

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



CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS A BASE DE
CASCARILLA DE ARROZ Y COMPOST EN PLÁNTULAS DE
PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.)”**

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

JAIME JAVIER TELENCHANA TISALEMA

ING. AGR. MG. WILFRIDO YÁNEZ Y.

AMBATO - ECUADOR

2018

El suscrito JAIME JAVIER TELENCHANA TISALEMA, portador de cédula de identidad número: 1803869872, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS A BASE DE CASCARILLA DE ARROZ Y COMPOST EN PLÁNTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.)”, 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.

JAIME JAVIER TELENCHANA TISALEMA

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: “EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS A BASE DE CASCARILLA DE ARROZ Y COMPOST EN PLÁNTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.)”, 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.

JAIME JAVIER TELENCHANA TISALEMA

Fecha:

**“EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS A BASE DE
CASCARILLA DE ARROZ Y COMPOST EN PLÁNTULAS DE PIMIENTO
(*Capsicum annuum* L.)”**

Jaime Javier Telenchana Tisalema

REVISADO POR:

Ing. Agr. Mg. Wilfrido Yáñez Y.
TUTOR

Ing. Agr. Mg. Luciano Valle V.
ASESOR DE BIOMETRÍA

Ing. Agr. Mg. Marilú González P.
ASESORA DE REDACCIÓN TÉCNICA

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por acogerme en sus aulas y permitirme culminar mi carrera.

Mi sincero agradecimiento al Ing. Mg. Wilfrido Yáñez, quien con su paciencia, conocimientos, consejos, responsabilidad y ayuda me permitió realizar esta investigación.

Al Ing. Mg. Luciano Valle V., por sus acertadas sugerencias y colaboración durante el desarrollo del trabajo en la parte estadística. A la Ing. Mg. Marilú González por su apoyo en redacción técnica del trabajo.

Mi agradecimiento a mis hermanos Jimena y José, por su apoyo incondicional, sus sabios consejos. A mis queridos sobrinos Gabriel y Joaquín por alegrar mis días lluviosos.

A mis queridos amigos que me brindaron su amistad incondicional, apoyándome en momentos difíciles a lo largo de la carrera.

DEDICATORIA

A Dios por sembrar en mí, sentimientos de paz y alimentarme cada día de sabiduría para proyectar mi luz al mundo.

A mi madre, Nelly y mi padre, Jaime, gracias por darle color a mi vida, ser mi fortaleza y ejemplo de lucha y superación diaria. Por confiar siempre en mí, he encontrado mi camino, mi razón de ser.

Al recuerdo de mi esposa Sofía y mi hija Johana Estefanía, mis ángeles, que viven en mis pensamientos y en mi corazón.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
CAPÍTULO I	01
INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO II	03
REVISIÓN DE LITERATURA	03
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	03
2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	04
2.2.1. Cualidades de los sustratos	04
2.2.1.1. Importancia del agua en el sustrato	06
2.2.1.2. Importancia del aire en los sustratos	06
2.2.1.3. Características de un sustrato	06
2.2.1.4. Sustratos naturales	07
2.2.1.5. Sustratos artificiales	09
2.2.2. Sustratos empleados en el ensayo	10
2.2.2.1. Cascarilla de arroz	10
2.2.2.2. Compost	12
2.2.2.2.1. Procesos de descomposición de los abonos orgánicos	12
2.2.2.2.2. Factores que influyen en la descomposición de los abonos orgánicos	13
2.2.2.2.3. Ventajas y desventajas del compost	14
2.2.2.2.4. Métodos del compostaje	15
2.2.2.3. Turba comercial Pinstrub	16
2.2.3. Cultivo de pimiento	16
2.2.3.1. Clasificación taxonómica	17
2.2.3.2. Variedades	17
2.2.3.3. Morfología	18
2.2.3.4. Exigencias climáticas	19
2.2.3.5. Plagas y enfermedades	19
2.2.4. Características del pimiento variedad El Cortez	21
CAPÍTULO III	22
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	22
3.1. HIPÓTESIS	22
3.2. OBJETIVOS	22
3.2.1. Objetivo general	22

	Pág.
3.2.2. Objetivos específicos	22
CAPÍTULO IV	23
MATERIALES Y MÉTODOS	23
4.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO	23
4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	23
4.3. EQUIPOS Y MATERIALES	24
4.4. FACTOR EN ESTUDIO	25
4.5. TRATAMIENTOS	25
4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL	25
4.7. VARIABLES RESPUESTAS	27
4.8. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN	28
4.9. PROCESAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	30
CAPÍTULO V	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
5.1. RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y DISCUSIÓN	31
5.1.1. Porcentaje de emergencia	31
5.1.2. Altura de plántula a los 15, 30 y 45 días	33
5.1.3. Número de hojas a los 15, 30 y 45 días	34
5.1.4. Volumen del sistema radicular	36
5.1.5. Longitud del sistema radicular	37
5.1.6. Porcentaje de sobrevivencia	38
5.1.7. Características físico químicas de los sustratos	39
5.2. ANÁLISIS ECONÓMICO	39
5.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	43
CAPÍTULO VI	44
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	44
6.1. CONCLUSIONES	44
6.2. RECOMENDACIONES	45
6.3. BIBLIOGRAFÍA	45
6.4. ANEXOS	51
CAPÍTULO VII	59
PROPUESTA	59
7.1. DATOS INFORMATIVOS	59

	Pág.
7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	59
7.3. JUSTIFICACIÓN	59
7.4. OBJETIVO	60
7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	60
7.6. FUNDAMENTACIÓN	60
7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO	61
7.8. ADMINISTRACIÓN	63
7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	63

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL PIMIENTO	17
TABLA 2. TRATAMIENTOS	25
TABLA 3. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON LA UTILIZACIÓN DE SUSTRATOS DE ENRAIZAMIENTO Y SUS COMBINACIONES, A BASE DE CASCARILLA DE ARROZ Y COMPOST EN PLÁNTULAS DE PIMIENTO (<i>Capsicum annuum</i> L.)'	32
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS FISICO QUÍMICAS DE LOS SUSTRATOS	40
TABLA 5. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO (Dólares)	41
TABLA 6. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO	41
TABLA 7. INGRESOS TOTALES DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO	42
TABLA 8. CÁLCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO COSTO DE LOS TRATAMIENTOS CON TASA DE INTERÉS AL 11%..	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Esquema de la distribución del ensayo en el campo	26
FIGURA 2. Curva de crecimiento para altura de plántula con respecto a sustratos	34
FIGURA 3. Curva de crecimiento para número de hojas con respecto a Sustratos	36

RESUMEN

El ensayo se hizo en el Vivero San Gabriel, de la parroquia Cunchibamba, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, con una latitud Sur de 1° 07' 60", longitud Oeste de 78° 36' 00" y una altitud de 2696 msnm; con el propósito de: determinar el sustrato de mayor eficacia (100% ¹cascarilla de arroz S1, 50% cascarilla de arroz + 50% compost S2, 100% compost S3, ²turba comercial Pinstrub T, en el crecimiento de plántulas de pimiento (*Capsicum annum* L.); evaluar las características físicas-químicas de los sustratos; y, determinar la eficiencia económica de los tratamientos.

Los tratamientos fueron cuatro, se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro repeticiones. Se efectuó el análisis de variancia (ADEVA) y pruebas de Tukey al 5%, para diferenciar entre tratamientos. El análisis económico se realizó con la metodología de la relación beneficios costo (RBC).

Los mejores resultados se alcanzaron con la utilización del sustrato de enraizamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost (S2), al obtenerse el mejor porcentaje de emergencia (97,03%), mayor crecimiento en altura de plántula, tanto a los 15 días (5,52 cm), como a los 30 días (7,45 cm) y a los 45 días (9,54 cm) de la siembra. El número de hojas por plántula fue mayor, tanto a los 15 días (3,83 hojas), como a los 30 días (4,71 hojas) y a los 45 días (5,78 hojas). Se observó también el mayor volumen del sistema radicular (2,44 cc) y el mejor crecimiento en longitud del sistema radicular (8,41 cm), reportando consecuentemente el mayor porcentaje de sobrevivencia (96,15%).

Del análisis económico se concluye que, el tratamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost (S2), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,27, siendo el tratamiento de mayor rentabilidad.

¹ Cascarilla de arroz. Sustrato biológico, de baja tasa de descomposición, con alto contenido de silicio. Liviano, de buen drenaje, buena aireación.

² Turba Pinstrub. Turba enriquecida para plántulas de diferentes tipos de cultivo. Rinde 45% más que otras turbas. Promueve un buen desarrollo radicular.

SUMMARY

The trial was carried out in San Gabriel Nursery of Cunchibamba parish, Ambato canton, Tungurahua province, with a South latitude of 07.07 '60', West length 78° 36 '00 "and a height of 2696 msnm; in order to, determine the most efficient substrate (100% ¹rice husk S1, 50% rice husk + 50% compost S2, 100% compost S3, ²commercial peat Pinstrub T, in the growth of capsicum seedlings (*Capsicum annum* L.), to evaluate the physical-chemical characteristics of the substrates, and to determine the economic efficiency of the treatments.

The treatments were four, completely randomized block design (DBCA) was used, with four replicates. The analysis of variance (ANOVA) and the Tukey tests were performed at 5%, to differentiate between treatments. The economic analysis was performed using the methodology of economic cost (RBC).

The best results were achieved with the use of the rooting substrate made up of 50% rice husk + 50% compost (S2), the highest emergency percentage (97,03%), main growth at the height of the seedling, both at 15 days (5,52 cm), at 30 days (7,45 cm) and at 45 days (9,54 cm) from sowing. The number of leaves per plaice was higher, both at 15 days (3,83 leaves), at 30 days (4,71 leaves) and at 45 days (5,78 leaves). It also observed the highest root system volume (2,44 cc) and the best root length growth (8,41 cm), consecutively reporting the highest percentage of survival (96,15%).

From the economic analysis it is concluded that the treatment consisting of 50% of rice husk + 50% of compost (S2), reached the highest cost benefit ratio of 0.27, being the most profitable treatment

¹Rice husk. Biological substrate, low decomposition rate, high silicon content. Light, good drainage, good aeration.

²Peat Pinstrub. Peat enriched for seedlings of different types of cultivation. Makes 45% more than other mobs. Promotes good root development.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Por sustrato se entiende el medio de soporte en que las plantas van a germinar, enraizar y crecer en el vivero. Este medio de crecimiento debe proporcionar a las plantas varias cosas como la posibilidad de enraizar, que sus raíces crezcan sin obstáculos y que las plantas puedan sujetarse al mismo sin caer (es lo que se llama soporte físico). Absorber el agua presente y la que se aporte en el riego para poder desarrollar su metabolismo normalmente. Igualmente, intercambiar con el aire y otros gases, también necesarios para las funciones vitales. Existe otra definición de carácter más técnico que diferencia al sustrato completamente del suelo y lo circunscribe al uso en contenedores; dice lo siguiente: un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural o de síntesis o residual, mineral u orgánico que colocado en un contenedor, en forma pura o mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato, por tanto, debe anclar la planta al envase y mantenerla en posición vertical. Por otra parte, el sustrato puede o no intervenir en la nutrición mineral de la planta. Entendemos que el sustrato es un vivero también puede ser el propio suelo natural, en el que se pueden cultivar plantas (se habla entonces de cultivo directo en suelo) generalmente este suelo se mejora mediante diversas técnicas para que cubran las necesidades anteriores (Monteaguado, 2016).

La utilización de los sustratos como medio de crecimiento y desarrollo de las plantas han sido adelantos tanto de las modernas ciencias naturales como de la técnica, constituyendo el complemento de otros avances de la ciencia, tales como a regulación de la temperatura en los invernaderos, la iluminación y sombreado de éstos, las formas de cultivos del suelo, los sistemas de transporte, etc., conseguidos en los últimos años. Es necesario mencionar que el avance de las técnicas y la ciencia no van de la mano con algunos agricultores que rechazan por principios los nuevos métodos de cultivo (Penningsfeld, 1983).

Una de las ventajas del uso de sustratos lo constituye el menor control de plagas y enfermedades de la raíz de diversidad de plantas hortícolas, las cuales son comunes cuando se utiliza el suelo como medio de crecimiento. Para el sistema de cultivo en suelo se han desarrollado diversos métodos de desinfección con la finalidad de incrementar rendimiento y calidad de producto. Entre estos se encuentran: la solarización, vaporización, con el objeto de evitar el uso de moléculas químicas complejas y tóxicas como el bromuro de metilo, metam sodio, entre otros. En tal sentido, la transformación de los desechos en sustratos y el uso adecuado de los mismos para fines hortícolas surge como una alternativa viable, técnica y económica (Cursomedioambiente, 2017).

El cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) se ha convertido a lo largo del tiempo con el inicio de la conquista española en América en una de las hortalizas de mayor expansión a nivel mundial junto con el tomate, lo que resalta la importancia del pimiento en la alimentación de millones de personas en el mundo. Se exportaron 842,000 toneladas en el año 2000, por un valor de USD 914 millones. Los principales exportadores fueron España (29%), México (23%), y países bajos (18%). Los principales importadores fueron Estados Unidos (26%), Alemania (23%), Francia (8%), Reino Unido (7%) y Canadá (7%). En lo que se refiere a América, México aporta con un 51,6 % y Estados Unidos con una producción del 21,8% en cultivo de pimiento (Rios, 2012).

Según datos del III Censo Nacional Agropecuario del año 2003 en el Ecuador se sembraron 1145 Ha de pimiento como cultivo solo y asociado con otro tipo de cultivo, que corresponden tan solo al 0,08% del total nacional, de las cuales 1070 Ha fueron cosechadas, que significaron el 0,09% respectivamente del total de la nación. Así mismo se obtuvo una producción de 5517 Tm de pimiento con una venta equivalente a 5413 Tm que correspondieron al 0,04% y al 0,2% del total de la nación en forma similar (Rios, 2012).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En el “Vivero Jardín Primavera”, se realizó la evaluación de tres sustratos y cuatro dosis de bioestimulante para la producción de pimiento (*Capsicum annuum* L.). Los Factores en estudio fueron tres sustratos: (humus lombriz 100%, humus lombriz 40% + aserrín 60% y humus lombriz 60% + cas. arroz 40%); cuatro dosis de bioestimulantes BIO-ENERGÍA (0 ml, 1,5 ml, 2,0 ml y 2,5 ml) y el testigo (humus elaborado con residuos de jardín 50% + cas. de arroz 50%); la investigación utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 4 + 1, con cuatro observaciones. Las Variables evaluadas fueron: Emergencia, Prendimiento después del trasplante, Altura de planta al trasplante, Días a la floración, Flores por planta, Frutos por planta y Análisis financiero. Resultados: el t4 (humus de lombriz 100% + 2,5 ml/l de agua), como el mejor tratamiento. En promedios generales el t4 tuvo 100% de prendimiento, 19,90 cm, 65 días a la floración, 26,39 fl/pl, 12,19 fr/pl y B/C 4,51 (Dspace, 2017).

Los plantines de pimiento (*Capsicum annuum* L.), presentan elevada demanda de nutrientes como resultado de su alta tasa de crecimiento en relación a las plantas adultas. Para evaluar la adición de nitrógeno a sustratos preparados con y sin materiales compostados en la producción de pimiento, se realizó un ensayo fertilizando plantines cultivados en diferentes sustratos: Testigo (60% turba de *Sphagnum* + 40% perlita), Mezclal (45% turba de *Sphagnum* + 30% perlita + 25% material vegetal compostado), Mezcla II (30% turba de *Sphagnum* + 20% perlita + 50% material vegetal compostado) y un sustrato Comercial (turba de *Sphagnum* + 40% compost + perlita + vermiculita) con 150 y 300 mg-L⁻¹ de nitrógeno por semana, manteniendo un testigo sin fertilizar. Los plantines fueron trasplantados en invernadero según un diseño de bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones. Previo al trasplante se determinó área foliar, pesos fresco y seco de hoja, tallo y raíz, se calculó la proporción área de hojas, área foliar específica, tasas de crecimiento absolutas y relativas en fresco y en seco, tasa de expansión foliar absoluta y relativa, duración del área foliar y tasa de asimilación neta de los

plantines. En el cultivo se determinó precocidad, rendimiento precoz y total. La fertilización nitrogenada de la mezcla de sustrato testigo fue insuficiente para que los plantines alcanzaran los valores obtenidos al cultivarlos en las mezclas de sustratos con compost. Por lo tanto, es posible que el principal efecto benéfico de los materiales compostados sea disminuir la lixiviación de nutrientes desde la matriz del sustrato gracias a la mayor retención hídrica y al aumento de la capacidad de intercambio de iones (SciELO, 2017).

Se evaluó el desarrollo de plántulas de tomate (planta bioindicadora de toxicidad) en suelos con aserrín y cascarilla de arroz parcialmente biodegradados por *Pleurotus Ostreatus* bajo condiciones de invernadero. Se determinaron los componentes orgánicos (carbono, celulosa, lignina, extraíbles y materia orgánica) e inorgánicos (nitrógeno, fósforo y pH) antes y después de inocular el hongo en el aserrín y la cascarilla de arroz. Se realizaron mezclas de cada sustrato con un suelo pobre en nutrientes en proporciones iguales (1:1) y se les determinó el porcentaje de humedad. El experimento estuvo constituido por un diseño completamente aleatorio, con dos grupos de seis tratamientos para cada sustrato, a los 30 días se determinaron los parámetros de crecimiento y desarrollo de las plántulas. Los sustratos biodegradados reportaron bajo contenido de C, N y P. El tratamiento aserrín biodegradado + suelo fertilizado (ASB + SF), presentó los mejores resultados en número de hojas (12,9), altura de las plantas (25,94 cm), longitud radical (5,92 cm), peso seco (0,138 g) y peso fresco (1,012 g). El sustrato ASB + SF puede funcionar como sustrato favorable para el cultivo de plántulas de tomate debido a que aporta los nutrientes necesarios para el buen crecimiento de las plántulas. En la cascarilla de arroz las plantas no crecieron adecuadamente para conseguir ser trasplantadas (Redalyc, 2017).

2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.2.1. Cualidades de los sustratos

Para Escrivá (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 (Escriva, 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 (Lurba, 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).

Denominamos sustrato a 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 la cual es mayor cerca de las paredes (Terres, Artetxe, Beunza, 1997).

2.2.1.1. Importancia del 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. Importancia del 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. Características de un sustrato

El sustrato que se utilice 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 quizás 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 problema que se puede presentar 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 (Fernández et al, 1998).

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 debe ser lavada antes de su utilización (Hartmann y Kester, 1987).

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 micro y macronutrientes como Ca, Mg y P. El pH es algo ácido y su capacidad de retención de agua es prácticamente nula (Fernández et al, 1998).

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 (Hartmann y Kester, 1987).

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).

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 et al, 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 et al, 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 (Hartmann y Kester, 1987).

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 y de reacción neutra. En la propagación se utilizan las partículas que van de 0,00158 a 0,00317 m de diámetro (Zarp, 1991).

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 (Fernández et al, 1998).

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. (Zarp, 1991).

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 (Fernández et al, 1998).

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 (Zarp, 1991).

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 (Zarp, 1991).

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 et al, 1998).

2.2.2. Sustratos empleados en el ensayo

2.2.2.1. Cascarilla de arroz

Es un sustrato biológico, de baja tasa de descomposición dado su alto contenido de silicio. Se presenta como un sustrato liviano, de buen drenaje, buena aireación; pero presenta un problema para su humedecimiento inicial y para conservar la humedad homogéneamente cuando se trabaja como sustrato único en bancadas. Tiene una buena inercia química, pero puede tener problemas de residuos de cosecha (principalmente herbicidas); en este sentido, es bueno hacer ensayos con

cada viaje de cascarilla a utilizar. Para que la cascarilla sea efectiva como sustrato, se le debe dar un tratamiento especial. Se realiza colocándola en un recipiente con agua, haciendo cambios periódicos del agua cada 2 o 3 días, por el lapso de 20 días; para luego proceder a sembrar utilizándola como sustrato único o mezclado con otros sustratos (Velasquez, 1994).

La cascarilla seca constituye un sustrato excepcionalmente liviano con una densidad de solo 0,12 kg/l, al quemarlo genera una enorme cantidad de ceniza (12%) de color blanco, gris, y aún rosa, de textura granular, constituida en un 90% por estructura de sílice (SiO_2) similares al cuarzo, este elemento contribuye a dar a la cascarilla algunas de sus mejores propiedades. Como sustrato en condiciones continuamente de humedad y saturado de solución nutriente tarda de dos a tres años en perder su contextura física (Zarp, 1991).

Calderón (1989), agrega que para utilizar la cascarilla de arroz es necesario realizar una buena fermentación para lavar ciertos almidones, que pueden traer problemas posteriores en la producción. Se consigue la fermentación mojando constantemente la cascarilla y removiendo para facilitar la acción del oxígeno por lo menos una semana seguida.

La cascarilla de arroz no tiene valor como alimento para el humano, no solo por ser pobre en nutrientes, sino también porque su alto contenido de silicio lo hace dañina para los órganos digestivos y respiratorios de los animales. A veces la cascarilla se utiliza para camas de los establos, como abono, como medio de sostén para el cultivo de hortalizas en hidroponía y como acondicionador del suelo. Sin embargo, el mismo autor manifiesta que, puede presentar problemas de residuos de cosechas, principalmente de herbicidas, así como dificultad en su humedecimiento inicial y para conservarlo húmedo homogéneamente, cuando se utiliza como único sustrato (Grist, 1982).

La cascarilla de arroz, según la Enciclopedia Salvat de las Ciencias (1988), es un sustrato liviano que facilita el buen drenaje y la aireación. Por ser de origen biológico, su tasa de descomposición es baja dada su alto contenido de silicio y posee además buena inercia química. Sin embargo. Puede presentar problemas de residuos de cosechas, principalmente herbicidas, así como dificultad para su humedecimiento

inicial y para conservarlo húmedo homogéneamente cuando se le utiliza como único sustrato.

2.2.2.2. Compost

El término residuo se aplica a todo material generado en las actividades de producción y consumo, el cual no alcanza ningún valor económico y en las condiciones particulares de tiempo y de lugar en el que se ha producido, y que es preciso recoger y tratar por razones de salud, para evitar ocupaciones innecesarias de espacio, o, simplemente, por motivaciones estéticas. Los residuos orgánicos tienen un fuerte impacto sobre el medio ambiente, contaminando la atmósfera, suelo y aguas. Este impacto ambiental de los residuos orgánicos es debido a sus altos contenidos en materia orgánica y a la presencia de compuestos orgánicos recalcitrantes, metales pesados, etc., los cuales son altamente contaminantes. Desde el punto de vista hortícola, la finalidad de cualquier sustrato de cultivo es producir una planta de calidad en el más corto periodo de tiempo, con los más bajos costos de producción. En adición, la obtención y la eliminación del sustrato, una vez haya sido utilizado, no deberían provocar un impacto ambiental de importancia. La evaluación agronómica estudia la respuesta de la planta a un sustrato de cultivo determinado teniendo en cuenta las características específicas del material vegetal utilizado, las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato, y manejo de dicho sustrato (Faus, 2001).

2.2.2.2.1. Procesos de descomposición de los abonos orgánicos

El proceso de descomposición y mineralización de la materia orgánica para la producción del humus está basado en la acción de las bacterias y hongos, actinomicetos principalmente los cuales se introducen en el proceso de la descomposición de los abonos (Suquilanda, 2000).

- Mineralización

La mineralización es una descomposición vertiginosa de los residuos orgánicos, convirtiéndose en compuestos minerales que poseen una formación química más simples como son: bióxido de carbono (CO₂) que es un gas, agua

(H₂O), amoníaco (NH₃), fosfatos (PO₄), sulfatos (SO₄), compuestos potásicos, etc (Rodríguez, 1989).

Mediante el proceso de mineralización algunos elementos que son nutrimento para las plantas se transforman de una forma orgánica no utilizable por ésta, a una forma inorgánica utilizable. Tal es el caso por ejemplo, del nitrógeno, el fósforo, y el azufre, por tanto se habla de mineralización del nitrógeno, para referirse al conjunto de transformaciones mediante las cuales la acción de los microorganismos convierten una forma orgánica de nitrógeno en una forma inorgánica (Escriva, 2010).

- **Humificación**

La humificación es otra acción de los microorganismos, los cuales toman los residuos orgánicos y los transforman en nuevos complejos orgánicos (humus), que se caracterizan por su mayor estabilidad o sea que se degradan más lentamente en una mineralización más gradual (Rodríguez, 1989).

2.2.2.2. Factores que influyen en la descomposición de los abonos orgánicos

- **Temperatura**

Al incrementar la temperatura aumenta la actividad microbiana acelerando el proceso de descomposición. Las temperaturas bajas las detienen de allí que la actividad microbiana es mayor en verano que en invierno, y mayor en los trópicos que en las zonas frías (Fundesyram, 2017).

Existe una notable controversia en los climas templados en lo relacionado a la acción de las bacterias mesofílicas (10 a 48 grados centígrados) y termofílicas (50 a 70 grados centígrados) en el compostaje. En la práctica la masa del compost eleva rápidamente su temperatura a niveles termofílicos (Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, 1979).

- **Humedad**

El compost requiere de cantidades normales de humedad, queriendo decir estos que al presionar el material húmedo en la mano debe escurrir ligeramente el

agua lo cual indica una cantidad apropiada de agua, cuando el tiempo está seco se debe regar cada ocho días (Fondo Ecuatoriano Populorum Progressio, 1983).

Una misma cantidad de humedad puede reflejar situaciones muy diferentes respecto a la disponibilidad de agua para los microorganismos, pues cierta cantidad de lípidos se encuentran en estado líquido durante la fase termofílica. Por lo que la suma de las dos equivaldría a la cantidad de líquidos presentes en el material (Monroy y Viniegra, 1981).

La excesiva cantidad de humedad, significa una menor actividad de los microorganismos aeróbicos, disminuye proporcionalmente la aireación favoreciendo que estos sean desplazados por los microorganismos anaeróbicos que no necesitan oxígeno para su funcionamiento vital (Rodríguez, 1989).

- **Aireación**

Los microorganismos aeróbicos requieren de oxígeno para su funcionamiento. La compostera debe contener una adecuada proporción de aire en sus poros para el normal funcionamiento de esta flora mineralizante (Rodríguez, 1989).

La humedad y la aireación son interdependientes; el oxígeno usado por los microorganismos proviene de aire en condiciones aeróbicos (Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos, 1979).

En el proceso del compostaje, la aireación tiene dos finalidades: suministrar oxígeno usado por los microorganismos y extraer el calor producido. La cantidad de oxígeno consumido durante el compostaje depende de la temperatura dentro de la pila, del tamaño de las partículas y del tipo del material (Monroy y Viniegra, 1981).

2.2.2.2.3. Ventajas y desventajas del compost

- **Ventajas**

El compost mantiene la calidad nutrimental de los abonos orgánicos en relación con el material original cuando el compostaje se realiza adecuadamente.

Impide problemas sanitarios que pudieren ser transmitidos con los abonos orgánicos, debido a la esterilización con el aumento de la temperatura. Produce la inactivación de semillas de malezas que pueden estar presentes en los materiales orgánicos (Cechini, 1994).

- **Desventajas**

El sistema de compostaje es aparentemente fácil, pero pudieren presentarse inconvenientes, siendo uno de ellos, el desagradable olor que emanan por lo que se debe preparar alejado de la casa. Otro de los inconvenientes es que la fermentación de esta tierra vegetal hace que se forma un ejército de insectos molestos y peligrosos que pueden invadir el terreno. Con la remoción se produce volatilización del nitrógeno amoniacal (NH_3) (Cursomedioambiente, 2017).

2.2.2.2.4. Métodos del compostaje

- **Rimero**

Este método es totalmente aeróbico y es el más conocido para la elaboración del compost. Este método consiste en construir rimeros de 1,5 m de ancho por 2,5 m de largo y 1,5 m de alto; luego se ubican pingos cada metro en la mitad del rimero el cual servirá para facilitar la aireación de la compostera, removiendo dos a tres veces durante todo el proceso de descomposición (CARE, 1998).

- **Salchicha**

El mismo autor manifiesta que, es un método aeróbico para lo cual se preparan rimeros de: 1 m de ancho; 2,5 m de largo y 0,8 a 1 m de alto; en este caso es necesario revolver el material cada dos días durante las dos primeras semanas y luego una vez por semana.

- **Bocashi**

El bocashi es un tipo de abono fermentado de fácil preparación, de costos de producción bajos en relación a otros abonos. Este método es realizarlo bajo condiciones de invernadero. En el método bocashi, es imperioso voltearlo en la tarde

o muy temprano debido a las temperaturas muy elevadas. Los materiales usados en este método son: carbón, gallinaza, cascarilla de arroz, balanceado para terneros, levadura de pan, tierra negra, cal agrícola y agua (CARE, 1998).

- **Lombricultura**

La lombricultura es la crianza intensiva de lombrices (*Eisenia foetida*) en cautiverio, facultadas para transformar los desechos vegetales y animales en humus abundante en nutrientes y microorganismos. Este método requiere de la construcción de una cajoneta de reproducción (2,5 m de largo; 1 m de ancho; 0,60 m de alto) protegida con malla de polietileno o de otro material, se coloca los residuos vegetales, estiércol semidescompuestos y luego las lombrices. Es aconsejable mantener una buena humedad (Manualdelombricultura, 2017).

2.2.2.3. Turba comercial Pinstrub

Turba enriquecida para plántulas de diferentes tipos de cultivo. Rinde 45% más que otras turbas. Promueve un buen desarrollo radicular. Tamaño de partículas entre 0 - 10 milímetros. Pinstrub es un sustrato con pH corregido, abono de base, microelementos y humidificador, elaborados a base de turba rubia y/o negra y con una estructura fina. Por ejemplo, Pinstrub plus naranja, Pinstrub plus azul, pinstrub plus negro, y otros, así como cualquier sustrato abierto donde se pueden añadir, además de los componentes básicos, perlita, arcilla, cocopeat, abonos de liberación lenta, etc. Envasados en big bag de diferentes tamaños (Interempresas, 2017).

Turba rubia pura, procedente de turba aspirada y turba cosechada en bloques, y posteriormente cribada en la fábrica. Pinstrub proporciona una buena retención de agua y buena porosidad para una amplia gama de aplicaciones (Pinstrub, 2017).

2.2.3. Cultivo de pimiento

El pimiento es originario de la zona de Bolivia y Perú, donde además de (*Capsicum annuum L.*), se cultivan al menos otras cuatro especies. Fue llevado al viejo mundo por Colón en su primer viaje (1493). En el siglo XVI ya se había difundido su cultivo en España; desde ahí pasó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de los portugueses.

2.2.3.1. Clasificación taxonómica

El pimiento (*Capsicum annum L.*), especie herbácea perenne, que es cultivada de forma anual y que se cultiva para el consumo humano de sus frutos. Su clasificación taxonómica es la siguiente (Deker, 2011):

TABLA 1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL PIMIENTO

Reino	Vegetal
Sub reino	Embriobionta
División	Magnoliophyta
Sub división	Magnoliopsida
Clase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	Capsicum
Especie	Annum

Fuente: Deker (2011)

2.2.3.2. Variedades

Las variedades de *Capsicum* se dividen en dos grandes grupos: dulces y picantes, la diferencia radica en el contenido de capsicina (que es a la que se debe la astringencia o pungencia del pimentón), es menor en los pimientos dulces y puede llegar a ser el 4% del contenido total de los picantes.

Variedades dulces. Se cosechan principalmente cuando adquieren su estado de máxima madurez en el color verde, también se comercializan pintones o sea cuando han comenzado a tornarse rojos y en algunos casos completamente rojos. Se utiliza como especias, colorantes para condimentar los alimentos.

Variedades picantes. Pertenecen a la especie *Capsicum annum*, moderadamente picantes y a las especies *Capsicum frutescens* que son picantes. Su

uso es variado: pimienta roja, salsa de ají, y ajíes entero secos para la preparación de alimentos (Ramírez, 2009).

2.2.3.3. Morfología

La planta del pimiento es herbácea y anual, aunque tiene la facultad para rebrotar y volver a producir frutos en el segundo año y aun en el tercer año (Ramírez, 2009).

Ramas. De forma dicotómica. Se subdividen en dos partes a excepción de la primera ramificación en la cual pueden resultar de tres a cuatro.

Tallo. La parte aérea de la planta de pimiento suele vegetar desarrollando un tallo o fuste principal que se ramifica a una altura determinada en dos brazos. (Serrano, 1982). A pesar de ser frágil puede alcanzar un buen grosor en una planta bien desarrollada (Ramírez, 2009).

Hojas. Oblongas, lanceoladas, globosas, de color verde intenso.

Raíz. La raíz principal de unos 15 centímetros de profundidad; la secundaria y la terciaria de 50 a 70 centímetros de profundidad. En un cultivo hidropónico las raíces adquieren más o menos la dimensión de la bolsa.

Flores. Las flores del pimiento son de color blanco y suelen aparecer solitarias en cada nudo del tallo, en las axilas de las hojas. Las flores son autógamias, con un porcentaje no elevado de alogamia; esto hay que tenerlo muy en cuenta cuando se produzcan plantas para obtener semillas. Un gran número de variedades suelen florecer en la cruz del fuste de la primera flor, que da lugar a un fruto grande.

Frutos. El fruto es una baya de color rojo o amarillo en la madurez. Su forma es muy variada, dándose variedades de fruto alargado y variedades de fruto redondo. Unos son de sabor dulce y otras de sabor picante, debiendo este sabor picante a una sustancia llamada capsicina (Ramírez, 2009).

Semillas. Son lisas, amarillas, con forma de riñón. Un fruto grande contiene más de 200 semillas.

2.2.3.4. Exigencias climáticas

El ciclo vegetativo depende de las variedades de la temperatura en las diferentes fases (germinación, floración, maduración), de la duración del día y de la intensidad luminosa (Ramírez, 2009).

Temperatura. La semilla no germinará por debajo de los 13°C ni por encima de los 40°C, siendo el punto óptimo de germinación de 25°C.

Sustrato. Se prepara una buena mezcla para sustrato con buena retención de agua y buena aireación. Una buena mezcla sería: 50% de compost (muy descompuesto), 40% fibra de coco (sustituto ecológico de la turba) y 10% arlita (arcilla expandida) o perlita (feldespato expandido). Llenamos con ella la maceta o en su caso preparamos la bandeja con una capa de al menos 4 cm.

Siembra. Las semillas se reparten uniformemente sobre este sustrato bien aplanado, y se cubren a continuación con compost o tierra fina. Deben quedar a una profundidad aproximada de dos veces su diámetro. Regar con una lluvia fina.

Humedad- Debe mantenerse en un grado óptimo de humedad relativa de 80 a 90%. Nunca regar a chorros fuertes que pueden desenterrar las semillas. En tiempo ventoso o seco podemos cubrir con un plástico (Arnau, 2012).

2.2.3.5. Plagas y enfermedades

2.2.3.5.1. Plagas

Mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Los daños directos (amarillamientos y debilitamiento de las plantas) son ocasionados por larvas y adultos al alimentarse absorbiendo la savia de las hojas (Diaz, 2015).

Los daños indirectos se deben a la proliferación de neegrilla sobre la melaza producida en la alimentación, manchando y depreciando los frutos y dificultando el normal desarrollo de las plantas. Otros daños indirectos se producen por la transmisión de virus.

Araña Roja (*Tetranychus urticae*). La araña roja es un ácaro que deja las hojas descoloridas con pequeños punteados y sedas. Si afecta de manera importante puede provocar la desecación y defoliación de la planta.

Mosca minadora (*Liriomiza* sp.). Hace galerías claras y sinuosas en las hojas.

Pulgones (*Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Aulacorthum solani*). Los pulgones producen un enrollamiento y arrugado de hojas hacia abajo. Además, puedes apreciar colonias de estos pequeños insectos de color oscuro o verdoso, sobre todo en los brotes tiernos de la planta en desarrollo. Otra pista es la presencia de melaza (sustancia azucarada y pegajosa) y hormigas a su alrededor defendiéndolos.

Araña blanca (*Polyphagotarsonemus latus*). Este ácaro deja las hojas abombadas, curvadas, más oscuras y con aspecto alargado y nervios salientes (Díaz, 2015).

Los daños indirectos se deben a la proliferación de neegrilla sobre la melaza producida en la alimentación, manchando y depreciando los frutos y dificultando el normal desarrollo de las plantas. Otros daños indirectos se producen por la transmisión de virus (Díaz, 2015).

2.2.3.5.2. Enfermedades

Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*). Esta es una enfermedad que afecta al cultivo del pimiento y también a otras especies de invernadero en todas las fases, desde el semillero hasta el final del cultivo, siendo especialmente virulenta en épocas lluviosas con temperaturas de 15°C a 20°C.

Phytilium. Pertenecen especies de hongos sumamente primitivos; constituyen un elemento permanente de la microflora de la mayor parte del suelo. Las más

importantes con *P. debaryanum* y *P. ultimum*, las cuales provocan la podredumbre de las semillas en el suelo antes de la emergencia. Su virulencia se ejerce sobre todo su punta de las raíces y particularmente en la extremidad de la radícula, al principio de la germinación. Una vez que la plántula ha emergido del suelo, los ataques en la extremidad de las raíces, en el suelo húmedo, pueden reducir el vigor de las plantas (Avila, 1983).

Roña o sarna bacteriana (*Xanthomonas campestris*). En hojas aparecen manchas pequeñas, húmedas al principio que posteriormente se hacen circulares e irregulares, con márgenes amarillos, translúcidas y centros pardos posteriormente apergaminados. En tallo se forman pústulas negras o pardas y elevadas. Se transmite por semilla. Se dispersa por lluvias, rocíos, viento, etc. Afecta sobre todo en zonas cálidas y húmedas (Serrano, 1982).

2.2.4. Características del pimiento variedad El Cortez

Pimiento híbrido de planta vigorosa para campo abierto o invernadero, altamente productivo, planta vigorosa con excelente cobertura de fruto, frutos extra grandes con hombros planos, paredes gruesas y firmes; desarrolla cuatro lóbulos y es de pared muy gruesa. Cosecha de verde a rojo. Forma: alargada, color: rojo intenso brillante. Aspecto: liso. Peso: 150 - 170 g. Longitud: 12-14 cm. Densidad recomendada: 20 000 a 24 000 plantas/ha. Resistente a PepMoV, PepYMV, PVY 0,1, 1-2, TMV. -Mediana resistencia a *Phytophthora capsici* (Quickagro, 2017).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. HIPÓTESIS

Ha = Los sustratos de enraizamiento y sus combinaciones, presentan características favorables para el normal desarrollo radicular y foliar de las plántulas de pimiento (*Capsicum annuum* L.).

Ho = Los sustratos de enraizamiento y sus combinaciones, no presentan características favorables para el normal desarrollo radicular y foliar de las plántulas de pimiento (*Capsicum annuum* L.).

3.2. OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia de los sustratos alternativos en el crecimiento y desarrollo inicial de plántulas de pimiento (*Capsicum annuum* L.).

3.2.2. Objetivos específicos

Determinar el sustrato de enraizamiento de mayor eficacia en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de pimiento (*Capsicum annum* L.).

Evaluar las características físicas-químicas de los sustratos.

Determinar el análisis económico de los tratamientos mediante la relación beneficio costo.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se realizó en los predios del Vivero San Gabriel, ubicado en la parroquia Cunchibamba, Panamericana norte Km 15, perteneciente al cantón Ambato, de la provincia de Tungurahua, con una latitud Sur de 1° 07' 60", longitud Oeste de 78° 36' 00" y una altitud de 2696 msnm (sistema de posicionamiento global GPS).

4.2. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

4.2.1. Clima

El clima es templado y cálido. Hay precipitaciones durante todo el año, hasta el mes más seco aún tiene mucha lluvia, la temperatura media anual se encuentra a 13,8°C, Existen precipitaciones de alrededor de 544 mm/ anuales. El mes más seco es agosto, con 28 - 64 mm. El mes más caluroso del año con un promedio de 14,6°C es noviembre. El mes más frío del año con 12,6°C es de julio. La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 36 mm. Las temperaturas medias varían durante el año con 2,0°C. (CLIMATE-DATA.ORG, 2016).

4.2.2. Suelo

De acuerdo al MAG (2007), los suelos de esta zona son de textura franco arenoso, con buen drenaje. Los principales productos que se cultivan son hortalizas, papas, zanahoria, pastos. Entre las especies forestales predomina el eucalipto.

4.2.3. Agua

La zona cuenta con el agua de riego del canal de riego Latacunga Salcedo Ambato, cuyas aguas son aptas para el regadío.

4.2.4. Clasificación ecológica

De acuerdo a la clasificación ecológica de Holdridge (1982) el área corresponde a la formación ecológica estepa espinosa Montano Bajo (ee-MB) en transición con bosque seco Montano Bajo (bs-MB), caracterizado por tener el clima templado.

EQUIPOS Y MATERIALES

4.3.1. Material experimental

Semilla de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad El Cortez. Sustratos: cascarilla de arroz, compost y turba comercial (Pinstrub).

4.3.2. Cubierta plástica

Cubierta plástica construcción de madera, de 3,5 m de altura, provista de cortinas (sarán).

4.3.3. Herramientas y equipos

Regadera, pala, rastrillo, bomba de mochila.

4.3.4. Agroquímicos

Thiofin (Metil Thiofanato), Previcur (Propamocarb), Curzate (Cymoxanil + Mancozeb).

4.3.5. Materiales de oficina

Libreta, computadora, impresora, cámara fotográfica, papel bond, esferográficos, lápiz, borrador, etiquetas adhesivas de color.

4.3.6. Materiales varios

Bandejas germinadoras de 128 alveolos cada una, flexómetro, regla graduada, probeta de 200 ml, manguera.

4.4. FACTOR EN ESTUDIO

4.4.1. Sustratos de enraizamiento y sus combinaciones

Cascarilla de arroz

Compost

Turba comercial (Pinstrub)

4.5. TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron cuatro como se detalla en el tabla 2.

TABLA 2. TRATAMIENTOS

No.	Símbolo	Cascarilla de arroz %	Compost %	Turba comercial (Pinstrub) %
1	S1	100		
2	S2	50	50	
3	S3		100	
4	T			100

4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cuatro 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 128 plántulas, que contenían los sustratos evaluados.

Número de bandejas por tratamiento:	4
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:	128
Número de plántulas/tratamiento:	512
Distancia entre plantas:	0,02 m
Número total de bandejas:	16
Número de plantas/total ensayo:	2048
Superficie total del ensayo:	5,00 m ²
Superficie total de las parcelas:	3,52 m ²
Superficie de caminos :	1,48 m ²
Número de plantas a evaluar/trat:	10

4.6.2. Esquema de la disposición del ensayo

El esquema de la disposición del ensayo se presenta en la figura 1.

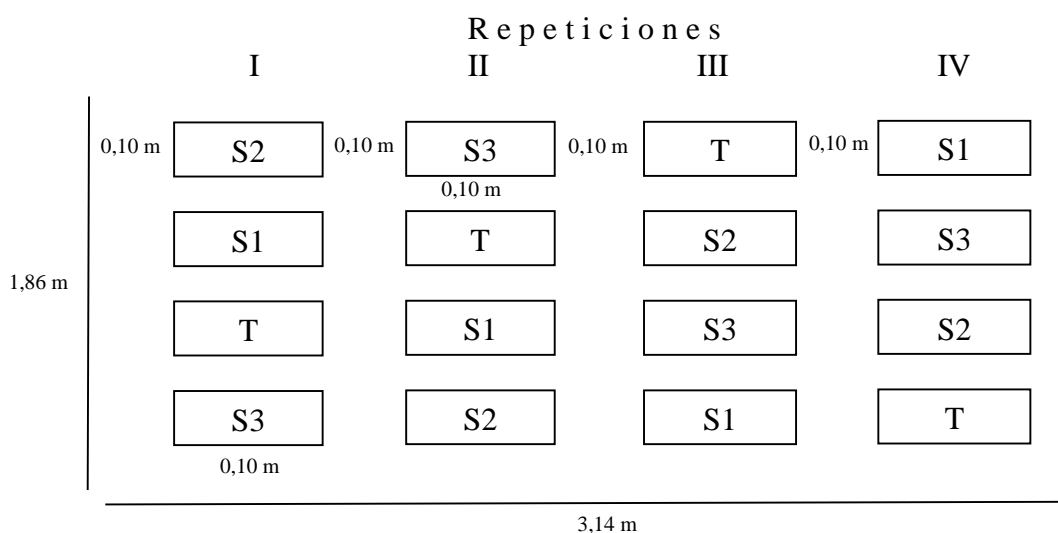


FIGURA 1. Esquema de la distribución del ensayo en el campo

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 plántula

La altura de plántula se obtuvo midiendo con regla graduada desde la base de la plántula hasta el ápice de la última hoja verdadera, registrando a 10 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. Número de hojas

Se registró el número de hojas verdaderas, registrando a 10 plántulas tomadas al azar de cada parcela neta. Las lecturas se efectuaron a los 15, 30 y 45 días de la siembra.

4.7.4. Volumen del sistema radicular

El volumen del sistema radicular se obtuvo mediante el sistema de Arquímedes (probeta), sumergiendo las raíces (previamente lavadas) de 10 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. Longitud del sistema radicular

La longitud del sistema radicular se obtuvo midiendo con regla graduada desde el cuello de la planta hasta el final de las raíces más largas, a 10 plántulas tomadas al azar de

cada parcela neta. La lectura se hizo a los 45 días de la siembra, expresando los valores en centímetros.

4.7.6. Porcentaje de sobrevivencia

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 de madera de 500 m². La altura fue de 3,50 m., cubierta con plástico de invernadero color blanco provista de cortinas (sarán).

4.8.3. Obtención de compost

El compost artesanal, se adquirió de productores del ramo, con un control de calidad, proveniente de material vegetal bien descompuesto.

4.8.4. Preparación de cascarilla de arroz y turba comercial (Pinstrub)

A la cascarilla de arroz y la turba comercial, se le dio un tratamiento de descontaminación, se tostó en un horno artesanal por el tiempo de una hora, después se procedió a moler en forma artesanal.

4.8.5. Características de las bandejas germinadoras

Las bandejas germinadoras fueron de polietileno color negro, con las siguientes características: diseño del alveolo 2 cm x 2 cm (128 alveolos por bandeja), medidas exteriores de la bandeja de 34 cm x 66 cm, profundidad del alveolo 5 cm.

4.8.6. Obtención de la semilla

La semilla de pimiento, variedad El Cortez, se adquirió en la casa productora Bejo.

4.8.7. Preparación de los sustratos

La preparación de los sustratos se realizó mezclando las diferentes concentraciones que conformaron cada uno de los tratamientos: 100% Compost, 50%-50% compost y cascarilla de arroz y 100% de cascarilla de arroz.

4.8.8. 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.

4.8.9. 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.

4.8.10. Riegos

Los riegos se realizaron diariamente, con una regadera conectada a una manguera, utilizando agua potable, efectuando riegos hasta cuando las plántulas estuvieron listas para el trasplante.

4.8.11. Controles fitosanitarios

A los ocho días de la siembra, se efectuó una aplicación de Thiofin (Metil Thiofanato) 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 *Phytium*. Posteriormente a los 21 y 30 días de la siembra, se aplicó Curzate (Cymoxanil + Mancozeb) para el control de tizón temprano (*Alternaria sp.*) en dosis de 2,5 g/l.

4.8.12. Toma de muestra de sustratos para análisis

Se envió una muestra de 1 kg de sustrato, tanto de cascarilla de arroz, como de compost, al laboratorio de Suelos, Alimentos y Termoquímica, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, para su análisis. Los anexos 1 y 2, muestran los resultados.

4.9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos tomados en el campo, se procesaron utilizando el programa estadístico Infostat (versión 11/09/2017), 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

El mayor porcentaje de emergencia de plántulas registrado a los 10 días de la siembra, se observó en el tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz y 50% de compost (S2) (P-Valor 0,0008), al ubicarse en el primer rango y lugar en la prueba de significación de Tukey al 5% (tabla 3), con el mayor porcentaje de 97,03%; seguido de los tratamientos que se desarrollaron en turba comercial Pinstub (T), que compartió el primer rango con emergencia promedio de 96,40% y de los tratamientos que se desarrollaron en compost (S3) con promedio de 95,64%. El menor porcentaje de emergencia de plántulas, por su parte, se detectó en el tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de cascarilla de arroz (S1), al ubicarse en el segundo rango y último lugar en la prueba, con el menor promedio de 91,59%; lo que permite inferir que, el sustrato de enraizamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost, 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. Mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, absorción de humedad y el filtraje de nutrientes; causado posiblemente a que la cascarilla de arroz presenta entre sus principales propiedades físico-químicas baja tasa de descomposición (difícil degradación), es liviano (baja densidad), de alto volumen, de buen drenaje, buena aireación (Manual de lombricultura, 2017) y a la acción del compost, que da consistencia a los suelos arenosos y esponjosidad a los más fangosos. En ambos casos proporciona una textura ideal al terreno y ayuda a retener los nutrientes que antes se perdían. También retiene la humedad con un buen drenaje al mismo tiempo (Compostadores, 2017); por lo que este tratamiento reúne las mejores características, dotando a las plantas de mejores condiciones de desarrollo, emergiendo mejor y en mayor cantidad.

TABLA 3. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON LA UTILIZACIÓN DE SUSTRATOS DE ENRAIZAMIENTO Y SUS COMBINACIONES, A BASE DE CASCARILLA DE ARROZ Y COMPOST EN PLÁNTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.)”

Variables	Tratamientos				² C.V.	E.E	P-Valor
	¹ S1	S2	S3	T			
Porcentaje de emergencia	b 91,50	a 97,03	a 95,64	a 96,40	1,35	0,64	0,0008
Altura de plántula a los 15 días	b 5,22	a 5,52	ab 5,34	ab 5,39	2,10	0,06	0,0294
Altura de plántula a los 30 días	c 6,11	a 7,45	b 6,62	a 7,29	2,75	0,09	0,0001
Altura de plántula a los 45 días	c 8,17	a 9,54	b 8,80	ab 9,30	2,79	0,12	0,0001
Número de hojas a los 15 días	c 2,81	a 3,83	b 3,21	ab 3,51	4,38	0,07	0,0001
Número de hojas a los 30 días	c 3,18	a 4,71	b 3,74	a 4,29	5,06	0,10	0,0001
Número de hojas a los 45 días	c 4,05	a 5,78	b 4,78	a 5,53	2,68	0,07	0,0001
Volumen del sistema radicular	b 1,49	a 2,44	b 1,65	b 2,22	10,24	0,10	0,0002
Longitud del sistema radicular	b 5,81	a 8,41	b 6,60	a 8,16	5,06	0,18	0,0001
Porcentaje de sobrevivencia	c 81,66	a 96,15	b 93,04	ab 94,74	1,20	0,55	0,0001

a – b Medias en las filas seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P = < 0,05$)

¹T1 Utilización de sustratos de enraizamiento

²C:V. Coeficiente de variación

E.E Error Estándar

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

La mayor altura de plántula se alcanzó en el tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost (S2) (P-Valor 0,0294), con altura promedio de 5,52 cm a los 15 días, 7,45 cm a los 30 días (P-Valor 0,0001) y 9,54 cm a los 45 días (P-Valor 0,0001), al ubicarse todos ellos en el primer rango en la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos (tabla 3); seguido de los tratamientos del sustrato de enraizamiento conformado por turba comercial Pinstrub (T), que compartieron el primer rango a los 30 días con altura promedio de 7,29 cm y el primero y segundo rangos a los 15 y 45 días, con promedios de 5,39 cm y 9,30 cm, para cada lectura, respectivamente. Les siguen los tratamientos del sustrato conformado por 100% de compost (S3), que compartieron el primer y segundo rangos a los 15 días, con promedio de 5,34 cm y se ubicaron en el segundo rango a los 30 y 45 días, con promedio de 6,62 cm y 8,80 cm, respectivamente. El menor crecimiento en altura de plántula, por su parte, se observó en los tratamientos cuyo sustrato se conformó de 100% de cascarilla de arroz (S1), al ubicarse en el último rango y lugar, con promedios de 5,22 cm a los 15 días, 6,11 cm a los 30 días y 8,17 cm a los 45 días, respectivamente; lo que permite inferir que, el sustrato de enraizamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost, es el sustrato apropiado para la producción de plántulas de pimiento, 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 Compostadores (2017), quienes indican que la propiedad más conocida del compost, es la aportación de nutrientes de manera progresiva. Esto se debe a la degradación, descomposición y transformación de los restos vegetales en un producto asimilable para las plantas, que absorben sus minerales de forma sostenida. Además, durante el proceso de compostaje se neutralizan posibles elementos tóxicos o patógenos. La materia orgánica transformada en compost es capaz de suprimir varias enfermedades transmitidas por el suelo y que las bacterias y hongos presentes en el compost pueden ejercer un control biológico contra patógenos vegetales, en colonizar las raíces y en consecuencia hacer que los patógenos no la puedan colonizar, con lo cual las plántulas encontraron las condiciones adecuadas para su desarrollo, prosperando mejor, lo que es beneficioso, al obtenerse mayor crecimiento en altura, con plantines más lozanos y vigorosos.

La figura 2, 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 este crecimiento fue mayor en las plántulas que se desarrollaron en los tratamientos del sustrato de enraizamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost (S2), cuyo crecimiento superó significativamente al resto de tratamientos.

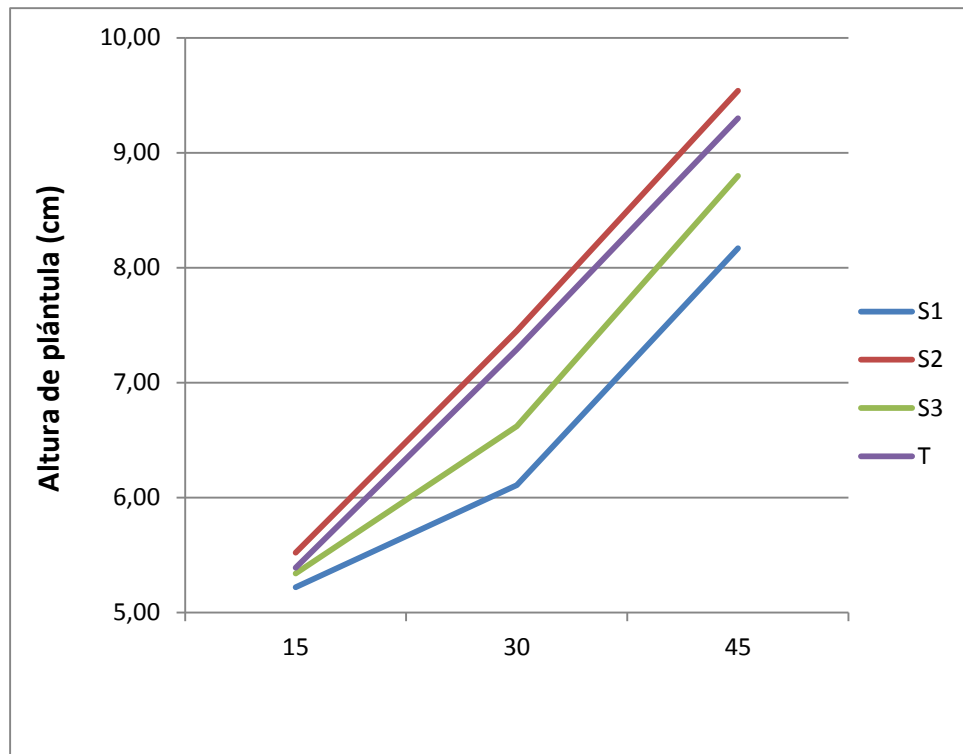


FIGURA 2. Curva de crecimiento para altura de plántula con respecto a sustratos

5.1.3. Número de hojas a los 15, 30 y 45 días

El número de hojas por plántula fue mayor en los tratamientos del sustrato de enraizamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost (S2) (P-Valor 0,0001), con número de hojas promedio de 3,83 a los 15 días, 4,71 hojas a los 30 días (P-Valor 0,0001) y 5,78 hojas a los 45 días (P-Valor 0,0001), al ubicarse todos ellos en el primer rango en la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos (tabla 3); seguido de los tratamientos del sustrato de enraizamiento

conformado por turba comercial Pinstub (T), que compartieron el primer rango a los 30 y 45 días, con promedios de 4,29 y 5,53 hojas, respectivamente y el primero y segundo rangos a los 15 días, con promedio de 3,51 hojas. Les siguen los tratamientos del sustrato conformado por 100% de compost (S3), al ubicaron en el segundo rango, con promedios de 3,21 hojas, 3,74 hojas y 4,78 hojas, para cada lectura, respectivamente; observándose en el último lugar, con el menor número de hojas por plántula al tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de cascarilla de arroz (S1), al ubicarse en el tercer rango y último lugar en la prueba, con promedios de 2,81 hojas a los 15 días, 3,18 hojas a los 30 días y 4,05 hojas a los 45 días, respectivamente; por lo que es posible inferir que, el sustrato de enraizamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost, es el tratamiento apropiado, para la obtención de plántulas de pimiento, 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 Salud180 (2017), la adición de compost es una enmienda orgánica estabilizada e higienizada obtenido por descomposición aeróbica bajo condiciones controladas. Su aspecto tiene que asemejarse a las sustancias húmicas y debe estar libre de patógenos y malas hierbas. La utilización del compost como enmienda orgánica es importante para el acondicionamiento del suelo, ya que la presencia de materia orgánica en el suelo en las proporciones adecuadas nos hará que el suelo adquiera una mayor fertilidad, lo que influenció 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.

Mediante la figura 3, se detalla el comportamiento del número de hojas 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 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost (S2), cuyas plántulas se desarrollaron mejor, superando significativamente el número de hojas por plántula que el resto de tratamientos.

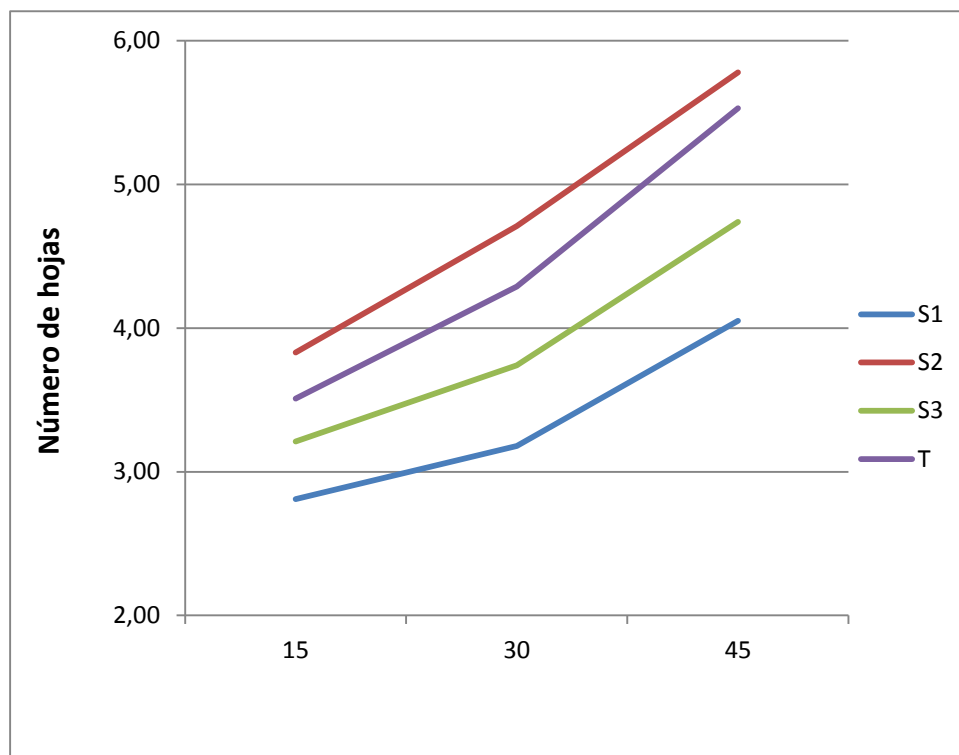


FIGURA 3. Curva de crecimiento para número de hojas con respecto a sustratos

5.1.4. Volumen del sistema radicular

Examinando el comportamiento del volumen del sistema radicular, registrado a los 45 días de la siembra, se determinó que, el mayor volumen se obtuvo en las plántulas que se desarrollaron en el tratamiento conformado por el sustrato de enraizamiento de 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost (S2) (P-Valor 0,0002), al ubicarse en el primer rango y lugar en la prueba de significación de Tukey al 5% (tabla 3), con el mayor promedio de 2,44 cc; seguido de los tratamientos del sustrato conformado por turba comercial Pinstrub (T), que compartió el primer rango, con longitud de la raíz promedio de 2,22 cm. Las plántulas de los tratamientos del sustrato conformado por 100% de compost (S3) y del sustrato conformado por 100% de cascarilla de arroz (S1), compartieron el segundo rango, con el menor volumen del sistema radicular, promedios de 1,65 cc y 1,49 cc, respectivamente, en su orden; por lo que es posible inferir que, el sustrato de enraizamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost, es el sustrato adecuado para la obtención de plántulas de pimiento, 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. Posiblemente sucedió lo manifestado por Compostadores (2017), que el compost devuelve a la tierra los nutrientes que ésta necesita, también se incrementa la cantidad de microorganismos beneficiosos para el ciclo natural de la vida. Así, se favorece la vida en el suelo y esto sirve para que las lombrices y otros organismos aireen la tierra, eviten que ésta se compacte y favorezcan, así, el arraigo de plantas y hortalizas, lo 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. Longitud del sistema radicular

El comportamiento del crecimiento en longitud del sistema radicular, registrado a los 45 días de la siembra, estableció que, el mayor crecimiento de las raíces se obtuvo en las plántulas que se desarrollaron en el tratamiento conformado por el sustrato de 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost (S2) (P-Valor 0,0001), al ubicarse el promedio de 8,41 cm en el primer rango y lugar en la prueba de significación de Tukey al 5% (tabla 3); seguido de los tratamientos del sustrato conformado por turba comercial Pinstrub (T) que compartió el primer rango, con longitud promedio de 8,16 cm. Seguidamente se ubicaron los tratamientos de del sustrato compuesto por 100% de compost (S3), que se ubicó en el segundo rango, con longitud promedio de 6,60 cm. El menor crecimiento en longitud del sistema radicular, por su parte, se detectó en las plántulas del tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de cascarilla de arroz (S1), con promedio de 5,81 cm, al ubicarse en el segundo rango y último lugar en la prueba; permitiendo esto inferir que, el sustrato de enraizamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost, es el sustrato apropiado para la obtención masiva de plántulas de pimiento, las que presentaron 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 momento del trasplante,

causado posiblemente a que la cascarilla de arroz beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas. Es una fuente rica en sílice, lo que favorece a los vegetales para darle una mayor resistencia contra insectos y microorganismos. A largo plazo, se convierte en una constante fuente de humus. En la forma de cascarilla carbonizada, aporta principalmente fósforo y potasio, al mismo tiempo que ayuda a corregir la acidez de los suelos (Fundesyram, 2017). Por otro lado, la incorporación de compost a nuestro suelo aportará una mejora en la estabilidad estructural del suelo, aumenta la capacidad de retención hídrica, reduce la erosión y la evaporación así como la regulación del pH y la actividad microbiana. La ventaja principal del compost es que es mucho más fácil de manejar que los estiércoles, almacenándose sin problemas de olores o de insectos, pudiéndose aplicar en cualquier época del año. El compost convierte el nitrógeno presente en los estiércoles en una forma orgánica más estable lo que conlleva menores pérdidas de nitrógeno. El compost es un producto comerciable y muy potencial para aquellos agricultores que practican la agricultura ecológica, viveros, particulares con jardín o huerto (Cursomediambiente, 2017), con el cual las plántulas encontraron las mejores condiciones para desarrollo, alcanzando mejor crecimiento y desarrollo en longitud del sistema radicular, lo que influyó favorablemente en el mejor desarrollo vegetativo, obteniendo plántulas más vigorosas.

5.1.6. Porcentaje de sobrevivencia

En relación al porcentaje de sobrevivencia, registrado a los 45 días de la siembra, se estableció que, el mayor porcentaje se alcanzó en las plántulas que se desarrollaron en el tratamiento conformado por el sustrato de enraizamiento de 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost (S2) (P-Valor 0,0001), al ubicarse en el primer rango y lugar en la prueba de significación de Tukey al 5% (tabla 3), con porcentaje promedio de 96,15%; seguido de los tratamientos del sustrato conformado por turba comercial Pinstrub (T) que compartió el primero y segundo rangos, con promedio de 94,74%. Los tratamientos del sustrato compuesto por 100% de compost (S3), se ubicaron en el segundo rango, con porcentaje promedio de 93,04%. El menor porcentaje de sobrevivencia, por su parte, se detectó en las plántulas del tratamiento

del sustrato de enraizamiento conformado por 100% de cascarilla de arroz (S1), con el menor promedio de 81,66%, al ubicarse en el tercer rango y último lugar en la prueba; lo que permite inferir que, el sustrato de enraizamiento compuesto por 50% de cascarilla de arroz y 50% de compost, 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 Salud180 (2017), que el compost devuelve nutrientes a la tierra, controlando la erosión y evita el desgaste del suelo causado por el lavado por lluvia, corrige la estructura de los suelo y actúa como esponja que retiene agua, que libera poco a poco en beneficio de las plantas, retiene la humedad y permite el paso del aire, recicla y reduce el volumen de desechos orgánicos, para convertirlos en abono, sirve como antibiótico en contra de microorganismos, lo que favoreció 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 sobrevivencia.

5.1.7. Características físico químicas de los sustratos

En la tabla 4, se observan las características físico - químicas del sustrato cascarilla de arroz y del compost, en donde se observó que, el compost presentó mayor porcentaje de materia orgánica (40,86%), como también mayor porcentaje de potasio (1,77%) y mayor presencia de manganeso (305 ppm), por lo que las plántulas se beneficiaron, al encontrar mayor cantidad de nutrientes en el sustrato. Por su parte, la cascarilla de arroz reportó mayor porcentaje de N Total (0,98%), fósforo (0,108%), calcio (7,32%), magnesio (1%) y mayor presencia de cobre 39 ppm) y zinc (98 ppm), lo que benefició el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

5.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para evaluar la rentabilidad de la utilización de cuatro sustratos de enraizamiento para la producción de plántulas de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad El Cortez, utilizando bandejas propagadoras, se determinaron los costos de producción del ensayo en 5,00 m² que constituyó el área de la investigación (tabla 5),

considerando entre otros los siguientes valores: \$ 69,00 para mano de obra, \$ 40,63 para costos de materiales, dando el total de \$ 109,63.

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LOS SUSTRATOS

Análisis	Cascarilla de arroz	Compost
MO (%)	19,09	40,86
N. Total (%)	0,98	0,84
P (%)	0,108	0,067
K (%)	1,07	1,77
Ca (%)	7,32	1,97
Mg (%)	1	0,20
Cu (ppm)	39	20
Mn (ppm)	263	305
Zn (ppm)	98	30

La tabla 6, 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 conformaron cada tratamiento. 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 7, presenta los ingresos totales del ensayo por tratamiento. El cálculo del rendimiento se alcanzó mediante la venta de las plántulas útiles obtenidas en cada tratamiento, considerando el precio de una plántula en \$ 0,07 para los tratamientos, para la época en que se sacó a la venta.

TABLA 5. 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	unid.	1	8	8,00	8,00
Preparación área ens.	0,5	12	6,00	Azadón	día	1	0,25	0,25	6,25
				Rastrillo	día	1	0,25	0,25	0,25
				Pala	día	1	0,25	0,25	0,25
Obtención de compost	0,5	12	6,00	Compost	kg	17	0,5	7,10	13,10
Obten.de cascar. arroz	0,5	12	6,00	Cascarilla	kg	17	0,2	3,40	9,40
Obten. turba comerc.	0,5	12	6,00	Turba	kg	13	0,7	7,50	13,50
Bandejas germinad.	0,5	12	6,00	Bandejas	unid.	16	0,25	4,00	10,00
				Tiras de madera	unidad	4	0,6	2,40	2,40
Obtención de semilla	0,5	12	6,00	Semilla	g	30	0,09	2,70	8,70
Prepar. de sustratos	0,25	12	3,00	Balanza	día	1	0,5	0,50	3,50
				Fundas	ciento	1	1,2	1,20	1,20
Llenado de bandejas	0,25	12	3,00	Pala de jardín	día	1	0,25	0,25	3,25
Siembra	0,25	12	3,00	Espeque	día	1	0,25	0,25	3,25
Riegos	1	12	12,00	Regadera	día	1	0,25	0,25	12,25
				Manguera	día	1	0,25	0,25	0,25
Controles fitosanitar.	1	12	12,00	Thiofin	g	2,5	0,35	0,88	12,88
				Previcur	cc	5	0,16	0,80	0,80
				Curzate	g	2,5	0,16	0,40	0,40
Total			69,00					40,63	109,63

TABLA 6. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO

Tratamiento	Costo de mano de obra (\$)	Costos de materiales (\$)	Costo de los sustratos (\$)	Costo total (\$)
S1	17,25	5,66	2,27	25,18
S2	17,25	5,66	3,50	26,41
S3	17,25	5,66	4,73	27,64
T	17,25	5,66	7,50	30,41

TABLA 7. INGRESOS TOTALES DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO

Tratamiento	Número de plántulas	Precio de Cada Plántulas \$	Ingreso total \$
S1	418,11	0,07	29,26
S2	492,29	0,07	34,46
S3	476,35	0,07	33,345
T	485,06	0,07	33,95

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 los tres meses que duró el ensayo. La relación beneficio costo, presenta valores positivos, encontrando que el tratamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost (S2), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,27, en donde los beneficios netos obtenidos fueron 0,27 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad (tabla 8).

TABLA 8. 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	29,26	29,26	0,9706	25,94	3,33	0,13
S2	34,46	34,46	0,9706	27,21	7,25	0,27
S3	33,345	33,345	0,9706	28,47	4,87	0,17
T	33,95	33,95	0,9706	31,33	2,63	0,08

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

Tasa de interés anual $i = 11\%$ a Octubre del 2017

Período $n =$ tres meses 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 cuatro sustratos de enraizamiento en la producción de plántulas de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad El Cortez, permiten aceptar la hipótesis alternativa (Ha), por cuanto, el empleo de los sustratos de enraizamiento, influenciaron favorablemente en el desarrollo foliar y radicular, permitiendo obtener plántulas de calidad, especialmente al utilizar el sustrato de enraizamiento conformado por la combinación de 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost (S2), con el cual se alcanzaron los mejores resultados, al obtenerse mayor porcentaje de emergencia, plántulas de mayor crecimiento en altura, como mejor sistema radicular, por lo que se incrementaron los porcentajes de sobrevivencia.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1. CONCLUSIONES

Finalizada la investigación “Evaluación de sustratos alternativos a base de cascarilla de arroz y compost en plántulas de pimiento (*Capsicum annuum* L.)”, se llegaron a las siguientes conclusiones:

Los mejores resultados se alcanzaron con la utilización del tratamiento del sustrato de enraizamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost (S2), al obtenerse el mejor crecimiento y desarrollo tanto de la parte aérea, como del sistema radicular, al reportar las plántulas que se desarrollaron en estas condiciones: mejor porcentaje de emergencia (97,03%), mayor crecimiento en altura de plántula, tanto a los 15 días (5,52 cm), como a 30 días (7,45 cm) y a los 45 días (9,54 cm) de la siembra. El número de hojas por plántula fue mayor, tanto a los 15 días (3,83 hojas), como a los 30 días (4,71 hojas) y a los 45 días (5,78 hojas). Se observó también el mayor volumen del sistema radicular (2,44 cc) y el mejor crecimiento en longitud del sistema radicular (8,41 cm), reportando consecuentemente el mayor porcentaje de sobrevivencia (96,15%), por lo que es el tratamiento apropiado al momento de seleccionar un sustrato para la propagación masiva de plántulas de pimiento, híbrido El Cortez.

Se destacaron también con buenos resultado las plántulas de los tratamientos que se desarrollaron en el sustrato de enraizamiento conformado por turba comercial Pinstub (T), especialmente con el segundo mejor porcentaje de emergencia (96,40 %), como también, el segundo mejor crecimiento en altura de planta a los 30 días (7,29 cm), el segundo mejor número de hojas por plántula, tanto a los 30 días (4,29 hojas), como a los 45 días (5,53 hojas), buen desarrollo del sistema radicular, tanto en volumen (2,22 cc), como en longitud (8,16 cm), obteniéndose consecuentemente, el segundo mejor porcentaje de sobrevivencia de plántulas, siendo una alternativa para para la propagación de plántulas de pimiento.

Los tratamientos del sustrato conformado por 100% de compost (S3), reportó buenos resultados, especialmente en el porcentaje de emergencia de plántulas (95,64%), destacándose en la mayoría de variables analizadas.

En relación a las plántulas que se desarrollaron en el sustrato conformado por 100% de cascarilla de arroz (S1), reportó el menor porcentaje de emergencia (91,59%), el menor crecimiento en altura de plántula a los 15 días (5,22 cm), a los 30 días (6,11 cm) y a los 45 días (8,17 cm), el menor número de hojas por plántulas, tanto a los 15 días (2,81 Hojas), como a los 30 días (3,18 hojas) y a los 45 días (4,05 hojas); el menor crecimiento y desarrollo del sistema radicular, con el menor volumen (1,49 cc) y la menor longitud (5,81 cm); y, el menor porcentaje de sobrevivencia de plántulas (81,66%), al ubicarse en los últimos rangos en la mayoría de variables analizadas.

Del análisis económico se concluye que, el tratamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost (S2), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,27, en donde los beneficios netos obtenidos fueron 0,27 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad

6.2. RECOMENDACIONES

Para obtener plántulas de pimiento, variedad El Cortez, con mejor crecimiento y desarrollo, tanto de la parte aérea, como del sistema radicular en volumen y longitud de raíces, con mayor cantidad de plantas listas para el trasplante, utilizar el sustrato de enraizamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost, al ser el tratamiento que mejores resultados reportó en prácticamente todas las variables analizadas, sustrato que dotó de las condiciones favorables para conseguirse plantas más vigorosas, lo que es bueno al momento del trasplante..

6.3. BIBLIOGRAFÍA

Arnau, J. (2012). *EcoAgricultor*. Recuperado el 18 de 12 de 2016, de <http://www.ecoagricultor.com/germinacion-hortalizas-semilleros/>.

Avila, J. (1983). *Cultivo del Pimiento de Carne Gruesa en Invernadero*. Madrid: Extencion Agraria.

Bures, S. (1997). *Google.com*. Recuperado el 21 de 02 de 2017, de http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-373_I_CURSO_DE_GESTION_DE_VIVEROS_FORESTALES/80373/7_MANEJO_DE_SUSTRATOS.PDF.

Calderón, F. 1989. El cultivo hidropónico-manual práctico. Bogotá, Col., COLJAP. p. 34-40.

CARE. 1998. Experiencias en manejo sostenible de los recursos naturales de los Andes. Quito (Ec.). 293 p.

Cecchini, T. 1994. Enciclopedia práctica de floricultura y jardinería. Barcelona, Vecchi. 572 p.

CLIMATE-DATA.ORG. (2016). Recuperado el 8 de 11 de 2016, de <http://es.climate-data.org/location/178401/>.

Compostadores. 2017. Ventajas del compost. En línea. Consultado el 21 de Julio del 2017. Disponible en <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/lacosecha-el-compost-casero/151-ventajas-del-compost.html>.

Cruz-Crespo E*, C.-C. A.-V. (11 de 07 de 2012). *Google.com*. Recuperado el 21 de 02 de 2017, de <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/03-02/biociencias3-2-2.pdf>.

Cursomedioambiente. 2017. Ventajas y desventajas del compost. En línea. Consultado el 11 de Junio del 2017. Disponible en <http://cursomedioambiente.com/ventajas-y-desventajas-del-compost/>.

Deker, L. (2011). *google*. Recuperado el 15 de 11 de 2016, de repositorio UG: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8163/1/TESIS%20PIMIENTO.pdf>.

Díaz, S. (25 de 05 de 2015). *google.com*. Recuperado el 21 de 02 de 2017, de <http://www.agrohuerto.com/pimiento-plagas-y-enfermedades-comunes/>.

Dspace. 2017. Evaluación de tres sustratos y cuatro dosis de bioestimulante para la producción de pimiento ornamental (*Capsicum annuum*) bajo invernadero. Quito, Pichincha. En línea. Consultado el 15 de Junio del 2017. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3222/1/T-UCE-0004-85.pdf>.

EE. UU. National Academy of Science. 1979. Microbial proesses; promising technologies for development countrie. Washington, D.C.P. p. 131-133.

Enciclopedia Salvat de las Ciencias. 1988. Vegetales. España, Salvat. Tomo 2. 362 p.

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

Faus, A. (19 de noviembre de 2001). *Gloogle Academico*. Recuperado el 14 de 11 de 2016, de http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicaciones-digitales/80-373_I_CURSO_DE_GESTION_DE_VIVEROS_FORESTALES/80-373/11_SUSTRATOS_ALTERNATIVOS_PARA_CULTIVOS.PDF.

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.

Fondo Ecuatoriano Populorum Progressio. 1983. El compost; muy fácil de hacer en casa. Quito (Ec.). 13 p.

Fundesyram. 2017. El compostaje. En línea. Consultado el 23 de Julio del 2017. Disponible en <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=4737>.

Grist, D.H. 1982. Arroz. Trad. por Antonio Marino Ambrosio. México, CECSA. p. 555-557.

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

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).

Interempresas. 2017. Sustratos para semillero Pinstrub. En línea. Consultado el 21 de Agosto del 2017. Disponible en <https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Sustratos-para-semillero-Pinstrub-44078.html>

Lieth, R. (2008). *Google.com*. Recuperado el 21 de 02 de 2017, de http://lieth.ucdavis.edu/pub/Pub071_RavivLieth_SoillessCulture_book.pdf.

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

Manualdelombricultura. 2017. El compost. En línea. consultado el 12 de Junio del 2017. Disponible en <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/166-63.html>.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, Ec). 2007. Centro de información tecnológica ambiental. En línea. Consultado 08 de mayo del 2007. Disponible en: www.uce.edu.ec/autoridadesf/ambientales/forestal/-ciencia.htm

Monroy, H.; Viniegra, G.G. 1981. Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. México, AGT. 264 p.

Monteagudo, A. M. (2016). *Propagación y cultivo de plantas y tepes en viveros*. Madrid, España: Editorial SÍNTESIS.

Penningsfeld, F. (1983). *Cultivos Hidropónicos y en Turba*. Madrid: Mundi-Prensa.

Pinstrup. 2017. Pinstrup peat moss. En línea. Consultado el 21 de Agosto del 2017. Disponible en <http://www.pindstrup.es/profesional/product-details/pindstrup-peat-moss>.

Quickagro. 2017. Características del híbrido Cortez F1. En línea. Consultado el 22 de agosto del 2017. Disponible en <https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/productos/ALASKA%203-20160831-101114.pdf>.

Ramírez, F. D. (2009). *Producción de Pimentón, Tomate y lechuga en Hidropónicos*. Bogotá: GRUPO LATINO.

Redalyc. 2017. Acta biológica colombiana. Efecto de residuos agroforestales parcialmente biodegradados por *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) sobre el desarrollo de plántulas de tomate. En línea. Consultado el 18 de Agosto del 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/3190/319028011012.pdf>.

Rios, G. (2012). *Google Académico*. Recuperado el 19 de 11 de 2016, de http://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/AGRARIAS_7/Ingenieria%20Agronomica/67.pdf.

Rodriguez, O. (2009). *Google.com*. Recuperado el 22 de 02 de 2017, de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/962/1/P-SENESCYT-0031.pdf>

Salud180. 2017. Beneficios de una composta. En línea. Consultado el 20 de Julio del 2017. Disponible en <http://www.salud180.com/salud-dia-dia/5-beneficios-de-una-composta>.

SciELO. 2017. Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuurn*). En línea. Consultado el 11 de Julio del 2017. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-16202007000300003.

Serrano, Z. (1982). *Tomate, Pimiento y Berenjena en Invernadero*. Madrid: MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN.

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.

Velasquez, G. (1994). *Cultivos Hidropónicos*. Quito: Monserrat.

Zarp, P. 1991. *Cultivos sin tierra*. s.e., Bogotá, Col., Presencia. 235 p.

6.4. ANEXOS

ANEXO 1. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE CASCARILLA DE ARROZ



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO FIAGR



Datos del Cliente:

NOMBRE:	Jaime Telenchana		
ATENCIÓN:	Jaime Telenchana	LAB. N°:	P111.1
DIRECCIÓN:	Cunchibamba	MUESTRA:	Sustrato
PROVINCIA:	Tungurahua	MATRIZ:	S
CANTÓN:	Ambato	FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	11/07/2017
Datos de la muestra:		ANÁLISIS:	Completo
DIRECCIÓN:	Cunchibamba	INGRESO:	11/07/2017
RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Jaime Telenchana		
CODIGO DEL CLIENTE:	M1	SALIDA:	07/12/2017

Datos del Cliente:

ANALISIS	Unidad	Valor
pH extracto abono:agua 1:2,5		8,57
CE extracto abono:agua 1:2,5	ms/cm	6,98
M.O.	%	19,09
N Total	%	0,98
P	%	0,108
K	%	1,07
Ca	%	7,32
Mg	%	1
Cu	ppm	39
Mn	ppm	263
Zn	ppm	98

Parametro analizado	Metodo	Equipo
Materia Organica	Gravimetrico	Balanza Analitica
Humedad	Gravimetrico	Balanza Analitica
Nitrogeno Total	Kjedahl	Micro-Kjedahl
Fosforo	Colorimetrico	Espectrofotometro Genesys 20
K,Ca,Mg,Fe,Cu,Mn,Z	Digestion total acida	Espectrofotometro de A.A Perkin Elmer 100

Quim. *Marcia Buenaño*
RESPONSABLE DEL ANALISIS

ANEXO 2. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DEL COMPOST



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO FIAGR



Datos del Cliente:

NOMBRE:	Jaime Telenchana		
ATENCIÓN:	Jaime Telenchana	LAB. N°:	P111.2
DIRECCIÓN:	Cunchibamba	MUESTRA:	Sustrato
PROVINCIA:	Tungurahua	MATRIZ	S
CANTÓN:	Ambato	FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	11/07/2017
Datos de la muestra:		ANÁLISIS:	Completo
DIRECCIÓN:	Cunchibamba	INGRESO:	11/07/2017
RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Jaime Telenchana	SALIDA:	07/12/2017
CODIGO DEL CLIENTE:	M2		

Datos del Cliente:

ANALISIS	Unidad	Valor
pH extracto abono:agua 1:2,5		5,57
CE extracto abono:agua 1:2,5	ms/cm	1,53
M.O.	%	40,86
N Total	%	0,84
P	%	0,067
K	%	1,77
Ca	%	1,97
Mg	%	0,20
Cu	ppm	20
Mn	ppm	305
Zn	ppm	30

Parametro analizado	Metodo	Equipo
Materia Organica	Gravimetrico	Balanza Analitica
Humedad	Gravimetrico	Balanza Analitica
Nitrogeno Total	Kjedahl	Micro-Kjedahl
Fosforo	Colorimetrico	Espectrofotometro Genesys 20
K,Ca,Mg,Fe,Cu,Mn,Zn	Digestion total acida	Espectrofotometro de A.A Perkin Elmer 100

Quim. *Marcia Buenaño*

RESPONSABLE DEL ANALISIS



ANEXO 3. PORCENTAJE DE EMERGENCIA

Tratamientos		Repeticiones				Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	S1	91,10	91,20	90,15	93,90	366,35	91,59
2	S2	98,25	95,30	97,85	96,70	388,10	97,03
3	S3	95,85	96,65	93,40	96,65	382,55	95,64
4	T	97,35	96,25	95,55	96,45	385,60	96,40

ANEXO 4. ALTURA DE PLANTA A LOS 15 DÍAS (cm)

Tratamientos		Repeticiones				Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	S1	5,33	5,10	5,40	5,04	20,87	5,22
2	S2	5,52	5,49	5,62	5,43	22,06	5,52
3	S3	5,41	5,30	5,28	5,35	21,34	5,34
4	T	5,25	5,51	5,48	5,30	21,54	5,39

ANEXO 5. ALTURA DE PLANTA A LOS 30 DÍAS (cm)

Tratamientos		Repeticiones				Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	S1	6,11	6,02	6,05	6,25	24,43	6,11
2	S2	7,76	7,66	7,28	7,09	29,79	7,45
3	S3	6,55	6,93	6,44	6,54	26,46	6,62
4	T	7,29	7,45	7,11	7,32	29,17	7,29

ANEXO 6. ALTURA DE PLANTA A LOS 45 DÍAS (cm)

Tratamientos		Repeticiones				Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	S1	8,36	8,20	8,06	8,05	32,67	8,17
2	S2	9,15	9,70	9,99	9,31	38,15	9,54
3	S3	8,80	8,62	8,93	8,83	35,18	8,80
4	T	9,47	9,24	9,15	9,35	37,21	9,30

ANEXO 7. NÚMERO DE HOJAS A LOS 15 DÍAS

Tratamientos		Repeticiones				Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	S1	2,90	2,75	2,65	2,95	11,25	2,81
2	S2	3,85	3,70	3,95	3,80	15,30	3,83
3	S3	3,30	2,95	3,35	3,25	12,85	3,21
4	T	3,60	3,55	3,25	3,65	14,05	3,51

ANEXO 8. NÚMERO DE HOJAS A LOS 30 DÍAS

Tratamientos		Repeticiones				Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	S1	3,40	3,15	3,05	3,10	12,70	3,18
2	S2	4,95	4,55	4,70	4,65	18,85	4,71
3	S3	3,50	3,80	3,75	3,90	14,95	3,74
4	T	4,05	4,55	4,30	4,25	17,15	4,29

ANEXO 9. NÚMERO DE HOJAS A LOS 45 DÍAS

Tratamientos		Repeticiones				Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	S1	4,30	4,05	3,70	4,15	16,20	4,05
2	S2	5,70	5,85	5,80	5,75	23,10	5,78
3	S3	4,70	4,75	4,70	4,80	18,95	4,74
4	T	5,55	5,50	5,40	5,65	22,10	5,53

ANEXO 10. VOLUMEN DEL SISTEMA RADICULAR (cc)

Tratamientos		Repeticiones				Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	S1	1,80	1,24	1,63	1,27	5,94	1,49
2	S2	2,47	2,73	2,21	2,36	9,77	2,44
3	S3	1,66	1,72	1,54	1,69	6,61	1,65
4	T	2,14	2,28	2,32	2,15	8,89	2,22

ANEXO 11. LONGITUD DEL SISTEMA RADICULAR (cm)

Tratamientos		Repeticiones				Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	S1	5,42	6,31	6,05	5,44	23,22	5,81
2	S2	8,31	8,48	8,32	8,51	33,62	8,41
3	S3	6,89	7,33	6,23	5,95	26,40	6,60
4	T	8,04	8,16	8,15	8,27	32,62	8,16

ANEXO 12. PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA

Tratamientos		Repeticiones				Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	S1	83,05	81,30	82,25	80,05	326,65	81,66
2	S2	96,45	97,80	95,80	94,55	384,60	96,15
3	S3	94,10	93,80	91,85	92,40	372,15	93,04
4	T	95,35	93,75	94,15	95,70	378,95	94,74

ANEXO 13. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE EMERGENCIA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F
Repeticiones	3	7,04	2,35	1,43 ns
Tratamientos	3	72,03	24,01	14,62 **
Error experimental	9	14,78	1,64	
Total	15	93,84		

Coefficiente de variación = 1,35%

ns = no significativo

** = significativo al 1%

ANEXO 14. 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	3	0,02	1,47 ns	0,07	1,93 ns	0,01	0,24 ns
Tratamientos	3	0,06	4,78 *	1,54	43,18 **	1,47	23,72 **
Error experim.	9	0,01		0,04		0,06	
Total	15						

Coefficiente de variación =

2,10%

2,75%

2,79%

ns = no significativo

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

ANEXO 15. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE HOJAS 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	3	0,03	1,41 ns	0,0027	0,07 ns	0,03	1,55 ns
Tratamientos	3	0,75	34,85**	1,78	43,97 **	2,46	136,17**
Error experim.	9	0,02		0,04		0,02	
Total	15						
Coeficiente de variación =		4,38%		5,06%		2,68%	

ns = no significativo
** = significativo al 1%

ANEXO 16. 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	3	0,06	0,02	0,46 ns
Tratamientos	3	2,49	0,83	20,77 **
Error experimental	9	0,36	0,04	
Total	15	2,90		
Coeficiente de variación = 10,24%				

ns = no significativo
** = significativo al 1%

ANEXO 17. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE LONGITUD DEL SISTEMA RADICULAR

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F
Repeticiones	3	0,63	0,21	1,55 ns
Tratamientos	3	18,65	6,22	46,36 **
Error experimental	9	1,21	0,13	
Total	15	20,49		
Coeficiente de variación = 5,06%				

ns = no significativo
** = significativo al 1%

**ANEXO 18. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE
PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA**

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F
Repeticiones	3	5,78	1,93	1,60 ns
Tratamientos	3	524,81	174,94	144,96 **
Error experimental	9	10,86	1,21	
Total	15	541,45		

Coefficiente de variación = 1,20%

ns = no significativo

** = significativo al 1%

CAPÍTULO VII

PROPUESTA

7.1. DATOS INFORMATIVOS

Aplicación del sustrato de enraizamiento conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost para la producción de plántulas de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad El Cortez.

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica.

7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

La propuesta se planteó en relación a los mejores resultados obtenidos en la investigación y en los resultados del análisis económico, en donde se observó que, las plántulas de pimiento variedad El Cortez, se desarrollaron mejor, con la utilización del sustrato conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost, en las condiciones de manejo que se llevó el ensayo.

7.3. JUSTIFICACIÓN

La utilización de los sustratos como medio de crecimiento y desarrollo de las plantas han sido adelantos tanto de las modernas ciencias naturales como de la técnica, constituyendo el complemento de otros avances de la ciencia, tales como a regulación de la temperatura en los invernaderos, la iluminación y sombreado de éstos, las formas de cultivos del suelo, los sistemas de transporte, etc., conseguidos en los últimos años. Es necesario mencionar que el avance de las técnicas y la ciencia no van de la mano con algunos agricultores que rechazan por principios los nuevos métodos de cultivo (Penningsfeld, 1983).

El cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) se ha convertido a lo largo del tiempo con el inicio de la conquista española en América en una de las hortalizas de

mayor expansión a nivel mundial junto con el tomate, lo que resalta la importancia del pimiento en la alimentación de millones de personas en el mundo. Se exportaron 842,000 toneladas en el año 2000, por un valor de USD 914 millones. Los principales exportadores fueron España (29%), México (23%), y países bajos (18%). Los principales importadores fueron Estados Unidos (26%), Alemania (23%), Francia (8%), Reino Unido (7%) y Canadá (7%). En lo que se refiere a América, México aporta con un 51,6 % y Estados Unidos con una producción del 21,8% en cultivo de pimiento (Rios, 2012).

7.4. OBJETIVO

Utilizar el sustrato conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost, en la producción masiva de plántulas de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad El Cortez.

7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Esta propuesta es factible efectuar, valorando todos las perspectivas y aspectos técnicos que deben realizarse para emprender un plan de producción masiva de plántulas de pimienta, considerando que los elementos que conforman el sustrato son de fácil adquisición, baratos y de fácil manipuleo, influenciando favorablemente en la obtención de plantas de mejor calidad, mejor desarrolladas y más vigorosas.

7.6. FUNDAMENTACIÓN

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza que ha venido aumentando su popularidad en Suramérica en los últimos años lo cual se debe a que es una hortaliza con mayor contenido de vitamina C (tres más que la naranja), además posee altos contenidos de vitaminas A y B y algunos minerales; por otra parte ofrece menos riesgo en su cultivo que otras hortalizas, como el tomate, presenta una menor fluctuación de precios y ofrece amplias posibilidades para la exportación debido a los altos costos de producción en los países industrializados. Su transporte es menos delicado que otras hortalizas (Ramírez, 2009).

Según datos del III Censo Nacional Agropecuario del año 2003 en el Ecuador se sembraron 1145 Ha de pimiento como cultivo solo y asociado con otro tipo de cultivo, que corresponden tan solo al 0,08% del total nacional, de las cuales 1070 Ha fueron cosechadas, que significaron el 0,09% respectivamente del total de la nación. Así mismo se obtuvo una producción de 5517 Tm de pimiento con una venta equivalente a 5413 Tm que correspondieron al 0,04% y al 0,2% del total de la nación en forma similar (Rios, 2012).

Una de las ventajas del uso de sustratos lo constituye el menor control de plagas y enfermedades de la raíz de diversidad de plantas hortícolas, las cuales son comunes cuando se utiliza el suelo como medio de crecimiento. Para el sistema de cultivo en suelo se han desarrollado diversos métodos de desinfección con la finalidad de incrementar rendimiento y calidad de producto. Entre estos se encuentran: la solarización, vaporización, con el objeto de evitar el uso de moléculas químicas complejas y tóxicas como el bromuro de metilo, metam sodio, entre otros. En tal sentido, la transformación de los desechos en sustratos y el uso adecuado de los mismos para fines hortícolas surge como una alternativa viable, técnica y económica.

7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

7.7.1. Preparación del área del ensayo

Antes de iniciar el ensayo, se realizará la limpieza general del lugar, dejando el suelo totalmente limpio libre de tierra y desperdicios.

7.7.2. Características de la cubierta plástica

La cubierta plástica deberá ser de estructura de madera o metal. La altura será de 3,50 m., cubierta con plástico de invernadero color blanco, provista de cortinas (sarán).

7.7.3. Obtención de compost

El compost artesanal se adquirirá en la localidad, de productores que apliquen técnicas actualizadas en su elaboración.

7.7.4. Obtención de cascarilla de arroz

A la cascarilla de arroz se le dará un tratamiento de decontaminación, se tostará en un horno artesanal por el lapso de una hora, después se procederá a moler en forma artesanal.

7.7.5. Características de las bandejas germinadoras

Las bandejas germinadoras serán de polietileno color negro, con las siguientes características: diseño del alveolo 2 cm x 2 cm (128 alveolos por bandeja), medidas exteriores de 34 cm x 66 cm, profundidad del alveolo 5 cm.

7.7.6. Obtención de la semilla

La semilla de pimiento, variedad El Cortez, se adquirirá en casas productoras del ramo.

7.7.7. Preparación del sustrato

La preparación del sustrato se realizará mezclando 50% de cascarilla de arroz y 50% de compost.

7.7.8. Llenado de bandejas

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

7.7.9. Siembra y colocación de las bandejas

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

7.7.10. Riegos

Los riegos se realizarán diariamente, con una regadera conectada a una manguera, utilizando agua potable, efectuando riegos hasta cuando las plántulas estén listas para el trasplante.

7.7.11. Controles fitosanitarios

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

7.8. ADMINISTRACIÓN

Esta propuesta se efectuará mediante organizaciones capacitadas, que cuenten con los recursos y el personal técnico apropiado y adiestrado para el manejo del cultivo de pimiento, especialmente en la etapa de producción de plántulas. Las personas responsables del manejo tecnológico del cultivo, deberán entender a cabalidad los requerimientos de sustratos para la propagación de plántulas de pimiento, como el comportamiento de las plantas, en las etapas iniciales del crecimiento y desarrollo.

7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Los resultados de la utilización del sustrato conformado por 50% de cascarilla de arroz + 50% de compost, para la producción masiva de plántulas de pimiento, se informarán 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.