm, con promedio general 5,61 cm a los 15 días, desde 6,20 cm hasta 8,63 cm, con promedio general 7,42 cm a los 30 días y desde 7,43 cm hasta 10,10 cm, con promedio general 8,69 cm a los 30 días, cuyos valores se presentan en los anexos 2, 3 y 4. Los coeficientes de variación fueron de 5,81%, 7,11% y 4,49%, para cada lectura, en su orden, cuyas magnitudes confieren una alta confiabilidad a los resultados evaluados.

La mayor altura de plántula se alcanzó en el tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasman (S2), con promedio de 6,39 cm a los 15 días, 8,51 cm a los 30 días y 9,84 cm a los 45 días, al ubicarse todos ellos en el primer rango en la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos (tabla5); seguido de los tratamientos del sustrato de enraizamiento conformado por 50% de *Azolla Anabaena* y 50% de turba rubia Klasman (S1), que compartieron el primero y segundo rangos, con

promedios de 5,98 cm, 7,73 cm y 9,44 cm, para cada lectura, respectivamente. Les siguen varios tratamientos que compartieron el primer y segundo rangos con rangos inferiores, observándose en el último lugar, con el menor crecimiento en altura de plántula al tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de turba rubia Klasmann (S7), al ubicarse en el último rango y lugar, con promedios de 5,26 cm a los 15 días, 6,80 cm a los 30 días y 8,02 cm a los 45 días, respectivamente.

TABLA4. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE ALTURA DE PLÁNTULA A LOS 15, 30 Y 45 DÍAS

Fuente de Variación	Grados de libertad	A los 15 días		A los 30 días		A los 45 días	
		Cuadrados medios	Valor de F	Cuadrados medios	Valor de F	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	0,0036	0,03ns	0,13	0,47ns	0,12	0,80ns
Tratamientos	6	0,53	5,01**	0,94	3,39*	1,40	9,19**
Error exp.	12	0,11		0,28		0,15	
Total	20						
Coef. de var. =		5,81%	7,11%	4,49%			

ns = no significativo
 * = significativo al 5%
 ** = significativo al 1%

TABLA5. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE ALTURA DE PLÁNTULA A LOS 15, 30 Y 45 DÍAS

Tratamientos		Promedios (cm) y rangos					
No.	Símbolo	A los 15 días		A los 30 días		A los 45 días	
2	S2	6,39	a	8,51	a	9,84	a
1	S1	5,98	ab	7,73	ab	9,44	ab
4	S4	5,55	ab	7,24	ab	8,38	bc
3	S3	5,42	b	7,23	ab	8,37	bc
6	S6	5,39	b	7,38	ab	8,58	bc
5	S5	5,27	b	7,02	ab	8,19	c
7	S7	5,26	b	6,80	b	8,02	c

Mediante la figura 2, se grafica el comportamiento del crecimiento en altura de plántula desde los 15 días, hasta los 45 días de la siembra, con respecto a sustratos

de enraizamiento, en donde el crecimiento fue mayor en las plántulas de los tratamientos del sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), superando significativamente al resto de tratamientos.

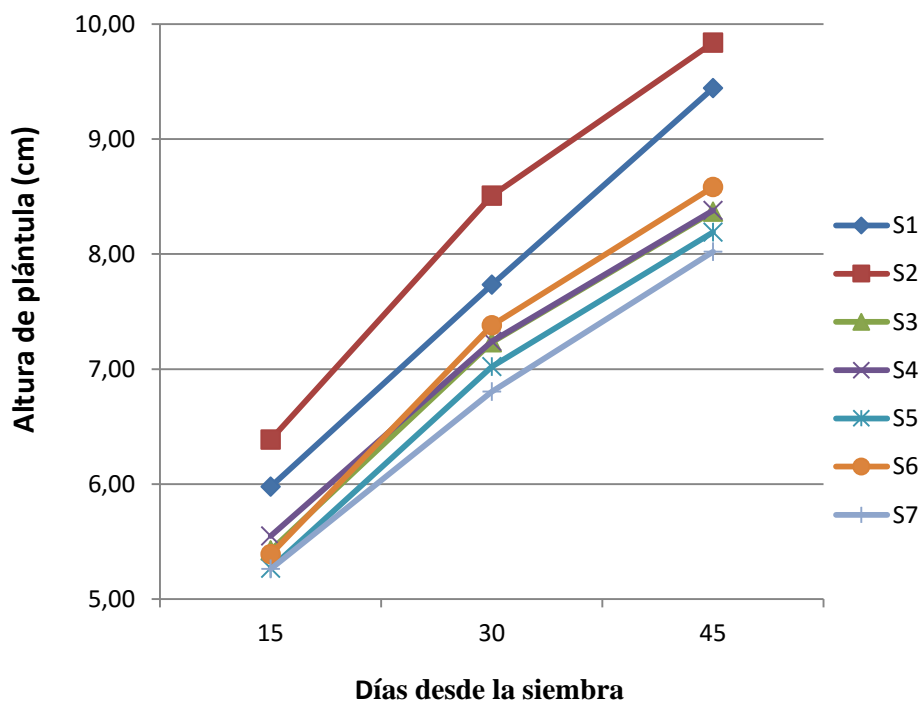


FIGURA 2. Curva de crecimiento para altura de plántula con respecto a sustratos

El crecimiento en altura de plántula, en la producción de plantas de col de Bruselas, registrado a los 15, 30 y 45 días de la siembra, sometidas a las condiciones de desarrollo de distintos sustratos de enraizamiento, permiten deducir que, los sustratos de enraizamiento influenciaron significativamente en éste crecimiento, debido a que existieron diferencias estadísticas significativas en el análisis de variancia. Los mejores resultados se alcanzaron en las plántulas que se desarrollaron en las condiciones del sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), superando el crecimiento en promedio de 1,13 cm a los 15 días, 1,71 cm a los 30 días y 1,82 cm a los 45 días, que los tratamientos del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de turba rubia Klasmann (S7); lo que permite inferir que, el sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann, es el sustrato

apropiado para la producción de plántulas de col de Bruselas, con el cual las plántulas encuentran las condiciones adecuadas para su crecimiento, como nutrición, aireación, soltura y retención de humedad, con las cuales prosperaron mejor, lo que es beneficioso para obtener plántulas más vigorosas al momento del trasplante. Estas respuestas pueden deberse a lo manifestado por Petters (1985), que *Azolla sp.* es un helecho acuático que alberga en las cavidades en la base de su fronda una cianobacteria del género *Anabaena sp.* La *Azolla* es responsable del aumento sustancial de nitrógeno del medio ambiente, debido a que durante su vida fija nitrógeno y cuando muere este nitrógeno fijado puede ser utilizado por las plantas en su alrededor. La *Azolla Anabaena* presenta un alto potencial como abono verde, fijando el nitrógeno, el cual es mayor cuando *Azolla* encuentra condiciones óptimas de temperatura, luz y composición química del sustrato, con lo cual las plántulas encontraron las condiciones adecuadas para su desarrollo, prosperando mejor, lo que es beneficioso, al obtenerse mayor crecimiento en altura, plántulas más lozanas y vigorosas.

5.1.3. Peso de las hojas

La evaluación estadística del peso de las hojas, registrado a los 45 días de la siembra, en cada tratamiento sometido a varios sustratos de enraizamiento, permitió destacar que existieron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, indicando que el peso de las hojas reportaron distintos valores (tabla 6). Las repeticiones fueron no significativas, lo que demuestra que el diseño experimental fue bien elegido, al encontrar similitud entre los valores de repeticiones de cada tratamiento. El peso de las hojas va de desde 0,24 g hasta 0,61 g, con promedio general de 0,41 g, cuyos valores se registran en el anexo 5. El coeficiente de variación fue de 13,50%, cuya magnitud dota de una adecuada confiabilidad a los resultados encontrados.

El peso de las hojas, registrado a los 45 días de la siembra, fue mayor en las plántulas que se desarrollaron en el tratamiento conformado por el sustrato de enraizamiento 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klamann (S2), ubicado en el primer rango y lugar en la prueba de significación de Tukey al 5% (tabla7), con el mayor promedio de 0,57 g; seguido de los tratamientos del sustrato

de enraizamiento conformado por 50% de *Azolla Anabaena* y 50% de turba rubia Klasmann (S1), que compartió el primer rango, con promedio de 0,49 g. Les siguen dos tratamientos que compartieron el primer y segundo rangos, con promedios que van desde 0,44 g hasta 0,43 g. El menor peso de las hojas, por su parte, se detectó en el tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de turba rubia Klasmann (S7), al ubicarse en el segundo rango y último lugar en la prueba, con promedio de 0,29 g.

TABLA6. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PESO DE LAS HOJAS

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	0,00316	0,00078	0,26ns
Tratamientos	6	0,20	0,03	10,97**
Error exp.	12	0,04	0,003	
Total	20	0,24		

Coef. de var. = 13,50%

ns = no significativo

** = significativo al 1%

TABLA7. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE PESO DE LAS HOJAS

Tratamientos		Promedio	Rango
No.	Símbolo	(g)	
2	S2	0,57	a
1	S1	0,49	a
4	S4	0,44	ab
3	S3	0,43	ab
6	S6	0,32	b
5	S5	0,31	b
7	S7	0,29	b

De la evaluación estadística del peso de las hojas, registrado a los 45 días de la siembra, en la producción de plántulas de col de Bruselas, sometidas al desarrollo de distintos sustratos de enraizamiento, permiten deducir que, los sustratos de enraizamiento influenciaron significativamente en el desarrollo de las hojas, por cuanto existieron diferencias estadísticas significativas en el análisis de variancia. Los mejores resultados se obtuvieron en las plántulas que se desarrollaron en el sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), superando el peso de las hojas en promedio de 0,28 g, que lo obtenido en los tratamientos del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de turba rubia Klasmann (S7); por lo que es posible inferir que, el sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann, es el tratamiento adecuado, con el cual las plántulas encontraron las condiciones de desarrollo, alcanzando mejor crecimiento de las hojas, por lo que las plántulas fueron más vigorosas. Es posible que haya sucedido lo manifestado por Montaña (2010), que el uso de organismos fijadores de nitrógeno como *Azolla*, puede ayudar a mejorar la agricultura, la cual será más sustentable, debido a una disminución del riesgo de problemas asociados con los efectos adversos sobre la fertilidad del suelo, causados por el uso continuo de los fertilizantes químicos. La asociación simbiótica entre *Azolla sp.* y la cianobacteria filamentosa *Anabaena sp.* por su alta capacidad fijadora de nitrógeno ha adquirido en los últimos tiempos mucha importancia para la agricultura; características que favorecieron el mejor crecimiento y desarrollo de las plántulas, obteniéndose mayor robustez y vigorosidad en las primeras etapas de desarrollo de las plántulas, obteniendo consecuentemente mayor desarrollo foliar y de la parte aérea.

5.1.4. Volumen del sistema radicular

Analizando los resultados de la evaluación estadística del volumen del sistema radicular, registrado a los 45 días de la siembra, en cada tratamiento sometido a varios sustratos de enraizamiento, permitió establecer que, existieron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, indicando que el volumen del sistema radicular reportaron distintos valores entre los tratamientos (tabla 8). Las repeticiones fueron no significativas, lo que demuestra que el diseño experimental fue bien elegido, al encontrar similitud entre los valores de repeticiones

de cada tratamiento. El volumen radicular va desde 2,10 cc hasta 7,30 cc, con promedio general de 4,50 cc, cuyos valores se reportan en el anexo 6. El coeficiente de variación fue de 18,52%, cuya magnitud dota de una adecuada confiabilidad a los resultados evaluados.

TABLA8. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE VOLUMEN DEL SISTEMA RADICULAR

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	0,47	0,23	0,34ns
Tratamientos	6	34,82	5,80	8,36**
Error exp.	12	8,33	0,69	
Total	20	43,62		

Coef. de var. = 18,52%

ns = no significativo

** = significativo al 1%

Examinando el comportamiento del volumen del sistema radicular, registrado a los 45 días de la siembra, se determinó que el mayor volumen del sistema radicular se obtuvo en las plántulas que se desarrollaron en el tratamiento conformado por el sustrato de enraizamiento 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), al ubicarse en el primer rango y lugar en la prueba de significación de Tukey al 5% (tabla9), con el mayor promedio de 6,37 cc; seguido de varios tratamientos que compartieron el primer rango con rangos inferiores, con promedios que van desde 5,43 cc hasta 4,87 cc. El menor volumen del sistema radicular, por su parte, se detectó en las plántulas del tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de turba rubia Klasmann (S7), con promedio de 2,57 cc, al ubicarse en el tercer rango y último lugar en la prueba.

Los valores observados en la evaluación estadística del volumen del sistema radicular, registrado a los 45 días de la siembra, en la producción de plántulas de col de Bruselas, sometidas al desarrollo de distintos sustratos de enraizamiento, permiten deducir que, los sustratos de enraizamiento influenciaron significativamente en el

TABLA9. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE VOLUMEN DEL SISTEMA RADICULAR

Tratamientos		Promedio (cc)	Rango
No.	Símbolo		
2	S2	6,37	a
1	S1	5,43	ab
6	S6	5,43	ab
4	S4	4,87	abc
3	S3	3,70	bc
5	S5	3,13	bc
7	S7	2,57	c

Desarrollo de las raíces, por cuanto existieron diferencias estadísticas significativas en el análisis de variancia. Los mejores resultados se obtuvieron en las plántulas que se desarrollaron en el sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), superando el volumen del sistema radicular en promedio de 3,80 cc, que lo obtenido en los tratamientos del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de turba rubia Klasmann (S7); lo que permite inferir que, el sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann, es el sustrato adecuado para la obtención de plántulas de col de Bruselas con mejor desarrollo del sistema radicular, debido a que, con éste sustrato, las plántulas encontraron mejores condiciones de nutrición, aireación, soltura y retención de humedad, con las cuales prosperaron mejor, asegurando un mejor material vegetativo para el trasplante. Es posible que haya sucedido lo manifestado por Petters(1985), que *Azolla* por sus características de crecimiento y fijación de nitrógeno, tiene un gran potencial como fuente de nitrógeno para muchos sistemas agrícolas, debido a que, el nitrógeno producido por la fijación simbiótica, puede ser disponible para las plantas por descomposición del helecho *Azolla*, o por excreción del nitrógeno al medio ambiente; el mismo que contribuyó al mejor desarrollo del sistema radicular, con el cual las plántulas encontraron las mejores condiciones de desarrollo, alcanzando mejor crecimiento y desarrollo del sistema radicular, consecuentemente mejor desarrollo vegetativo, obteniendo plántulas más vigorosas.

5.1.5. Altura de tallo a los 15, 30 y 45 días

Examinando los resultados obtenidos en los análisis de variancia de la evaluación del crecimiento en altura de tallo a los 15, 30 y 45 días de la siembra, permitieron establecer que, se apreciaron diferencias estadísticas significativas a nivel del 1% entre tratamientos en las lecturas a los 15 días y 30 días; y, diferencias estadísticas significativas a nivel del 5% en la lectura a los 45 días, indicando que el crecimiento en altura de tallo fue diferente entre los tratamientos sometidos a distintos sustratos de enraizamiento (tabla 10). Las repeticiones fueron no significativas, demostrando que prevalecieron respuestas similares entre las repeticiones de cada tratamiento. La altura de tallo detectada en el campo va desde 1,93 cm hasta 2,47 cm, con promedio general 2,18 cm a los 15 días, desde 2,03 cm hasta 2,95 cm, con promedio general 2,47 cm a los 30 días y desde 2,24 cm hasta 3,78 cm, con promedio general 2,97 cm a los 30 días, cuyos valores se detallan en los anexos 7, 8 y 9. Los coeficientes de variación fueron de 4,06%, 7,04% y 8,58%, para cada lectura, en su orden, cuyas magnitudes otorgan una adecuada confiabilidad a los resultados analizados.

TABLA10. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE ALTURA DE TALLO A LOS 15, 30 Y 45 DÍAS

Fuente de Variación	Grados de libertad	A los 15 días		A los 30 días		A los 45 días	
		Cuadrados medios	Valor de F	Cuadrados medios	Valor de F	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	0,0034	0,44ns	0,01	0,32ns	0,08	1,17ns
Tratamientos	6	0,06	7,59**	0,17	5,75**	0,28	4,28 *
Error exp.	12	0,01		0,03		0,06	
Total	20						

Coef. de var. = 4,06% 7,04% 8,58%

ns = no significativo

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

El crecimiento en altura de tallo fue mayor en el tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), con promedio de 2,43 cm a los 15 días, 2,85 cm a los 30 días y 3,53 cm a los 45 días, al ubicarse todos ellos en el primer rango en la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos (tabla11); seguido de los tratamientos del sustrato de enraizamiento conformado por 50% de *Azolla Anabaena* y 50% de

turba rubia Klasmann (S1), que compartieron el primero y segundo rangos, con promedios de 2,32 cm, 2,78 cm y 3,16 cm, para cada lectura, en su orden. Les siguen varios tratamientos que compartieron el primer y segundo rangos con rangos inferiores, observándose en el último lugar, con el menor crecimiento en altura de tallo al tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de turba rubia Klasmann (S7), al ubicarse en el último rango y lugar, con promedios de 2,06 cm a los 15 días y 2,64 cm a los 45 días, respectivamente y al tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de fibra de coco (S5) con promedio de 2,24 cm.

TABLA11. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE ALTURA DE TALLO A LOS 15, 30 Y 45 DÍAS

Tratamientos		Promedios (cm) y rangos					
No.	Símbolo	A los 15 días		A los 30 días		A los 45 días	
2	S2	2,43	a	2,85	a	3,53	a
1	S1	2,32	ab	2,78	ab	3,16	ab
6	S6	2,17	bc	2,34	bc	2,82	ab
3	S3	2,11	bc	2,41	abc	2,87	ab
4	S4	2,10	bc	2,40	abc	3,04	ab
5	S5	2,08	bc	2,24	c	2,71	b
7	S7	2,06	c	2,30	bc	2,64	b

La figura 3 ilustra el comportamiento del crecimiento en altura de tallo desde los 15 días, hasta los 45 días de la siembra, con respecto a sustratos de enraizamiento, en donde los mejores resultados se obtuvieron en las plántulas de los tratamientos del sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), cuyas plántulas se desarrollaron mejor, superando significativamente al resto de tratamientos.

La evaluación estadística del crecimiento en altura de tallo, en la producción de plantas de col de Bruselas, registrado a los 15, 30 y 45 días de la siembra, sometidas a las condiciones de desarrollo de distintos sustratos de enraizamiento, permiten deducir que, los sustratos de enraizamiento influenciaron significativamente

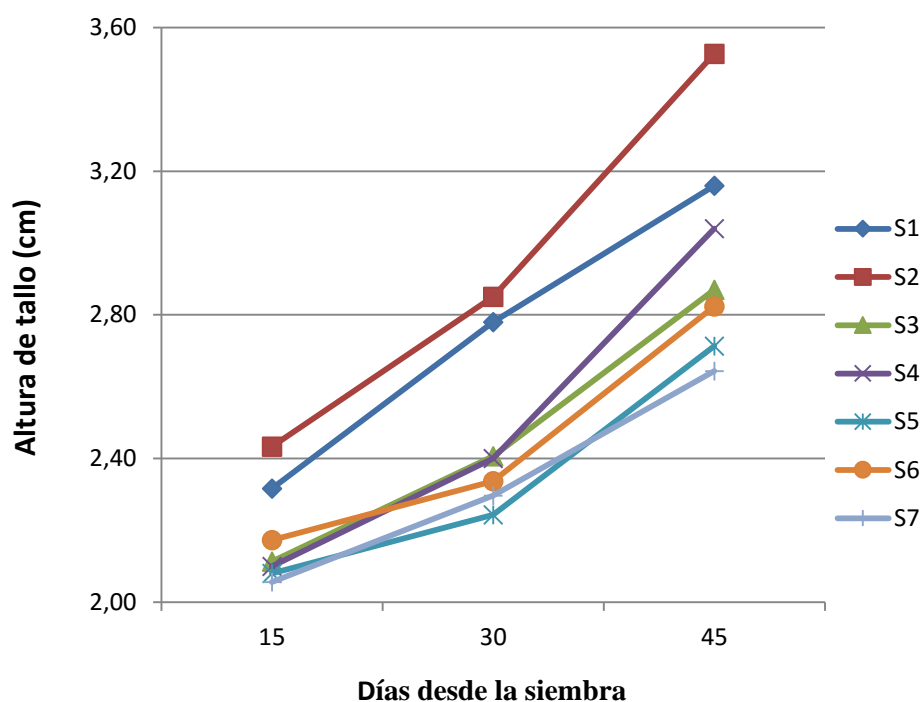


FIGURA 3. Curva de crecimiento para altura de tallo con respecto a sustratos

En éste crecimiento, por cuanto existieron diferencias estadísticas significativas en el análisis de variancia. Los mejores resultados se obtuvieron en las plántulas que se desarrollaron en las condiciones del sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), superando el crecimiento en promedio de 0,37 cm a los 15 días, 0,61 cm a los 30 días y 0,89 cm a los 45 días, que los tratamientos del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de turba rubia Klasmann (S7); por lo que es posible inferir que, el sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann, es el tratamiento adecuado, para la obtención de plántulas de col de Bruselas, debido a que, con éste sustrato, las plántulas encontraron mejores condiciones de desarrollo, mejor nutrición, aireación, soltura y retención de humedad apropiada, obteniéndose consecuentemente plántulas más vigorosas para el momento del trasplante. Según Carrapico (2001), el uso de *Azolla* en cultivos agrícolas reduce el uso de fertilizantes nitrogenados químicos, proporciona materia orgánica debido a su rápida multiplicación. Como resultado de la descomposición de *Azolla* se forma un compuesto húmico, el cual aumenta la capacidad de retención de agua y promueve la aireación y drenaje del suelo. *Azolla* también es importante en el ciclaje de nutrimentos, ya que, cuando el helecho está creciendo absorbe nutrimentos del agua principalmente fósforo. Cuando *Azolla* es incorporada al suelo, estos nutrimentos pueden ser liberados en la medida que avance la mineralización de la materia

orgánica del suelo. La liberación de fósforo en la descomposición de *Azolla* es importante especialmente en suelos con limitaciones en la disponibilidad del elemento; características que influenciaron favorablemente en el desarrollo de las plántulas con lo cual prosperan mejor, lo que es beneficioso para el productor, al obtener mayor crecimiento y vigorosidad.

5.1.6. Porcentaje de plantas útiles

La evaluación estadística mediante análisis de variancia al evaluar el porcentaje de plantas útiles, registrado a los 45 días de la siembra, establecieron diferencias estadísticas significativas a nivel del 5% entre tratamientos, indicando que éstos porcentajes fueron diferentes entre los tratamientos, al someterlos a distintos sustratos de enraizamiento (tabla 12). Las repeticiones fueron no significativas, por lo que prevalecieron respuestas similares entre las repeticiones de cada tratamiento. El porcentaje de plantas útiles detectada en el campo va desde 92,01% hasta 97,63%, con promedio general 95,41%, cuyos valores se presentan en el anexo 10. El coeficiente de variación fue de 1,27%, cuya magnitud dota de una alta confiabilidad a los resultados reportados.

TABLA12. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE PLANTAS ÚTILES

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	6,00	3,00	2,06ns
Tratamientos	6	35,10	5,85	4,01*
Error exp.	12	17,49	1,46	
Total	20	58,59		

Coef. de var. = 1,27%

ns = no significativo

* = significativo al 5%

En relación al porcentaje de plantas útiles, registrado a los 45 días de la siembra, se registró que el mayor porcentaje se alcanzó en las plántulas que se desarrollaron en el tratamiento conformado por el sustrato de enraizamiento 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), al ubicarse en el primer rango

y lugar en la prueba de significación de Tukey al 5% (tabla13), con el mayor promedio de 97,53%; seguido de varios tratamientos que compartieron el primero y segundo rangos, con promedios que van desde 96,15% hasta 94,38%. El menor porcentaje de plantas útiles, por su parte, se detectó en las plántulas del tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de turba rubia Klasmann (S7), con el menor promedio de 93,09%, al ubicarse en el segundo rango y último lugar en la prueba.

TABLA13. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE PLANTAS ÚTILES

Tratamientos		Promedio (%)	Rango
No.	Símbolo		
2	S2	97,53	a
1	S1	96,15	ab
6	S6	95,76	ab
3	S3	95,66	ab
4	S4	95,27	ab
5	S5	94,38	ab
7	S7	93,09	b

El porcentaje de plantas útiles de col de Bruselas, registrado a los 45 días de la siembra, sometidas al desarrollo de distintos sustratos de enraizamiento, permiten deducir que, los sustratos de enraizamiento influenciaron significativamente en la obtención de plantas útiles, por cuanto existieron diferencias estadísticas significativas en el análisis de variancia. Los mejores resultados se obtuvieron en las plántulas que se desarrollaron en el sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), superando el porcentaje de plantas útiles en promedio de 4,44%, que los tratamientos del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de turba rubia Klasmann (S7); lo que permite inferir que, el sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann, es el tratamiento apropiado, con el cual las plántulas encontraron las condiciones adecuadas para su mejor desarrollo, alcanzando mayor altura de planta, lo que es bueno, por cuanto se puede contar con mayor cantidad de material vegetativo de mejor calidad. Es posible que haya sucedido lo manifestado

por Espinoza (2004), que el uso de organismos fijadores de nitrógeno como *Azolla*, puede ayudar a mejorar la agricultura, la cual será más sustentable, debido a una disminución del riesgo de problemas asociados con los efectos adversos sobre la fertilidad del suelo, causados por el uso continuo de los fertilizantes químicos. La asociación simbiótica entre *Azolla sp.* y la cianobacteria filamentosa *Anabaena sp.* por su alta capacidad fijadora de nitrógeno ha adquirido en los últimos tiempos mucha importancia para la agricultura (Montaño, 2010); características que favorecieron el mejor crecimiento y desarrollo de las plántulas, obteniéndose mayor robustez y vigorosidad en las primeras etapas de desarrollo de las plántulas, por lo que se obtuvieron mayores porcentajes de plantas útiles.

5.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para evaluar la rentabilidad de la utilización de siete sustratos de enraizamiento para la producción de plántulas de col de Bruselas (*Brassica oleracea var. gemmifera*), híbrido Compact, utilizando bandejas propagadoras, se determinaron los costos de producción del ensayo en 7,69 m² que constituyó el área de la investigación (tabla 14), considerando entre otros los siguientes valores: \$ 57,00 para mano de obra, \$ 207,95 para costos de materiales, dando el total de \$ 264,95.

La tabla 15, indica los costos de inversión del ensayo desglosados por tratamiento. La variación de los costos está dada básicamente por los diferentes precios de los sustratos de enraizamiento, de acuerdo a las cantidades que lo conforman. Los costos de producción se detallan en tres rubros que son: costos de mano de obra, costos de materiales y costos de la utilización de los sustratos de enraizamiento.

La tabla 16, presenta los ingresos totales del ensayo por tratamiento. El cálculo del rendimiento se obtuvo mediante la venta de las plántulas útiles obtenidas en cada tratamiento, considerando el precio de una plántula en \$ 0,06 para los tratamientos donde se obtuvieron plántulas de mejor calidad y \$ 0,05 para el resto de tratamientos, para la época en que se sacó a la venta.

TABLA 14. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO (Dólares)

Labores	Mano de obra			Materiales			Costo unit. \$	Sub total \$	Costo total \$
	No.	Costo unit. \$	Sub total \$	Nombre	Unid.	Cant.			
Arriendo cub. plástica				Cubierta plástica	unidad	1	20	20.00	20.00
Recolección Azolla	0.25	12	3.00	Rastrillo	Día	1	0.3	0.30	3.30
				Sacos	unidad	2	0.2	0.40	0.40
Preparación Azolla	0.5	12	6.00	Rastrillo	Día	1	0.3	0.30	6.30
	0.25	12	3.00	Rastrillo	Día	1	0.3	0.30	3.30
				Molino industrial	hora	1	0.5	0.50	0.50
				Azolla	kg	22.7	0.11	2.50	2.50
Adquisic. fibra coco	0.25	12	3.00	Turba coco	kg	9.09	0.15	1.36	4.36
Adquisic. Klasmann	0.25	12	3.00	Klasmann	l	50	0.3	15.00	18.00
Obtención sem. col Bruselas	0.25	12	3.00	Semilla col de Bruselas	unidad	7098	0.019	134.86	137.86
Llenado de Bandejas	1	12	12.00	Alquiler de bandejas	unidad	21	0.8	16.80	28.80
Siembra y colocación de bandejas	1	12	12.00	Tiras de madera	unidad	4	1.2	4.80	16.80
Riegos	0.5	12	6.00	Manguera y ducha	unidad	1	0.80	0.80	6.80
				Agua	l	800	0.01	8.00	8.00
Controles Fitosanitarios	0.5	12	6.00	Alquiler bomba	hora	4	0.2	0.80	6.80
				Thiofin	g	2	0.072	0.14	0.14
				Previcur	ml	4	0.208	0.83	0.83
				Curzate	g	4	0.064	0.26	0.26
Total			57,00					207,95	264,95

TABLA 15. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO

Tratamiento	Costo de mano de obra (\$)	Costos de materiales (\$)	Costo de los sustratos (\$)	Costo total (\$)
S1	8,97	26,82	4,84	40,63
S2	8,97	26,82	2,97	38,76
S3	8,97	26,82	0,94	36,73
S4	8,97	26,82	1,02	36,81
S5	6,57	26,82	0,78	34,17
S6	7,97	26,82	1,10	35,89
S7	6,57	26,82	8,57	41,96

TABLA 16. INGRESOS TOTALES DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO

Tratamiento	Rendimiento	Precio de Una plántula \$	Ingreso total \$
S1	975	0,06	58,50
S2	989	0,06	59,34
S3	970	0,05	48,50
S4	966	0,05	48,30
S5	957	0,05	47,85
S6	971	0,05	48,55
S7	944	0,05	47,20

Con los valores de costos e ingresos por tratamiento se calcularon los beneficios netos actualizados, encontrándose valores positivos en todos los tratamientos, en donde los ingresos superaron a los costos. La actualización de los costos se hizo con la tasa de interés bancaria del 11% anual y considerando el mes y medio que duró el ensayo. La relación beneficio costo, presenta valores positivos, encontrando que el tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klamann (S2), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,51, en donde los beneficios netos obtenidos fueron 0,51 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad (tabla 17).

TABLA 17. CÁLCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO COSTO DE LOS TRATAMIENTOS CON TASA DE INTERÉS AL 11%

Tratamiento	Ingreso total	Costo total	Factor de actual.	Costo total actual.	Beneficio neto actual.	RBC
S1	58,50	40,63	0,9852	41,24	17,26	0,42
S2	59,34	38,76	0,9852	39,34	20,00	0,51
S3	48,50	36,73	0,9852	37,28	11,22	0,30
S4	48,30	36,81	0,9852	37,36	10,94	0,29
S5	47,85	34,17	0,9852	34,68	13,17	0,38
S6	48,55	35,89	0,9852	36,43	12,12	0,33
S7	47,20	41,96	0,9852	42,59	4,1	0,11

$$\text{Factor de actualización } Fa = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Tasa de interés anual $i = 11\%$ a Noviembre del 2016

Período $n =$ un mes y medio de duración del ensayo

$$\text{RBC} = \frac{\text{Beneficio neto actualizado}}{\text{Costo total actualizado}}$$

5.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Los resultados obtenidos en la utilización de siete sustratos de enraizamiento en la producción de plántulas de col de Bruselas (*Brassica oleracea var. gemmifera*), híbrido Compact, permiten aceptar la hipótesis alternativa (H_a), por cuanto, el empleo de sustratos de enraizamiento, influenciaron en el desarrollo, permitiendo obtener plántulas de calidad, especialmente al utilizar el sustrato de enraizamiento conformado por la combinación de 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasman (S2), con el cual se alcanzaron los mejores resultados, al obtenerse mayor porcentaje de emergencia, con plántulas de mayor crecimiento en altura, como mejor sistema radicular, por lo que se incrementaron los porcentajes de plantas útiles.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1. CONCLUSIONES

Finalizada la investigación “Evaluación de distintas fórmulas de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de col de Bruselas (*Brassica oleracea var. gemmifera*) en la parroquia Izamba”, se llegaron a las siguientes conclusiones:

Los mejores resultados se obtuvieron con la utilización del tratamiento conformado por el sustrato de enraizamiento 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), al obtenerse mejor crecimiento y desarrollo tanto de la parte aérea, como del sistema radicular, con mayor cantidad de plantas útiles, reportando las plántulas que se desarrollaron en estas condiciones: mayor porcentaje de emergencia (99,11%), mejor altura de plántula, tanto a los 15 días (6,39 cm), como a 30 días (8,51 cm) y a los 45 días (9,84 cm) de la siembra. El peso de las hojas fue mejor (0,57 g), como también el volumen del sistema radicular (6,37 cc), alcanzando mayor crecimiento en altura de tallo tanto a los 15 días (2,43 cm), como a los 30 días (2,85 cm) y a los 45 días (3,53 cm) de la siembra, reportando consecuentemente mayor porcentaje de plantas útiles (97,53%), por lo que es el tratamiento apropiado al momento de seleccionar un sustrato para la propagación masiva de plántulas de col de Bruselas, híbrido Compact.

Se destacaron también las plántulas que se desarrollaron en el sustrato de enraizamiento conformado por 50% de *Azolla Anabaena* y 50% de turba rubia Klasmann (S1), con buenos resultados, especialmente en el peso de las hojas (0,49 g), porcentaje de emergencia de 96,65%, altura de plántula de 5,98 cm a los 15 días, 7,73 cm a los 30 días y 9,44 cm a los 45 días, volumen del sistema radicular de 5,43 cc, altura de tallo de 2,32 cm a los 15 días, 2,78 cm a los 30 días y 3,16 cm a los 45 días y porcentaje de plantas útiles de 96,15%, siendo una alternativa para la propagación de plántulas.

El sustrato S6 conformado únicamente por el sustrato *Azolla Anabaena*, reportó resultados significativos, con porcentaje de emergencia de 96,25%, altura de

plántula de 57,38 cm a los 30 días, volumen del sistema radicular de 5,43 cc, altura de tallo de 2,82 a los 45 días y porcentaje de plantas útiles de 95,76%, por lo que fue un sustrato que se destacó y compartió el primero y segundo rango en la mayoría de variables analizadas.

El sustrato S3, compuesto por 50% de fibra de coco y 50% de *Azolla Anabaena*, se destacó en el porcentaje de emergencia de 96,15%, altura de plántula a los 30 días de 7,23 cm, peso de las hojas de 0,43 g, altura de tallo a los 30 días de 2,41 cm y porcentaje de plantas útiles de 95,66%, compartiendo el primer rango con rangos inferiores en la mayoría de variables analizadas.

El sustrato S4 (25% de fibra de coco y 75% de *Azolla Anabaena*), reportó buenos resultados en el porcentaje de emergencia (96,15%), altura de plántula a los 15 días (5,55 cm) y a los 30 días (7,24 cm), peso de las hojas de 0,44 g, volumen del sistema radicular de 4,87 cc, altura de tallo a los 45 días de 3,04 cm y porcentaje de plantas útiles de 95,27%.

Con respecto al sustrato S5 (100% de fibra de coco), reportó resultados significativos en el porcentaje de emergencia (95,76%), altura de plántula a los 30 días (7,02 cm) y porcentaje de plantas útiles de 94,38%.

En relación al sustrato S7 (100% de turba rubia Klasmann), reportó el menor porcentaje de emergencia (92,70%), el menor crecimiento en altura de plántula a los 15 días (6,80 cm), a los 30 días (6,80 cm) y a los 45 días (8,02 cm), el menor peso de las hojas (0,29 g) como volumen del sistema radicular (2,57 cc), la más baja altura de tallo de 2,06 cm a los 15 días y 2,64 cm a los 45 días; y, el menor porcentaje de plantas útiles de 93,09%, al ubicarse en los últimos rangos en la mayoría de variables.

Del análisis económico se concluye que, el tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann (S2), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,51, en donde los beneficios netos obtenidos fueron 0,51 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad.

6.2. RECOMENDACIONES

Para obtener plántulas de col de Bruselas, híbrido Compact, con mejor crecimiento y desarrollo tanto de la parte aérea, como del sistema radicular, con mayor cantidad de plantas útiles, utilizar el sustrato de enraizamiento conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasman, por ser el tratamiento que mejores resultados reportó en prácticamente todas las variables analizadas.

6.3. BIBLIOGRAFÍA

Abonos y sustratos. 2016. Características de los abonos y sustratos. En línea. Consultado el 12 de Agosto del 2016. Disponible en <http://www.abonossustratos-marc.galeon.com/>.

Agricultura. 2016. Cultivo de col de Bruselas. En línea. Consultado 13 de Julio del 2016. Disponible en <http://www.agricultura.uson.mx/Zamora/COL%20DE%20BRUSELAS-DAG-HORT-012.pdf>.

Andes. 2015. Azolla. En línea. Consultado el 28 de Noviembre del 2015. Disponible en: <http://www.andes.info.ec/es/reportajes/4672.html>.

Alsina, L. 1980. Horticultura especial. 2 ed. Barcelona, Sintesis. Tomo 1, 303 p.

Baca, B. 2006. Fijación biológica de nitrógeno. Universidad Autónoma de Puebla, 1 ed. México. 216p.

Bejo. 2006. Semillas de col de Bruselas, híbrido Compact. Hoja técnica. 1 p.

Carrapíco, F.; Teixeira, G.; Diniz, A. 2001. Azolla as Biofertiliser in Africa. Challenge for the future. Revista de Ciencias Agrarias, Lisboa.

Chinchilla, C. 1991. Material de desarrollo avanzado en viveros de planta aceitera. 428-431p.

Clavijo, J. 2008. Sustratos. Universidad de Almería. Editorial servicio de publicaciones. 215 p.

Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (CORPEI). 2015. El brócoli. En línea. Consultado 21-11-2015. Disponible en www.corpei.com.co/hortalizas.html.

Davidse, M. 1995. Flora mesoamericana. México. 396-398 p.

Ecuador. Instituto Geográfico Militar. 1986. Mapa general de los suelos del Ecuador. Quito. Esc.1:1 000 000. Color.

Ecuador. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2016. Datos climáticos, Aeropuerto Chachoán. Ambato. 5 p.

Edmond, J. 1984. Principios de horticultura. Trad. Por Federico Garza Flores. 3 ed. México, Continental. p. 309-334.

Escriva, G. 2010. Huerta orgánica en macetas. Primera edición. Buenos Aires: Albatros. 112p.

Espinoza, Y.; Gutiérrez, R. 2006. Caracterización agronómica de accesiones de Azolla de Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apdo. 4653 Maracay 2101. Venezuela.

Espinoza, Y. 2004. Artículos de producción vegetal. En línea. Consultado el 12 de Enero del 2015. Disponible en www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/arti/espinoza_y/arti/espinoza_y.htm).

Fernández, M.M.; Aguilar, M.I.; Carrique, J.R.; Tortosa, J.; García, C.; López, M.; Pérez, J.M. 1998. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Conserjería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla, España. 302 p.

García, A. 1959. Horticultura. Sustratos. Editorial Valencia. Primera edición. Barcelona. p. 88-90.

Girald, O; Osorio, B. 1983. Hortalizas, manual de asistencia técnica. Bogotá, ICA. p. 167-188.

Guerrero, T. 1980. Horticultura. Quito, Universidad Central del Ecuador. 78 p.

Hartmann, H.;Kester, D. 1987. Propagación de plantas. Primera edición. México, Editorial Continental. 760p.

Hernández, G. 2011. Producción de plántulas de brassicas con sustrato de peatmoss, lombricomposta y tierra de mezquite. Tesis. 60p.

Holdridge, L.R. 1982. Ecología basado en las zonas de vida. Trad. por Humberto Jiménez Saa. San José, C.R., IICA. p. 44,45. (Serie de libros y materiales educativos no. 34).

Hortuba. 2014. Cultivo de brócoli. En línea. Consultado el 14 de Enero del 2014. Disponible en http://www.horturba.com/castellano/cultivar/ficha_manejo.php?-ID=19.

Infoagro. 2016. Tipos de sustratos. En línea. Consultado 13-jun-2016. Disponible en http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.asp#1.

Infoagro. 2005. La col. Disponible en internet. www.infoagro.com.

Infojardin. 2015. Sustratos. En línea. Consultado el 02 de Diciembre del 2015. Disponible en: <http://articulos.infojardin.com/jardin/macetas-sustratos-plantas-maceta.htm>.

Limongelli, J. 1979. El repollo y otras crucíferas de importancia en la huerta comercial. Buenos Aires, Argentina, Ed. Hemisferio Sur. 347 p.

Llurba, M. 1997. Parámetros a tener en cuenta en los sustratos. Revista horticultura No. 125-Diciembre 1997.

Maroto, J. 1982. Horticultura herbácea especial. Madrid, Mundi-Prensa. p. 166.

Masaguer, A. 2015. De residuo a recurso. Primera edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. 49-53 p.

Montaño, M. 2010. Proyecto Azolla. 1 ed. Instituto de Ciencias Químicas y Ambientales de la Escuela Politécnica del Litoral. Guayaquil. 325 p.

Núñez, R. 1988. Adaptación de cinco variedades de col *Brassica Oleracea* var. *Capitata* bajo tres densidades de plantación. Tesis Ing. Agr. Ambato, Ec, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Agronómica. 110 p.

Petters, G. 1985. Biofertilización. Buenos Aires, Editorial Hemisferio Sur.158p.

Pillajo, F. 1984. Proyecto piloto de hortalizas de huertos demostrativos de unidades de salud y huertos familiares. Quito, Ideas. 24 p.

Projar. 2015. Sustrato KekkilaDSM 1 W. En línea. Consultado el 30 Abril del 2015. Disponible en <http://www.projar.es/productos/sustratos/sustrato-kekila-dsm-1-w/>.

Raven, P. 1992. Biología de las plantas. Volumen dos. Editorial REVERTE. Primera edición. Barcelona-España. 112-15 p.

Seymour, J. 1980. El horticultor autosuficiente. Barcelona, Blume. p. 122.

Suquilanda, M. 2000. Producción orgánica. Cartilla divulgativa No. 3. Quito.

Terres, V.; Artetxe, A.; Beunza, A. 1997. Caracterización física de los sustratos de cultivo. Revista Horticultura No. 125 – Diciembre 1997.

Vadillo, G.;Suní, M. 2006. Evaluación de sustratos para el establecimiento en laboratorio de plántulas de *Puya raimondii* Harms (Bromeliaceae). Tesis.

6.4. ANEXOS

ANEXO 1. PORCENTAJE DE EMERGENCIA

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	S1	96,75	96,45	96,75	289,95	96,65
2	S2	99,11	99,41	98,82	297,34	99,11
3	S3	98,22	96,45	93,79	288,46	96,15
4	S4	98,22	96,15	94,08	288,45	96,15
5	S5	94,38	95,86	97,04	287,28	95,76
6	S6	94,67	97,34	96,75	288,76	96,25
7	S7	93,20	92,31	92,60	278,11	92,70

ANEXO 2. ALTURA DE PLANTA A LOS 15 DÍAS (cm)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	S1	6,04	5,62	6,27	17,93	5,98
2	S2	6,37	6,06	6,73	19,16	6,39
3	S3	5,30	5,90	5,07	16,27	5,42
4	S4	5,43	5,98	5,23	16,64	5,55
5	S5	5,40	5,22	5,18	15,80	5,27
6	S6	5,45	5,12	5,60	16,17	5,39
7	S7	5,38	5,17	5,23	15,78	5,26

ANEXO 3. ALTURA DE PLANTA A LOS 30 DÍAS (cm)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	S1	7,62	7,37	8,21	23,20	7,73
2	S2	8,50	8,39	8,63	25,52	8,51
3	S3	7,14	7,59	6,97	21,70	7,23
4	S4	6,80	7,97	6,95	21,72	7,24
5	S5	7,97	6,89	6,20	21,06	7,02
6	S6	6,85	7,93	7,36	22,14	7,38
7	S7	6,75	6,84	6,82	20,41	6,80

ANEXO 4. ALTURA DE PLANTA A LOS 45 DÍAS (cm)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	S1	9,94	9,27	9,12	28,33	9,44
2	S2	10,10	9,63	9,79	29,52	9,84
3	S3	8,37	8,56	8,18	25,11	8,37
4	S4	8,77	8,65	7,72	25,14	8,38
5	S5	8,16	8,03	8,38	24,57	8,19
6	S6	8,54	8,79	8,42	25,75	8,58
7	S7	8,01	7,43	8,62	24,06	8,02

ANEXO 5. PESO DE LAS HOJAS (g)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	S1	0,51	0,48	0,47	1,46	0,49
2	S2	0,56	0,61	0,55	1,72	0,57
3	S3	0,38	0,41	0,51	1,30	0,43
4	S4	0,49	0,37	0,47	1,33	0,44
5	S5	0,39	0,27	0,28	0,94	0,31
6	S6	0,34	0,30	0,31	0,95	0,32
7	S7	0,27	0,36	0,24	0,87	0,29

ANEXO 6. VOLUMEN DE SISTEMA RADICULAR (cc)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	S1	5,90	6,30	4,10	16,30	5,43
2	S2	7,30	5,60	6,20	19,10	6,37
3	S3	3,30	4,70	3,10	11,10	3,70
4	S4	4,60	5,20	4,80	14,60	4,87
5	S5	3,70	3,20	2,50	9,40	3,13
6	S6	5,10	4,70	6,50	16,30	5,43
7	S7	2,70	2,10	2,90	7,70	2,57

ANEXO 7. ALTURA DE TALLO A LOS 15 DÍAS (cm)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	S1	2,33	2,46	2,16	6,95	2,32
2	S2	2,45	2,47	2,38	7,30	2,43
3	S3	2,14	2,11	2,09	6,34	2,11
4	S4	2,16	2,02	2,12	6,30	2,10
5	S5	2,06	2,07	2,11	6,24	2,08
6	S6	2,13	2,15	2,24	6,52	2,17
7	S7	2,18	1,93	2,06	6,17	2,06

ANEXO 8. ALTURA DE TALLO A LOS 30 DÍAS (cm)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	S1	2,87	2,92	2,55	8,34	2,78
2	S2	2,77	2,95	2,83	8,55	2,85
3	S3	2,62	2,36	2,24	7,22	2,41
4	S4	2,57	2,25	2,38	7,20	2,40
5	S5	2,21	2,22	2,30	6,73	2,24
6	S6	2,24	2,34	2,43	7,01	2,34
7	S7	2,31	2,03	2,55	6,89	2,30

ANEXO 9. ALTURA DE TALLO A LOS 45 DÍAS (cm)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	S1	3,21	3,52	2,75	9,48	3,16
2	S2	3,43	3,78	3,37	10,58	3,53
3	S3	3,10	2,75	2,76	8,61	2,87
4	S4	3,07	2,93	3,12	9,12	3,04
5	S5	2,96	2,45	2,73	8,14	2,71
6	S6	2,98	2,85	2,64	8,47	2,82
7	S7	2,85	2,24	2,84	7,93	2,64

ANEXO 10. PORCENTAJE DE PLÁNTULAS ÚTILES

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	S1	97,04	97,63	93,79	288,46	96,15
2	S2	97,34	97,63	97,63	292,60	97,53
3	S3	94,97	96,15	95,86	286,98	95,66
4	S4	96,75	95,56	93,49	285,80	95,27
5	S5	94,67	94,97	93,49	283,13	94,38
6	S6	94,38	95,86	97,04	287,28	95,76
7	S7	92,60	94,67	92,01	279,28	93,09

CAPÍTULO VII

PROPUESTA

7.1. DATOS INFORMATIVOS

Utilización del sustrato orgánico para la producción de plántulas de col de Bruselas (*Brassica oleracea var. gemmifera*).

7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Esta propuesta se planteó en relación a los mejores resultados obtenidos al final de la investigación y en los resultados del análisis económico, en donde se observó que, las plántulas de col d Bruselas, híbrido Compact, se desarrollaron mejor, con la utilización del sustrato orgánico conformada por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann, en las condiciones de manejo que se llevó el ensayo.

7.3. JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador la mayoría de agricultores han optado por usar sustratos o turbas extranjeras, para tener un mayor porcentaje de germinación y mejor sistema radicular de las plántulas de hortalizas. Estos sustratos son de cultivo a base de turba rubia y negra para germinación de semillas y propagación de plantas en cultivos especializados de flores, hortalizas y frutas.

Aunque estos sustratos extranjeros son de muy buena calidad, los costos que tienen junto a los de la semilla hacen que en la provincia de Tungurahua, la propagación de plántulas sean elevados y no siempre se pueden asegurar un porcentaje de germinación muy buena y el desarrollo del sistema radicular no es de muy buena calidad.

La *Azolla sp.* es un helecho acuático que alberga en sus cavidades basales de la fronda una cianobacteria del género *Anabaena sp.* En el ámbito ecológico la *Azolla* es responsable del aumento sustancial de N del ambiente puesto que durante

su vida fija nitrógeno y al morir el nitrógeno fijado puede ser utilizado por las plantas a su alrededor. La asociación de *Azolla Anabaena* tiene un alto potencial como abono verde en los cultivos de arroz en las zonas tropicales, con una fijación aproximada de 600 kg de N/ha/año en condiciones óptimas de luz, temperatura y composición química del sustrato (Petters, 1985).

7.4. OBJETIVO

Utilizar de la fórmula del sustrato orgánico conformada por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann, en la producción masiva de plántulas de col de Bruselas (*Brassica oleracea var. gemmifera*).

7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Esta propuesta es factible efectuarla, valorando todos los aspectos técnicos que deben realizarse para llevar adelante un plan de producción masiva de plántulas de col de Bruselas, considerando que los elementos que conforman el sustrato son de fácil adquisición, baratos y de fácil manipuleo, con lo que se conseguirán plantas de mejor calidad, mejor desarrolladas y más vigorosas.

7.6. FUNDAMENTACIÓN

La germinación de semillas es un factor muy importante en cuanto se refiere a la propagación de plántulas de hortalizas. Para lograr un mayor porcentaje de germinación y un buen desarrollo de la planta, en sus fases iniciales, se han desarrollado diferentes tipos de sustratos a nivel mundial, los cuales han sido elaborados con materia orgánica y sustancias minerales artificiales o naturales.

En general un sustrato tiene una granulometría mucho más gruesa que un suelo, lo que facilita la aireación aunque disminuye de la retención de agua. Por ello, al hacer una mezcla a base de sustancias orgánicas y minerales, hay que tratar de buscar el equilibrio entre retención de agua y aireación.

Para que un sustrato sea el adecuado, debe tener las siguientes características: debe ser ligero, para permitir que disminuya el peso en las bandejas y facilitar su transporte y el de los recipientes. Es necesario que contenga gran cantidad de poros (es decir, espacios libres), lo cual permitirá que las raíces se desarrollen fácilmente facilitando la circulación del agua, al efectuar los riegos. También deben tener un buen contenido de nutrientes, generalmente la mayoría de sustratos aportan poca cantidad de nutrientes a las plántulas, por lo que será necesario aplicar al sustrato un abono orgánico. Un sustrato adecuado es necesario que posea una buena estabilidad, para que mantenga sus propiedades durante varios meses. Actualmente los sustratos que poseen la mayor parte de estas características mencionadas son los denominados orgánicos o tierras vegetales (Llurba, 1997).

7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

7.7.1. Labores preliminares

Antes de iniciar las labores, realizar la limpieza general del lugar, dejando el suelo totalmente limpio, libre de tierra, piedras, retazos de madera, etc, para luego delimitar el área destinada para la producción de plántulas.

7.7.2. Características de la cubierta plástica

La cubierta plástica será preferentemente de estructura metálica de 3 m de altura, 4 m de ancho y 6 m de largo, cubierta con plástico de invernadero y provista de cortinas (sarán).

7.7.3. Obtención de la *Azolla*

La *Azolla* se obtiene de estanques reservorios de las granjas agropecuarias del sector. Para la recolección preferiblemente utilizar rastrillo para arrastrar la *Azolla* hacia las orillas y depositarla en sacos para ser trasladados a un lugar pavimentado para el secado.

7.7.4. Preparación de la *Azolla*

Secar la *Azolla* por el lapso de dos días. Para ello extender en un lugar pavimentado, plano y seco, removiendo con la ayuda de un rastrillo, hasta cuando se seque completamente. Luego triturar con la ayuda de un molino industrial.

7.7.5. Adquisición del sustrato comercial turba rubia Klasmann

El sustrato comercial turba rubia KlasmannTS1, será de granulometría fina.

7.7.6. Características de las bandejas germinadoras

Las bandejas germinadoras serán preferentemente de espuma flex; diseño del alveolo de 2 cm x 2 cm (338 alveolos por bandeja), medidas exteriores de la bandeja de 34 cm x 66 cm y profundidad del alveolo 5 cm.

7.7.7. Obtención de la semilla

La semilla de col de Bruselas, híbrido Compact (Bejo).

7.7.8. Preparación del sustrato

La preparación del sustrato se realizará mezclando en las concentraciones que lo conforman 75% de *Azolla* y 25% de turba rubia Klasmann.

7.7.9. Llenado de bandejas

Se llenarán los alveolos de las bandejas con el sustrato, presionando ligeramente para eliminar el aire y obtener un llenado total.

7.7.10. Siembra y colocación de las bandejas

Para la siembra, se depositará una semilla en cada alveolo, tapando con 2-3 mm de sustrato, presionando ligeramente. Las bandejas se colocarán sobre tiras de madera para que no tome contacto directo con el suelo.

7.7.11. Riegos

Los riegos se efectuarán diariamente, con regadera, mojando los sustratos hasta capacidad de campo.

7.7.12. Controles fitosanitarios

Se efectuarán los controles fitosanitarios para la prevención y control de *Phytium* y tizón temprano (*Alternaria sp.*).

7.8. ADMINISTRACIÓN

Esta propuesta se llevará a cabo mediante organizaciones capacitadas, que cuenten con los recursos y el personal técnico apropiado y adiestrado para el manejo del cultivo de col de Bruselas, especialmente en la etapa de producción de plántulas. Las personas responsables del manejo tecnológico del cultivo, deberán entender a satisfacción los requerimientos de sustratos para la propagación de las coles, como la fisiología de las plantas, en las primeras etapas de desarrollo.

7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Los resultados de la utilización del sustrato orgánico conformado por 75% de *Azolla Anabaena* y 25% de turba rubia Klasmann en la producción de plántulas de col de Bruselas, se informará a los pequeños y medianos productores mediante la divulgación de la información, utilizando como medios, la vinculación directa con los agricultores y productores, con días de campo, en donde se efectuarán parcelas demostrativas, con la debida comparación de resultados y demostrar los beneficios de la utilización del sustrato, incentivando y profundizando los conocimientos sobre propagación de plantas.