

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONOMICAS**



**RESPUESTA DE TRES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA  
EMERGENCIA Y DESARROLLO DE PLANTULAS DE CHILE DULCE  
(*Capsicum annuum*), USULUTAN 2010**

**PRESENTADA POR:  
WILLIAMS WALDIR CHACON FLORES.  
ANGEL DAVID PREZA GÁMEZ**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, JUNIO DE 2011**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVDOR**

**RECTOR: ING. AGR. MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ**

**SECRETARIO GENERAL: LIC. DOUGLAS VLADIMR ALFARO CHAVEZ**

**FACULTAD MULDISCIPLINARIA PARACENTRAL**

**DECANO: ING. AGR. MSc. JOSÉ ISIDRO VARGAS CAÑAS**

**VICEDECANA: LIC. MSc. ANA MARINA CONSTANZA**

**SECRETARIO: ING. AGR. EDGAR ANTONIO ORANTES MARINERO**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS Y**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION**

---

**Ing. Agr. Jorge Luis Alas Amaya**

**DOCENTES DIRECTORES:**

---

**Ing. Agr. MSc. Dagoberto Pérez**

---

**Ing. Arg. MSc. René Francisco Vásquez**

---

**Ing. Agr. Juan Luna Vides**

## RESUMEN

Tradicionalmente los productores de hortalizas en el país, están utilizando técnicas para producir sus semilleros en bandejas. Esta práctica ya tiene muchos años de existir, tanto que ya existen compañías que producen en gran escala sustratos especiales, en la mayoría de casos la plántula tiene un valor económico superior, presentando mejor vigorosidad. Cuando las plántulas son producidas por los horticultores, con sustratos artesanales, presentan las mismas condiciones tanto en desarrollo, vigorosidad y emergencia, que los sustratos comerciales a un menor costo, sin embargo; cuando los productores compran sustratos comerciales para la producción de plantines, los costos se elevan. En este sentido el presente proyecto de investigación tuvo como fin buscar una alternativa que pueda favorecer tanto a medianos y pequeños productores.

La investigación se realizó en un período de treinta días, iniciando el catorce de junio y finalizando el catorce de julio de 2010. Con el objetivo de evaluar cuatro sustratos: comercial (testigo), a base de composta, bocashi, y humus de lombriz, en diferentes proporciones en chile dulce (*Capsicum annuum*) en un ciclo productivo, a fin de determinar que tratamiento brindó mejores resultados en cuanto a emergencia, nivel de desarrollo del sistema radicular, desarrollo en altura de la plántula y contenido de nutrientes. En este sentido el presente proyecto de investigación ha tenido como fin buscar una alternativa para favorecer tanto a medianos y pequeños productores, con el uso de materias primas locales.

Para ello; el modelo estadístico que se utilizó, fue el diseño completamente al azar, con un total de 24 unidades experimentales, presentando un área espacial de un metro y medio cuadrado cada una. Donde se colocaron dos bandejas con capacidad de 200 platines, aplicando en cada una de estas el sustrato correspondiente a su tratamiento con su respectiva proporción. Las cuales estuvieron bajo condiciones controladas en un macrotúnel (conocido en nuestro medio como invernadero).

El resultado de los sustratos en lo que respecta a emergencia es significativo al 5%, por lo que existe diferencia entre los tratamientos, las mezclas con mejores valores fueron composta + bocashi + lombrihumus, cuya proporcionalidad es 1:1:2, con un 79.08%, composta + bocashi + lombrihumus, 1.5:1:1, presentando el 78.08%, composta + bocashi + lombrihumus, 2:1:1, con un valor de 78.66. Aunque el que presento mejores resultados fué el sustrato comercial (Testigo) con un 81.33%. Por el contrario los resultados inferiores se obtuvieron en los tratamientos uno y cinco, con el 58.08% y el 45.25%, respectivamente.

Con los datos obtenidos muestran que las mejores combinaciones analizadas con excepción del sustrato comercial, son las que contenía mayor proporción de humus de lombriz y composta.

El efecto de los sustratos en lo que respecta al crecimiento de los plantines muestran que las mejores alturas con excepción del testigo, fueron composta + bocashi + lombrihumus, 1:1:1.5 y composta + bocashi + lombrihumus, 1.5:1:1, presentando una altura promedio diaria de 0.22 cm y 0.20cm respectivamente.

Las mezclas que presentaron menor crecimiento en altura de plántulas fueron composta + bocashi + lombrihumus, 1:1.5:1 con 0.14 cm y composta + bocashi + lombrihumus, 1:2:1 con un promedio diario de 0.12 cm.

Los sustratos con mejor desarrollo radicular fueron composta + bocashi + lombrihumus, 1.5:1:1 y composta + bocashi + lombrihumus, 2:1:1. El primero con un valor promedio de 23.0 raíces y el segundo un poco mayor con 25.0, acercándose más al testigo (sustrato comercial) el cual presenta 30.0 raíces.

Los resultados con menor desarrollo radicular, lo presentaron las mezclas composta + bocashi + lombrihumus, 1:2:1 con 19.0 y composta + bocashi + lombrihumus, 1:1:1 con 18.0 raíces. En el caso del T2, T4 y T3 alcanzaron valores intermedios con respecto al T0 (sustrato comercial).

## AGRADECIMIENTO

### Gracias

- A Dios todo poderoso por darme la sabiduría y fuerza necesaria para lograr alcanzar mi objetivo.
- A mis padres José Tito Preza Castellanos y Rosario del Carmen Gámez, por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera, que con sus esfuerzos y sacrificios, he logrado culminar con mis estudios.
- A mis hermanos y demás familia por darme su apoyo en los momentos difíciles a lo largo de mi carrera.
- A mis asesores Dagoberto Pérez, René Francisco Vásquez y Juan Luna Vides, por guiarme en el trabajo de investigación de manera desinteresada, para poder finalizar con éxito mi profesión.
- A mi compañero Williams Waldir Chacón Flores por brindarme su amistad y apoyo, para lograr terminar con la investigación.

Angel David Preza Gámez

- A Dios todo poderoso por haberme permitido cumplir esta meta, y darme la sabiduría y fuerza para lograrlo.
- A mis padres Lorenzo Antonio Chacón y Carmen Flores, por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera, que con su esfuerzo y sacrificio he logrado culminar mis estudios.
- A mis hermanos por su comprensión y cariño siempre.
- Agradezco a los Ingenieros Dagoberto Pérez, René Francisco Vásquez y Juan Luna Vides, por asesorarme y guiarme en mi trabajo de investigación de manera desinteresada y confiar siempre en mí, para poder culminar con éxito mi carrera. A mi compañero Ángel David Preza por confiar en mi hasta cumplir con nuestra meta.
- A la Asociación Mangle para la mitigación y desastres de la Bahía de Jiquilisco, por brindarnos apoyo incondicional a lo largo de la investigación.

Williams Waldir Chacon Flores

## DEDICATORIA

- A Dios todo poderoso por darme la fortaleza, sabiduría y perseverancia, para poder alcanzar mis metas.
- A mis padres por brindarme su apoyo incondicional, tanto económico como moral para poder finalizar con mis estudios.
- A mis docentes y asesores, por ser las personas que me guiaron brindándome sus conocimientos a lo largo de todos mis estudios.

Angel David Preza Gámez

- A Dios por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad, bendiciones y amor.
- A mi madre Carmen por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.
- A mi padre Lorenzo por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y sobre todo por su amor.
- A mis hermanos y amigos, por su comprensión amistad y cariño.
- A mis asesores Ing. Dagoberto Pérez, Ing. René Francisco Vásquez y Ing. Juan Luna Vides, por asesorarme y guiarme en mi trabajo de investigación hasta cumplir mi meta.
- A mí amiga Zelma Diaz por formar parte importante de mi vida, compartir momentos únicos y regalarme momentos bellos a tu lado.

Williams Waldir Chacon Flores

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>vii</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	<b>xii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
2.1 Sustrato .....	16
2.2 Sustrato para cultivo en invernadero .....	16
2.3 Importancia de los sustratos .....	16
2.4 Elementos utilizados en los sustratos .....	17
2.5 Tipos de sustratos .....	18
2.5.1 Según sus propiedades .....	18
2.5.1.1 Sustratos químicamente inertes .....	18
2.5.1.2 Materiales inorgánicos o minerales .....	18
2.5.1.3 Transformados o tratados .....	18
2.5.1.4 Sustratos químicamente activos .....	19
2.5.1.5 Materiales orgánicos .....	19
2.6 Propiedades físicas de los sustratos .....	20
2.6.1 Densidad .....	20
2.6.1.1 Densidad Real .....	20
2.6.1.2 Densidad aparente .....	21
2.6.2 Porosidad .....	22
2.6.3 Agua total disponible de un sustrato .....	22
2.6.4 Propiedades químicas de los sustratos .....	23

2.7 Estudios relacionados con sustratos .....	24
2.8 Tipos de sustratos orgánicos .....	24
2.8.1 Compostaje .....	25
2.8.1.1 Origen .....	25
2.8.1.2 Importancia del compostaje.....	25
2.8.1.3 Proceso de elaboración del compostaje.....	26
2.8.1.4 Materiales utilizados en la composta .....	27
2.8.1.5 Elementos nutricionales de la composta .....	28
2.8.1.6 Características de la composta.....	28
2.8.1.7 Ventajas de la composta.....	28
2.8.1.8 Propiedades físicas de la composta.....	29
2.8.1.9 Propiedades químicas de la composta.....	30
2.8.2 Bocashi.....	31
2.8.2.1 Origen .....	31
2.8.2.2 Características del Bocashi .....	31
2.8.2.3 Importancia del bocashi .....	31
2.8.2.4 Materiales utilizados en el bocashi.....	31
2.8.2.5 Preparación del bocashi.....	32
2.8.2.6 Principales factores a considerar en la elaboración del bocashi.....	33
2.8.2.7 Ventajas del Bocashi .....	34
2.8.3 Humus de lombriz.....	34
2.8.3.1 Origen .....	34
2.8.3.2 Importancia del humus de lombriz.....	34
2.8.3.3 Producción de humus en lombricomposteras .....	35
2.8.3.4 Producción de lombrices.....	35
2.8.3.5 Manejo de lombricultivo.....	35

2.8.3.6 Preparación de las camas de crianza o composteras.....	36
2.8.3.7 Preparación del alimento .....	37
2.8.3.8 Sistema de alimentación .....	37
2.8.3.9 Frecuencia y cantidad de alimento.....	37
2.8.3.10 Frecuencia y cantidad de riego.....	38
2.8.3.11 Siembra del pie de cría .....	38
2.8.3.12 Manejo y cuidado de las lombricomposteras .....	38
2.8.3.13 Recolección de humus.....	39
2.8.3.14 Métodos para recolectar el humus de los criaderos.....	39
2.8.3.15 Elementos nutricionales del humus de lombriz.....	40
2.8.3.16 Características del humus de lombriz.....	41
2.8.3.17 Ventajas del humus de lombriz.....	41
2.8.3.18 Propiedades químicas del humus de lombriz.....	42
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>43</b>
3.1 Ubicación del proyecto.....	43
3.2 Características Climáticas .....	43
3.3 Duración del ensayo.....	43
3.4 Sustratos utilizados.....	43
3.4.1 Bocashi.....	43
3.4.2 Composta.....	43
3.4.3 Humus de lombriz.....	43
3.4.4 Sustrato comercial.....	44
3.5 Metodología de campo .....	44
3.6 Instalación y equipo.....	47
3.7 Variedad utilizada .....	47
3.8 Plan de manejo .....	47

3.8.1 Desinfección de las bandejas .....	47
3.8.2 Desinfección de las semillas.....	48
3.8.3 Preparación del Trichotherma .....	48
3.9 Metodología Estadística .....	48
3.10 Propiedades físicas de los sustratos .....	49
3.10.1 Análisis de la densidad real o densidad de partículas .....	49
<b>3.10.2 Análisis de densidad aparente .....</b>	<b>49</b>
3.10.3 Determinación del porcentaje de poros .....	49
3.10.4 Determinación de la retención de humedad de los sustratos .....	50
3.12 Variables a evaluar.....	51
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 Porcentaje de emergencia.....</b>	<b>52</b>
4.2 Altura de plántula .....	54
4.3 Desarrollo radicular .....	57
4.4 Propiedades físicas de los sustratos .....	60
4.6 Análisis económico.....	63
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>71</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>79</b>

## INDICE DE CUADROS

1. Proporciones utilizadas en los diferentes tratamientos .....	45
2. Análisis de varianza del porcentaje de emergencia .....	52
3. Prueba de media del porcentaje de emergencia .....	53
4. Análisis de varianza por el método de regresión con respecto a la altura de las plántulas .....	54
5. Análisis de varianza de la altura promedio diaria .....	55
6. Prueba de media de la altura promedio diaria.....	56
7. Análisis de varianza del desarrollo radicular .....	57
8. Prueba de media del desarrollo radicular.....	58
9. Propiedades físicas en los sustratos de cada tratamiento .....	61
10. Propiedades químicas de los sustratos.....	62
11. Análisis económico de los tratamientos en estudio .....	64
12. Costo de elaboración de abonos orgánicos .....	65
13. Costo de elaboración de abonos orgánicos .....	66
14 Resumen de resultados .....	67

## INDICE DE FIGURAS

1. Recolección de los materiales utilizados en las diferentes mezclas.....	45
2. Llenado y compactado del sustrato en las bandejas.....	46
3. Distribución de los tratamientos dentro del invernadero.....	46
4. Instalación utilizada en el ensayo.....	47
5. Distribución de los diferentes tratamientos dentro del invernadero.....	48
6. Porcentaje de emergencia del cultivo de chile dulce ( <i>Capsicum annuum</i> ) en cada uno de los sustratos empleados en los tratamientos.....	53
7. Altura de las plántulas de chile dulce en los sustratos.....	57
8. Cantidad de raíces por plántulas de chile dulce en los diferentes tratamientos.....	59

## INDICE DE ANEXOS

1. Prueba de germinación. ....	79
2. Recolección de materiales orgánicos. ....	79
3. Llenado y siembra de los semilleros. ....	80
4. Estructura en donde se colocaron las bandejas. ....	80
4. Dimensiones de las estructuras donde se colocaron las bandejas. ....	81
5. Distribución de los diferentes tratamientos en unidades experimentales. ....	81
7. Análisis de las propiedades físicas de los sustratos. ....	82
8. Análisis de las propiedades químicas de los sustratos. ....	83
9. Porcentaje de emergencia y altura de plantas, semana 1. ....	84
10. Altura de planta, semana 2. ....	84
11. Altura de plantas, semana 3. ....	85
12. Altura de plantas, cuarta semana. ....	85
13. Desarrollo radicular, cuarta semana. ....	86
14. Desarrollo radicular de los tratamientos. ....	86

## **I. INTRODUCCIÓN**

En nuestro país la mayoría de productores de hortalizas, están utilizando técnicas para producir sus semilleros en bandejas, aunque para ello; es necesario el uso de materiales que cumplan las condiciones óptimas para el desarrollo de la plántula, en este sentido existen sustratos comerciales que pueden adquirir los productores, sin embargo; han existido experiencias donde se ha evaluado diferentes combinaciones de materiales presentes en las diferentes zonas del país con el fin de reducir costos.

En la actualidad hay, un incremento de desechos orgánicos e inorgánicos producidos en las familias (desperdicios domésticos), mercados, fabricas agroindustriales (ingenios azucareros, beneficios de café, etc.), estiércoles producidos en las granjas pecuarias entre otros; de los cuales los productos orgánicos pueden ser reciclados reduciendo la problemática de contaminación ambiental, así mismo siendo una alternativa para la producción de sustratos orgánicos a un bajo costo fáciles de adquirir para productores de escasos recursos.

Para el experimento se utilizaron tres tipos de abonos orgánicos (compost, bocashi, humus de lombriz.), en diferentes combinaciones utilizando como testigo el sustrato comercial. Dicha investigación se llevo a cabo en las instalaciones de la MANGLE, (Asociación Mangle para la mitigación y desastres de la bahía de Jiquilisco) en el Cantón Zamorano, comunidad Ciudad Romero, Municipio de Jiquilisco, Usulután. En un periodo comprendido de treinta días, iniciando el catorce de junio y finalizando el catorce de julio de 2010. El diseño utilizado fue el completamente al azar, en el cual; se realizaron siete tratamientos, con diferentes proporciones de bocashi (B), compost (C), humus de lombriz (H) y T0: sustrato comercial (testigo), con proporción balanceada. En la ejecución del ensayo, se llevaron a cabo tres repeticiones por cada tratamiento logrando un total de veinte y cuatro unidades experimentales, distribuidas en un área de 100m<sup>2</sup>.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Sustrato**

Es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje de la planta (Barbado, 2005).

### **2.2 Sustrato para cultivo en invernadero**

Entre estos tipos de sustratos se encuentra la turba rubia, el cual; es uno de los componentes mayoritarios en la formulación de sustratos, al igual que la fibra de coco. Aunque cualquier material orgánico, mineral o artificial puede ser empleado como sustrato (Díaz, 2004).

En los sustratos para cultivos bajo invernadero, es preferible que tengan una alta capacidad de retención de agua y de nutrientes, para evitar una deficiencia durante la post-venta. Si la planta debe pasar por un período largo de transporte o en el punto de venta. Además, es necesario que tenga una alta capacidad de retención de aire con alta permeabilidad a fin de ser capaz de absorber el agua aplicada en el riego si este es frecuente (Llorens, 2005).

### **2.3 Importancia de los sustratos**

La preparación de sustrato y siembra de semilleros de hortalizas, en bandejas es la etapa más importante en el éxito o fracaso en el establecimiento del cultivo (CENTA, 2003)

Los sustratos permiten ejercer una gran influencia en nuestros cultivos para obtener una cosecha productiva de la más alta calidad (Novedades Agrícolas, 2009). Las dos condiciones primordiales que se deberá tener en cuenta para poder usar un abono orgánico en agricultura, son la inocuidad desde el punto de vista bacteriológico, fitopatológico y que su aplicación no produzca riesgo de contaminación química (Vargas *et al*, 2003).

Los componentes orgánicos favorecen la retención de agua y la capacidad de intercambio catiónico, debido a que poseen una gran proporción de micro poros capaces de retener los nutrientes, previniendo su lixiviación (Sandoval, 2008).

Mediante el uso de sustratos orgánicos, se logra una mejor disponibilidad de nitrógeno y fósforo, en una mezcla de 9:1 de abonos orgánicos, a saber: pollinaza, compost, bocashi, vermicompost. Por tanto, en el suelo como en los sustratos de suelo más abono orgánico, se convierte en una metodología como alternativa para calificar la calidad nutricional de los sustratos de siembra y puede determinar la disponibilidad de N y P, con la ventaja de que los resultados se obtienen a un menor costo (Restrepo, 2001). Este sustrato ofrece la ventaja que los materiales utilizados para su composición son fáciles de adquirir; preparar y de bajo costo comparado con el que se vende a nivel comercial (CENTA, 2003).

#### **2.4 Elementos utilizados en los sustratos**

En el proceso de elaboración de los sustratos se pueden utilizar diferentes materiales tales como: tierra negra, cascarilla de arroz, carbón de cascarilla de arroz y fertilizante, (CENTA, 2003). Aunque, según Infoagro, (s.f.), los materiales pueden ser de origen natural sujetos a descomposición biológica como las turbas. Además, el uso de subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas tales como: cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, virutas de la madera y residuos sólidos urbanos, experimentando un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos. Algunos de los abonos orgánicos que se pueden utilizar como sustratos para vivero son: bocashi, el lombricompost y compost, (EM Technologies, 1999; citado por Thomas, 2000).

Existen otros tipos de materiales inorgánicos a partir de rocas o minerales como: arena, grava, tierra volcánica, perlita, vermiculita, arcilla expandida, escorias de horno alto y carbón. (Infoagro, s.f.)

## **2.5 Tipos de sustratos**

La clasificación de los sustratos está dada por sus propiedades según el origen de sus materiales (Barbado, 2005).

### **2.5.1 Según sus propiedades**

#### **2.5.1.1 Sustratos químicamente inertes**

Pueden ser de origen mineral, su característica; es que son totalmente indiferentes a los procesos bioquímicos del sistema radicular como son: Arena granítica o silíceo, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, (Shany, 2004).

Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, y no intervienen en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante una solución fertilizante (Barbado, 2005).

#### **2.5.1.2 Materiales inorgánicos o minerales**

Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, y se modifican muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica), (Barbado, 2005).

Algunos como la piedra volcánica generalmente ya se encuentra desmenuzada, su característica responde a todos los requisitos siendo, el material más común utilizado entre los sustratos agrícolas. Es un material parcialmente inerte, cuando se utiliza por primera vez, tiende a absorber los elementos nutritivos en especial el fósforo, (Shany, 2004).

#### **2.5.1.3 Transformados o tratados**

A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos más o menos complejos que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida), (Barbado, 2005).

Aunque según Urrestarazu, (2004); pueden ser de rocas o minerales obteniéndose a partir de tratamientos físicos y a veces también químicos.

#### **2.5.1.4 Sustratos químicamente activos**

Estos se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica, algunos tratados industrialmente como lo son: Turbas rubias y negras, vermiculita. (Urrestarazu, 2004)

Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta, pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos, según las exigencias del vegetal. La diferencia entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato (Barbado, 2005).

#### **2.5.1.5 Materiales orgánicos**

Pueden ser de origen natural, residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. (Barbado, 2005). Estos se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica como las turbas. Otros como la espuma de poliuretano, poliestireno expandido son polímeros orgánicos no biodegradables que se obtienen mediante síntesis, en el caso de residuos de diferentes actividades de producción y consumo deben experimentar un proceso de compostaje para su adecuación como sustrato (Urrestarazu, 2004).

Shany, (2004); establece que tienen un alto contenido nutritivo, más que todo nitrógeno, jugando un papel importante en el sustrato, debido a que pueden balancear su equilibrio químico y retener un alto volumen de agua. Desde el punto de vista económico es atractivo su uso, ya que; el costo a granel de la composta representa aproximadamente el 10% menos que el uso de fertilizantes químicos (Cadahía, 2005).

## **2.6 Propiedades físicas de los sustratos**

Las principales propiedades físicas que se necesitan determinar en un sustrato son: densidad aparente, densidad real, granulometría, porosidad total, porosidad de aire, agua fácilmente disponible, agua de reserva y agua difícilmente disponible (Díaz, 2004).

### **2.6.1 Densidad**

Representa el peso seco en gramos de materiales sólidos dentro de un volumen definido (Núñez, 2000). También se define como la masa de una sustancia entre el volumen que ocupa  $d = m/v$  (Henríquez y Cabalceta, 1999; citado por Sánchez, 2006).

La densidad de un sustrato, se puede referir bien a la del material sólido que lo compone definida como densidad real, o bien a la densidad calculada considerando, el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso denominada como densidad aparente (Barbado, 2005). Una alta densidad no solo afecta el desarrollo radical directamente sino también dificulta el buen drenaje (Primavesi, 1984; citado por Sánchez, 2006).

#### **2.6.1.1 Densidad Real**

Su valor varía según la materia de que se trate y suele oscilar entre 2,5-3 para la mayoría de los de origen mineral (Barbado, 2005).

La densidad real de una muestra de suelo se determina mediante el picnómetro. El cual, es un frasco volumétrico de vidrio que puede ser con una capacidad mínima de 50 ml ó una capacidad mayor de 100 ml (Grupo de Geotecnia, s.f.).

Según Núñez, (2006); el procedimiento consiste en pesar el picnómetro o balón limpio con tapa, limpio y seco. Agregar 10 g de muestra de suelo, manteniendo limpio el exterior del recipiente, luego se vuelve a pesar el picnómetro con la tapa más suelo (pps). Posteriormente se agrega agua destilada hasta la mitad, hierva

por tres minutos para desplazar el aire. Enfrié; afore con agua hervida y fría. Luego tape el picnómetro y péselo (ppsa). Deseche la muestra de suelo, lave el picnómetro y seque su exterior. Llene el picnómetro con agua destilada, hervida y fría. Luego se pesa. Posteriormente se procede al cálculo utilizando la siguiente fórmula:

$$Dr = \frac{Da(pps-pp)}{pps-pp - (ppsa-ppa)}$$

Donde:

Dr: Densidad real

Da: Densidad de agua

pp: peso de picnómetro vacío

pps: peso de picnómetro + suelo

ppsa: peso de picnómetro + suelo + agua

ppa: peso de picnómetro + agua

### **2.6.1.2 Densidad aparente**

Esta propiedad se puede cuantificar en el mismo contenedor que se vaya a utilizar para el crecimiento de las plantas (Henríquez y Cabalceta, 1999; citado por Sánchez, 2006). Aunque según Urrestarazu, (2004); lo define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente del sustrato húmedo, incluyendo el espacio poroso entre las partículas.

La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores se prefieren bajos 0,7- 0,1 y que garanticen una cierta consistencia de la estructura (Barbado, 2005). Aunque según Soto, (2007); es la masa seca a 105°C de la fracción sólida por volumen de sustrato y generalmente, se expresa en gramos por mililitros ó g/cm<sup>3</sup>. El valor óptimo es de 0,4 g/cm<sup>3</sup>.

### **2.6.2 Porosidad**

El total de poros existentes en un sustrato se divide entre; poros capilares, de pequeño tamaño (< 30 mm), que son los que retienen el agua, y los poros no capilares o macroporos, de mayor tamaño (>30 mm), que son los que se vacían después de que el sustrato ha drenado. Permitiendo así la aireación. (Cadahía, 2005)

La porosidad elevada en el sustrato permite que exista intercambio de gaseoso entre el sustrato y la atmósfera, permitiendo la respiración de las raíces. Una ventaja importante de los sustratos con respecto al cultivo en suelo, es que los sustratos deben tener una alta porosidad (>85%) mientras que la porosidad total del suelo apenas alcanza un 50%. (Díaz, 2004)

Soto, (2007); establece que la porosidad total incluye la capacidad de aireación (macroporos), retención de humedad (microporos) y se expresa en porcentaje respecto al volumen de sustrato. Conociendo la densidad aparente y la densidad real del medio se puede determinar utilizando la formula:

$$Pt = (1 - Da / Dr) \times 100$$

Donde: Pt: Porosidad total

Da: Densidad aparente

Dr: Densidad real

### **2.6.3 Agua total disponible de un sustrato**

Se define como la suma del agua fácilmente disponible más el agua de reserva. Su valor optimo varía entre 24 – 40% del volumen del sustrato (Cadahía, 2005).

#### **2.6.4 Propiedades químicas de los sustratos**

Las principales propiedades químicas que se deben determinar en un sustrato son: pH, conductividad eléctrica, capacidad de amortiguamiento, capacidad de intercambio catiónico (CIC), nutrimentos disponibles en la solución, elementos pesados y compuestos fitotóxicos (Díaz, 2004).

A las propiedades químicas de los sustratos se les ha prestado hasta ahora la mayor atención. Estas propiedades influyen en el suministro de nutrientes a través de la capacidad de intercambio catiónico. El intercambio catiónico depende, en gran medida, de la acidez del sustrato. Las características químicas y nutritivas de un sustrato pueden ser modificadas con la adición de fertilizantes y enmiendas (Gómez, 2001).

Entre las características químicas importantes de los sustratos se encuentran el contenido de macro y micronutrientes, el pH y la capacidad de intercambio catiónico. Un equilibrio de estos tres factores permite tener un sustrato adecuado para el crecimiento del cultivo (Gómez, 2001). El pH de un sustrato se prefiere que sea ligeramente ácido (5.5-6.5) y la conductividad eléctrica que no sea mayor de 2.0 dS m<sup>-1</sup> (Díaz, 2004). Aunque según Torres *et al*, (s. f.); todos los nutrientes se encuentran disponibles en el rango de pH de 5.4 a 6.2, dependiendo de cada especie de plantas.

Si el pH está fuera del intervalo recomendado, se debería llevar a cabo el ajuste de dicho pH. En el caso de los sustratos ácidos se requiere la adición de cal o dolomita para provocar un incremento en el pH. El pH alcalino de los sustratos básicos puede reducirse mediante la adición de azufre. Las cantidades de cal o azufre a añadir al sustrato dependen del pH original, del pH final a alcanzar y de su capacidad de intercambio catiónico, siendo las necesidades de enmienda mayores cuando mayor es la capacidad de cambio del material (Cadahía, 2005).

## **2.7 Estudios relacionados con sustratos**

En sustratos se han realizado numerosos ensayos con diversas combinaciones tales como: el compost de cebolla más estiércol y el lombricompost, los cuales; se mezclaron con perlita, en una proporción 66% de compost o lombricompost más 34% perlita, comparado con un producto comercial en lechuga. Donde el compost de cebolla mejoró notablemente la calidad del plantín antes del trasplante y resultó de mayor precocidad que los otros dos, ya que; adelantó en 10 días el momento de cosecha. Así mismo produjo un rendimiento similar al testigo, a pesar de que presentó mayor porcentaje de plantas perdidas. (Ayastuy *et al*, s.f.)

Según los estudios realizados por Mori, (2001); sobre el comportamiento del compost en forma pura y mezclado en distintas proporciones con cáscara de arroz carbonizada (0, 25, 50, 75 y 100%). Utilizando como testigo la turba sphagnum comercial. Los resultados demostraron que la cascara de arroz modifica las propiedades físicas del compost, disminuyendo la densidad aparente de este y aumentando la porosidad total, mejorando la relación agua/ aire en los sustratos. Aunque, en el caso del porcentaje de emergencia presentaron mejores resultados, siendo menor en el compost mezclado con la cascarilla de arroz. En el crecimiento de los plantines, los que presentaron mejores alturas fueron; las mezclas cuyas proporciones eran 50% compost más 50% cascarilla de arroz carbonizada, seguido de la mezcla de 25% compost más 75% cascarilla de arroz carbonizado.

## **2.8 Tipos de sustratos orgánicos**

El abono orgánico de acuerdo a Technologies (1999), citado por Thomas, (2000). Es un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen animal, vegetal o mixto, que tienen el objetivo de mejorar tanto las características físicas como químicas del suelo.

Dentro de los sustratos orgánicos sobresalen, la composta y la vermicomposta; el proceso de elaboración de la composta y la vermicomposta, son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un proceso

relativamente estable. Se ha comprobado que la composta mejora las características de suelo, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana (Shany, 2004).

Algunos de los abonos orgánicos que se pueden utilizar como sustratos para vivero se describen a continuación.

## **2.8.1 Compostaje**

### **2.8.1.1 Origen**

El desarrollo de la técnica de compostaje a gran escala se originó en la India con las experiencias llevadas a cabo por el inglés Albert Howard desde 1905 a 1947. Su éxito consistió en combinar sus conocimientos científicos con los tradicionales de los campesinos. Dicho método, fue llamado Indore, se basaba en fermentar una mezcla de desechos vegetales y excrementos animales, y humedecerla periódicamente (Sánchez, 2007).

La palabra compost viene del latín componere, juntar; por lo tanto, es la reunión de un conjunto de restos orgánicos que sufre un proceso de fermentación y da un producto de color marrón oscuro (Ferreiro, 1998).

### **2.8.1.2 Importancia del compostaje**

Mediante el uso de compost en los sustratos se logra; una mejora en las características nutritivas de este, aumentando los contenidos de N, P, K y micro elementos en cantidades variables. Aunque, presenta poca retención de agua y relación de agua-aire cuando se usa como sustrato puro o en mezcla (Moreno *et al*, 2007).

### **2.8.1.3 Proceso de elaboración del compostaje**

En el proceso de compost se necesita estiércol y paja, si la preparación es algo seca se aumenta la cantidad de estiércol para mantener la hidratación y por consecuencia mantener estable la temperatura (Martínez & Ballester, 2004). Dicho proceso puede durar de 6 a 24 meses dependiendo del material que se utilice (Infoagro, s.f.).

Hay otros agregados que pueden enriquecer la mezcla, tales como sulfato de amonio; sangre desecada de bovino, ovinos u otros; estiércol de aves y cerdos; urea; etc. Estos abonos proporcionan nitrógeno al compost incorporándose en el proceso de volteo (Martínez & Ballester, 2004).

En el proceso de elaboración del compost, se debe de seguir ciertos pasos primero los materiales deben de estar bien mezclados antes de la realización del montón (Infoagro, s.f.). Cuando se recolectan las cantidades de elementos para la elaboración del compostaje, el estiércol y la paja; los materiales se colocan a cielo abierto en montones de uno cincuenta a dos metros de ancho por uno veinte a uno cincuenta metros de largo, y alto, según la cantidad de material que se disponga (Martínez & Ballester, 2004).

Estos montones se realizan intercalando cada capa de materiales de 20-30 cm de altura agregando una fina capa de 2-3 cm de espesor de compost maduro o de estiércol para facilitar la colonización de los microorganismos (Infoagro, s.f.).

El volteo de la pila es la forma más rápida y económica de garantizar la presencia de oxígeno en el proceso de compostaje, además de homogeneizar la mezcla e intentar que todas las zonas de la pila tengan una temperatura uniforme. La humedad debe mantenerse entre el 40 y 60% (Infoagro, s.f.). Aunque, según Martínez & Ballester, (2004); establece que la humedad óptima ronda el 82%.

Para el trabajo de campo se toma un puñado del material y se comprime firmemente con la mano. Si al abrir el puño, conserva la forma de los dedos,

dejando la mano ligeramente mojada pero sin gotear, significa que la mezcla ha alcanzado el punto justo de humedad. La forma más práctica para humedecer el material, es mediante; el uso de una manguera de media pulgada de diámetro de manera, tal que; el agua llegue en forma de lluvia (Martínez & Ballester, 2004).

El contenido de humedad de un compost es fácilmente determinado, aunque, puede fluctuar mucho debido a diferencias del material componente, procesos y condiciones de almacenaje, el cual, es un factor crítico para conseguir un compostaje óptimo. Conforme aumenta el contenido en humedad, disminuye la materia seca por unidad de peso. El contenido de humedad puede expresarse refiriéndose a peso o volumen, donde sus valores más adecuados oscilan entre el 50 y 60% (Stoffella & Kahn, 2004).

El volteo se realiza cuando han transcurrido entre 4 y 8 semanas, repitiendo la operación dos o tres veces cada 15 días. Así, transcurridos unos 2-3 meses obtendremos un compost joven pero que puede emplearse semienterrado (Infoagro, s.f.).

Aunque, según Martínez & Ballester, (2004); afirma que alrededor de una semana después se debe de comenzar con las tareas de remoción y volteo. Al producir el primer volteo, se le puede agregar el abono nitrogenado, para corregir la deficiencia en la calidad del compuesto.

#### **2.8.1.4 Materiales utilizados en la composta**

Según Wikipedia, (2010); todos los materiales biodegradable podría transformarse en compostaje una vez transcurrido el tiempo suficiente. Aunque, no todos los materiales son apropiados para el proceso de compostaje tradicional, ya que; si no se alcanza una temperatura suficientemente alta los patógenos no mueren y pueden proliferar plagas. Por ello; el estiércol, las basuras y restos animales, deben ser tratados en plantas específicas de alto rendimiento y sistemas termofílicos.

Su utilización como sustrato implica, generalmente su mezcla al 25 – 50% en volumen con otros materiales orgánicos o inorgánicos, naturales, sintéticos o residuales, como turbas, perlita, mejorando su textura y estructura (Moreno *et al*, 2007).

#### **2.8.1.5 Elementos nutricionales de la composta**

La composta puede ser utilizada directamente como sustrato, incorporando materia orgánica así como nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y hierro (Sandoval, 2008).

El uso de sustratos orgánicos como compost, demostró que su aplicación en un 25% permite obtener plántulas vigorosas sin la utilización de ningún tipo de fertilizante químico (Gamboa, 2005).

#### **2.8.1.6 Características de la composta**

Las características de la composta van dirigidas a conseguir aspecto y olor aceptables; higienización correcta; impurezas y contaminantes a nivel de traza, (nivel conocido de componentes agrónomicamente útiles), características homogéneas y uniformes. Además debería de poder ser almacenado sin presentar alteraciones. El destino final del compost influye en su calidad, ya que; cada aplicación o aprovechamiento tiene exigencias particulares (Moreno *et al*, 2008).

La determinación del mayor número posible de parámetros físicos, físico-químicos, químicos y biológicos, nos lleva a definir mejor la calidad del producto (Moreno *et al*, 2007).

#### **2.8.1.7 Ventajas de la composta**

En la elaboración del compost se logra aprovechar gran cantidad de biomasa como los residuos de cosecha, follajes de arboles, plantas, malas hierbas, matorrales, estiércol de animales domésticos como caballos, ovinos, bovinos, caprinos (Peter *et al*, 2004).

Los nutrientes dentro del compost se liberan lentamente, lo que significa mayor disponibilidad de nutrientes en función del tiempo ayudando a mantener la disponibilidad en época de sequía intermitente o periódica. Además mejora las propiedades físicas como la infiltración y la permeabilidad. Al mismo tiempo ejerce una función reguladora de pH (Núñez, 2001).

Es seguro para aplicarlo al cultivo porque es relativamente libre de patógenos y no causa la inanición de nitrógeno, en el compost la mineralización total asegura un suministro de minerales en estado ionizado y la temperatura alta, en el proceso asegura la eliminación de los microorganismos que podrían competir por los nutrientes (Shintani *et al*, 2000).

#### **2.8.1.8 Propiedades físicas de la composta**

Aunque, los procesos del compostaje son bioquímicos, están muy influenciados por factores físicos como el contenido de humedad y el tamaño de las partículas. Ambos parámetros pueden cambiar durante el proceso del compostaje e influir sobre la calidad de este. La densidad aparente proporciona principalmente el contenido de humedad, siendo un indicador del tamaño de las partículas y del contenido en cenizas. Generalmente, la densidad aparente aumenta con el tiempo de compostaje, así como; el contenido de cenizas aumenta y el tamaño de las partículas disminuye por descomposición, volteo y tamizado. Conforme aumenta la densidad aparente, las condiciones de drenaje y porosidad para el aire de los medios fertilizantes disminuyen, así como se incrementa la capacidad de retención de agua. La capacidad de retención para el agua es la cantidad de agua contenida en los poros después de las pérdidas por gravedad por determinado tiempo. La medida de la capacidad de retención tiene una importancia relativa en la utilización en campo del compost (Stoffella & Kahn, 2004).

Jara & Peregrin, (2006); estableció que para todas las clases de composta, el tamaño máximo de las partículas que lo integran deben ser menor o igual a 16 mm, determinado en su mayor dimensión.

Aunque según Stoffella & Kahn, (2004); afirmó que el tamaño de las partículas es de las más importantes, ya que; no solo afecta la retención de humedad si no también el espacio para el aire libre. En relación a esta propiedad se obtienen buenos resultados con materiales que tienen tamaños entre 3 a 50 mm. Además, se estima que el espacio ideal para el aire libre de un compost debe ser entre 32 y 36%.

#### **2.8.1.9 Propiedades químicas de la composta**

La concentración de C orgánico de un compost, es un indicador de su concentración en materia orgánica, siendo un índice de calidad del compost (Moreno *et al*, 2008).

La escala de valores del pH en la mayor parte de los compuestos acabados varía entre 6.0 y 8.0. El valor final del pH de un compost depende mucho de la materia prima, del proceso de fabricación (Stoffella & Kahn, 2004).

Una acidez o una alcalinidad excesivas pueden dañar a las raíces de las plantas, inhibir el desarrollo de las mismas, así como su crecimiento (Stoffella & Kahn, 2004). Al respecto Moreno, (2008); afirma que este parámetro, es considerado como un indicativo de la evolución del compostaje.

El valor del pH va aumentando gradualmente alcanzando niveles que oscilan entre 5,5 a 9 dependiendo del material. Aunque las plantas pueden sobrevivir en un amplio intervalo de pH; el crecimiento y el desarrollo del cultivo, se puede ver reducido de modo marcado en condiciones de acidez y alcalinidad extrema (Moreno *et al*, 2008).

La composición de elementos depende del material que ha sido procesado en el compostaje. Las cantidades totales de P, K, Ca, y Mg, se determinan por la digestión total del compost en un ácido fuerte. Solo una parte de P, Ca, y Mg totales de una muestra de compost será utilizable por las plantas (Peter, 2004).

## **2.8.2 Bocashi**

### **2.8.2.1 Origen**

Es un biofertilizante de origen Japonés, del que deriva su nombre “bo-ca-shi”, que significa fermentación. El cual, en la antigüedad los japoneses utilizaban sus propios excrementos para elaborarlo y abonar sus arrozales. Se trata de un abono orgánico fermentado parcialmente estable, de económico y fácil preparación (Carbajal, 2006).

### **2.8.2.2 Características del Bocashi**

El abono tipo bocashi proporciona una gran cantidad de elementos al suelo, así mismo el aumento de los microorganismos asociados en la rizosfera, los cuales, favorecen la solución de las sustancias químicas y sus acciones antagónicas contra enfermedades del tallo de las plantas (Gamboa, 2005).

### **2.8.2.3 Importancia del bocashi**

La utilización del Bocashi en forma de sustrato consigue mantener la fertilidad de este, además logra mejorar las condiciones físicas, la estructura y la capacidad de retención de agua (Gamboa, 2005).

En semilleros puede utilizarse, como sustrato; mezclando tierra cernida con carbón vegetal pulverizado y el abono bocashi, en proporciones de 60% a 90% tierra y 40-10% de bocashi dependiendo del tipo de plántula (ACAO, s.f.).

### **2.8.2.4 Materiales utilizados en el bocashi**

Para la preparación de bocashi pueden utilizarse varios materiales como salvado de arroz, salvado de maíz, salvado de trigo, cascarilla de arroz, cascarilla de frijol, pasto, fibra y cascarilla de coco. Además se pueden utilizar, los residuos de cosechas y los desperdicios de una planta procesadora de cualquier cultivo, la harina de pescado, la harina de hueso, el estiércol de animales, los desperdicios de la cocina, las algas y materiales similares (EM Technologies, 1999; citado por Thomas, 2000).

Restrepo, (2001); también se pueden utilizar la gallinaza de ave ponedora, cascarilla de arroz, tierra cernida, carbón quebrado en partículas pequeñas, carbonato de calcio o cal agrícola, melaza de caña de azúcar, levadura para pan y agua.

#### **2.8.2.5 Preparación del bocashi**

Según Restrepo, (2001); en el proceso de elaboración del bocashi la mezcla de ingredientes se hace por capas alternas, (cascarilla de arroz, estiércol, tierra cernida, melaza y levadura); hasta obtener una combinación homogénea a la cual poco a poco se le agrega agua para obtener la humedad recomendada.

La melaza se diluye en agua, junto con la levadura. Luego se extiende en el piso donde se mezclan junto con los materiales orgánicos de tal forma que el montículo tenga una altura aproximada de cincuenta centímetros, posteriormente se procede a cubrirlo con sacos de fibra durante los tres primeros días de la fermentación, con el fin de controlar ciertos factores (lluvia, viento y rayos solares). De lo contrario se afectaría la calidad de este e incluso se paralizaría la fermentación (Webmaster, 2009).

El bocashi, es preparado mediante la fermentación del material orgánico inoculado con microorganismos eficientes (Technologies, 1999; citado por Thomas, 2000). Durante el proceso de fermentación, se debe de medir la temperatura desde el segundo día de preparación con el fin de que no pase los 50°C. En los primeros días la temperatura aumenta a más de 80°C. Lo cual no se debe permitir es, por ello; que es necesario realizar volteos por lo menos dos veces al día una vez por la mañana y otra por la tarde, lo que permite una mayor aireación y enfriamiento del abono (Restrepo, 2001).

El Bocashi está listo cuando su temperatura es igual a la del ambiente, de color grisáceo, seco y de consistencia polvosa. Estando así, se puede empacar en sacos y almacenarse hasta por dos meses (Webmaster, 2009). Puede utilizarse tres o catorce días después de la fermentación (EM Technologies, 1999; citado por Thomas, 2000).

#### **2.8.2.6 Principales factores a considerar en la elaboración del bocashi**

La temperatura está en función del incremento de la actividad microbiológica del abono, que comienza con la mezcla de los componentes. Después de 14 horas del haberse preparado el abono debe de presentar temperaturas superiores a 50°C (Restrepo, 2001).

La humedad determina las condiciones para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica durante el proceso de la fermentación cuando está fabricando el abono (Shintani *et al*, 2000). Tanto la falta como el exceso de humedad son perjudiciales para la obtención final de un abono de calidad. La humedad óptima, para lograr la mayor eficiencia del proceso de fermentación del abono, oscila entre un 50 y 60% del peso. Cuando la humedad es inferior a 40% se da una descomposición aeróbica muy lenta de los materiales orgánicos. Por otro lado, cuando está supera el 60% la cantidad de poros libres de agua son muy pocos. Lo que dificulta la oxigenación, resultando un proceso anaeróbico, que no es el ideal para obtener un abono de calidad (Restrepo, 2001).

La aireación, es la presencia de oxígeno dentro de la mezcla, necesaria para la fermentación aeróbica del abono. Se calcula que dentro de la mezcla debe existir una concentración de 6 a 10% de oxígeno (Shintani *et al*, 2000). Aunque según Restrepo, (2001); debe ser 5 a 10% de concentración de oxígeno en los macroporos de la masa. Si en caso de exceso de humedad los microporos presentan un estado anaeróbico, se perjudica la aireación y consecuentemente se obtiene un producto de mala calidad.

La reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono, presenta la ventaja de aumentar la superficie para la descomposición microbológica (Shintani *et al*, 2000). El exceso de partículas muy pequeñas puede llevar a una compactación, favoreciendo el desarrollo de un proceso anaeróbico, siendo desfavorable para la obtención de un buen abono orgánico fermentado. Cuando la mezcla tiene demasiado partículas pequeñas, se puede agregar relleno de paja o carbón vegetal (Restrepo, 2001).

El pH necesario para la elaboración del abono es de un 6 a 7.5. Los valores extremos inhiben la actividad microbológica durante el proceso de descomposición de los materiales (Restrepo, 2001).

#### **2.8.2.7 Ventajas del Bocashi**

Se mantiene un mayor contenido energético de la masa orgánica, pues al alcanzar temperaturas tan elevadas hay menos pérdidas por volatilización, además suministra organocompuestos (vitaminas, aminoácidos, ácido orgánico, enzimas y sustancias antioxidantes) directamente a las plantas y al mismo tiempo activa los micro y macro organismos benéficos durante el proceso de fermentación (Restrepo, 2001).

#### **2.8.3 Humus de lombriz**

##### **2.8.3.1 Origen**

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es conocida así por haberse descubierto sus propiedades benéficas en el ecosistema en el estado de California, EE.UU; instalándose ahí los primeros criaderos (Giraldo, 1990).

##### **2.8.3.2 Importancia del humus de lombriz**

En la actualidad la lombricultura ha tomado un auge como solución a los problemas de los residuos orgánicos, presentándose como una alternativa de reciclaje, rápida y barata (Fogar, 2005).

La basura generada puede seleccionarse y utilizarse para la producción de humus por medio de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) Lográndose utilizar como sustrato completamente orgánico que puede contribuir a reducir los costos en la producción de plantines agrícola (Meléndez *et al*, 1995).

### **2.8.3.3 Producción de humus en lombricomposteras**

La lombricultura, conocida como la crianza y manejo de las lombrices de tierra, tiene básicamente la finalidad de obtener dos productos de gran importancia para el hombre; el humus y la harina de lombriz (Tineo, 1994).

### **2.8.3.4 Producción de lombrices**

Según Tineo, (1994); la producción de lombrices tiene lugar durante todo el año en las condiciones apropiadas. El apareamiento en la lombriz californiana bajo condiciones favorables ocurre cada 7 días.

Jiménez, (2007); afirma que de 4 a 10 días después de la copula, el clitelio secreta una sustancia muy densa de la que, se formará una cápsula que contiene los huevos. Dicha capsula los deposita a una profundidad de 5 a 10 cm del suelo donde permanecerá de 2 a 3 semanas hasta la eclosión, la cual puede durar de tres hasta seis semanas.

Las lombrices jóvenes alcanzan la madurez sexual a los tres meses y puede llegar a vivir hasta 16 años. Aparece en cortos periodos, la cual puede llegar a producir entre 1,200 a 1,500 crías por año, y convivir entre 40,000 a 50,000 individuos por metro cuadrado (Darwin, 1999).

### **2.8.3.5 Manejo de lombricultivo**

El alimento sirve de hábitat proporcionando los nutrientes necesarios para el desarrollo y sobrevivencia de las lombrices (Aguirre *et al*, 2005). La lombriz consume en un día lo equivalente a su peso corporal; de punto tres a un gramo de alimento del cual aprovecha el cuarenta por ciento (Darwin, 1999).

El contenido de humedad óptimo en el proceso de compostaje se encuentra entre el 50 y 70%. En menores proporciones limitan la actividad microbial y niveles superiores permiten condiciones anaeróbicas produciendo mal olor. Si el lombricompost se humedece demasiado la disponibilidad de oxígeno disminuye y la lombriz podría llegar a morir (Aguirre *et al*, 2005). Aunque según Darwin, (1999); establece que el grado de humedad del material para el suministro debe ser 80%. En el trabajo de campo esto se puede determinar tomando una cantidad en la mano y apretarla; si escurre un poco de agua entre los dedos la humedad es la adecuada.

En condiciones tropicales la lombriz roja (*Eisenia foetida*) se adapta a un amplio rango de temperaturas que oscilan entre 12-32°C. La temperatura óptima oscila entre 20 – 25°C (Aguirre *et al*, 2005). Cuando estas son inferiores a 10°C. La lombriz deja de reproducirse y muchas de las crías mueren (Darwin, 1999).

El pH óptimo para la crianza de las lombrices se encuentra entre el neutro o ligeramente alcalino, con un rango entre 4.5 a 8. (Cristales, 1997; citado por Rosales & Hernández, 2001)

#### **2.8.3.6 Preparación de las camas de crianza o composteras**

Según Tineo (1994); las camas es el hábitat adecuado para las lombrices las cuales pueden ser de un metro de ancho y de 10 m de largo, con una altura de 25 cm; el material a emplearse para su elaboración puede ser de madera, caña de bambú, troncos de madera, ladrillos y/o cualquier otro material no oxidable. La orientación de las camas tiene que ser tal, que permita la salida de toda el agua en exceso, ya que; su acumulación debajo de las camas mata a las lombrices.

### **2.8.3.7 Preparación del alimento**

La calidad del alimento proporcionado es de gran importancia para lograr el éxito en la crianza de lombrices, si el alimento proporcionado es de óptima calidad, se asegura la rápida producción del pie de cría y la transformación del sustrato, aumentando con ello, el desarrollo y cantidad de lombrices en un corto tiempo (Ruiz, 1999; citado por Rosales & Hernández, 2001).

El alimento a utilizarse puede ser cualquier material orgánico parcial o totalmente descompuesto, entre los cuales se puede utilizar, el estiércol de bovino, equino, porcino, ovino, conejo y aves. Además la pulpa de café, cachaza de caña, desperdicios de frutas y verduras. Evitando proporcionar alimento en estado de fermentación, ya que; la temperatura puede aumentar a 75°C y puede causar la muerte de las lombrices (Jiménez *et al*, 2007).

El tiempo de fermentación dependerá de factores como la temperatura, humedad, disponibilidad de oxígeno, pH y la disponibilidad de nutrientes, dada la composición química de los residuos orgánicos utilizados (Tineo, 1994).

### **2.8.3.8 Sistema de alimentación**

Según Tineo, (1994); el alimento se prepara en pilas, aplicando varias capas alternas de 5 a 10 cm de espesor, para evitar el calentamiento del sustrato cuando está muy fresco, además facilitando la aireación del cultivo, así como la transformación del material y para mantener las lombrices alimentándose en la parte superior (Cristales, 1997; citado por Rosales & Hernández, 2001). Aplicando cada capa sucesivamente hasta que la pila alcance una altura de 80 a 120 cm (Tineo, 1994).

### **2.8.3.9 Frecuencia y cantidad de alimento**

La cantidad de alimento se puede estimar de acuerdo a la densidad de lombrices en un área determinada, tomando como base la cantidad de alimento que consume diariamente (Amador, 1997; citado por Rosales & Hernández, 2001).

Aunque se pueden alimentar una o dos veces por semana, dependiendo la densidad de lombrices y el tipo de alimento (Jiménez *et al*, 2007). Revisando una o dos veces si hay alimento, pues las densidades de lombrices van a variar en el tiempo (Amador, 1997; citado por Rosales & Hernández, 2001).

#### **2.8.3.10 Frecuencia y cantidad de riego**

El alimento se prepara antes de llevarlo a las camas de lombrices, remojándolo si es necesario hasta que, estando totalmente humedecido no drene. Alcanzando un rango de 80 a 85% de humedad, dejándolo reposar de 2 a 3 días al cabo de, los cuales; la temperatura sube hasta 40 a 50°C, pudiendo llegar aun hasta 80°C. Estas altas temperaturas queman rápidamente el alimento, destruyendo gran parte la flora microbiana, y hacen perder el valor nutritivo del alimento (Cristales, 1997; citado por Rosales & Hernández, 2001).

Para contrarrestar este efecto indeseado se debe airear la pila, volteándola y rociándola con agua cada vez que la temperatura sube hasta los 35 a 40°C. La aireación no sólo baja la temperatura, sino también acelera la descomposición aeróbica permitiendo que la flora microbiana colonice la pila (Tineo, 1994).

#### **2.8.3.11 Siembra del pie de cría**

La velocidad de transformación del sustrato depende de la cantidad de lombrices. Cuando se desea un proceso rápido, la densidad de lombrices debe de ser alta, alrededor de 5 Kg de lombriz pura por m<sup>2</sup>. Se inicia depositando el pie de cría en las camas, asegurando que esta capa inicial sea aproximadamente de 10 a 15 cm. Si es necesario para completar esta altura, se puede depositar en el fondo de la cama, estiércol descompuesto y luego colocar encima el pie de cría (Cristales, 1997; citado por Rosales & Hernández, 2001).

#### **2.8.3.12 Manejo y cuidado de las lombricomposteras**

Esto consiste en proporcionar alimentos, agua y protección a las lombrices. El alimento debe suministrarse quincenal o mensualmente (Tineo, 1994). Cuando se observa que el alimento está bastante descompuesto (2 a 4 semanas después)

se agrega una nueva capa de alimento de 5 cm sobre la primera dejando sin cubrir el 20% del área para que las lombrices tengan sitio donde refugiarse en caso de problemas con el alimento. Posteriormente se coloca el alimento nuevo en sacos o cedazo sobre el vermiabono del lecho para que las lombrices migren y puedan recuperarse (Jiménez *et al*, 2007).

La humedad de la compostera tiene que permanecer entre 70 y 75%, en épocas calurosas, es por ello, que se debe supervisar cada día. Para evitar la rápida evaporación de agua, se cubre con una capa de paja. En el caso de exceso de agua por causa de lluvias, se recomienda, perforar agujeros de drenaje de 2-3 cm cada metro en la parte lateral de la compostera (Tineo, 1994).

La lombriz no posee ningún tipo de defensa, por lo que cualquier organismo las puede atacar. Presenta resistencia a hongos y bacterias. No se les conocen enfermedades. Son atacadas generalmente por hormigas, ciempiés, tisanuros, ácaros, pájaros, ratones, topes, sapos, lagartijas, etc. Es por ello; necesario llevar periódicamente revisiones de la compostera para tomar las medidas pertinentes (Castillo, s.f. citado por Rosales & Hernández, 2001). Se recomienda llevar periódicamente un registro con datos como fecha de instalación, frecuencia de la alimentación y riego, fecha de cosecha de lombrices y cálculo de la densidad poblacional (Tineo, 1994).

#### **2.8.3.13 Recolección de humus**

Para la cosecha de humus hay que separar las lombrices, del lombrihumus; se puede hacer de dos a cuatro veces por año dependiendo de la velocidad de descomposición del alimento (Amador, 1997; citado por Rosales & Hernández, 2001).

#### **2.8.3.14 Métodos para recolectar el humus de los criaderos**

Se coloca alimento solo por una de las orillas de la caja. Las lombrices buscaran el alimento y al cabo de tres semanas, se habrán juntado en esa orilla; de esta

forma se puede recoger el abono sin sacar las lombrices. Otra forma es colocando un cedazo sobre la tierra de la caja, el alimento se pone encima de éste, para que las lombrices se pasen al cedazo. Así unas tres semanas después se pueden apartar las lombrices para recoger el vermicompost que ha quedado por debajo del cedazo (Jiménez *et al*, 2007).

Para iniciar la cosecha debe percatarse o darse cuenta de la presencia o ausencia de huevos; además de ver por si el producto a cosechar, es decir; el humus es de color negro desmenuzable, granulado e inodoro; y recordar que el tiempo de formación del humus es de 3 a 6 meses con una densidad adecuada de lombrices. Tomando en cuenta que primero se recolectaran las lombrices posteriormente el humus (Díaz, 1995; citado por Rosales & Hernández, 2001).

#### **2.8.3.15 Elementos nutricionales del humus de lombriz**

El excremento de la lombriz considerado como humus es una sustancia lignoproteica bastante estable a la descomposición, se presenta como tierra ligera, con excelente estructura, suelta, porosa y suave (EM Technologies, 1999; citado por Thomas, 2000). El cual, contiene 5 veces más nitrógeno, 7 veces más fósforo, 2 veces más potasio y calcio, que el material que ella ingiere. Aumenta la solubilización de nutrientes haciéndolos inmediatamente asimilables por las raíces; además, favorece la absorción radicular (Campos *et al*, 1997).

Este producto orgánico es considerado como uno de los mejores fertilizantes para plantas, debido a que brinda las condiciones ideales para que las raíces desarrollen de forma tal que permite que los minerales sean mejor absorbidos. Su calidad depende, además de la alimentación empleada, de su granulometría. (EM Technologies, 1999; citado por Thomas, 2000). Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente Nitrógeno, inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción, inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas (Meléndez *et al*, 1995).

### **2.8.3.16 Características del humus de lombriz**

Humus de lombriz, es material muy fino, el mejor entre los orgánicos. Tiene que ser puro y su proceso de producción ser completo (Shany, 2004).

Es un material de color oscuro, con un agradable olor a mantillo de bosque. Es limpio, suave al tacto y su gran bioestabilidad evita su fermentación o putrefacción, además influye en forma efectiva en la germinación de la semilla y en el desarrollo de los plantines. Aumenta la resistencia a las plagas y agentes patógenos, inhibe el desarrollo de bacterias y hongos que afecta a las plantas. La lombricomposta tiene un pH neutro de 6.8 a 7.2 (Sarh-Dgeta. 1987).

Facilita la absorción de los elementos nutritivos por parte de la planta. La acción microbiana de lombriz permite que las plantas asimilen los minerales, como fósforo, potasio, magnesio, calcio y oligoelementos. Además aumenta la permeabilidad y la retención hídrica, así mismo transmitir hormonas, vitaminas, proteínas y otras acciones humificadores directamente del terreno a la planta (Barbado, 2004).

### **2.8.3.17 Ventajas del humus de lombriz**

Produce un aumento del tamaño de las plantas, protege de enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante todo el año. Su elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana proporciona una rápida asimilación por la raíces de las plantas (Narváez, 2008).

Su acción es muy favorable sobre todo por su estructura. La agrupación de partículas en agregados de tamaño medio le permite buena circulación de agua y aire, aumento en la permeabilidad, mayor retención de agua, no despiden olor (Reines, 1998).

### **2.8.3.18 Propiedades químicas del humus de lombriz**

Las lombrices proveen calcio, magnesio y otros nutrientes, además favorecen la aireación. En suelos compactados y poco aireados, elementos como el aluminio se vuelven tóxicos, otros como el fósforo desaparecen al igual que el calcio y nitrógeno (Primavesi, 2003).

Sus condiciones de humificación y mineralización de la materia orgánica nitrogenada, facilitan la absorción de los elementos nutritivos por parte de las plantas. Aumenta la capacidad de cambio de iones por la formación de complejos arcillo húmicos absorbentes, y es regulador de los nutrientes de las plantas. Favorece la formación de complejos potasio húmicos que mantienen al potasio asimilable por las plantas (Reines, 1998).

Atenúa la retrodegradación. Desprende el gas carbónico que se obtiene por la oxidación lenta del humus, solubiliza ciertos materiales, con lo cual moviliza los nutrientes hacia las plantas (Reines, 1998).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación del proyecto**

El ensayo se desarrolló en las instalaciones de la Asociación Mangle para la mitigación y desastres de la Bahía de Jiquilisco. (MANGLE), en el Cantón Zamorano, comunidad Ciudad Romero, Municipio de Jiquilisco, Usulután.

#### **3.2 Características Climáticas**

La zona se encuentra a una altura de 45 msnm. Presenta una precipitación media anual de 1949 milímetros y está distribuida principalmente entre los meses de mayo a octubre con un descenso típico en los meses de julio y agosto. La temperatura media varía de 25.9 a 28.1°C, con máxima de 36.3°C, registradas en marzo, y mínima de 19.1°C registrada en diciembre.

#### **3.3 Duración del ensayo**

El ensayo se efectuó en un período de treinta días, iniciando el catorce de junio y finalizando el catorce de julio de 2010.

#### **3.4 Sustratos utilizados**

##### **3.4.1 Bocashi**

Los materiales utilizados en la elaboración del bocashi son: gallinaza, tierra, cascarilla de café, concentrado de ternero, levadura, melaza, carbón, agua.

##### **3.4.2 Composta**

Los materiales utilizados en la elaboración de la composta son: tierra, estiércol fresco, material vegetativo, zacate fresco ó seco y hojas.

##### **3.4.3 Humus de lombriz**

Los materiales utilizados en la elaboración de humus de lombriz son: estiércol fresco de ganado y lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

#### **3.4.4 Sustrato comercial**

El sustrato contiene caldo dolomítica y calcítica, un agente humectante y una carga fertilizante inicial. BM2- turba de esfagnocanadiense (70%) Perlita, vermiculita. Diseñada para la producción en multicelulares de semillas en charolas o bandejas.

#### **3.5 Metodología de campo**

La presente investigación se efectuó en diferentes etapas; iniciando con una prueba de germinación para conocer el porcentaje de viabilidad de la semilla. Dicha prueba se ejecutó utilizando una página de papel bond donde se colocaron 100 semillas ordenadas en filas y columnas. Posteriormente se procedió a colocar otra página sobre éstas, luego se efectuó el riego correspondiente aplicándose dos veces al día uno por la mañana y otro por la tarde, durante un período de ocho días, desde el 26 de mayo al 2 de junio de 2010. Logrando obtener un 90% de germinación de la semilla, (Figura A. 1).

Posteriormente se llevó a cabo la recolección de los materiales a utilizar para la elaboración de los sustratos, tales como; bocashi, composta y lombrihumus, presentes en la zona, proporcionados por unos productores de la localidad, (Fig. 1) y (Fig. A. 2), los cuales, se mezclaron en diferentes proporciones, (cuadro 1).

Para ello, fué necesario el uso de una zaranda, para tamizar el sustrato eliminando los terrones y una balanza, donde se pesaron las diferentes proporciones en libras obteniendo así las siguientes combinaciones:

**Cuadro 1. Proporciones y materiales utilizados en los diferentes tratamientos**

TRATAMIENTO	COMPOSTA (lb)	BOCASHI (lb)	LOMBRIHUMUS (lb)	PROPORCIÓN
T0	Sustrato comercial			-----
T1	10.0	10.0	10.0	1:1:1
T2	8.6	8.6	12.9	1:1:1.5
T3	7.5	7.5	15.0	1:1:2
T4	8.6	12.9	8.6	1:1.5:1
T5	7.5	15.0	7.5	1:2:1
T6	12.9	8.6	8.6	1.5:1:1
T7	15.0	7.5	7.5	2:1:1



Figura 1. Recolección de los materiales utilizados en las diferentes mezclas.

En la siguiente etapa se llevó a cabo el llenado y compactado de bandejas, tomando en cuenta de no dejar cámaras de aire, debido que afecta la germinación de la semilla, ocasionando pérdida de plántulas, dejando un espacio de medio centímetro sin llenar para colocar la semilla y posteriormente cubrirla con el sustrato. Las bandejas utilizadas fueron de 200 cavidades, (Fig. 2) y (Fig. A. 3).



Figura 2. Llenado y compactado del sustrato en las bandejas.

Posteriormente cada bandeja fué colocada en una estructura en forma de cama correspondiente, a cada unidad experimental, con su respectivo tratamiento, (Fig. 3), el riego se efectuó con aspersora manual, aplicando dos veces al día suavemente, para no sacar la semilla de la celda.



Figura 3. Distribución de los tratamientos dentro del invernadero.

### 3.6 Instalación y equipo

El ensayo se estableció bajo condiciones controladas en un macrotúnel (conocido en nuestro medio como invernadero), cuya dimensión es de veinte metros de largo y cinco metros de ancho con un área de 100 m<sup>2</sup> (Fig. 4), el cual consta de 18 estructuras metálicas en forma de cama, cada una con dimensiones de un metro sesenta y cinco de ancho, por dos metros de largo, con setenta centímetros de altura desde la superficie del suelo, (Fig. A. 4 y 5). Presentando un área espacial de tres punto tres metros cuadrado, de los cuales se utilizaron cuatro, donde se establecieron seis unidades experimentales en cada uno, colocándose dos bandejas con capacidad de 200 plantines por unidad experimental, aplicando en cada una el sustrato correspondiente a su tratamiento.



Figura 4. Instalación utilizada en el ensayo.

### 3.7 Variedad utilizada

Se utilizó una variedad de Chile dulce (*Capsicum annuum*) conocida como trompa de buey.

### 3.8 Plan de manejo

#### 3.8.1 Desinfección de las bandejas

En el desarrollo del ensayo al momento de su establecimiento, se procedió a la desinfección de las bandejas, donde se utilizó 10 ml de hipoclorito de sodio diluido

en 5 lt de agua donde se sumergieron las bandejas durante un período de cinco minutos, dejándolas hasta que sequen para posteriormente realizar el llenado.

### 3.8.2 Desinfección de las semillas

Después del llenado de las bandejas se procedió a la siembra, donde las semillas se dejaron a una profundidad de medio centímetro, colocando una en cada celda de la bandeja luego, se colocó una pequeña capa de sustrato para cubrir la semilla, seguidamente se le aplicó un fungicida biológico (*Trychotherma*) para la desinfección tanto del sustrato como la semilla, el cual se realizó asperjadamente con bomba de mochila.

### 3.8.3 Preparación del *Trichotherma*

En la preparación del fungicida biológico se dejaron reposar 75 cc en un litro de agua durante un día y posteriormente fué mezclado en una bomba de mochila de 16 L para ser aplicado a cada una de las bandejas con su respectivo sustrato.

## 3.9 Metodología Estadística

En la investigación se utilizó el modelo estadístico; Diseño completamente al azar, en el cual se realizaron siete tratamientos, con diferentes proporciones de bocashi (B), compost (C), humus de lombriz (H) y sustrato comercial, (testigo).

En la ejecución del ensayo, se llevaron a cabo 3 repeticiones por cada tratamiento logrando un total de 24 unidades experimentales, (Fig. 5) y (Fig. A. 6).

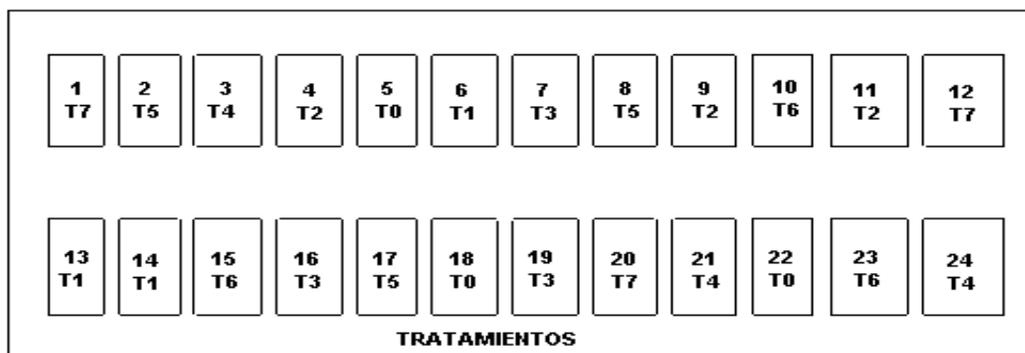


Figura 5. Distribución de los diferentes tratamientos dentro del invernadero.

### **3.10 Propiedades físicas de los sustratos**

Las propiedades físicas que se evaluaron en cada uno de los sustratos, durante la investigación fueron: densidad tanto aparente como real, porcentaje de poros y retención de humedad, (Fig. A. 7).

#### **3.10.1 Análisis de la densidad real o densidad de partículas**

La densidad real de los sustratos se determinó mediante el método de uso del picnómetro, en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

#### **3.10.2 Análisis de densidad aparente**

La metodología utilizada para determinar la densidad aparente consistió en colocar el sustrato de cada tratamiento en cuatro cavidades, utilizando un total de 32 cavidades de la bandeja, en las ocho muestras, realizando posteriormente dos aplicaciones de riego durante una semana, hasta que estos lograran compactarse por la acción del agua.

#### **3.10.3 Determinación del porcentaje de poros**

El porcentaje de poros se calculó relacionando la densidad aparente y la densidad de partículas, mediante la siguiente fórmula:

$$\%P = [1 - (Da / Dr)] 100$$

Donde:

P = Porcentaje de poros

Da = Densidad aparente, g/cm<sup>3</sup>

Dr = Densidad de partículas, g/cm<sup>3</sup>

### **3.10.4 Determinación de la retención de humedad de los sustratos**

La retención de humedad se determinó de la misma manera que la densidad aparente desde el contenedor (bandejas) de la cual, se utilizaron cuatro cavidades donde se colocó el sustrato de cada tratamiento.

Seguidamente dicha bandeja fué colocada sobre una charola que contenía agua, a fin de que el sustrato absorbiera el agua desde la parte inferior hasta su punto de saturación durante ocho horas, aunque para ello; fué necesario aplicarle en la parte superior de la bandeja de manera asperjada.

Posteriormente fué extraída de la charola y colocada en la agitadora de vaivén en el laboratorio de suelos de la facultad de Ciencias agronómica de la Universidad de El Salvador, dejándola veinte y cuatro horas a temperatura ambiente a fin de que drenara el agua.

Luego se determinó, el peso de las muestras húmedas, en la balanza semi analítica, posteriormente dichas muestras se secaron en estufa a 60°C. Durante 24 horas, seguidamente se determinó el peso de las muestras secas.

La determinación del porcentaje de humedad se realizó mediante la diferencia de pesos de las muestras húmedas y secas, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Hg} = \frac{(P_{sh} - P_{ss})}{P_{ss}} \times 100$$

Donde:

Hg: Porcentaje de humedad.

Pss: Peso de la muestra seca.

Psh: Peso de la muestra húmeda.

### **3.11 Propiedades químicas de los sustratos**

Los análisis químicos de los sustratos se realizaron para determinar el contenido nutricional de los mismos. Dichos análisis se realizaron en el laboratorio de química agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en San Salvador, (Fig. A. 8).

### **3.12 Variables a evaluar**

Las variables a evaluar son: altura de plántulas, porcentaje de emergencia, desarrollo radicular, propiedades físicas y químicas.

La emergencia se calculó durante la primera semana, realizando un conteo en cada una de las unidades experimentales para conocer el número de plantas emergidas, (Fig. A. 9).

La medición de la altura se realizó cada ocho días durante cuatro semanas, tomando como referencia veinte y cinco plantines por bandeja, utilizando una regla de 30 cm para obtener la altura de cada plantín, (Fig. A. 10, 11 y 12).

En el caso del desarrollo radicular, está se determinó en la cuarta semana al final del ensayo, sumergiendo el sistema radicular de cada plántula en un huacal con agua, realizando un conteo de las raíces de veinte y cinco plantas de cada tratamiento en estudio, (Fig. A. 13 y 14).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluó el efecto de siete mezclas de sustratos, comparados con el sustrato comercial (Turba de esfagnocanadiense (70%), Perlita, Vermiculita,) en Chile dulce. Los resultados obtenidos mediante el análisis a través de la prueba de medias, son los siguientes:

##### 4.1 Porcentaje de emergencia

En los datos obtenidos mediante el análisis de varianza se puede observar que el P- valor es 0.009 siendo menor que 0.05. Por tanto; existen diferencias significativas entre los tratamientos (cuadro 2), esto indica que existe un tratamiento mejor que los demás.

**Cuadro 2. Análisis de varianza del porcentaje de emergencia**

FV	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P- valor
Tratamientos	3492.997	7	499.000	4.104	0.009
Error Experimental	1945.500	16	121.594		
Total	5438.497	23			

Los resultados obtenidos mediante la prueba de Duncan demuestran que, los mejores tratamientos fueron el T0 (sustrato comercial) con 81.33% de emergencia, T3 (composta + bocashi + lombrihumus, 1:1:2), con un 79.08%, T7 (composta + bocashi + lombrihumus, 2:1:1), con un valor de 78.66%, T6 (composta + bocashi + lombrihumus, 1.5:1:1), presentando el 78.08%, T2 (composta + bocashi + lombrihumus, 1:1:1.5), con un 76.83% y T4 (composta + bocashi + lombrihumus, 1:1.5:1), con 75.75%, siendo estadísticamente iguales, encontrándose dentro de la categoría "a". Aunque el T3, T7, T6, T2 y T4; se encuentran dentro de la categoría "b". Presentando los menores porcentajes el T1 con 58.08% y T5 con 45.25%, (cuadro 3). A nivel de medias puede observarse de una mejor manera la tendencia de los tratamientos, (figura 6).

**Cuadro 3. Prueba de media del porcentaje de emergencia**

Tratamientos	Promedio (%)	Desviación Típica
T0	81.33 a	0.382
T3	79.08 ab	5.681
T7	78.66 ab	3.643
T6	78.08 ab	2.897
T2	76.83 ab	8.963
T4	75.75 ab	1.323
T1	58.08 c	3.224
T5	45.25 c	28.743

En la siguiente grafica se puede apreciar la tendencia en cuanto a los resultados obtenidos en el cuadro 3.

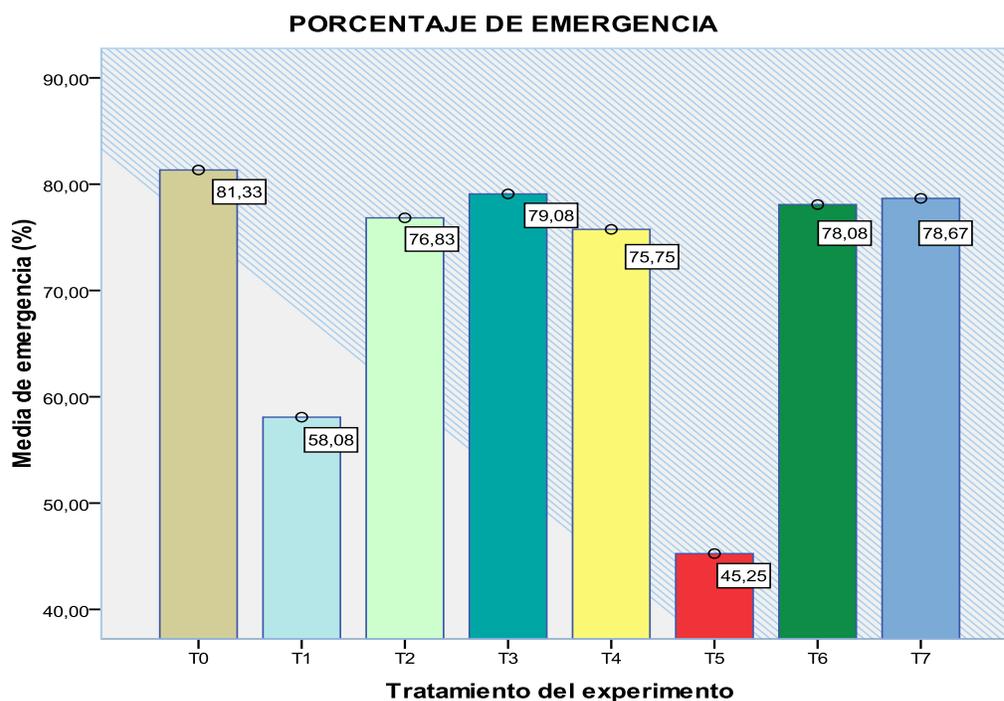


Figura 6. Porcentaje de emergencia del cultivo de chile dulce (*Capsicum annuum*) en cada uno de los sustratos empleados en los tratamientos.

En los datos presentes en el cuadro 3, se logra observar que la mayoría de las combinaciones analizadas incluyendo el sustrato comercial, se encuentran en el mismo rango, aunque las mejores combinaciones fueron las que contenía mayor proporción de humus de lombriz y composta, tal como lo afirma Shany, 2004, quien afirma que en los sustratos orgánicos mas sobresalientes se encuentran la

composta y la vermicomposta. Lo mismo que sucedió en el caso del tratamiento 5 obteniendo menores resultados donde la proporcionalidad de bocashi fue del 50%, con 25% de composta y lombrihumus. Siendo mayor un 10% de lo que se puede emplear de bocashi, ya que; en mezclas con otros materiales se debe de utilizar de un 10 – 40% dependiendo del cultivo (ACAO s.f.).

#### 4.2 Altura de plántula

En el cuadro 4, se muestra la comprobación a través del método de regresión donde se logra observar que modelo es significativo.

**Cuadro 4. Análisis de varianza por el método de regresión**

N°	Tratamiento/repeticón	Intercepto	B	R <sup>2</sup> (cm)	P valor
1	T0R1	1.969	0.213	0.99	0.007
2	T0R2	1.597	0.196	0.95	0.027
3	T0R3	1.145	0.263	0.98	0.011
4	T1R1	0.296	0.141	0.97	0.015
5	T1R2	0.225	0.159	0.99	0.002
6	T1R3	0.244	0.151	0.97	0.013
7	T2R1	0.338	0.22	0.99	0.004
8	T2R2	-0.062	0.197	0.99	0.006
9	T2R3	0.097	0.239	0.99	0.007
10	T3R1	0.249	0.166	0.99	0.004
11	T3R2	0.329	0.148	0.97	0.014
12	T3R3	0.292	0.139	0.98	0.01
13	T4R1	0.475	0.166	0.97	0.016
14	T4R2	0.561	0.146	0.95	0.026
15	T4R3	1.701	0.096	0.98	0.011
16	T5R1	0.141	0.155	1.00	0.001
17	T5R2	0.284	0.124	0.97	0.013
18	T5R3	0.033	0.09	0.99	0.004
19	T6R1	0.071	0.232	0.98	0.007
20	T6R2	0.363	0.194	0.99	0.005
21	T6R3	0.168	0.162	1.00	0.000
22	T7R1	0.508	0.203	0.97	0.013
23	T7R2	0.069	0.196	0.99	0.001
24	T7R3	0.198	0.183	0.99	0.002

#### Descripción de tratamientos del cuadro 4

1 - 3: T0	13 - 15: T4
4 - 6: T1	16 - 18: T5
7- 9: T2	19 - 21: T6
10 - 12: T3	22 - 24: T7

En los resultados obtenidos en el análisis de varianza se puede apreciar que el P-valor es menor a 0,05. Por tanto, hay diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 5).

#### Cuadro 5. Análisis de varianza de la altura

FV	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P-valor
Tratamiento	0.032	7	0.005	6.421	0.001
Error Experimental	0.011	16	0.001		
Total	0.043	23			

Los resultados obtenidos mediante el método de Duncan, se puede apreciar que los mejores tratamientos en cuanto a altura fueron el T0 (sustrato comercial), T2 (composta + bocashi + lombrihumus, con proporción de 1:1:1.5) ambos 0.22 cm de altura, T6 (composta + bocashi + lombrihumus, 1.5:1:1) con 0.20 cm de altura, T7 (composta + bocashi + lombrihumus, 2:1:1) con 0.19 cm, siendo estadísticamente iguales, encontrándose en la categoría "a". Aunque es conveniente señalar que él T6 y T7, se encuentran dentro de la categoría "b", siendo estadísticamente iguales al T3 (composta + bocashi + lombrihumus, 1:1:2) y T1 (composta + bocashi + lombrihumus, 1:1:1 ambos con una altura promedio de 0.15 cm, así mismo en el caso del T3, T1, T4 y T5; se encuentran en una categoría "c" mostrando los menores resultados, (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Prueba de media de la altura**

Tratamientos	Promedio (cm)	Desviación Típica
T0	0.22 a	0.035
T2	0.22 a	0.021
T6	0.20 ab	0.035
T7	0.19 ab	0.010
T3	0.15 bc	0.014
T1	0.15 bc	0.009
T4	0.14 c	0.036
T5	0.12 c	0.033

En la altura de plantines, los que presentaron mejores alturas con excepción del testigo, fueron las mezclas utilizadas en el T2, T6 y T7. Presentando una altura promedio de 0.22 cm, 0.20 cm y 0.19 cm, respectivamente cada tratamiento (Cuadro 7). Dichas contienen mayor proporción tanto de lombrihumus como de composta, tal como, lo menciona Shany, 2004. Quien afirma que en los sustratos orgánicos más sobresalientes se encuentran la composta y la vermicomposta. Aunque el mejor comparado con el sustrato comercial, es el que contiene mayor contenido de humus de lombriz (Tratamiento 2).

Aunque el tratamiento siete alcanza un valor próximo al del tratamiento seis con una altura promedio diaria de 0.19 cm. Siendo el que posee más contenido de composta, manteniéndose siempre en el rango utilizable propuesto por Moreno *et al*, (2007). Quien establece que su utilización como sustrato implica, generalmente su mezcla al 25 – 50% en volumen con otros materiales.

Por el contrario las mezclas con menor crecimiento en altura de plántulas fueron las utilizadas en el T4 con 0.14 cm y T5 con 0.12 cm. Ambos se vieron afectados debido a que eran los más compactos.

En la figura 7, se muestra la tendencia de la altura en cada uno de los tratamientos en estudio presentes en el cuadro 6.

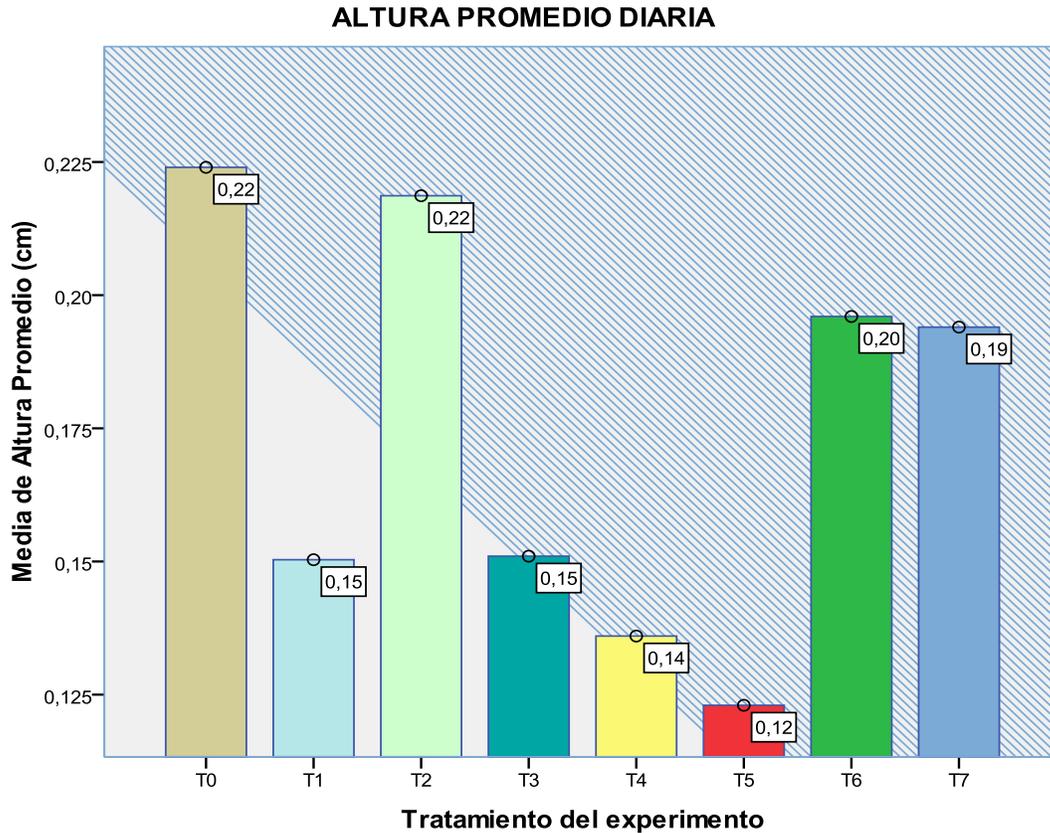


Figura 7. Altura de las plántulas de chile dulce en los sustratos.

### 4.3 Desarrollo radicular

El análisis de varianza del desarrollo radicular muestra que el P-valor es menor a 0,05. Por lo consiguiente al menos uno es diferente en el desarrollo radicular, (Cuadro 7).

#### Cuadro 7. Análisis de varianza del desarrollo radicular

FV	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	P- valor
Tratamientos	301,833	7	43,119	15,680	<b>0.000</b>
Error Experimental	44,000	16	2,750		
Total	345,833	23			

Los resultados obtenidos mediante el método de Duncan en lo que respecta a desarrollo radicular, muestra que el mejor tratamiento es el testigo, T0 con 30.0 raíces, encontrándose en la categoría “a”. Presentando una leve minoría el T7 (composta + bocashi + lombríhumus, 2:1:1) con un valor promedio de 25.0 raíces, T6 (composta + bocashi + lombríhumus, 1.5:1:1) con 24.0, T2 (composta + bocashi + lombríhumus, 1:1:1.5) con 22.0 raíces promedio por plántula, siendo estos tres estadísticamente iguales, presentes en la categoría “b”. Aunque el T2, se encuentra dentro de la categoría “c” al igual que el T4 (composta + bocashi + lombríhumus, 1:1.5:1) presentando 20.0 raíces, T3 (composta + bocashi + lombríhumus, 1:1:2) con 20.0 raíces y T5 (composta + bocashi + lombríhumus, 1:2:1) con 18.0 raíces, siendo estadísticamente iguales. Por el contrario los menores resultados los presentaron el T4, T3, T5 y T1 (composta + bocashi + lombríhumus, 1:1:1) con 18.0 raíces, siendo según Duncan estadísticamente iguales, encontrándose en la categoría “d”, (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Prueba de media del desarrollo radicular**

Tratamientos	Promedio (cantidad de raíces)	Desviación Típica
T0	30.0a	1.53
T7	25.0b	2.08
T6	23.0b	2.52
T2	22.0bc	2.00
T4	20.0cd	1.73
T3	20.0cd	1.00
T5	19.0cd	1.00
T1	18.0d	0.00

Los sustratos con mejor desarrollo radicular fueron los empleados en el T7 y T6. El primero con un valor promedio de 25.0 raíces por plántula y el segundo un poco mayor con 23.0 raíces, acercándose más al testigo (sustrato comercial) el cual presenta 30.0 raíces. Nótese que ambas combinaciones son las que presentan mayor proporción de composta en los dos tratamientos, siendo uno de los que

más sobresalen tal; como lo menciona Shany, (2004). Quien afirma que en los sustratos orgánicos más sobresalientes se encuentran la composta y la vermicomposta. Aunque la cantidad de bocashi se mantiene en el valor optimo propuesto por ACAO, (s.f). Al igual que el lombrihumus se mantiene en la cantidad adecuada. Tal como lo afirma Cadahía, (2005).

En el caso del T2, T4 y T3, alcanzaron valores intermedios con respecto al T0 (sustrato comercial.). Los resultados con menor desarrollo radicular lo obtuvieron el T5 con 19.0 y T1 con 18.0 raíces.

La grafica siguiente muestra la tendencia de cada uno de los tratamientos presentes en el cuadro 9.

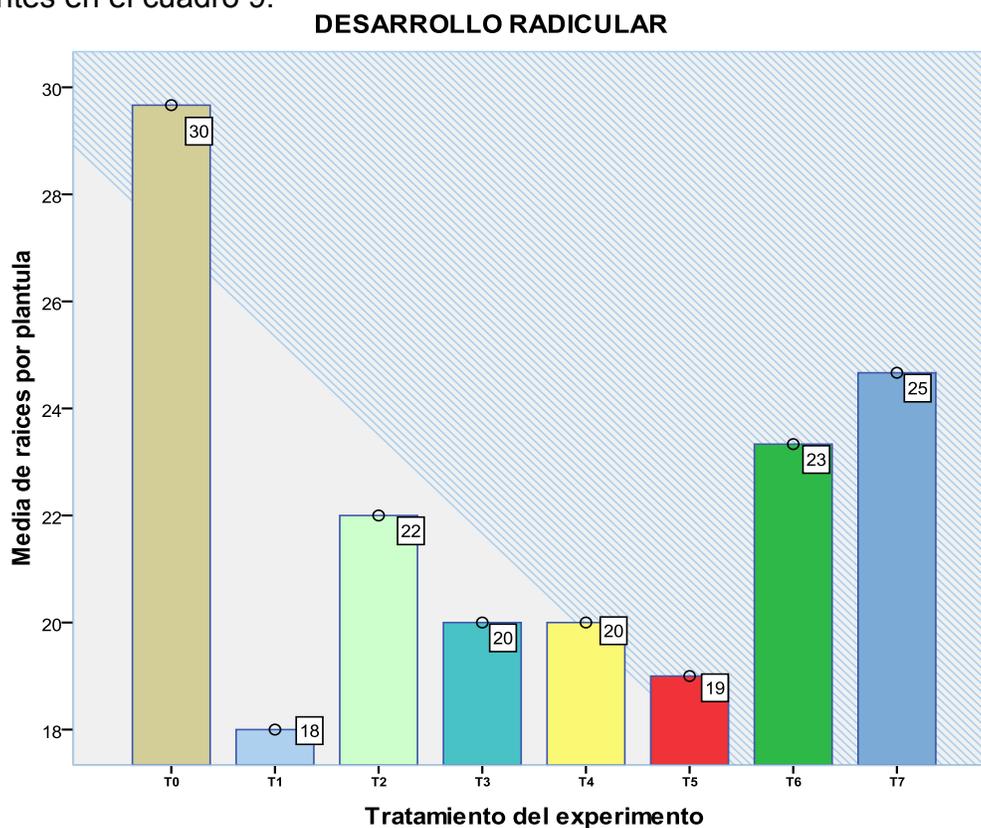


Figura 8. Cantidad de raíces por plántulas de chile dulce en los diferentes tratamientos.

#### **4.4 Propiedades físicas de los sustratos**

En el cuadro 9, todos los tratamientos poseen diferencia en cuanto a densidad aparente, presentando un menor valor el sustrato comercial (testigo). Dicho sustrato comercial está formado de turba de esfagnocanadiense (70%), perlita y vermiculita. Cuya densidad aparente es  $0,12 \text{ g/cm}^3$  similar a lo planteado por Urrestarazu, (2004) sobre las propiedades físicas de las turbas.

La mezcla que presento un valor más próximo al del testigo fué la utilizada en el tratamiento dos ( $0.28 \text{ g/cm}^3$ ). Aunque todos se mantiene en el rango optimo  $0,1$  a  $0,7$  propuesto por Barbado, (2005). Encontrándose más cerca de la densidad aparente ideal el T4, T6 y T7, la cual es de  $0,4 \text{ g/cm}^3$  propuesta por Soto, 2007

En cuanto a la densidad real, el que más se aproxima al testigo es el tratamiento cinco, el cual; presenta una densidad real de  $1,24 \text{ g/cm}^3$ . Aunque el testigo (T0) presenta un valor  $1.86 \text{ g/cm}^3$ , en cuanto los otros tratamientos presentan mayores densidades, los cuales oscilan entre  $2.25$  a  $4.10 \text{ g/cm}^3$  sobrepasando el rango optimo de  $1.4$  a  $2 \text{ g/cm}^3$ .

En el porcentaje de porosidad, el que presentó mayor compactación son los tratamientos uno y cinco, debido a que muestra un menor valor con respecto al resto de tratamientos. Por el contrario los demás tratamientos a excepción del tratamiento uno, cinco, tres y cuatro, se mantienen superiores al 85%, tal como, lo menciona Díaz, (2004); permitiendo el intercambio gaseoso entre el sustrato y la atmosfera permitiendo la respiración de las raíces.

**Cuadro 9. Propiedades físicas en los sustratos de cada tratamiento**

Tratamientos	Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad Real (g/cm <sup>3</sup> )	% Porosidad	Retención de agua %
T0	0.12	1.86	93.55	464.7
T1	0.43	1.42	69.71	93.62
T2	0.28	2.50	88.80	136.03
T3	0.34	2.10	83.80	118.25
T4	0.39	2.40	83.75	89.22
T5	0.44	1.24	64.52	93.25
T6	0.41	4.10	90.00	96.75
T7	0.40	4.09	90.23	97.77

En el caso de la capacidad de retención de agua, el que presenta mejor porcentaje es el testigo, seguido del tratamiento dos y tres. Aunque es conveniente señalar que todos presentan una buena capacidad de retención de agua, sobrepasando el valor óptimo 24 – 40% de agua fácilmente disponible para la plántula propuesto por Cadahía, 2005.

#### **4.5 Propiedades químicas de los sustratos**

Los resultados obtenidos mediante el análisis químico, demuestran que la mayoría de tratamientos, presentan un pH alcalino entre 7.12 – 7.47, diferente al testigo (sustrato comercial) el cual, muestra un pH de 5.92, siendo el sustrato comercial el único que se encuentra en el rango óptimo propuesto por Torres, *et al.* (s.f.) que es de 5.4 a 6.2.

En cuanto a la conductividad eléctrica, todos sobrepasan el rango óptimo de 2,000 $\mu$ s/cm al cual solo se aproxima el testigo. Caso contrario lo presentan los demás tratamientos los cuales, presentan una conductividad eléctrica elevada, encontrándose en un rango de 4,490-6,670  $\mu$ s/cm. Esto indica que las mezclas utilizadas en los diferentes sustratos presentan una mayor concentración de sales minerales y nutrientes.

En el caso de los nutrientes, el nitrógeno se encuentra en mayor porcentaje en los diferentes tratamientos, comparado con el testigo, el cual; presenta 0.43%. Al igual que el fosforo, ya que; el sustrato comercial muestra 554.76% menor a los demás tratamientos los cuales se encuentran entre 678 - 797.77%. En el caso del calcio y magnesio, es lo contrario. Debido a que los valores obtenidos en los análisis son mayores en el testigo que en los demás tratamientos, (Cuadro 10).

**Cuadro 10. Propiedades químicas de los sustratos**

Tratamientos	pH	Conductividad eléctrica ( $\mu$ s/cm)	Nitrógeno N (%)	Fosforo Total P (%)	Calcio Total Ca (%)	Magnesio Mg (m Eq/100 g)
T0	5.92	2,304	0.43	554.76	218.30	107.80
T1	7.18	6,560	1.16	768.14	130.38	11.27
T2	7.14	5,360	1.20	761.56	78.56	67.55
T3	7.15	6,220	1.22	797.77	77.38	71.94
T4	7.12	4,490	0.84	733.23	73.79	52.31
T5	7.47	6,670	1.00	745.62	53.31	66.90
T6	7.16	5,220	0.93	678.00	68.77	69.69
T7	7.35	6,110	1.05	707.53	61.42	60.45

#### **4.6 Análisis económico**

La mayoría de los componentes utilizados en la elaboración de los abonos orgánicos, tales; como la composta, bocashi y lombrihumus; por ser elaborados a base de desperdicios y desechos orgánicos, fueron adquiridos a bajo costo, obteniendo el bocashi a \$ 4.00, el lombrihumus \$ 1.69 y la composta a \$ 4.22.

Al realizar el análisis económico de todos los tratamientos en estudio el que resultó con menor costo fué el; T3 (\$2.89) seguido del T2 (\$3.08), T1 (\$3.30), T4 (\$3.41), T6 (\$3.43), T5 (\$3.47), y T7 (\$3.53). Aunque en el que obtuvo mayor costo fué el; T0 (\$6.00), presentes en el Cuadro 11. Esto demuestra que el costo de los tratamientos depende de las cantidades utilizadas en las mezclas al momento de realizar los sustratos y del volumen de abonos orgánicos realizados, ya que; a mayor volumen tanto de composta, bocashi y lombrihumus, realizado disminuye el costo por libra utilizado en la mezcla al momento de elaborar los sustratos o viceversa. Es conveniente mencionar que en el caso de la lombrihumus la mayor inversión se hace al iniciar la lombricera, ya que; se tiene que adquirir el pie de cría de lombrices, a medida estas se reproducen se puede incrementar la producción de humus y disminuir el costo por libra. Además los años posteriores a esto, los costos de producción nada más serán los del manejo, transporte del estiércol y lombrihumus.

En el caso del beneficio bruto el tratamiento que obtuvo mayor rentabilidad fué el T3 (\$3.11) seguido del T2 (\$2.92), T1 (\$2.70), T4 (\$2.59), T6 (\$2.57), T5 (\$2.53) y T7 (\$2.47). Todos obtenidos y comparados en base al costo del sustrato comercial utilizado en el testigo, así mismo la relación beneficio/costo coincide con los tratamientos siendo mayor en el T3 (\$1.08) presentes en el Cuadro 11.

**Cuadro 11. Análisis económico de los tratamientos en estudio**

<b>Detalle</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (\$)</b>	<b>Beneficio(\$)</b>	<b>Beneficio/Costo (\$)</b>
<b>1. T0</b>					
1.1 Sustrato comercial	Lb	6.0	6.00		
<b>Sub-total</b>			<b>6.00</b>		
<b>2. T1</b>				2.70	0.82
2.1 Bocashi	Lb	10.0	1.33		
2.2 Compost	Lb	10.0	1.41		
2.3 Lombrihumus	Lb	10.0	0.56		
<b>Sub-total</b>			<b>3.30</b>		
<b>3. T2</b>				2.92	0.95
3.1 Bocashi	Lb	8.6	1.14		
3.2 Compost	Lb	8.6	1.21		
3.3 Lombrihumus	Lb	12.9	0.73		
<b>Sub-total</b>			<b>3.08</b>		
<b>4. T3</b>				3.11	1.08
4.1 Bocashi	Lb	7.5	1.00		
4.2 Compost	Lb	7.5	1.05		
4.3 Lombrihumus	Lb	15.0	0.84		
<b>Sub-total</b>			<b>2.89</b>		
<b>5. T4</b>				2.59	0.76
5.1 Compost	Lb	8.6	1.21		
5.2 Lombrihumus	Lb	8.6	0.48		
5.3 Bocashi	Lb	12.9	1.72		
<b>Sub-total</b>			<b>3.41</b>		
<b>6. T5</b>				2.53	0.73
6.1 Compost	Lb	7.5	1.05		
6.2 Lombrihumus	Lb	7.5	0.42		
6.3 Bocashi	Lb	15.0	2.00		
<b>Sub-total</b>			<b>3.47</b>		
<b>7. T6</b>				2.57	0.75
7.1 Lombrihumus	Lb	8.6	0.48		
7.2 Bocashi	Lb	8.6	1.14		
7.3 Compost	Lb	12.9	1.81		
<b>Sub-total</b>			<b>3.43</b>		
<b>8. T7</b>				2.47	0.70
8.1 Lombrihumus	Lb	7.5	0.42		
8.2 Bocashi	Lb	7.5	1.00		
8.3 Compost	Lb	15.0	2.11		
<b>Sub-total</b>			<b>3.53</b>		
Mano de obra	d/h	3	15.0		
Siembra	d/h	3	15.0		
<b>TOTAL</b>			<b>59.11</b>		

**Cuadro 12. Costo de elaboración de abonos orgánicos**

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo (\$)
<b>Preparación de bocashi 3 qq</b>			
<b>1. Insumos</b>			
1.1 Gallinaza	Lb	78	1.56
1.2 Estiércol de ganado	Lb	78	0.45
1.3 Bagazo de caña	Lb	78	1.00
1.4 Tierra (cachaza)caña	Lb	36.9	0.15
1.5 Concentrado de Ternera (18%)	Lb	3.00	0.36
1.6 Levadura	G	36	0.12
1.7 Carbón	Lb	22.5	1.14
1.8 Melaza	Gl	0.147	0.03
1.9 Carbonato de Calcio	Onz	33	0.12
<b>Sub-Total</b>			<b>4.93</b>
<b>1. Materiales</b>			
2.1 Plástico	Yd	2	2.50
2.2 Saco de Nylon	Unidad	1	0.60
<b>Sub-Total</b>			<b>3.1</b>
<b>2. Mano de Obra</b>			
3.1 Preparación de la mezcla	d/h	1	4.00
3.2 Volteo	d/h	15	15.00
3.3 Recolección y Almacenaje	d/h	1	4.00
<b>Sub-Total</b>			<b>23.00</b>
<b>3. Transporte</b>			
4.1 Transporte Gallinaza	Carretillas	1	3.00
4.2 Transporte Bagazo de Caña	Carretillas	1	3.00
4.3 Transporte Tierra	Carretillas	1	3.00
<b>Sub-Total</b>			<b>9.00</b>
<b>TOTAL</b>			<b>40.03</b>
<b>Costo por qq</b>			<b>13.34</b>

**Cuadro 13. Costo de elaboración de abonos orgánicos**

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (\$)	
			UNITARIO	SUB -TOTAL
<b>Preparación de lombricompostera 15 qq</b>				
<b>1. Insumos</b>				
1.1 Pie de cría	Kg	1	40.00	40.00
1.2 Estiércol de ganado	Qq	20	0.60	12.00
<b>2. Mano de obra</b>				
2.1 Manejo	d/h	1.5	5.00	7.50
2.2 Acarreo	d/h	3	5.00	15.00
2.3 Cosecha	d/h	2	5.00	10.00
<b>TOTAL</b>				<b>84.50</b>
<b>Costo por qq</b>				<b>5.63</b>
<b>Preparación de composta 3 qq</b>				
<b>1. Insumos</b>				
1.1 Estiércol de ganado	Qq	1.5	0.58	0.87
1.2 Tierra negra	Qq	1.5	0.40	0.60
1.3 Melaza	Gl	0.30	1.00	0.30
1.4 hojarasca	Qq	1.0	0.40	0.40
<b>2. Mano de obra</b>				
2.1 Preparación de mezcla (capas)	d/h	1	5.00	5.00
2.2 Volteos	d/h	6	5.00	30.00
2.3 Recolección y almacenaje	d/h	1	5.00	5.00
<b>TOTAL</b>				<b>42.17</b>
<b>Costo por qq</b>				<b>14.05</b>

#### 4.7 Resumen de resultados

En resumen los tratamientos con mejores resultados en cuanto a emergencia y altura de plántula, son T0 (sustrato comercial), T2, T6 y T7. Siendo estadísticamente iguales, presentando una leve mejoría el sustrato comercial en cuanto a desarrollo radicular, (Cuadro 15). Aunque; en cuanto a la relación beneficio – costo, los tratamientos a base de abonos orgánicos, presentan mayor rentabilidad, T2 (\$ 0.92), T6 (\$ 0.75) y T7 (\$ 0.70). Mostrando en el análisis económico menor costo T6 (\$3.43), T7 (\$3.53), debido a que; el testigo presentó mayor costo (\$6.00). Además dichos tratamientos obtuvieron un beneficio mayor T6 (\$2.57), T7 (\$2.47), en comparación al sustrato comercial.

**Cuadro. 14 Resumen de resultados de los diferentes tratamientos y variables evaluadas**

Tratamientos	Variables			
	Emergencia	Altura de plantín	Desarrollo Radicular	Relación Beneficio/ Costo (\$)
T0	A	A	A	---
T1	BC	BC	D	0.82
T2	AB	A	BC	0.95
T3	AB	BC	CD	1.08
T4	AB	C	CD	0.76
T5	C	C	CD	0.73
T6	AB	AB	B	0.75
T7	AB	AB	B	0.70

## V. CONCLUSIONES

- ❖ Los tratamientos que mostraron mejores resultados en cuanto a emergencia fueron el T3 (79.08%), T7 (78.66%) y T6 (78.08%) que estadísticamente según Duncan mostraron ser iguales que el T0, aunque la tendencia le favorece a este último con 81.33%.
- ❖ Todos los tratamientos con sustratos a base de abonos orgánicos se vieron afectados por las condiciones físicas, ya que; estos mostraron menores valores en cuanto al porcentaje de porosidad mostrando mejor porosidad el sustrato comercial (106.45%).
- ❖ En cuanto a altura, estadísticamente y según la prueba de Duncan los mejores resultados fueron proporcionados por el T0 (testigo), T2, T6 y T7, aunque la tendencia favoreció al testigo y al T2 ambos con 0.22 cm.
- ❖ El tratamiento con mejor desarrollo radicular fué el testigo (sustrato comercial) con un valor promedio de 30 raíces. En cambio los demás tratamientos mostraron menores valores, aunque el T7 es el que más se acerca al testigo con 25 raíces, seguido del T6 con 23.
- ❖ Los sustratos que mostraron las mejores propiedades físicas fueron los que se utilizaron en los tratamientos, cero, dos, seis y siete. Presentando una mejor densidad aparente, porcentaje de porosidad y retención de agua.
- ❖ En las propiedades químicas las mejores condiciones las presento el T0 en cuanto a pH, conductividad eléctrica, calcio total y magnesio.
- ❖ En el análisis económico todos los tratamientos presentan un menor costo en comparación con el sustrato comercial. Obteniendo un beneficio entre \$2.47 a \$3.11. Presentando un mayor beneficio el T3.

- ❖ Los tratamientos con mejores resultados en cuanto a las variables evaluadas fueron el T0 (sustrato comercial), T2, T6 y T7. Siendo estadísticamente iguales.

## VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Para la elaboración de los diferentes sustratos es necesario utilizar materiales que permitan aumentar la filtración de agua y disminuir la densidad real del sustrato, a fin de brindar mejores condiciones para el desarrollo radicular.
- ❖ Es necesario realizar la esterilización de los sustratos antes de realizar la siembra, ya sea; con el uso de agua caliente ó aplicación de fungicidas.
- ❖ Regular el nivel de pH en los sustratos a utilizar en las diferentes combinaciones, con la adición de cal o azufre.
- ❖ Es necesario que los materiales estén completamente secos para que el contenido de humedad no influya al momento de realizar las proporciones.
- ❖ Para la elaboración de los sustratos orgánicos, se recomienda el uso de las proporciones siguientes: 1:1:1.5 (tratamiento 6) y 1:1:2 (tratamiento 7), de composta, bocashi y lombrihumus, respectivamente para cada caso.
- ❖ En futuras evaluaciones es necesario considerar la variable de obtención de plántulas con piloncitos en perfecto estado, al momento del trasplante.

## VII. BIBLIOGRAFIA

ACAO, s.f. (Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, Agricultura Orgánica), Utilización, Editorial IICA Biblioteca venezolana.

Aguirre S. P. *et al*, 2005, Cría de lombriz de tierra, una alternativa ecológica y rentable, Edición San Pablo, Republica de Colombia, 192 p.

Ayastuy *et al*, s.f. Sustratos alternativos, Depto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina (sustratos alternativos), (En línea) Consultado el 12 nov de 2009. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/valleinferior/info/r59/01.pdf>

Barbado J. L. 2004, Cría de lombrices, Su empresa de lombricultura, Editorial Albatros, 1<sup>ra</sup> ed. buenos aires, Republica de Argentina. 57 p.

Barbado J. L. 2005, Microemprendimiento, Hidroponía su empresa de cultivo en agua, Sustratos elementos de sostén, Sustratos sólidos de naturaleza orgánica 1<sup>a</sup> Edición. Editorial Albatros. Buenos Aires. Argentina, 190 p.

Soto F. 2007, Boletín del programa nacional sectorial de producción agrícola bajo ambientes protegidos, Evaluación agronómica de sustratos, Costa Rica, 7 p. (En línea) consultado el 23 de septiembre del 2010. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/boletinAP1%283%29.pdf>

Cadahía L. 2005, Fertirrigación cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Tercera edición. Grupo Mundi-Prensa. México. 683 P.

Campos C. A. *et al*, 1997, Uso de sustratos alimenticios en el desarrollo reproductivo y Cantidad proteica de la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*). Tesis Ing. Agr. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. 96p.

Carbajal M. C. 2006, bocashi, manual de lombricultura, (en línea) consultado el 10 de junio de 2010. Disponible en <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/12264.html>

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2003, Preparación de sustratos y siembra de semilleros de hortalizas en bandejas, Preparación de sustratos, Manual Técnico, 16 p.

Darwin C. 1999, Agrocambio, Producción en módulos bajo techo, Medio Informativo de la corporación colombiana de investigación agropecuaria, Bogotá Colombia, Republica de Colombia, 67 p.

Díaz Serrano R. 2004, Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero, Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guanajuato. México. 25 p.

Ferreiro L. F. 1998, Ciencias de la tierra y medio ambiente. Editor Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Alcalá. 251 p.

Fogar M. N. & Col. 2005, Respuesta de lombriz roja (*Eisenia foetida*), (Lombriz roja californiana) Cátedra de Microbiología Agrícola-Facultad de Ciencias Agrarias-UNNE. Argentina (En línea) Consultado el 16 de noviembre de 2009. Disponible en [web.unne.edu.ar/cyt/agrarias/a-058.pdf](http://web.unne.edu.ar/cyt/agrarias/a-058.pdf)-resultadoSuplementario

Gamboa M. W. 2005, Producción Agroecológica, Una opción para el desarrollo del cultivo de chayote, Ed. Universidad de Costa Rica, Costa Rica, C. R. 170 p. (en línea) Consultado el 26 de noviembre de 2009. Disponible en <http://books.google.com.sv/booksGamboa.W2005>

Giraldo, 1990, Cría de la lombriz de tierra. Bogotá Colombia. Instituto mayor campesino. 12 p.

Grupo de geotecnia, s.f. Gravedad específica de los sólidos del suelo, facultad de minas, (picnómetro de 50 ml con muestra de suelo). (En línea). Consultado el 02 mar 2011. Disponible en: [www.unalmed.edu.co/~geotecni/GG-07.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~geotecni/GG-07.pdf)

Gómez Federico M. 2001, Evaluación del bocashi como sustrato para semilleros. Trabajo de graduación, Costa rica. Universidad Earth. (En línea) consultado el 10 de junio del 2010. Disponible en [http://www.em-la.com/archivos-de-suvario/base\\_datos/bokashi\\_sustrato\\_para\\_semilleros\\_cr.pdf](http://www.em-la.com/archivos-de-suvario/base_datos/bokashi_sustrato_para_semilleros_cr.pdf)

Infoagro, s.f. Tipos de sustrato de cultivo, sustrato, (en línea). Consultado el 16 de noviembre de 2009. Disponible en [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/tipo\\_sustratos.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm)

Jara J. F. & Peregrin I. U. 2006, Análisis de Compost. Asesoría a la planta de compostaje Ecomaule. (Densidad aparente del compost) (En línea) Consultado el 18 octubre de 2010. Disponible en [www.e-seia.cl/.../Anexo\\_3\\_Informe\\_Analisi\\_Compost\\_NCh\\_2880.doc](http://www.e-seia.cl/.../Anexo_3_Informe_Analisi_Compost_NCh_2880.doc)

Jiménez *et al*, 2007, Evaluación cuantitativa y cualitativa de abonos orgánicos producido a través de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) utilizando cuatro diferentes sustratos. Hábitat. Tesis Ing. Agr. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. 96 p.

López *et al*, 2006, Elementos de topografía y construcción. Terrenos y cimentaciones. Determinación de peso específico, (picnómetro con muestra de suelo). Edición de la Universidad de Oviedo. Asturias, 350 p.

Llorens. M. 2005, Tipos de sustratos en vivero, (Sustratos para vivero) (En línea) Consultado el 23 de julio de 2010. Disponible en [http://www.horticom.com/revistasonline/extra05/M\\_Coll\\_02.pdf](http://www.horticom.com/revistasonline/extra05/M_Coll_02.pdf)

Martínez & Ballester, 2004, Cultivo de champiñones, Elaboración del compost, Primera Edición Buenos Aires, Argentina. 95 p.

Meléndez J. R. *et al*, 1995, Manual básico de Lombricultura para condiciones tropicales. (Manual básico de lombricultura) Consultado el 18 de noviembre de 2009. Disponible en <http://abaco-sa.com.ar/mmorra/Libro2.htm>

Moreno J. *et al*, 2007, Compostaje, Edición Multi-prensa, Editorial Aedos, S.A. Barcelona, España, 553 p.

Moreno J. *et al*, 2008, Compostaje, Edición Mundi-prensa, Editorial Científicos, S.A. Madrid, España, 288p.

Mori C. 2001, Evaluación agronómica de sustratos para la producción de plantines de tomate (*Lycopersicum sculentum*). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, 12p.

Narvárez F. R. 2008, Humus de lombriz, (en línea) consultado el 10 de junio de 2010. Disponible en <http://www.feriasaraucania.cl/UserFiles/File/humus.pdf>

Novedades Agrícolas, 2009, Sustratos, (Sustratos Orgánicos), (En línea) Consultado el 16 de noviembre de 2009. Disponible en [novedades@novedades-agricolas.com](mailto:novedades@novedades-agricolas.com)

Núñez J. 2000, Fundamentos de Edafología, Densidad, Editorial EUNED, San José, Costa Rica, 183 p. (En línea) Consultado el 23 de septiembre de 2010.

Núñez J. 2001, Manejo y conservación de suelos, Incorporación de materia orgánica mediante la producción de compost, Primera Edición, Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, 253 p.

Núñez S. J. 2006, Manual de laboratorio de Edafología, Determinación de densidad de partículas. (Picnómetro procedimiento con muestra de suelo). Editorial Universidad estatal a distancia. San José. Costa Rica.

Peter J. S. *et al*, 2004, Utilización del compost en los sistemas de cultivo hortícola. Primera edición, Editores científicos, Grupo Mundi Prensa, Castello Madrid. 107 p.

Primavesi A. M. 2003, Memoria del I Encuentro Mesoamericano y del Caribe y III Encuentro Costarricense de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica (2003, Alajuela, Cota Rica) 2003, Carballo. F.R. Costa Rica, Editorial del Norte, 129 p.

Reines A. M. *et al*, 1998, Lombrices de tierra con valor comercial, biología y técnicas de cultivo. Primera edición. México. Universidad de Quintana Roo. 47 P.

Restrepo J. R. 2001, Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares, Experiencias con agricultores con Mesoamérica y Brasil, Ingredientes básicos para la preparación de abonos orgánicos en la preparación tipo bocashi, Editor Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura, (IICA) San José, Costa Rica, CR .155 p.

Rosales R.C. & Hernández A.M.R. 2001, Evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz (*Eisenia foetida*). Ciclo biológico. Tesis Ing. Agr San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. 72 p.

Sandoval, 2008, Alternativas de sustrato, (Sustratos Orgánicos), Universidad de Chile (En línea) Consultado el 12 de noviembre de 2009. Disponible en <http://www.cesaf.uchile.cl/cesaf/n13/2.html>

Sánchez, 2006, Efecto de la producción orgánica y convencional de chile dulce (*Capsicum annuum*) bajo invernadero sobre el componente planta-suelo. Descripción de los indicadores de salud y calidad del suelo, La materia orgánica del suelo, Densidad aparente, Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Escuela de posgrado, Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza 92 p.

Sánchez Bravo A. 2007, Ciudades medioambiente y sostenibilidad, tratamientos biológicos, (método Indore compost) Sevilla, España 345.

Sarh-Dgeta, 1987, Memoria del I Encuentro Mesoamericano y del Caribe y III Encuentro Costarricense de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica (2003, Alajuela, Cota Rica) 2003, Carballo. F.R. Costa Rica, Editorial del Norte, 129 p.

Shany M. 2004, Producción de hortalizas en condiciones tecnificadas, Ministerio de Relaciones Exteriores de Israel Centro de Cooperación Internacional. Edición Rosenthal, Managua, Nicaragua 65 p.

Shintani *et al*, 2000, Bocashi, Abono orgánico fermentado, (guía de uso práctico), (en línea) Consultado el 10 junio de 2010. Disponible en <http://www.reboreda.es/el%20libro%20del%20bokashi.pdf>

Stoffella J. & Kahn A. 2004, Utilización del compost en los sistemas de cultivos hortícolas, Propiedades físicas de los sustratos, (Propiedades físicas de los sustratos). Editorial Mundi-prensa. Madrid España. 401 p.

Thomas, 2000, Evaluación de sustratos en el desarrollo de plantas de Papaya (*Carica papaya*), en vivero, (ARRIETA, G. 1999, Evaluación de sustratos), Universidad EARTH, 44p. (En línea) Consultado el 25 de julio de 2010. Disponible en [www.em-la.com/archivos-de-usuario/base\\_datos/sustratos\\_de\\_papaya.pdf](http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/sustratos_de_papaya.pdf)

Torres *et al*, s.f. Producción Comercial de Cultivos Bajo Invernadero Y Vivero, Medición de pH y Conductividad Eléctrica en Sustratos, (conductividad eléctrica de sustratos) (En línea) Consultado el 15 de diciembre de 2010. Disponible en <http://www.extension.purdue.edu/extmedia/HO/HO-237-SW.pdf>

Tineo, 1994, Producción de abono orgánico, Producción de humus en lombricompostera. (En línea) consultado el 01 de sep de 2010. Disponible en <http://www.coopcoffees.com/for-producers/documentation/agriculture/produccion-de-abono-organico.pdf>

Urrestarazu M. G. 2004, Tratado de cultivo sin suelo, Servicios de publicaciones Universidad de Almería, 3ª Edición, Grupo Mundi-prensa, Madrid. España 903 p.

Vargas *et al*, 2003, Memoria del I Encuentro Mesoamericano y del Caribe y III Encuentro Costarricense de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica (2003, Alajuela, Cota Rica) 2003, Carballo. F.R. Costa Rica, Editorial del Norte, 129 p.

Webmaster, 2009, Abono orgánico fermentado tipo bocashi, El portal de los ganaderos. Ganaderia.org, El suelo tropical y su manejo ecológico. Primera edición, Colombia. 43 p. (En línea) consultado el 22 octubre 2010. Disponible en: [http://www.laganaderia.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=115&Itemid=41](http://www.laganaderia.org/index.php?option=com_content&task=view&id=115&Itemid=41)

Wikipedia (Enciclopedia libre), 2010, Compost, Ingredientes del compost, (Proceso de la composta), (En línea) Consultado el 12 de noviembre de 2009. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Compost>

## VIII. ANEXOS



Figura 1. Prueba de germinación.



Figura 2. Recolección de materiales orgánicos.



**Figura 3. Llenado y siembra de los semilleros.**



**Figura 4. Estructura en donde se colocaron las bandejas.**



**Figura 5. Dimensiones de las estructuras donde se colocaron las bandejas.**



**Figura 6. Distribución de los diferentes tratamientos en unidades experimentales.**



**Figura 7. Análisis de las propiedades físicas de los sustratos.**

Ciudad Universitaria, 10 de diciembre de 2010.

**Bachilleres  
Williams Chacón  
Angel Preza  
Presente.**

Estimados Bachilleres:

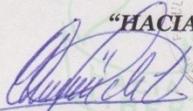
A continuación encontrarán los resultados de los análisis obtenidos en las 7 muestras de suelo.

Identificación del Laboratorio	Identificación del Cliente	PH	Conductividad (µS/cm)	Nitrógeno N (%)	Fosforo P (%)	Calcio Ca (%)	Magnesio Mg (mEq/100g)
218	T0	5.92	2,304	0.43	554.76	218.30	107.80
219	T1	7.18	6,560	1.16	768.14	130.38	11.27
220	T2	7.14	5,360	1.20	761.56	78.56	67.55
221	T3	7.15	6,220	1.22	797.77	77.38	71.94
222	T4	7.12	4,490	0.84	733.23	73.79	52.31
223	T5	7.47	6,670	1.00	745.62	53.31	66.90
224	T6	7.16	5,220	0.93	678.00	68.77	69.69
225	T7	7.35	6,110	1.05	707.53	61.42	60.45

Muestras recibidas: 25 de noviembre de 2010.

Analista: Lic. Norbis Salvador Solano Melara

Atentamente,

  
"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"  
AGRICOLA

Licda. Ada Yanira Arias de Linares  
Jefa del Departamento de Química Agrícola

**Figura 8. Análisis químico de los diferentes tratamientos.**



**Figura 9. Porcentaje de emergencia y altura de plantas, semana 1**



**Figura 10. Altura de planta, semana 2.**



Figura 11. Altura de plantas, semana 3.



Figura 12. Altura de plantas, cuarta semana.



**Figura 13. Desarrollo radicular, cuarta semana.**



**Figura 14. Desarrollo radicular de los tratamientos.**