



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**Proyecto de Investigación  
Previo a la Obtención del Título  
de Ingeniero Agrónomo**

**Tema:**

“Evaluación de diferentes tipos de sustratos en vivero de cacao

*(Theobroma cacao)*”

**Autor:**

César Leonardo Defaz Quilumba

**Director:**

Ing. Agr. M. Sc. Luis Tarquino Llerena Ramos

Quevedo – Ecuador

2016

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **César Leonardo Defaz Quilumba**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

César Leonardo Defaz Quilumba  
**Autor**

## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito **Ing. M. Sc. Luis Tarquino Llerena Ramos**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **César Leonardo Defaz Quilumba**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación de diferentes sustratos en vivero de cacao (*Theobroma cacao*)**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

**Ing. M. Sc. Luis Tarquino Llerena Ramos**  
**Director del Proyecto de Investigación**

# CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

**URKUND**

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Documento</b>  | <a href="#">Defaz Carlos - Proyecto de Investigacion.19.08.2016.docx</a> (D21450297)            |
| <b>Presentado</b> | 2016-08-19 16:01 (-05:00)   |
| <b>Recibido</b>   | rgaibor.uteq@analysis.orkund.com  |
| <b>Mensaje</b>    | Defaz Carlos - Proyecto de Investigacion.19.08.2016 <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a> |

9% de esta aprox. 23 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 7 fuentes.

**URKUND**

### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Defaz Carlos - Proyecto de Investigacion.19.08.2016.docx (D21450297)  
**Submitted:** 2016-08-19 23:01:00  
**Submitted By:** rgaibor@uteq.edu.ec  
**Significance:** 9 %

**Sources included in the report:**

proyecto juan.docx (D15135443)  
ONOFRE CORREA JEANCARLOS ALBERTO 19.docx (D17290457)  
TESIS DE GILER CACAO revision.docx (D15010968)  
1436240231\_232\_PRIMER%252BAVANCE%252BCACAO.docx (D14941015)  
FUNGICIDAS PROTECTANTES PARA EL CONTROL DE MONILIA.doc (D16740299)  
Proyecto Lucia Naula Ing Agropecuaria Cacao.docx (D19518368)  
MONTES MOSQUERA MARCELO ANTONIO 15.docx (D17790776)

**Instances where selected sources appear:**

27

---

Ing. M. Sc. Luis Tarquino Llerena Ramos  
Director del Proyecto de Investigación



**UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

“Evaluación de diferentes tipos de sustratos en vivero de cacao (*Theobroma cacao*)”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de:

**Ingeniero Agrónomo**

**Autor:**

César Leonardo Defaz Quilumba

Aprobado por:

---

Ing. Agr. M. Sc. Alfonso Vasco Medina

**Presidente del Tribunal**

---

Ing. Agríc. M. Sc. Leonardo Matute Matute

**Miembro del Tribunal**

---

Ing. Agr. M. Sc. César Varas Maenza

**Miembro del Tribunal**

Quevedo – Ecuador

2016

## AGRADECIMIENTO

Expreso mis más sinceros agradecimientos a Dios, por permitirme concluir con éxito mis estudios universitarios.

A mi madre y mi padre, hermanas y demás seres queridos por darme ánimos e inculcarme que el poder está en nuestras manos y que no hay obstáculos que no se puedan superar.

A mi Director de Proyecto de Investigación Ing. Agr. M. Sc. Luis Llerena Ramos, quién ha sido gran amigo y siempre ha demostrado las más sinceras intenciones de compartir sus conocimientos para contribuir a la formación de profesionales de calidad.

A los miembros del Tribunal de Sustentación, Ing. Agr. M. Sc. Alfonso Vasco Medina, Ing. Agríc. M. Sc. Leonardo Matute Matute y el Ing. Agr. M. Sc. César Varas Menza, por sus sugerencias en la redacción del presente proyecto de investigación

A cada uno de los docentes y trabajadores administrativos de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por su apoyo brindado en el trascurso de mi formación.

*César Defaz*

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo sobre todo a DIOS, nuestro creador por guiarme en el transcurso de toda mi vida y permitirme culminar mi carrera la cual ha sido una de mis metas.

A mi madre la Sra. Delia Quilumba y a mi padre el Sr. César Defaz, que son mi fuente de inspiración y voz de aliento en cada paso que doy

A mis hermanas Verónica, Sandra y Yulexi, por su cariño y unión en todas mis metas propuestas.

*César Defaz*

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la finca experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada en el Km 7.5 Vía Quevedo – El Empalme, teniendo como objetivo general determinar el efecto de diferentes sustratos orgánicos sobre el crecimiento de plántulas de cacao en condiciones de vivero. Los objetivos específicos fueron: evaluar el crecimiento de las plantas de cacao en los diferentes sustratos en estudio, identificar el sustrato que permita el mayor desarrollo radicular de las plántulas de cacao y realizar el análisis económico de cada uno de los tratamientos estudiados. El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar con 10 tratamientos en tres repeticiones y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Duncan al 95% de probabilidad. Los tratamientos evaluados fueron: **T<sub>1</sub>**: 60% bokashi+40% tierra negra, **T<sub>2</sub>**: 60% bokashi+40% aserrín de balsa, **T<sub>3</sub>**: 60% bokashi+40% tamo de arroz quemado, **T<sub>4</sub>**: 40% bokashi+20% aserrín de balsa+20% tierra negra+20% tamo de arroz quemado, **T<sub>5</sub>**: 60% humus de lombriz+40% tierra negra, **T<sub>6</sub>**: 60% humus de lombriz+40% aserrín de balsa, **T<sub>7</sub>**: 60% humus de lombriz+40% tamo de arroz quemado, **T<sub>8</sub>**: 40% humus de lombriz+20% tierra negra+20% tamo de arroz quemado+20% aserrín de balsa, **T<sub>9</sub>**: 30% bokashi+30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado, **T<sub>10</sub>**: 75% tierra negra+25% cascarilla de arroz. Como principales resultados de la presente investigación se pudo apreciar que al sembrarse en el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz, 20% tierra negra, 10% aserrín de balsa y 10% tamo de arroz quemado), se registró un 100% de germinación, además las plantas producidas en este sustrato fueron de mayor altura, diámetro del tallo, presencia de hojas y longitud radicular. El tratamiento 10 (75% de tierra negra y 25% cascarilla de arroz) produjo la mayor rentabilidad con un 59.68%, producto de la producción de 1000 plántulas, es decir que por cada dólar invertido se obtuvo una ganancia de \$ 0.60 por cada dólar invertido, sin embargo, con el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+ 20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado) las plantas presentaron mejores características que son la base para su aceptación por el comprador, generando una rentabilidad de 34.23%, como consecuencia de un mayor costo de producción.

**Palabras Claves:** cacao, sustratos, vivero.

## SUMMARY

This research was conducted at the experimental farm "La Maria" State Technical University of Quevedo, located at Km 7.5 Vía Quevedo - El Empalme, with the overall objective to determine the effect of different organic substrates on seedling growth cocoa nursery conditions. The specific objectives were to evaluate the growth of cocoa plants in different substrates study, identify the substrate that allows greater root development of seedlings of cacao and perform economic analysis of each of the treatments studied. The experiment was conducted under a completely randomized design with 10 treatments in three replicates and treatment means were compared with Duncan test at 95% probability. The treatments were: T1: 60% Bokashi + 40% black earth, T2: 60% Bokashi + 40% sawdust raft, T3: 60% Bokashi + 40% chaff burnt rice, T4: 40% Bokashi + 20% sawdust balsa + 20% black soil + 20% chaff burnt rice, T5: 60% vermicompost + 40% black earth, T6: 60% vermicompost + 40% sawdust raft, T7: 60% vermicompost + 40% chaff burnt rice, T8: 40% vermicompost + 20% black soil + 20% chaff burnt rice + 20% sawdust raft, T9: 30% bokashi + 30% vermicompost + 20% black earth + 10% sawdust + 10% balsa burning rice chaff, T10: 75% + 25% black earth rice husks. The main results of this research it was observed that the planted in treating 9 (30% Bokashi, 30% vermicompost, 20% black soil, 10% sawdust balsa and 10% chaff burnt rice), was recorded 100% germination, plant also produced in this substrate were greater height, stem diameter, presence of leaves and root length. Treatment 10 (75% of black earth and 25% rice husks) produced the highest returns with 59.68% of the production of 1000 seedlings, meaning that for every dollar invested a profit of \$ 0.60 was obtained for every dollar reversed, however, with treatment 9 (30% bokashi, 30% vermicompost + 20% black soil + 10% sawdust raft + 10% chaff burnt rice) plants showed better characteristics that are the basis for acceptance by the buyer, generating a return of 34.23%, as a result of higher production cost.

**Keywords:** cocoa, substrates, nursery.

## TABLA DE CONTENIDO

| <b>Contenido</b>  | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Portada .....   | i             |
| Declaración de Autoría y Cesión de Derechos .....                                 | ii            |
| Certificación de Culminación del Proyecto de Investigación .....                  | iii           |
| Reporte de la Herramienta de Prevención de Coincidencia y/o Plagio Académico..... | iv            |
| Certificación de Aprobación por Tribunal de Sustentación .....                    | v             |
| Agradecimiento .....  | vi            |
| Dedicatoria.....  | vii           |
| Resumen .....   | viii          |
| Summary.....  | ix            |
| Tabla de Contenido.....   | x             |
| Índice de Tablas.....   | xiv           |
| Índice de Anexos .....  | xv            |
| Código Dublín .....   | xvii          |
| Introducción.....   | 1             |
| <b>CAPÍTULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>                     | <b>2</b>      |
| 1.1 Problema de Investigación .....   | 3             |
| 1.1.1 Planteamiento del Problema.....   | 3             |
| 1.1.2 Formulación del Problema.....   | 3             |
| 1.1.3 Sistematización del Problema .....  | 3             |
| 1.2 Objetivos.....  | 4             |
| 1.2.1 Objetivo General.....   | 4             |
| 1.2.2 Objetivos Específicos.....  | 4             |
| 1.3 Justificación .....   | 4             |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b> | <b>6</b>  |
| 2.1 Marco Teórico .....   | 7         |
| 2.1.1 Importancia del Cacao en el Ecuador y el Mundo .....          | 7         |
| 2.1.2 Cultivo de Cacao Nacional .....                               | 8         |
| 2.1.2.1 Características Botánicas .....                             | 8         |
| 2.1.2.2 Requerimientos Agroecológicos.....                          | 11        |
| 2.1.2.3 Grupos Genéticos de Cacao.....                              | 12        |
| 2.1.3 Viveros .....   | 14        |
| 2.1.3.1 Construcción del Vivero.....                                | 14        |
| 2.1.3.2 Establecimiento y Ubicación del Vivero .....                | 15        |
| 2.1.3.3 Manejo del Vivero .....                                     | 15        |
| 2.1.4 Sustratos .....   | 16        |
| 2.1.4.1 Criterios Para la Selección de Sustratos .....              | 17        |
| 2.1.4.2 Bokashi .....   | 17        |
| 2.1.4.3 Humus de Lombriz .....                                      | 18        |
| 2.1.4.4 Tierra Negra.....   | 19        |
| 2.1.4.5 Cascarilla de Arroz Quemado.....                            | 19        |
| 2.1.4.6 Aserrín de Balsa .....                                      | 20        |
| 2.1.4.7 Turba Comercial.....  | 20        |
| <b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>           | <b>22</b> |
| 3.1 Localización.....   | 23        |
| 3.2 Tipo de Investigación .....                                     | 23        |
| 3.3 Métodos de Investigación.....                                   | 23        |
| 3.4 Fuentes de Recopilación de Información .....                    | 23        |
| 3.5 Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....                 | 24        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.6 Instrumentos de Investigación .....                  | 24        |
| 3.6.1 Material Genético .....                            | 24        |
| 3.6.2 Tratamientos Estudiados.....                       | 25        |
| 3.6.3 Especificaciones del Experimento.....              | 25        |
| 3.6.4 Manejo del Experimento.....                        | 26        |
| 3.6.4.1 Preparación del terreno.....                     | 26        |
| 3.6.4.2 Preparación de los Sustratos.....                | 26        |
| 3.6.4.3 Llenado de Fundas.....                           | 28        |
| 3.6.4.4 Siembra.....                                     | 28        |
| 3.6.4.5 Riego.....                                       | 28        |
| 3.6.4.6 Fertilización.....                               | 28        |
| 3.6.4.7 Control de Malezas.....                          | 28        |
| 3.6.4.8 Control de Plagas y Enfermedades.....            | 28        |
| 3.6.5 Datos Registrados y Metodología de Evaluación..... | 29        |
| 3.6.5.1 Porcentaje de Germinación.....                   | 29        |
| 3.6.5.2 Altura de Planta (cm).....                       | 29        |
| 3.6.5.3 Diámetro del Tallo (mm).....                     | 29        |
| 3.6.5.4 Número de Hojas.....                             | 30        |
| 3.6.5.5 Longitud de Raíz (cm).....                       | 30        |
| 3.6.5.6 Análisis Económico.....                          | 30        |
| 3.7 Recursos Humanos y Materiales .....                  | 30        |
| 3.7.1 Recursos Humanos .....                             | 30        |
| 3.7.2 Recursos Materiales.....                           | 31        |
| <b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>          | <b>32</b> |
| 4.1 Resultados.....                                      | 33        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.1.1 Porcentaje de Germinación.....                       | 33        |
| 4.1.2 Altura de Planta a los 45, 60 y 75 Días (cm) .....   | 34        |
| 4.1.3 Diámetro del Tallo a los 45, 60 y 75 Días (mm) ..... | 36        |
| 4.1.4 Número de Hojas a los 30, 50 y 75 Días .....         | 38        |
| 4.1.5 Longitud de Raíz a los 45, 60 y 75 Días (cm).....    | 40        |
| 4.1.6 Análisis Económico.....                              | 42        |
| 4.2 Discusión .....  | 44        |
| <b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>     | <b>47</b> |
| 5.1 Conclusiones.....                                      | 48        |
| 5.2 Recomendaciones .....                                  | 49        |
| <b>CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA .....</b>                      | <b>50</b> |
| 6.1 Bibliografía Citada .....                              | 51        |
| <b>CAPÍTULO VII ANEXOS.....</b>                            | <b>56</b> |

## INDICE DE TABLAS

|         |   |    |
|---------|---|----|
| Tabla 1 | Esquema del análisis de varianza (ADEVA) del experimento.....   | 24 |
| Tabla 2 | Descripción de los tratamientos estudiados.....   | 25 |
| Tabla 3 | Porcentaje de germinación de semillas de cacao en diferentes sustratos orgánicos ....                                       | 33 |
| Tabla 4 | Altura de plantas de cacao a los 45, 60 y 75 días después de la siembra en diferentes sustratos orgánicos.....              | 35 |
| Tabla 5 | Diámetro del tallo de plantas de cacao a los 45, 60 y 75 días después de la siembra en diferentes sustratos orgánicos ..... | 37 |
| Tabla 6 | Número de hojas de plantas de cacao a los 45, 60 y 75 días después de la siembra en diferentes sustratos orgánicos .....    | 39 |
| Tabla 7 | Longitud de raíz de plantas de cacao a los 45, 60 y 75 días después de la siembra en diferentes sustratos orgánicos .....   | 41 |
| Tabla 8 | Análisis económico y rentabilidad de la producción de plántulas de cacao sembradas en diferentes sustratos orgánicos .....  | 43 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| Anexo 1 Croquis de campo de sitio experimental.....  | 57 |
| Anexo 2 Análisis de varianza de porcentaje de germinación.....                               | 58 |
| Anexo 3 Análisis de varianza de altura de plantas a los 45 días .....                        | 58 |
| Anexo 4 Análisis de varianza de altura de plantas a los 60 días .....                        | 58 |
| Anexo 5 Análisis de varianza de altura de plantas a los 75 días .....                        | 58 |
| Anexo 6 Análisis de varianza de diámetro del tallo a los 45 días .....                       | 59 |
| Anexo 7 Análisis de varianza de diámetro del tallo a los 60 días .....                       | 59 |
| Anexo 8 Análisis de varianza de diámetro del tallo a los 75 días .....                       | 59 |
| Anexo 9 Análisis de varianza de número de hojas a los 30 días .....                          | 59 |
| Anexo 10 Análisis de varianza de número de hojas a los 50 días .....                         | 60 |
| Anexo 11 Análisis de varianza de número de hojas a los 75 días .....                         | 60 |
| Anexo 12 Análisis de varianza longitud de raíz a los 45 días .....                           | 60 |
| Anexo 13 Análisis de varianza longitud de raíz a los 60 días .....                           | 60 |
| Anexo 14 Análisis de varianza longitud de raíz a los 75 días .....                           | 60 |
| Anexo 15 Montaje del equipo para elaborar ácido piroleñoso.....                              | 61 |
| Anexo 16 Quema de cascarilla de arroz para la extracción de ácido piroleñoso .....           | 61 |
| Anexo 17 Elaboración del bokashi.....  | 62 |
| Anexo 18 Volteo del bokashi .....  | 62 |
| Anexo 19 Elaboración de capas de estiércol y raquis de banano en camas de lombricultura...63 |    |

|  |    |
|--|----|
| Anexo 20 Colocación de trampas para capturar lombrices .....   | 63 |
| Anexo 21 Preparación de sustratos.....                         | 64 |
| Anexo 22 Llenado de fundas .....                               | 64 |
| Anexo 23 Identificación de los tratamientos en el vivero ..... | 65 |
| Anexo 24 Siembra .....   | 65 |
| Anexo 25 Evaluación de la germinación.....                     | 66 |
| Anexo 26 Aplicación de insecticida .....                       | 66 |
| Anexo 27 Registro del diámetro del tallo.....                  | 67 |
| Anexo 28 Medición de altura de planta.....                     | 67 |
| Anexo 29 Medición de la longitud de la raíz.....               | 68 |
| Anexo 30 Conteo del número de hojas.....                       | 68 |

## CÓDIGO DUBLÍN

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Título:</b>              | Evaluación de diferentes tipos de sustratos en vivero de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> )   |
| <b>Autor:</b>               | César Leonardo Defaz Quilumba   |
| <b>Palabras clave:</b>      | cacao, sustratos, vivero  |
| <b>Fecha de publicación</b> |   |
| <b>Editorial:</b>           |   |
| <b>Resumen:</b>             | <p>La presente investigación se llevó a cabo en la finca experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada en el Km 7.5 Vía Quevedo – El Empalme, teniendo como objetivo general determinar el efecto de diferentes sustratos orgánicos sobre el crecimiento de plántulas de cacao en condiciones de vivero. Los objetivos específicos fueron: evaluar el crecimiento de las plantas de cacao en los diferentes sustratos en estudio, identificar el sustrato que permita el mayor desarrollo radicular de las plántulas de cacao y realizar el análisis económico de cada uno de los tratamientos estudiados. El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar con 10 tratamientos en tres repeticiones y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Duncan al 95% de probabilidad. Los tratamientos evaluados fueron: T1: 60% bokashi+40% tierra negra, T2: 60% bokashi+40% aserrín de balsa, T3: 60% bokashi+40% tamo de arroz quemado, T4: 40% bokashi+20% aserrín de balsa+20% tierra negra+20% tamo de arroz quemado, T5: 60% humus de lombriz+40% tierra negra, T6: 60% humus de lombriz+40% aserrín de balsa, S7: 60% humus de lombriz+40% tamo de arroz quemado, T8: 40% humus de lombriz+20% tierra negra+20% tamo de arroz quemado+20% aserrín de balsa, T9: 30% bokashi+30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado, T10: 75% tierra negra+25% cascarilla de arroz. Como principales resultados de la presente investigación se pudo apreciar que al sembrarse en el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz, 20% tierra negra, 10% aserrín de balsa y 10% tamo de arroz quemado), se registró un 100% de germinación, además las plantas producidas en este sustrato fueron de mayor altura, diámetro del tallo, presencia de hojas y longitud radicular. El tratamiento 10 (75% de tierra negra y 25% cascarilla de arroz) produjo la mayor rentabilidad con un 59.68%, producto de la producción de 1000 plántulas, es decir que por cada dólar invertido se obtuvo una ganancia de \$ 0.60 por cada dólar invertido, sin embargo, con el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+ 20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado) las plantas presentaron mejores características que son la base para su aceptación por el comprador, generando una rentabilidad de 34.23%, como consecuencia de un mayor costo de producción.</p> |
| <b>Descripción:</b>         |   |
| <b>URL</b>                  |   |

## INTRODUCCIÓN

El Ecuador ha sido considerado como uno de los países que tradicionalmente produce cacao fino y de aroma. La actividad agrícola dedicada al cultivo de cacao tiene una historia relevante en la economía nacional; este producto, conocido además como la “Pepa de Oro”, dominó varias décadas en la generación de divisas para el país, dando lugar al apareamiento de los primeros capitales y desarrollando sectores importantes como la banca, la industria y el comercio (Rodríguez, 2013). En América a pesar de ser su punto de origen no es el mayor productor, en Centro América El Salvador fue uno de los mayores productores en tiempos prehispánicos y en el tiempo de la colonia, aunque actualmente su producción es casi nula (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

La producción de plántulas es un procedimiento de vital importancia para lograr éxito en el cultivo, ya que el crecimiento y producción de fruto, es afectado por la calidad de la planta que se lleve a campo, por lo que se debe tener muy en cuenta tanto el procedimiento realizado así como el material de siembra utilizado para dicha labor, teniendo en cuenta que la planta de la cual se tome las semillas debe presentar características de alta productividad así como resistencia a enfermedades, ya que los mejores rendimientos se obtienen cuando se ha realizado una buena selección del material a producir en el vivero. Por otro lado otro factor a tomar en cuenta es el sustrato que se utilice en para la producción de plántulas ya que cuando estos son de alta calidad nutricional, permite obtener plantas óptimas y vigorosa para el trasplante.

Considerando que con el auge de la agricultura orgánica que cada vez toma mayor importancia, es fundamental el estudio de sustratos orgánicos alternativos a los tradicionalmente utilizados, que sean reutilizables, reciclables y que no tengan su origen en fuentes no renovables como las turberas, considerando a la vez su precio para la producción de plántulas, lo cual repercutirá directamente en los ingresos y rentabilidad para los productores, aprovechando a su vez recursos existentes en sus mismas unidades productivas, promoviendo una agricultura debajo impacto al medioambiente y sostenible.

## **CAPÍTULO I**

### **CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Problema de Investigación**

### **1.1.1 Planteamiento del Problema**

La incorrecta elección del sustrato para viveros de cacao da como resultado errores en germinación y desarrollo de las plántulas, así como también baja capacidad de retención de agua y poco aporte nutricional, por lo que habitualmente los productores presentan quejas sobre los sustratos comerciales, de los cuales, muchos tienen alto costo y no satisfacen las expectativas.

Las plántulas de cacao en vivero por lo general presentan síntomas muy notorios de deficiencia de elementos nutricionales como: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, boro, debido a la utilización de sustratos de baja fertilidad o con desbalances en sus componentes. En dichos casos, no se hace uso del análisis químico para la aplicación oportuna de elementos deficitarios. Teniendo en cuenta la corta permanencia de las plántulas en vivero, se debe hacer uso de sustratos que favorezcan el crecimiento inicial de las plántulas y que a la vez permitan un desarrollo radicular óptimo a fin de garantizar un buen desarrollo en campo definitivo.

### **1.1.2 Formulación del Problema**

¿Cuál es el efecto de los diferentes sustratos orgánicos en estudio sobre el crecimiento y desarrollo radicular de plántulas de cacao y cuál es el de mayor rentabilidad por cada 1000 unidades producidas?

### **1.1.3 Sistematización del Problema**

En base a la problemática abordada anteriormente se plantean las siguientes directrices:

¿Qué efecto tienen los diferentes sustratos orgánicos sobre el crecimiento de las plantas de cacao?

¿Cuál es el sustrato que favorece el desarrollo radicular de las plántulas de cacao?

¿Qué sustrato es el más económico y genera mayor rentabilidad para la producción de plántulas de cacao?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Determinar el efecto de diferentes sustratos orgánicos sobre el crecimiento de plántulas de cacao en condiciones de vivero.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar el crecimiento de las plantas de cacao en los diferentes sustratos en estudio
- Identificar el sustrato que permita el mayor desarrollo radicular de las plántulas de cacao.
- Realizar el análisis económico de cada uno de los tratamientos estudiados.

## **1.3 Justificación**

El sustrato donde se siembra la semilla de cacao para la producción de plántulas, es uno de los puntos de partida para garantizar el crecimiento y mantenimiento de las plantas en su etapa inicial, ya que es necesario que estas se desarrollen uniformemente y a su vez presenten vigor apto para el trasplante o para la injertación, influyendo directamente en el posterior establecimiento y desarrollo del cultivo en campo definitivo, ya que cada vez son mayores las exigencias del sector agrícola, a fin de cumplir la demanda y exigencias de calidad por parte del consumidor, lo que ha conllevado al estudio de tecnología así como de prácticas de manejo del cultivo que permitan su cumplimiento y satisfacción en su totalidad, sin dejar de lado el factor costo, el cual es un punto decisivo al momento de implantar una tecnología en las unidades de producción.

La importancia de la presente investigación radica en la identificación de sustratos a partir de la mezcla de diferentes materiales de origen orgánico en diferentes proporciones para de esta manera aportar diferentes características al sustrato final a fin de garantizar el desarrollo óptimo de las plántulas de cacao previo a su utilización tanto en injertos como su establecimiento al sitio definitivo del cultivo.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1 Marco Teórico**

### **2.1.1 Importancia del Cacao en el Ecuador y el Mundo**

El cacao tiene un puesto muy importante en la historia del Ecuador, desde que comenzó a generar beneficios para el país éste no ha parado de producirlo. Hubo una época cuando enfermedades afectaron sus cultivos y la crisis económica mundial disminuyó su demanda, pero el país se levantó y continuó con la comercialización de este producto que un día fue llamado “la pepa de oro” (Sánchez, 2010).

Ecuador, región privilegiada con condiciones naturales de suelo, clima, temperatura y luminosidad sumado a los detalles de sabor y aroma del origen genético de nuestro cacao se convergen dando como resultado dos variedades insignes y de reconocimiento mundial, que han ganado y consolidado sus espacios en la gran industria chocolatera mundial. Hoy más que nunca estamos fortalecidos, con expectativas por el futuro cercano, queremos seguir generando sonrisas y bienestar para los cacaoteros y para todos los ecuatorianos (ANECACAO, 2015).

Si bien hay cultivos de cacao en unos 50 países, la producción mundial de cacao se cultiva principalmente en África del Oeste, Centro y Sudamérica y Asia. Los principales países productores de cacao son: Costa de Marfil, Indonesia, Ghana, Nigeria, Brasil, Camerún, Ecuador, Togo que representan en conjunto el 91% de la producción de cacao en grano a nivel mundial. Nuestro País ocupa actualmente el séptimo lugar como productor mundial del grano (González, 2012).

Ecuador es primer productor de cacao fino y de aroma (61% de la producción mundial). Para el año 2009, según estimaciones del Banco Central del Ecuador, el PIB fue de USD 24.120 millones lo cual significa que el cacao contribuyó con el 1,64% siendo como se observa, su participación superior al año anterior. Su importancia como generador de empleo, se estima que 600.000 personas de diferentes culturas, etnias, se encuentran vinculadas directamente a la actividad (González, 2012).

## **2.1.2 Cultivo de Cacao Nacional**

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) tuvo su origen en América pero aún no se ha podido identificar con exactitud el lugar puntual ni su distribución. Aún hoy en día sigue siendo un tema de discusión (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

El cacao es una planta originaria de los trópicos húmedos de América. Su centro de origen parece estar situado en el noroeste de América del Sur, en la zona amazónica. Cuando los españoles llegaron a América encontraron el cacao en México, importante centro de dispersión de la especie. Pertenece a la familia de las Esterculiáceas y su nombre botánico es *Theobroma cacao* L. El Ecuador ha sido tradicionalmente uno de los países más grandes productores de cacao fino y de aroma. El cacao es conocido como la pepa de oro (INFOAGRO, 2010).

### **2.1.2.1 Características Botánicas**

El cacao es un árbol que puede alcanzar una altura de 6 a 8 m, posee un sistema radicular principalmente pivotante el cual busca las capas inferiores del suelo hacia los mantos freáticos. Posee a la vez raíces primarias y secundarias que crecen horizontalmente (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

- **Planta**

Árbol de tamaño mediano (5 - 8 m.) aunque puede alcanzar alturas de hasta 20 m. cuando crece libremente bajo sombra intensa. Su corona es densa, redondeada y con un diámetro de 7 a 9 m. Tronco recto que se puede desarrollar en formas muy variadas, según las condiciones ambientales (Infocafes, Sf).

- **Sistema Radicular**

Batista (2009), indica que donde inicia el crecimiento del tronco y se forma o desarrolla el sistema radicular, existe una zona de transición bien definida conocida como cuello de la raíz. En plantas reproducidas por semillas el sistema radicular está compuesto por

una raíz principal denominada raíz pivotante o raíz primaria, la cual crece hacia abajo de forma recta.

A partir de la raíz pivotante, inmediatamente debajo del cuello, se desarrollan la mayoría de las raíces secundarias a unos 15 a 20 cm de profundidad. Las raíces secundarias que se encuentran en la parte inferior de la raíz pivotante, tienen un crecimiento hacia abajo en dirección a la roca madre o hacia la capa freática (Batista, 2009).

El cacao posee raíz principal y secundaria profunda, por consiguiente, como primer criterio para la instalación de una plantación comercial, se requiere suelos profundos. Además, posee una infinidad de raicillas o pelos absorbentes, que por lo general están entre 0 – 5 cm del suelo (Ramírez, 2009).

- **Tallo**

Las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical que puede alcanzar uno o dos metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de ese momento la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de tres a cinco ramas laterales (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

Las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical que puede alcanzar 1 a 2 metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de ese momento la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales. A este conjunto de ramas se le llama comúnmente verticilio u horqueta (Batista, 2009).

- **Hojas**

Durante su formación, crecimiento y estado adulto, las hojas exhiben pigmentaciones diferentes, cuya coloración varía desde muy pigmentadas hasta poca pigmentación (Batista, 2009).

Cuando el árbol es adulto, las hojas son de color verde oscuro y delgado, de tamaño mediano y de textura firme, se encuentran unidas a las ramas por el peciolo. El peciolo tiene una hinchazón llamado yema de donde se origina ramas que se usan para los injertos (Torres , 2012).

El tamaño de las hojas es variable; lo cual depende de caracteres genéticos y de su posición en el árbol. Las hojas de la periferia que están muy expuestas a la luz solar son más pequeñas que las que están ubicadas en el interior del árbol (Batista, 2009).

- **Flores**

Batista (2009), menciona que la flor del cacao es hermafrodita, pentámera, de ovario súpero, cuya fórmula floral es:  $S_5, P_5, E_{5+5}, + G (5)$ . Esto indica que la flor del cacao está constituida en su estructura floral por 5 sépalos, 5 pétalos; el androceo conformado por 10 filamentos de los cuales 5 son fértiles (estambres) y los otros 5 son infértiles (estaminoides); el gineceo (pistilo) está formado por un ovario súpero con 5 lóculos fusionado desde la base donde cada uno puede contener de 5 a 15 óvulos, dependiendo del genotipo.

- **Frutos**

El fruto del cacao es el resultado de la maduración del ovario de la flor fecundada. En esta descripción es apropiado indicar que hay frutos que nunca maduran por falta de semillas y abortan. Tanto el tamaño como la forma de los frutos varían ampliamente dependiendo de sus características genéticas, el medio ambiente donde crece y se desarrolla el árbol, así como el manejo en la plantación. Las mazorcas de cacao por sus formas están clasificadas como: Amelonado, Calabacillo, Angoleta y Cundeamor, variando según el tipo o la especie (Batista, 2009).

Dependiendo de la variedad, los Amelonados y Calabacillos son de formas características del cacao Forastero, mientras que las formas Angoleta y Cundeamor son representativas de los tipos Criollo y Trinitario en sus estados puros. Producto de la polinización cruzada ya se encuentra cualquier forma de mazorca en cualquiera de los tipos genéticos mencionados (Batista, 2009).

- **Semillas**

El fruto del cacao puede contener entre 20 a 60 semillas o almendras, cuyo tamaño y forma varían según el tipo genético. La semilla del cacao es más bien un óvulo del interior del ovario de la flor fecundado y desarrollado, que luego de su desarrollo y maduración constituye la mazorca. La semilla del cacao no necesita un período de reposo para su germinación, que puede ocurrir inmediatamente cuando el fruto alcanza su madurez y el mucílago que la cubre desaparece. Éste tiene sustancias inhibitoras, por lo que no se puede almacenar fresco ni ser sometido a temperaturas extremas que provocarían la muerte del embrión por fermentación o deshidratación. En condiciones óptimas, las semillas inician la germinación en 4 días (Batista, 2009).

### **2.1.2.2 Requerimientos Agroecológicos**

- **Precipitación**

La precipitación pluvial mínima y máxima manejable es 1400 y 3000 mm, respectivamente y óptima de 1500 a 2500 mm bien distribuidos a lo largo del ciclo. Presenta baja tolerancia al déficit de agua y en los meses con menos de 100 mm se genera déficit hídrico lo que afecta la floración y el brote de hojas (Gómez, 2014).

- **Temperatura**

Se menciona que prefiere zonas de climas cálidos y húmedos y que no tengan una época seca prolongada tropical, crece entre 26° latitud norte y 26° latitud sur. Requiere temperatura media entre 25 y 29°C, son sensibles a temperaturas mayores a 32°C. Cuando la temperatura es menor a 21°C hay poca formación de flores, la cual alcanza su máximo nivel a los 25° C (Cerrón, 2014).

- **Altitud**

El cacao se cultiva desde el nivel del mar hasta los 800 msnm, sin embargo, plantaciones cerca de la línea del Ecuador se desarrolla de manera normal en altitudes

mayores a los 1000 msnm hasta los 1400 msnm; siendo por estas razones la altitud un factor no determinante para un desarrollo óptimo del cultivo (Torres , 2012).

- **Humedad**

Necesita una humedad relativa anual promedio de entre el 70 y 80% (Gómez, 2014).

- **Viento**

El cultivo del cacao requiere estar libre de vientos fuertes persistentes a lo largo del ciclo productivo, prevenir con árboles forestales como cortina rompe vientos (Gómez, 2014).

### **2.1.2.3 Grupos Genéticos de Cacao**

En la actualidad su centro de dispersión está entre los 20° de latitud norte y 20° de latitud sur, las características especiales y actualmente se reconocen tres grandes tipos, nuestro país tiene la mayor diversidad de la especie: Forasteros amazónicos Criollos Trinitario (ANECACAO, 2006).

- **Cacao Forastero**

Su principal centro de origen se limita a la zona de América del sur y es el más cultivado tanto en África como en Brasil. Entre sus características se cita que posee una cáscara dura y más o menos lisa, de apariencia redondeada y la cáscara suele ser de color verde a amarillo. Las semillas son aplanadas de color morado y sabor amargo (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

Los tipos de cacao forasteros se caracterizan por sus frutos de cáscara dura y leñosa, de superficie relativamente tersa y de granos aplanados, son de color morado y sabor amargo. Dentro de esta raza se destacan algunas variedades como: Cundeamor, Amelonado, Sambito, Calabacillo y Angoleta. La variedad Nacional originaria de Ecuador se caracteriza por ser un cacao fino y de gran aroma y también pertenece a este grupo (Motamayor, 2001).

- **Cacao Criollo**

Actualmente están sustituyendo a las plantaciones antiguas de Forasteros debido a su mayor adaptabilidad a distintas condiciones ambientales y por sus frutos de mayor calidad. Se caracterizan por sus frutos de cáscara suave y semillas redondas, de color blanco a violeta, dulces y de sabor agradable. La superficie del fruto posee diez surcos longitudinales marcados, cinco de los cuales son más profundos que los que alternan con ellos. Los lomos son prominentes, verrugosos e irregulares (Anacafé, 2004).

Su origen se centra principalmente en Centroamérica, Colombia y Venezuela, entre las características más sobresalientes se menciona que el fruto posee una cáscara suave, con 10 surcos profundos con otro de menor profundidad, su curvatura termina en una punta delgada. La cáscara es de color blanco o violeta, las semillas son dulces y de ellas se elabora el cacao denominado fino (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

- **Cacao Trinitario**

Este grupo es el resultado del cruzamiento entre individuos criollos y forasteros. Comprende formas híbridas heterogéneas, su calidad y características botánicas son intermedias entre los dos grupos (Arguello, Mejía, & Palencia, 2000).

Este grupo se usa como material de injerto para multiplicarlo sin perder sus características, las mejores cruzas combinan el sabor del cacao criollo con la rusticidad del Forastero, produciendo cacao de mucha demanda por su aplicación en los chocolates de alto grado de “sabor” (Davies, 1986).

Esta variedad surge del cruce de la variedad criolla y forastero, las mazorcas por lo general son de muchas formas y colores; las semillas son más grandes que el de las otras variedades; las plantas son fuertes, de tronco grueso y hojas grandes. Actualmente es la variedad más cultivada en el mundo (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

### **2.1.3 Viveros**

La construcción del vivero tiene como objetivo facilitar el normal desarrollo inicial de las plantas de cacao, proporcionando las mejores condiciones de temperatura, humedad, sombra, para la planta de cacao. Además se puede controlar y mejorar el porcentaje de germinación de las semillas, producir grandes cantidades de plántulas, permitir trabajos comunitarios y seleccionar plántulas por tamaño y vigor para de esta manera programar las mejores épocas de siembra, también se puede controlar de manera más efectiva el apareamiento de plagas y enfermedades (Torres , 2012).

Es el lugar donde se realiza la producción de plantas. En él se producen plántulas de calidad y en cantidad necesaria para la plantación en el sitio definitivo. Los viveros pueden ser establecidos dentro de las fincas como también en lugares que reúnan las condiciones favorables. En un vivero debe haber suficiente agua para el riego, terrenos con buen drenaje para evitar los encharcamientos y que se encuentren cerca de los sitios de la plantación para facilitar el transporte de las plantas (Pinzón, 2006).

El sistema comercial recomendado para siembra de cacao, es la utilización de semillas híbridas o de clones (injertos) y requiere la construcción de viveros de muy fácil manejo (Zambrano, 2010).

#### **2.1.3.1 Construcción del Vivero**

Se estima que para producir de 1000 a 1200 plantas, se requiere un área de 20 m<sup>2</sup> (de 50 a 60 fundas por m<sup>2</sup>), esta área ya incluye los espacios o calles para facilitar las labores de manejo y mantenimiento. El tamaño del vivero estará en función del tamaño de las fundas a utilizar para el presente caso se ha estimado el uso de fundas de polietileno de 7 a 8 pulgadas: los materiales deben provenir de las fincas, 8 pedazos de caña guadua, cada uno de 3 metros de largo. Para la protección de las plántulas de los rayos solares se debe utilizar zarán u hojas de plátano (Enríquez, 2004).

### **2.1.3.2 Establecimiento y Ubicación del Vivero**

El establecimiento del vivero está sujeto a la disponibilidad de semilla, pudiéndose realizar en cualquier época del año. Sin embargo, se debe programar de forma tal que las plantas estén listas para la siembra al inicio de la época lluviosa (Gómez & Ormeño, 2013).

La ubicación del vivero es de vital importancia ya que así se facilita el manejo de las labores culturales y control fitosanitario. Se debe ubicar el vivero en lugares de fácil acceso y que cuente con agua para riego (Torres , 2012).

Torres (2012), también indica que antes de realizar la instalación del vivero, se debe eliminar todas las malezas del área donde se va a ubicar el vivero. El área donde se va a ubicar el terreno debe ser plano o en su defecto debe tener una ligera inclinación para facilitar el drenaje. Si el terreno es irregular se debe proceder a nivelar.

### **2.1.3.3 Manejo del Vivero**

El vivero se considera como el área delimitada de terreno y debidamente preparada, con el propósito fundamental de obtener la multiplicación y producción de plantas resistentes, libres de enfermedades y con características fenotípicas y genotípicas únicas, hasta el momento en que estén en condiciones para ser plantadas en el sitio definitivo (Rodríguez, 2013).

En época de sequía o poca lluvia es necesario regar el almácigo mínimo cada dos días y el vivero debe constar con pequeñas zanjas de drenaje (Zambrano, 2010).

USAID (Sf), señala que para garantizar que las plantas crezcan sanas y fuertes, sugiere lo siguiente:

- Regar las plántulas en la mañana, con agua de buena calidad.
- Si es en época seca, regar dos veces al día: antes de las 9 de la mañana y después de las 4 de la tarde para evitar altas temperaturas.

- Eliminar manualmente las malezas que van creciendo, para evitar la competencia por los nutrientes.
- Separar las plantas grandes de las pequeñas.
- Retirar gradualmente la sombra para que las plantas se aclimaten antes de llevarlas a campo definitivo.

#### **2.1.4 Sustratos**

Los sustratos son una mezcla o compuestos de materiales activos y/o inertes, los mismos que son usados como medios de propagación de algunas especies vegetales. Los sustratos están formados por fragmentos de diferentes materiales, resultando en un complejo de partículas de materiales rocosos y minerales característicos. También los sustratos pueden estar constituidos por ciertos organismos vivientes o muertos. De la selección del sustrato apropiado dependerá la rapidez de la germinación de la semilla de dicha especie (Ansorena, 1994).

Un 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 del sistema radicular, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (INFOAGRO, 2010).

Un sustrato es cualquier medio que se utilice para cultivar plantas en contenedor, entendiendo por contenedor cualquier recipiente que tenga una altura determinada y que su superficie se halle a presión atmosférica (Alcoverro, 2009).

Actualmente, debido a aspectos relacionados con la conservación del medio ambiente la concepción del uso de los sustratos cambió, por lo que hay otros factores a considerar al seleccionar un material como sustrato tal como: agua, suelo y reciclaje de materiales de desecho (Cruz & Bugarín, 2012).

#### **2.1.4.1 Criterios Para la Selección de Sustratos**

Cruz & Bugarín (2012), señalan que para elegir un material como sustrato se deben considerar varios aspectos para que el crecimiento de las plantas sea el óptimo, dentro de los cuáles serán los siguientes:

- Que posea propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas para el crecimiento de las plantas
- Se debe considerar la relación beneficio/costo.
- Disponibilidad en la región o zona.
- Facilidad de manejo o compatibilidad, en el caso de realizar mezclas de materiales.

#### **2.1.4.2 Bokashi**

Es un tipo de abono el cual se caracteriza por conservar mucha energía en forma de vitaminas, azúcares, ácidos orgánicos y aminoácidos, los cuales a su vez, son una fuente de alimento para organismos benéficos que aumenta la biodiversidad de éste. El objetivo principal del bokashi es activar y aumentar los microorganismos benéficos que se encuentran en el medio ambiente (Gómez, 2001).

Mosquera (2010), considera al bokashi como un abono orgánico fermentado parcialmente, estable, económico y de fácil preparación, el mismo que es producto de un proceso de degradación anaeróbica o aeróbica de materiales de origen animal y vegetal, el cual es más acelerado que el compostaje, permitiendo obtener el producto final de forma más rápida.

Gómez (2001), sostiene que existen muchas maneras y recetas para elaborar de bokashi. Por lo general se utilizan como mínimo tres diferentes tipos de materiales orgánicos, para que el bokashi tenga una biodiversidad de organismos y se pueda encontrar una buena relación carbono: nitrógeno. Un aspecto importante a considerar es la humedad del bokashi. Idealmente el contenido de humedad debe estar entre 30 a 40%.

La temperatura no debe ascender a más de 50 °C para que no se afecte la población de organismos benéficos. Este factor se regula con el volteo constante del material. Con esta labor la temperatura oscila entre 30 y 40 °C; además, facilita el proceso de descomposición aeróbica. Idealmente esta labor se debe de realizar todos los días, pero por razones de costos se puede hacer cada dos o tres días (Gómez, 2001).

### **2.1.4.3 Humus de Lombriz**

Este abono orgánico es un material altamente descompuesto y estable. Posee un buen balance de nutrimentos de rápida y lenta liberación para las plantas. La riqueza de nutrientes dependerá tanto de las características del material inicial como de la forma en que se lleva a cabo el proceso; por ejemplo, la producción de abono expuesto a mucha lluvia, provoca la pérdida por lavado de nutrientes y otros compuestos. El lombricompost posee también una alta población microbiana benéfica, por lo que el material final debe mantenerse necesariamente entre 50 y 60% de humedad; además tiene algunas sustancias llamadas fitohormonas, las cuales estimulan el crecimiento vegetal (Henríquez & Mora , 2003).

Es un abono orgánico que proviene de la actividad de las lombrices rojas californianas sobre material orgánico. Aporta materia orgánica, nutrientes y hormonas enraizantes, en forma natural. Mejora la retención de humedad. Favorece la actividad biológica y protege a las plantas de hongos y bacterias perjudiciales (Narváez, 2012).

El humus de lombriz es de color oscuro, su olor es agradable, está constituido por partículas finas sin grumos y es fácilmente manipulable. Las inclusiones del humus de lombriz en el sustrato causan la liberación gradual de los nutrimentos, limitan las pérdidas por lixiviación y favorecen la absorción paulatina de nutrimentos (Rosmini, 1995).

El lombricompost puede ser aplicado directamente como abono o como parte de alguna mezcla de sustratos de crecimiento. La aplicación del lombricompost sobre plantas sembradas en macetas se recomienda en dosis de 1/2 a 1 taza de abono sobre la superficie, dependiendo del tamaño de la maceta. Para mezcla de sustratos es recomendable una tercera parte de lombricompost con dos terceras partes de tierra antes

de la siembra. En cultivos comerciales, el lombricompost puede ser aplicado solo o en mezcla con otro tipo de fertilizantes. En cultivos perennes las dosis pueden variar de 0.5 a 2 kg de abono por árbol (Henríquez & Mora , 2003).

El manejo consiste, en principio, en proporcionar alimentos, agua y protección a las lombrices. El alimento debe suministrarse quincenal o mensualmente, lo que permite determinar el momento de reponer alimento nuevo. Ocurre que cuando la ración de alimento abastecida ha sido consumida del todo por las lombrices, la superficie de la compostera se ve plana (Mosquera, 2010).

#### **2.1.4.4 Tierra Negra**

Mosquera (2010), menciona que el suelo es un componente que nunca debe faltar en la formulación de un abono orgánico fermentado, además que en algunos casos puede ocupar hasta la tercera parte del volumen total del abono, ya que es el medio para iniciar el desarrollo de la actividad microbiológica del abono y tiene la función de dar una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad.

El mismo autor también manifiesta que el suelo también sirve de esponja que retiene, filtra y libera, gradualmente, los nutrientes a las plantas de acuerdo a sus necesidades, y su tamaño, composición química de nutrientes e inoculación de microorganismos dependen de su origen. También acota que las partículas grandes del suelo como piedras, terrones y pedazos de palos deben ser eliminados (Mosquera, 2010).

#### **2.1.4.5 Cascarilla de Arroz Quemado**

La cascarilla de arroz es el sustrato más empleado bien sea cruda o parcialmente carbonizada. El principal inconveniente que presenta la cascarilla de arroz es su baja capacidad de retención de humedad y lo difícil que es lograr el reparto homogéneo de la misma (humectabilidad) cuando se usa como sustrato único en camas o bancadas. Para mejorar la retención de humedad de la cascarilla, se debe quemar parcialmente a la misma (Calderón, 2002).

Entre sus principales propiedades físico-químicas se destaca que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición (difícil degradación), es liviano (baja densidad), de alto volumen, de buen drenaje y buena aireación (Basaure, 2006).

#### **2.1.4.6 Aserrín de Balsa**

El aserrín de balsa es económico, tiene características apropiadas para reducir la actividad de hongos fitopatógenos y mejorar la porosidad, aumenta la capacidad de intercambio catiónico cuando está compostado. Es la madera más ligera que se conoce, con una densidad de 0.10 a 0.15, lo que la hace más liviana que el corcho por tanto es de bajo peso (Córdova, 2008).

El aserrín debe compostarse porque en estado fresco su tasa de descomposición y demanda de nitrógeno es alta y puede contener sustancias tóxicas como resina, taninos. Este sustrato requiere de un año para ser compostado, se debe tener cuidado de evitar áreas donde se encuentre el sustrato en proceso de descomposición sin lixiviar porque se forman ácidos orgánicos volátiles que quedan atrapados (VIFINEX, 2002).

#### **2.1.4.7 Turba Comercial**

Las turbas son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica. Las turbas rubias tienen un buen nivel de retención de agua y de aireación, pero muy variable en cuanto a su composición ya que depende de su origen. La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la nutrición vegetal, presentan un pH que oscila entre 3,5 y 8,5. Se emplea en la producción ornamental y de plántulas hortícolas en semilleros (INFOAGRO, 2010).

Por sus diferentes características físicas y químicas, este es un material muy utilizado como sustrato único o en combinaciones. Sin embargo, existe una amplia variedad de turbas, que pueden tener adecuadas o malas características para ser utilizadas como sustrato. La diferencia básica entre una turba y otra se da principalmente por el origen

de ésta, ya que la materia vegetal que da origen a la turba puede ser muy variada. Sin embargo, aquella turba que resulta con mejores características es la que proviene de ciertos musgos como el Sphagnum (Jiménez, 1990).

Están formadas por restos de musgos y otras plantas superiores que se hallan en proceso de carbonización lenta, fuera del contacto con el oxígeno, a causa de un exceso de agua, por lo que conservan largo tiempo su estructura anatómica. Las turbas Sphagnum son los componentes orgánicos más utilizados en la actualidad para medios de cultivos que crecen en macetas, debido a sus excelentes propiedades físico-químicas (Llerena, 2007).

## **CAPÍTULO III**

# **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Localización**

La presente investigación se realizó durante los meses de marzo a junio del 2016 en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos en la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada en el Km 7.5 de la Vía Quevedo – El Empalme, entrada a Mocache, ubicada entre las coordenadas 1° 02’46’’ de latitud Sur y 79° 38’01’’ de longitud Oeste, a una altura de 120 metros sobre el nivel del mar.

El clima de la zona es tropical húmedo, la temperatura media anual es de 24.8 °C, precipitación promedio anual de 1988.2 mm, 85% de humedad relativa, heliofanía promedio anual de 898.66 horas<sup>1</sup>.

### **3.2 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación que se empleó fue de tipo experimental en la cual se manejó factores de estudio para obtener datos sobre el manejo del cultivo de cacao en vivero con el uso de diferentes sustratos en la zona de estudio antes descrita.

### **3.3 Métodos de Investigación**

Se utilizó el método deductivo partiendo de los efectos generales destacados en la literatura consultada, para llegar a medir el efecto específico de diferentes sustratos orgánicos sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas de cacao.

### **3.4 Fuentes de Recopilación de Información**

La información para el presente proyecto de investigación se extrajo mediante el registro de datos proveniente de evaluación de variables en el experimento (fuentes primarias), así como también de libros, revistas, publicaciones e internet (fuentes secundarias).

---

<sup>1</sup> Datos considerados del anuario meteorológico 2005-2014 de la Estación Agrometeorológica del INAHMI localizada en la EET Pichilingue del INIAP

### 3.5 Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Para el ensayo se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con 10 tratamientos (sustratos orgánicos) en 3 repeticiones, considerando como unidad experimental 24 plántulas.

Todas las variables en estudio fueron sometidas al análisis de varianza y se empleó la prueba de Duncan al 95 % de probabilidad para la comparación entre las medias de los tratamientos, mientras que el análisis estadístico se realizó en Infostat.

#### Esquema del ADEVA

El esquema del análisis de varianza se presenta en la tabla 1:

**Tabla 1** Esquema del análisis de varianza (ADEVA) del experimento

| Fuentes de variación | Grados de libertad |
|----------------------|--------------------|
| tratamientos (t – 1) | 9                  |
| error (GLT-GLS)      | 20                 |
| <b>Total (T-1)</b>   | <b>29</b>          |

S: sustratos; GLT: grados de libertad del total; GLS: grados de libertad de los sustratos

### 3.6 Instrumentos de Investigación

#### 3.6.1 Material Genético

Como material genético se utilizó semillas provenientes de mazorcas del clon Forastero amazónico EET-116 cuya denominación original es IMC-67 (Iquitos Mixed Calabacillo), de origen peruano, caracterizándose por ser autocompatible, de fruto de forma oblonga y cáscara gruesa, de coloración verde en estado inmaduro y amarilla cuando alcanza su madurez, con un promedio de 42 granos por mazorca, índice de grano de 1.28 gramos, índice de mazorca 20, con 14.1% de cascarilla y 85.9% de almendras y un contenido de grasa de 55.9%, resistente a mal de machete (*Ceratocystis cacaofunesta*)

### 3.6.2 Tratamientos Estudiados

Se estudiaron 10 tratamientos, constituidos por cada uno de los sustratos evaluados, los cuales se detallan a continuación en la tabla 2:

**Tabla 2** Descripción de los tratamientos estudiados

| <b>Tratamientos</b>   | <b>Descripción</b>   |
|-----------------------|--|
| <b>T<sub>1</sub></b>  | 60% bokashi+40% tierra negra   |
| <b>T<sub>2</sub></b>  | 60% bokashi+40% aserrín de balsa   |
| <b>T<sub>3</sub></b>  | 60% bokashi+40% tamo de arroz quemado  |
| <b>T<sub>4</sub></b>  | 40% bokashi+20% aserrín de balsa + 20% tierra negra + 20% tamo de arroz quemado                          |
| <b>T<sub>5</sub></b>  | 60% humus de lombriz + 40% tierra negra  |
| <b>T<sub>6</sub></b>  | 60% humus de lombriz + 40% aserrín de balsa  |
| <b>T<sub>7</sub></b>  | 60% humus de lombriz + 40% tamo de arroz quemado   |
| <b>T<sub>8</sub></b>  | 40% humus de lombriz +20% tierra negra + 20% tamo de arroz quemado + 20% aserrín de balsa                |
| <b>T<sub>9</sub></b>  | 30% bokashi + 30% humus de lombriz + 20% tierra negra + 10% aserrín de balsa + 10% tamo de arroz quemado |
| <b>T<sub>10</sub></b> | 75% tierra negra + 25% cascarilla de arroz   |

### 3.6.3 Especificaciones del Experimento

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| Plantas por tratamiento           | : 24  |
| Número de tratamientos            | : 10  |
| Número de repeticiones            | : 3   |
| Número de unidades experimentales | : 30  |
| Plantas por repetición            | : 240 |
| Total de plantas en el ensayo     | : 720 |

## **3.6.4 Manejo del Experimento**

### **3.6.4.1 Preparación del terreno**

El terreno donde se ubicó el vivero fue de un área de 85.5 m<sup>2</sup>, donde se realizó la limpieza del terreno, eliminando la maleza presente con la ayuda de machetes y rastrillos, y finalmente se niveló el terreno.

### **3.6.4.2 Preparación de los Sustratos**

La preparación se realizó siguiendo las especificaciones de los tratamientos estudiados, mezclando en los porcentajes indicados cada uno de sus componentes.

- **Bokashi**

Para la elaboración del bokashi se colocaron ordenadamente en capas los siguientes materiales: 100 Kg de cascarilla de arroz, 100 Kg de tierra negra, 100 Kg de estiércol de bovino, 50 Kg de carbón semi-molido, 25 Kg de polvillo. Posteriormente, se adicionó melaza disuelta en agua de manera uniforme con una regadera, y se procedió a efectuar la mezcla de todos los materiales. A medida que se mezcló se fue haciendo la prueba de punto óptimo de humedad tomando un puñado de dicha mezcla y apretándolo. Luego se cubrió con un plástico negro la mezcla y se volteó periódicamente cada 3 días a fin de mantener la temperatura en un nivel óptimo y se volvió a cubrir con el plástico. Finalmente a los 15 días se retiró por completo el plástico y el bokashi quedó listo para su utilización.

- **Humus de Lombriz**

El humus de lombriz se elaboró en camas de lombricultura ubicadas en la finca experimental “La María” las mismas que fueron de 1 m de ancho, 4 m de largo y 0.5 m de altura, construidas de cemento. Para el proceso de elaboración de formaron capas de estiércol y raquis de banano picado de 0.1 m de espesor cada una, hasta completar los 0.4 m y luego de 1 semana se agregó 2 Kg de lombriz roja californiana (*Eisenia*

*foetida*). Posteriormente se volteó la mezcla en las camas y se les aplicó riego cada semana, manteniendo la humedad a un 70%. Finalmente a los 4 meses se cosechó el humus de lombriz, para lo cual previamente se colocaron trampas para capturarlas, las mismas que fueron mallas plásticas de 1 m<sup>2</sup> sobre las cuales se colocó 5 Kg Kg de estiércol bovino de comida. Por cada cama se obtuvo alrededor de 15 a 20 sacos de 100 libras de humus de lombriz, previo a la mezcla este fue zarandeado a fin de obtener un producto fino, uniforme y libre de algún material extraño que puede interferir en el llenado de fundas.

- **Aserrín de Balsa**

Para la preparación de los sustratos conformados por aserrín de balsa se obtuvo un total de 93.6 Kg de aserrín de balsa de la planta procesadora de Plantabal S.A. ubicada en el Km. 4.5 de la vía Quevedo – Valencia, provincia de Los Ríos.

- **Cascarilla de Arroz**

La cascarilla de arroz (18 Kg) que se utilizó para los sustratos fue extraída de la reserva existente en la finca “La María” la cual generalmente se usa en estos predios para la elaboración de ácido piroleñoso.

- **Tamo de Arroz Quemado**

Se extrajo un total de 93.6 Kg de cascarilla de arroz quemada que queda como residuo de la preparación y obtención de ácido piroleñoso en la finca “La María”, recurso que se aprovechó para mezclarlo en los diferentes sustratos que demandaron su utilización.

- **Tierra Negra**

En el ensayo se utilizó un total de 154.8 Kg de tierra negra existente en los predios de la finca experimental “La María”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

### **3.6.4.3 Llenado de Fundas**

Se procedió a llenar las fundas de polietileno de 6x8” de 2 mm de grosor perforadas, con 1000g de 10 tipos de sustratos, evitando dejar espacios de aire en las mismas, luego se colocaron las fundas clasificándolas por sustrato.

### **3.6.4.4 Siembra**

Como material de siembra se utilizaron un total de 24 mazorcas de las cuales se extrajo un total de 720 semillas del clon EET-116 (IMC-67), es decir 30 semillas por mazorca, seleccionando las mejores semillas de las mazorcas de cacao Nacional, para luego sembrarlas a 2 cm de profundidad en sus respectivas fundas de polietileno, teniendo en cuenta colocar el embrión hacia abajo para evitar problemas de germinación.

### **3.6.4.5 Riego**

Esta labor se la realizó cada 2 a 3 días, utilizando una regadera para no provocar ningún daño a la planta.

### **3.6.4.6 Fertilización**

Las plántulas no se fertilizaron a fin de evaluar el aporte nutricional de cada sustrato.

### **3.6.4.7 Control de Malezas**

Se realizaron controles de malezas en forma manual con la finalidad de causar el menor daño posible en las plantas y evitar la competencia nutricional con las mismas, de acuerdo a como se presentaban las malezas.

### **3.6.4.8 Control de Plagas y Enfermedades**

Para el control de insectos plagas se utilizó ácido piroleñoso en dosis de 100 cc por cada litro de agua, con una aspersora de mochila CP3. En la elaboración del ácido piroleñoso se utilizó una campana metálica, un tubo de aluminio de 5 metros de largo y 4 pulgadas

de diámetro (ancho) y un recipiente para recolectar el producto. Una vez colocados los instrumentos se procedió a construir una pequeña fogata con madera. Posteriormente, se colocó encima la campana metálica, alrededor de la cual se colocó 23 Kg de cascarilla de arroz seca que se quemó por un lapso de 4 horas, obteniéndose un total de 11.5 Kg de ceniza y 1.6 l de ácido piroleñoso.

### **3.6.5 Datos Registrados y Metodología de Evaluación**

#### **3.6.5.1 Porcentaje de Germinación**

Se verificó el total de plantas germinadas por cada unidad experimental compuesta por 24 plantas, luego se expresó en porcentaje mediante la siguiente fórmula:

$$P.G (\%) = \frac{N.P.E.}{N.P.T.} * 100$$

P.G.: Porcentaje de germinación

N.P.E.: Número de plantas emergidas

N.P.T.: Número de plantas por tratamiento

#### **3.6.5.2 Altura de Planta (cm)**

Para el registro de este dato a los 45, 60 y 75 días, se tomaron 10 plantas al azar por cada tratamiento, en las cuales se midió la altura con la ayuda de una cinta métrica desde el nivel de la tierra de la funda hasta el ápice de la hoja más joven, para luego promediar y expresar la medida en centímetros.

#### **3.6.5.3 Diámetro del Tallo (mm)**

El diámetro del tallo se midió con un calibrador pie de rey a los 45, 60 y 75 días después de la siembra, en 10 plantas tomadas al azar por cada tratamiento y luego se expresó el promedio en milímetros, en cada evaluación efectuada.

#### **3.6.5.4 Número de Hojas**

A los 30, 50 y 75 días se contabilizó el número de hojas en 10 plantas al azar por cada tratamiento y posteriormente se determinó su promedio por cada evaluación realizada.

#### **3.6.5.5 Longitud de Raíz (cm)**

Por cada tratamiento se tomaron 3 plantas al azar y se midió la longitud de su raíz a los 45, 60 y 75 días, para luego promediar y expresar dicha medida en centímetros

#### **3.6.5.6 Análisis Económico**

El análisis económico se realizó considerando los costos de cada uno de los tratamientos en estudio, y el ingreso generado por la venta de 1000 plántulas, para luego hallar la relación beneficio/costo utilizando la fórmula:

$$B/C = \frac{I.B.}{C.T.P.}$$

B/C: Relación beneficio – costo

I.B.: Ingreso bruto

C.T.P.: Costo total de producción

### **3.7 Recursos Humanos y Materiales**

#### **3.7.1 Recursos Humanos**

Para la presente investigación se contó con recursos humanos como los jornales de trabajo así como la colaboración del Director del Proyecto de Investigación, quien aportó con sus recomendaciones para el manejo del cultivo. Además se contó con la ayuda de diferentes personas inmersas en el área agrícola.

### **3.7.2 Recursos Materiales**

Entre los recursos materiales que se utilizaron el presente ensayo, se puede mencionar: machetes, rastrillos, palas, azadones, latillas de caña, bomba de mochila, botas, piola, fundas plásticas, regadera.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1 Resultados

### 4.1.1 Porcentaje de Germinación

Los promedios presentados en la tabla 3, corresponden al porcentaje de germinación de las semillas de cacao en diferentes sustratos orgánicos. El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los tratamientos estudiados, con un coeficiente de variación de 2.1 %.

**Tabla 3** Porcentaje de germinación de semillas de cacao en diferentes sustratos orgánicos

| Tratamientos                     | Descripción                    | Porcentaje de germinación (%) |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| T <sub>1</sub>                   | 60%B + 40%TN                   | 97.2 abc                      |
| T <sub>2</sub>                   | 60%B + 40%AB                   | 94.4 cd                       |
| T <sub>3</sub>                   | 60%B + 40%TAQ                  | 95.8 bcd                      |
| T <sub>4</sub>                   | 40%B + 20%AB + 20% TN + 20%TAQ | 98.6 ab                       |
| T <sub>5</sub>                   | 60% HL + 40%TN                 | 93.1 d                        |
| T <sub>6</sub>                   | 60%HL + 40% AB                 | 95.8 bcd                      |
| T <sub>7</sub>                   | 60%HL + 40%TAQ                 | 93.1 d                        |
| T <sub>8</sub>                   | 40%HL+ 20% TN + 20%TAQ + 20%AB | 98.6 ab                       |
| T <sub>9</sub>                   | 30%B+30%HL+20% TN+10%AB+10%TAQ | 100.0 a                       |
| T <sub>10</sub>                  | 75%TN + 25%CA                  | 93.1 d                        |
| <b>Promedio</b>                  |                                | 96.0                          |
| <b>Coefficiente de variación</b> |                                | 2.1                           |
| <b>Significancia estadística</b> |                                | **                            |

\* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

B: Bokashi; HL: humus de lombriz; TN: tierra negra; AB: Aserrín de balsa; TAQ: tamo de arroz quemado; CA: cascarilla de arroz

El mayor porcentaje de germinación se obtuvo al sembrar la semilla en el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz, 20% tierra negra, 10% aserrín de balsa y 10% tamo de arroz quemado) con un 100% de germinación, en igualdad estadística con los tratamientos 8, 4 y 1 (40% de humus de lombriz + 20% de tierra negra + 20% de tamo de arroz quemado+20% de aserrín de balsa, 40% de bokashi + 20% de aserrín de balsa

+ 20% de tierra negra + 20% tamo de arroz quemado y 60% de bokashi + 40% de tierra negra, respectivamente) con porcentajes de germinación de 98.6, 98.6 y 97.2%, en su orden, estadísticamente superiores a los demás tratamientos que presentaron promedios entre 93.1 y 97.2 % de germinación.

#### **4.1.2 Altura de Planta a los 45, 60 y 75 Días (cm)**

En la Tabla 4 se presentan los promedios correspondientes a la altura de plantas a los 45, 60 y 75 días después de la siembra. De acuerdo al análisis de varianza, los sustratos presentaron significancia estadística en el nivel 0.01 para las tres evaluaciones, siendo los coeficientes de variación 1.8, 3.3 y 2.2%, para los 45, 60 y 75 días, respectivamente.

A los 45 días, el tratamiento 9 (30% de bokashi+30% de humus de lombriz+20% de tierra negra+10% de aserrín de balsa+10% de tamo de arroz quemado), produjo las plantas de mayor altura con 20.0 cm, superior estadísticamente a los demás sustratos que mostraron plantas con altura entre 17.7 y 18.6 centímetros.

El tratamiento 9 (30% de bokashi+30% de humus de lombriz+20% de tierra negra+10% de aserrín de balsa+10% de tamo de arroz quemado), presentó las plantas de mayor altura a los 60 días con 22.9 cm, estadísticamente superior a los demás tratamientos que registraron alturas entre 19.5 y 20.8 centímetros.

A los 60 días, cuando se sembró la semilla en el tratamiento 9 (30% de bokashi+30% de humus de lombriz+20% de tierra negra+10% de aserrín de balsa+10% de tamo de arroz quemado), registró las plantas de mayor altura con 26.4 cm, superior estadísticamente los demás sustratos que presentaron valores entre 22.3 y 24.1 centímetros.

**Tabla 4** Altura de plantas de cacao a los 45, 60 y 75 días después de la siembra en diferentes sustratos orgánicos

| Tratamientos                     | Descripción                    | Altura de plantas (cm) * |         |          |
|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------|----------|
|                                  |                                | 45 días                  | 60 días | 75 días  |
| T <sub>1</sub>                   | 60%B + 40%TN                   | 18.5 bc                  | 20.6 b  | 23.5 bc  |
| T <sub>2</sub>                   | 60%B + 40%AB                   | 17.9 cd                  | 19.8 b  | 23.0 cd  |
| T <sub>3</sub>                   | 60%B + 40%TAQ                  | 18.4 bc                  | 20.0 b  | 23.0 cd  |
| T <sub>4</sub>                   | 40%B + 20%AB + 20% TN + 20%TAQ | 18.2 bcd                 | 20.5 b  | 23.6 bc  |
| T <sub>5</sub>                   | 60% HL + 40%TN                 | 18.6 b                   | 20.5 b  | 23.0 cd  |
| T <sub>6</sub>                   | 60%HL + 40% AB                 | 18.3 bcd                 | 20.8 b  | 23.5 bc  |
| T <sub>7</sub>                   | 60%HL + 40%TAQ                 | 18.3 bcd                 | 20.1 b  | 23.2 bcd |
| T <sub>8</sub>                   | 40%HL+ 20%TN + 20%TAQ + 20%AB  | 18.6 b                   | 20.7 b  | 24.1 b   |
| T <sub>9</sub>                   | 30%B+30%HL+20%TN+10%AB+10%TAQ  | 20.0 a                   | 22.9 a  | 26.4 a   |
| T <sub>10</sub>                  | 75%TN + 25%CA                  | 17.7 d                   | 19.5 b  | 22.3 d   |
| <b>Promedio</b>                  |                                | 18.5                     | 20.5    | 23.6     |
| <b>Coefficiente de variación</b> |                                | 1.8                      | 3.3     | 2.2      |
| <b>Significancia estadística</b> |                                | **                       | **      | **       |

\* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

B: Bokashi; HL: humus de lombriz; TN: tierra negra; AB: Aserrín de balsa; TAQ: tamo de arroz quemado; CA: cascarilla de arroz

### **4.1.3 Diámetro del Tallo a los 45, 60 y 75 Días (mm)**

Los valores presentados en la tabla 5 corresponden al diámetro del tallo de plántulas de cacao a los 45, 60 y 75 días después de la siembra. El análisis de varianza reflejó significancia estadística en el nivel 0.01 para las tres evaluaciones. El coeficiente de variación fue de 3.7, 2.7 y 2.3 % para las evaluaciones de los 45, 60 y 75 días, en su orden.

Al sembrar en el tratamiento 9 (30% de bokashi+30% de humus de lombriz+20% de tierra negra+10% de aserrín de balsa+10% de tamo de arroz quemado), se registraron las plantas con tallos de mayor diámetro a los 45 días con 3.6 mm, superando estadísticamente a los demás sustratos que presentaron valores entre 3.2 y 3.4 milímetros.

A los 60 días, en el tratamiento 9 (30% de bokashi+30% de humus de lombriz+20% de tierra negra+10% de aserrín de balsa+10% de tamo de arroz quemado) se observaron las plantas con tallos de mayor diámetro con 4.9 mm, estadísticamente superior a los demás sustratos que registraron promedios entre 4.2 y 4.5 milímetros.

El mayor diámetro del tallo a los 75 días se presentó en el tratamiento 9 (30% de bokashi+30% de humus de lombriz+20% de tierra negra+10% de aserrín de balsa+10% de tamo de arroz quemado) con 5.9 mm, superior estadísticamente a los demás sustratos que mostraron diámetros entre 5.2 y 5.5 milímetros.

**Tabla 5** Diámetro del tallo de plantas de cacao a los 45, 60 y 75 días después de la siembra en diferentes sustratos orgánicos

| Tratamientos                     | Descripción                    | Diámetro del tallo (mm) * |         |         |
|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------|---------|
|                                  |                                | 45 días                   | 60 días | 75 días |
| T <sub>1</sub>                   | 60%B + 40%TN                   | 3.4 b                     | 4.5 b   | 5.5 b   |
| T <sub>2</sub>                   | 60%B + 40%AB                   | 3.3 b                     | 4.3 bc  | 5.3 bc  |
| T <sub>3</sub>                   | 60%B + 40%TAQ                  | 3.4 b                     | 4.3 bc  | 5.3 bc  |
| T <sub>4</sub>                   | 40%B + 20%AB + 20% TN + 20%TAQ | 3.3 b                     | 4.4 bc  | 5.4 bc  |
| T <sub>5</sub>                   | 60% HL + 40%TN                 | 3.3 b                     | 4.3 bc  | 5.3 bc  |
| T <sub>6</sub>                   | 60%HL + 40% AB                 | 3.4 b                     | 4.3 bc  | 5.3 bc  |
| T <sub>7</sub>                   | 60%HL + 40%TAQ                 | 3.3 b                     | 4.3 bc  | 5.3 bc  |
| T <sub>8</sub>                   | 40%HL+ 20%TN + 20%TAQ + 20%AB  | 3.3 b                     | 4.4 bc  | 5.4 bc  |
| T <sub>9</sub>                   | 30%B+30%HL+20%TN+10%AB+10%TAQ  | 3.6 a                     | 4.9 a   | 5.9 a   |
| T <sub>10</sub>                  | 75%TN + 25%CA                  | 3.2 b                     | 4.2 c   | 5.2 c   |
| <b>Promedio</b>                  |                                | 3.4                       | 4.4     | 5.4     |
| <b>Coefficiente de variación</b> |                                | 3.7                       | 2.7     | 2.3     |
| <b>Significancia estadística</b> |                                | N.S.                      | **      | **      |

\* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

B: Bokashi; HL: humus de lombriz; TN: tierra negra; AB: Aserrín de balsa; TAQ: tamo de arroz quemado; CA: cascarilla de arroz

#### **4.1.4 Número de Hojas a los 30, 50 y 75 Días**

Los promedios correspondientes al número de hojas de plántulas de cacao a los 30, 50 y 75 días después de la siembra, se muestran en la tabla 6. Según el análisis de varianza, los sustratos alcanzaron significancia estadística en el nivel 0.01 a los 30, 50 y 75, siendo el coeficiente de variación 5.1, 2.0 y 2.9% para las tres evaluaciones, respectivamente.

Al sembrarse en el tratamiento 9 (30% de bokashi+30% de humus de lombriz+20% de tierra negra+10% de aserrín de balsa+10% de tamo de arroz quemado), las plantas produjeron mayor número de hojas a los 30 días con 5.5, sin diferir estadísticamente del sustrato de 60% humus de lombriz y 40% aserrín de balsa con 5.1 hojas, estadísticamente superiores a los demás sustratos que registraron entre 4.4 y 5.0 hojas a los 30 días.

A los 50 días, en el sustrato 9 (30% de bokashi+30% de humus de lombriz+20% de tierra negra+10% de aserrín de balsa+10% de tamo de arroz quemado) se presentó el mayor número de hojas con 9.4, estadísticamente superior a los demás sustratos que mostraron entre 7.8 y 8.3 hojas.

A los 75 días, el mayor número de hojas por planta correspondió al tratamiento 9 (30% de bokashi+30% de humus de lombriz+20% de tierra negra+10% de aserrín de balsa+10% de tamo de arroz quemado) con 13.2 hojas, superior estadísticamente a los demás sustratos que presentaron valores entre 10.9 y 12.0 hojas.

**Tabla 6** Número de hojas de plantas de cacao a los 45, 60 y 75 días después de la siembra en diferentes sustratos orgánicos

| Tratamientos                     | Descripción                     | Número de hojas* |         |         |
|----------------------------------|---------------------------------|------------------|---------|---------|
|                                  |                                 | 30 días          | 45 días | 75 días |
| T <sub>1</sub>                   | 60%B + 40% TN                   | 5.0 bc           | 8.2 b   | 11.5 bc |
| T <sub>2</sub>                   | 60%B + 40% AB                   | 4.6 cd           | 8.0 bc  | 11.0 c  |
| T <sub>3</sub>                   | 60%B + 40% TAQ                  | 4.9 bc           | 8.3 b   | 11.2 c  |
| T <sub>4</sub>                   | 40%B + 20% AB + 20% TN + 20%TAQ | 4.6 cd           | 8.2 b   | 11.5 bc |
| T <sub>5</sub>                   | 60% HL + 40% TN                 | 4.7 bcd          | 8.1 b   | 11.3 c  |
| T <sub>6</sub>                   | 60%HL + 40% AB                  | 5.1 ab           | 8.2 b   | 11.2 c  |
| T <sub>7</sub>                   | 60%HL + 40%TAQ                  | 5.0 bc           | 8.2 b   | 11.2 c  |
| T <sub>8</sub>                   | 40%HL+ 20%TN + 20%TAQ + 20%AB   | 4.9 bcd          | 8.2 b   | 12.0 b  |
| T <sub>9</sub>                   | 30%B+30%HL+20%TN+10%AB+10%TAQ   | 5.5 a            | 9.4 a   | 13.2 a  |
| T <sub>10</sub>                  | 75% TN + 25% CA                 | 4.4 d            | 7.8 c   | 10.9 c  |
| <b>Promedio</b>                  |                                 | 4.9              | 8.3     | 11.5    |
| <b>Coefficiente de variación</b> |                                 | 5.1              | 2.0     | 2.9     |
| <b>Significancia estadística</b> |                                 | **               | **      | **      |

\* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

B: Bokashi; HL: humus de lombriz; TN: tierra negra; AB: Aserrín de balsa; TAQ: tamo de arroz quemado; CA: cascarilla de arroz

#### **4.1.5 Longitud de Raíz a los 45, 60 y 75 Días (cm)**

Los promedios presentados en la tabla 7 corresponden a la longitud de raíz de plántulas de cacao a los 45, 60 y 75 días. El análisis de varianza determinó significancia estadística en el nivel 0.01 para las tres variables evaluadas, siendo los coeficientes de variación 4.1, 3.2 y 2.9 %, para los 45, 60 y 75 días, respectivamente.

A los 45 días, en el tratamiento 9 (30% de bokashi+30% de humus de lombriz+20% de tierra negra+10% de aserrín de balsa+10% de tamo de arroz quemado) se presentó la mayor longitud de raíz con 26.7 cm, el igualdad estadística con el tratamiento 8 (40% humus de lombriz+20% de tierra negra+20% de tamo de arroz quemado+20% de aserrín de balsa) con 25.0 cm, estadísticamente superiores a los demás sustratos que registraron promedios entre 21.3 y 24.7 centímetros.

La mayor longitud de raíz a los 60 días se registró en el tratamiento 9 (30% de bokashi+30% de humus de lombriz+20% de tierra negra+10% de aserrín de balsa+10% de tamo de arroz quemado) con 31.3 cm, superior estadísticamente a los demás sustratos cuyas plantas presentaron raíces con longitud entre 25.3 y 29.3 centímetros.

A los 75 días, con el tratamiento 9 (30% de bokashi+30% de humus de lombriz+20% de tierra negra+10% de aserrín de balsa+10% de tamo de arroz quemado) la raíces alcanzaron mayor longitud con 35.7 cm, superando estadísticamente a los demás sustratos que presentaron longitud de raíz entre 29.7 y 33.0 centímetros.

**Tabla 7** Longitud de raíz de plantas de cacao a los 45, 60 y 75 días después de la siembra en diferentes sustratos orgánicos

| Tratamientos                     | Descripción                    | Longitud de raíz (cm)* |     |         |    |         |    |
|----------------------------------|--------------------------------|------------------------|-----|---------|----|---------|----|
|                                  |                                | 45 días                |     | 60 días |    | 75 días |    |
| T <sub>1</sub>                   | 60%B + 40%TN                   | 23.3                   | bcd | 27.3    | c  | 31.3    | cd |
| T <sub>2</sub>                   | 60%B + 40%AB                   | 23.7                   | bcd | 27.3    | c  | 30.3    | d  |
| T <sub>3</sub>                   | 60%B + 40%TAQ                  | 23.0                   | cde | 27.0    | c  | 31.3    | d  |
| T <sub>4</sub>                   | 40%B + 20%AB + 20% TN + 20%TAQ | 24.7                   | bc  | 28.7    | bc | 33.0    | bc |
| T <sub>5</sub>                   | 60% HL + 40%TN                 | 23.3                   | bcd | 27.3    | c  | 30.7    | d  |
| T <sub>6</sub>                   | 60%HL + 40% AB                 | 22.7                   | de  | 27.3    | c  | 31.0    | d  |
| T <sub>7</sub>                   | 60%HL + 40%TAQ                 | 24.3                   | bcd | 27.3    | c  | 30.3    | d  |
| T <sub>8</sub>                   | 40%HL+ 20%TN + 20%TAQ + 20%AB  | 25.0                   | ab  | 29.3    | b  | 33.0    | b  |
| T <sub>9</sub>                   | 30%B+30%HL+20%TN+10%AB+10%TAQ  | 26.7                   | a   | 31.3    | a  | 35.7    | a  |
| T <sub>10</sub>                  | 75%TN + 25%CA                  | 21.3                   | e   | 25.3    | d  | 29.7    | d  |
| <b>Promedio</b>                  |                                | 23.8                   |     | 27.8    |    | 31.6    |    |
| <b>Coefficiente de variación</b> |                                | 4.1                    |     | 3.2     |    | 2.9     |    |
| <b>Significancia estadística</b> |                                | **                     |     | **      |    | **      |    |

\* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

B: Bokashi; HL: humus de lombriz; TN: tierra negra; AB: Aserrín de balsa; TAQ: tamo de arroz quemado; CA: cascarilla de arroz

#### **4.1.6 Análisis Económico**

En la Tabla 8 se presenta el análisis económico de los sustratos en estudio, considerando una producción de 1000 plántulas a un costo unitario de \$0.40. El sustrato compuesto por 75% tierra negra y 25% cascarilla de arroz que tuvo un costo de tratamiento de \$57.50, con un costo total de \$250.50, produciendo un beneficio neto de \$149.50, lo que generó la mayor rentabilidad con 59.68%, es decir que por cada dólar invertido obtuvo una ganancia de \$0.60. Cabe recalcar que todos los sustratos produjeron rentabilidad positiva que osciló entre 28.62 y 48.70%, con beneficios netos comprendidos entre \$89.00 y \$131.00.

**Tabla 8** Análisis económico y rentabilidad de la producción de plántulas de cacao sembradas en diferentes sustratos orgánicos

| Tratamientos          | Descripción                    | Número de plantas | Ingreso bruto (\$) | Costo Variable (\$) | Costo del tratamiento (\$) | Costo total (\$) | Beneficio neto (\$) | B/C  | Rentabilidad (%) |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|------------------|---------------------|------|------------------|
|                       |                                | 1000              | 400.00             | 120.00              | 118.00                     | 311.00           | 89.00               | 1.29 | 28.62            |
| <b>T<sub>1</sub></b>  | 60%B + 40%TN                   | 1000              | 400.00             | 120.00              | 98.00                      | 291.00           | 109.00              | 1.37 | 37.46            |
| <b>T<sub>2</sub></b>  | 60%B + 40%AB                   | 1000              | 400.00             | 120.00              | 102.00                     | 295.00           | 105.00              | 1.36 | 35.59            |
| <b>T<sub>3</sub></b>  | 60%B + 40%TAQ                  | 1000              | 400.00             | 120.00              | 84.00                      | 277.00           | 123.00              | 1.44 | 44.40            |
| <b>T<sub>4</sub></b>  | 40%B + 20%AB + 20% TN + 20%TAQ | 1000              | 400.00             | 120.00              | 106.00                     | 299.00           | 101.00              | 1.34 | 33.78            |
| <b>T<sub>5</sub></b>  | 60% HL + 40%TN                 | 1000              | 400.00             | 120.00              | 86.00                      | 279.00           | 121.00              | 1.43 | 43.37            |
| <b>T<sub>6</sub></b>  | 60%HL + 40% AB                 | 1000              | 400.00             | 120.00              | 90.00                      | 283.00           | 117.00              | 1.41 | 41.34            |
| <b>T<sub>7</sub></b>  | 60%HL + 40%TAQ                 | 1000              | 400.00             | 120.00              | 76.00                      | 269.00           | 131.00              | 1.49 | 48.70            |
| <b>T<sub>8</sub></b>  | 40%HL+ 20% TN + 20%TAQ + 20%AB | 1000              | 400.00             | 120.00              | 105.00                     | 298.00           | 102.00              | 1.34 | 34.23            |
| <b>T<sub>9</sub></b>  | 30%B+30%HL+20%TN+10%AB+10%TAQ  | 1000              | 400.00             | 120.00              | 57.50                      | 250.50           | 149.50              | 1.60 | 59.68            |
| <b>T<sub>10</sub></b> | 75% TN + 25%CA                 |                   |                    |                     |                            |                  |                     |      |                  |

B: Bokashi; HL: humus de lombriz; TN: tierra negra; AB: Aserrín de balsa; TAQ: tamo de arroz quemado; CA: cascarilla de arroz

**Costo fijo:** \$73.00

**Precio de venta:** \$0.40

**Bokashi (B):** \$0.15/Kg

**Humus de lombriz (HL):** \$0.13/Kg

**Tierra negra (TN):** \$0.07/Kg

**Aserrín de balsa (AB):** \$0.02/Kg

**Tamo de arroz quemado (TAQ):** \$0.03/Kg

**Cascarilla de arroz (CA):** \$0.02/Kg

## 4.2 Discusión

El porcentaje de germinación de las semillas de cacao en los diferentes sustratos presentó una notable diferencia a considerar de tal manera que cuando se sembró en el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado), se evidenció una diferencia entre 1.4 y 6.9% respecto de los demás sustratos, lo cual se puede atribuir a la diversidad de materiales en su preparación lo cual favoreció la germinación y emergencia de las plántulas. Esto cual corrobora lo sostenido por Resh (1997), quien indica que un sustrato debe reunir un conjunto de características que lo hagan apto para el cultivo, sin embargo, no siempre un sustrato reúne todas las características deseables; por lo que suele recurrir a mezclar diversos materiales, buscando que unos aporten lo que les falta a otros.

Las plántulas desarrolladas en el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado), fueron más altas que las de los demás sustratos en la evaluaciones realizadas a los 45, 60 y 75 días con promedios de 20.0, 22.9 y 26.4 cm, respectivamente, mostrando una diferencia significativa frente a las demás, ya que al contener humus de lombriz, bokashi y tierra negra provee mayor cantidad de nutrientes que se ve reflejado en el crecimiento de las plantas. Esto concuerda con Vega-Ronquillo *et al.* (2006), quienes obtuvieron plantas de pepino de mayor altura en tratamientos cachaza y humus de lombriz, además Batista *et al.* (2002), observaron plantas más altas de café en sustratos con humus de lombriz.

En lo correspondiente al grosor del tallo de las plántulas, se observó un comportamiento similar al de la altura de planta. El tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado), produjo plantas con tallos de 3.6, 4.9 y 5.9 mm, en las evaluaciones realizadas a los 45, 60 y 75 días, en su orden, como resultado de la mezcla que favoreció el engrose del tallo, lo que es corroborado por Resh (1997), que sostiene que cuando se realizan mezclas para los sustratos, las proporciones de los diferentes componentes empleados deberán buscar un acuerdo con las características, para de

esta manera garantizar el aporte nutricional y por ende el desarrollo del cultivo en su etapa inicial.

En las evaluaciones realizadas a los 30,50 y 75 días, las plantas produjeron mayor número de hojas con 5.5, 9.4 y 13.2, para las tres observaciones en el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado), registrando una diferencia ampliamente significativa por encima de los demás sustratos, lo cual se puede atribuir a la respuesta de la planta al aporte nutricional del medio donde se desarrolló, que favoreció el desarrollo del follaje, lo que confirma lo expresado por Gallo & Viana (2005), quienes mencionan que para que un determinado sustrato se comporte de manera adecuada, con propiedades físicas y químicas óptimas, es necesario que tenga un correcto reparto y composición de las fases sólida, líquida y gaseosa, que en este caso los materiales mezclados pudieron evidentemente cumplir.

El desarrollo radicular fue mayor en el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado), en el cual las raíces fueron de mayor longitud a los 45, 60 y 75 días de edad del cultivo, con valores de 26.7, 31.3 y 35.7 cm, respectivamente, como resultado de las características de los materiales usados que propiciaron un medio de desarrollo óptimo para las raíces, en comparación con los demás sustratos evaluados por contener tamo de arroz quemado y aserrín de balsa que permiten la aireación del medio, cumpliendo con los parámetros mencionados por Resh (1997) quien menciona que la cascarilla de arroz garantiza una buena respiración y drenaje, y según Córdova (2008) indica que el aserrín de balsa tiene la capacidad de mejorar la porosidad.

En lo referente al aspecto económico, la mayor rentabilidad se obtuvo con el tratamiento 10 (75% de tierra negra+25% cascarilla de arroz), que demandó una inversión de \$250.50, que generó una ganancia de \$149.50, por cada 1000 plantas producidas, sin embargo se debe considerar que el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado) mostró plántulas de mejores características, que a pesar de producir una rentabilidad del 34.23%, se ve justificada la inversión de \$298.00, por la aceptación que tienen estas plántulas por parte del consumidor que busca plantas de mejores

características y vigor. Esto concuerda con Llerena (2007) y Resh (1997), que coinciden sus criterios al mencionar que el factor económico se debe considerar para la utilización de determinado sustrato, ya que usualmente el principal factor de costos es el de transporte, lo que lleva a analizar, dentro de las posibilidades y las condiciones del sitio de cultivo, cuál es la escala de costos que implica uno u otro sustrato.

Finalmente de acuerdo a los resultados obtenidos es preciso puntualizar que el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado), fue el más óptimo para la germinación y desarrollo de las plántulas, ya que sus componentes ayudaron de una u otra manera a dicho proceso, ya que el bokashi según Shintani & Tabora (1998) conserva mucha energía siendo fuente de vitaminas, azúcares, ácidos orgánicos y aminoácidos. Además Rosmini (1995), menciona que el humus de lombriz permite la liberación gradual de los nutrimentos, limitando las pérdidas por lixiviación y favoreciendo la absorción paulatina de nutrimentos. Por otro lado Agenjo (1964), considera que la tierra negra a más de retener humedad, tiene la capacidad de ser suministro de nutrientes, aireación y estabilidad estructural, acotándose a esto que Llerena (2007), recalca la importancia de la cascarilla de arroz la cual disminuye el ataque de microorganismos ya que estos atacan con menos facilidad el carbón resultante de su quema, sin embargo, también se debe considerar un punto importante que esta misma autora indica ya que expresa que cuando se recurre al uso de mezclas que contienen suelo se deberá realizar una cuidadosa selección del suelo a usar y de ser posible, una desinfección por medio del vapor, agua hirviendo o algún desinfectante químico.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones

- Al sembrarse la semilla de cacao en el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado), se registró un 100% de germinación como resultado de las características que aportó cada uno de sus componentes al medio de desarrollo.
- Las plantas se desarrollaron óptimamente en el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado), presentando mayor altura, diámetro del tallo y presencia de hojas.
- El desarrollo del sistema radicular de las plántulas fue mayor en el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado), registrando raíces con una longitud promedio de 26.7, 31.3 y 35.7 cm a los 45, 60 y 75 días, respectivamente.
- El tamo de arroz quemado evita el ataque de microorganismos patógenos, aportando esta característica al sustrato de mayor respuesta en cuanto al desarrollo de la planta se refiere.
- El tratamiento 9 conformado de 30% bokashi, 30% humus de lombriz, 20% tierra negra, 10% aserrín de balsa y 10% tamo de arroz quemado produjo una rentabilidad de 34.23%, pero las plantas presentaron mejores características que son la base para su aceptación por el comprador.
- El tratamiento 10 (75% de tierra negra+25% cascarilla de arroz) produjo la mayor rentabilidad con un 59.68%, con una relación beneficio/costo de 1.60.

## 5.2 Recomendaciones

- Utilizar el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado) para favorecer la germinación y del desarrollo de las plántulas de cacao.
- Desinfectar el sustrato con agua tibia a fin de eliminar cualquier microorganismo que pueda interferir con la salud de la planta.
- Investigar el efecto del aporte de microorganismos eficientes a los sustratos, como fuente de estimulación nutricional a la planta
- Realizar investigaciones acerca de la combinación de sustratos con diferentes hormonas de crecimiento que permitan obtener plántulas de mayor vigor.
- Evaluar los diferentes tipos de injerto utilizando plántulas obtenidas en el tratamiento 9 (30% bokashi, 30% humus de lombriz+20% tierra negra+10% aserrín de balsa+10% tamo de arroz quemado)

## **CAPÍTULO VI**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1 Bibliografía Citada

- Agenjo, C. (1964). Enciclopedia de avicultura. Calpe. Madrid-España. 989 p.
- Alcoverro, T. (2009). Sustratos para semilleros en horticultura ecológica. Obtenido de <http://descargas.grancanaria.com/agricultura/formacion/Curso%20viveros%20ecologicos/Semilleros%20ecologicos.pdf>
- ANACAFÉ. (2004). Cultivo de cacao. Obtenido de <http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Documents/2004-12/33/7/Cultivo%20de%20Cacao.pdf>
- ANECACAO. (2006). Manual del cultivo de cacao. Ecuador: Departamento Técnico, Estadísticas, Control y Calida.
- ANECACAO. (2015). Consejos técnicos para mejorar la producción de Cacao. Sabor Arriba, 36 p.
- Ansorena, J. (1994). Sustratos, propiedad y caraterización. Editorial Mundi-prensa. Madrid-España. 172 p.
- Arguello, O., Mejia, L., & Palencia, C. (2000). Origen y descripción botánica. Corpioca, Bucaramanga, Colombia: Tecnología para el mejoramiento y producción de cacao.
- Basaure, P. (2006). Cascarilla de arroz: consideraciones al compostar. Recuperado de <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/16663.html>
- Batista, E., Valdés, R., Guridi, F., Ruiz, E., & Fernández, J. (2002). Efecto de diferentes sustratos en la altura y superficie foliar de plántulas de cafeto cultivadas bajo sombra controlada. En Memorias: XIII Congreso Científico del INCA. La Habana-Cuba. 86 p.
- Batista, L. (2009). Guia Técnica, Cultivo de cacao. Obtenido de <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3096>
- Calderón, F. (2002). La cascarilla de arroz "caolinizada". Recuperado de [http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla\\_Caolinizada/La\\_Cascarilla\\_Caolinizada.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada/La_Cascarilla_Caolinizada.htm)

- Cerrón, G. (2014). Asistencia técnica dirigida en manejo de cultivo de cacao. Obtenido de <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/010-f-cacao.pdf>
- Córdova, T. (2008). Características de medios de crecimientos compuestos por corteza de pino y aserrín. Recuperado de <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=propiedades%20de%20aserrin%20como%20sustrato%20&>
- Cruz, E., & Bugarín, R. (2012). Sustratos en la horticultura. Obtenido de <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/03-02/biociencias3-2-2.pdf>
- Davies, P. (1986). Sistemas alternativos de producción para cacao en la zona norte de colonización: un análisis económico exploratorio. CIAT (Centro de Investigación Agrícola Tropical). Santa Cruz-Bogotá. 43 p.
- Enríquez, G. (2004). Cacao orgánico. Guía para productores ecuatorianos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quito-Ecuador. 84 p
- Estrada, W., Romero, X., & Moreno, J. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. Obtenido de [http://biblioteca.catie.ac.cr/descargas/Estrada\\_et\\_al\\_Guia\\_Tecnica\\_Cacao.pdf](http://biblioteca.catie.ac.cr/descargas/Estrada_et_al_Guia_Tecnica_Cacao.pdf)
- Gallo, R., & Viana, O. (2005). Evaluación agronómica de sustratos orgánicos en la producción de plantines de tomate *Lycopersicon esculentum*. Tesis de Grado. Universidad de la República. Montevideo-Uruguay. 40 p.
- Gómez, A., & Ormeño, M. (2013). Selección de semilla y establecimiento de vivero de cacao. Maracay: Insitituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Gómez, F. (2001). Evaluación del bokashi como sustrato para semilleros en la Región Atlántica de Costa Rica. Obtenido de [http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base\\_datos/bokashi\\_sustrato\\_para\\_semilleros\\_cr.pdf](http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/bokashi_sustrato_para_semilleros_cr.pdf)
- Gómez, R. (2014). Paquete Tecnológico del Cacao Fino de Aroma. Obtenido de [http://www.devida.gob.pe/uploads/libros/Paquete\\_Tecnologico\\_Cultivo\\_Cacao.pdf](http://www.devida.gob.pe/uploads/libros/Paquete_Tecnologico_Cultivo_Cacao.pdf)

- González, Á. (2012). Modelo de empresa asociativa acopiadora de Cacao Fino de Aroma para los productores del Cantón Quinsaloma. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2748/6/UPS-GT000274.pdf>
- Henríquez, C., & Mora, L. (2003). Produciendo abonos de lombriz. Obtenido de [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/av0712\\_lombriz.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/av0712_lombriz.pdf)
- INFOAGRO. (2010). Cultivo de cacao. Obtenido de <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao3.htm>
- INFOAGRO. (2010). Cultivo de tomate. Obtenido de <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento>
- Infocafes. (Sf). Cultivo de cacao. Obtenido de <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/157.pdf>
- Jiménez, R. (1990). Cultivo industrial de plantas en maceta. Primera Edición. Ediciones de Horticultura S.L. Barcelona-España. 664 p
- Llerena, E. (2007). Comportamiento de dos genotipos de tomate riñon *Lycopersicon esculentum* Mill en diferentes sustratos hidropónicos en Yuyucocha. Tesis de Grado. Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. 70 p.
- Mosquera, B. (2010). Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. Obtenido de [http://www.fonag.org.ec/doc\\_pdf/abonos\\_organicos.pdf](http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf)
- Motamayor, J. (2001). Etude de la diversité génétique et de la domestication des cacaoyers du groupe criollo. París: Le grade de Docteur en Sciences Université.
- Narváez, F. (2012). Humus de lombriz. Obtenido de <http://www.feriasaraucania.cl/UserFiles/File/humus.pdf>
- Pinzón, R. (2006). Guía para el establecimiento de plantaciones de cacao, Proyecto de Reforestación y Conservación de la Cordillera Chongón-Colonche. 8 p.
- Ramírez, E. (2009). Propuesta para el manejo del cacao orgánico. Fundación Conservación Internacional. Lima-Perú

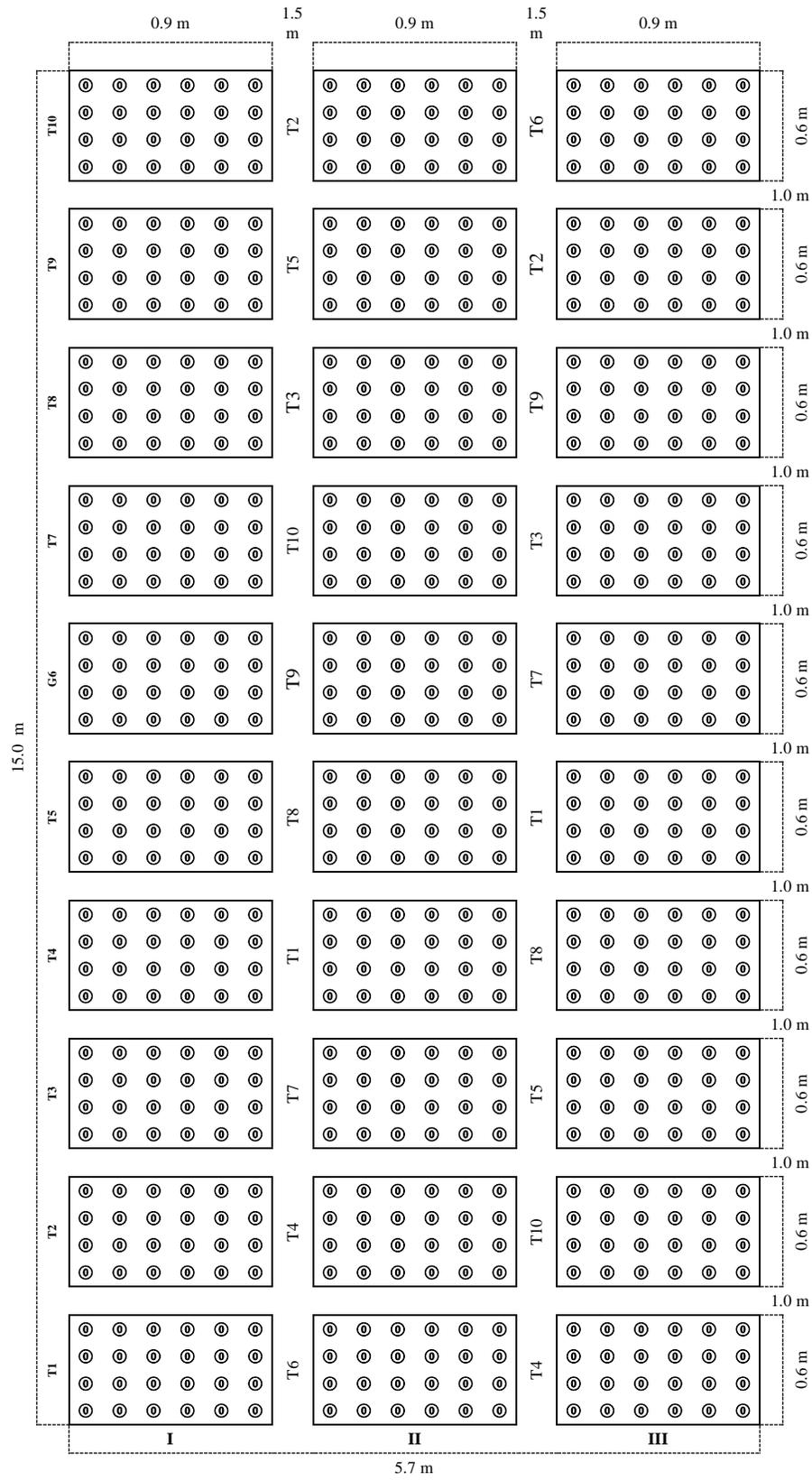
- Resh, H. (1997). Cultivos hidropónicos: nuevas técnicas de producción. Editorial Mundi prensa. Madrid-España. 559 p.
- Rodríguez, Y. (2013). Efecto de la aplicación de seis dosis de algas marinas sobre la germinación y características fenotípicas en cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2706/1/10.Tesis%20en%20Cacao%20Yervin%20Rodríguez%20Silva.pdf>
- Rosmini, B. (1995). El humus de la lombriz en horticultura y floricultura. En Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. Editorial de Vecchi. Barcelona-España. 115-127 pp.
- Sánchez, C. (2010). El chocolate amargo en la cocina cuencana actual, nuevas recetas. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1550/1/tgas5.pdf>
- Shintani, M., & Tabora, P. (1998). Producción de bokashi para agricultura orgánica en los Trópicos. Universidad EARTH. Costa Rica. 14 p.
- Torres , L. (2012). Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3250/1/TESIS.pdf>
- USAID. (Sf). Instalación de viveros de cacao. Obtenido de [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00JFR4.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JFR4.pdf)
- Vega-Ronquillo, E., Rodríguez-Guzmán, R., de Cárdenas-López, M., San-Miguel, A. A., & Serrano-González, N. (2006). Abonos orgánicos procesados como alternativa de sustrato de cultivos organopónicos de invernadero. Revista Naturaleza y Desarrollo 4(1): 24-35 pp.
- VIFINEX. (2002). Produccion de sustratos para viveros. Obtenido de <http://croprotection.webs.upv.es/documentos/Compostaje/Sustratos-para-Viveros.pdf>

Zambrano, L. (2010). Establecimiento, manejo y capacitación en vivero de cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando dos tipos de injertos en la comunidad de Naranjal y del cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas. Obtenido de [http://www.ruta.org/CDOC-Deployment/documentos/Establecimiento\\_vivero\\_utilizando\\_dos\\_tipos\\_de\\_injertos.pdf](http://www.ruta.org/CDOC-Deployment/documentos/Establecimiento_vivero_utilizando_dos_tipos_de_injertos.pdf)

## **CAPÍTULO VII**

### **ANEXOS**

**Anexo I Croquis de campo de sitio experimental**



Área total: 85.5 m<sup>2</sup>

**Anexo 2** Análisis de varianza de porcentaje de germinación

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. calc.</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Tratamientos                | 9                         | 177.88                   | 19.76                   | 4.93            | 0.0014 **      |
| Error                       | 20                        | 80.11                    | 4.01                    |                 |                |
| Total                       | 29                        | 257.99                   |                         |                 |                |

\*\* : Significancia estadística en el nivel 0.01

**Anexo 3** Análisis de varianza de altura de plantas a los 45 días

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. calc.</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Tratamientos                | 9                         | 10.41                    | 1.16                    | 10.09           | <0.0001 **     |
| Error                       | 20                        | 2.29                     | 0.11                    |                 |                |
| Total                       | 29                        | 12.71                    |                         |                 |                |

\*\* : Significancia estadística en el nivel 0.01

**Anexo 4** Análisis de varianza de altura de plantas a los 60 días

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. calc.</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Tratamientos                | 9                         | 23.22                    | 2.58                    | 5.56            | 0.0007 **      |
| Error                       | 20                        | 9.27                     | 0.46                    |                 |                |
| Total                       | 29                        | 32.49                    |                         |                 |                |

\*\* : Significancia estadística en el nivel 0.01

**Anexo 5** Análisis de varianza de altura de plantas a los 75 días

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. calc.</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Tratamientos                | 9                         | 32.6                     | 3.62                    | 13.95           | <0.0001 **     |
| Error                       | 20                        | 5.19                     | 0.26                    |                 |                |
| Total                       | 29                        | 37.79                    |                         |                 |                |

\*\* : Significancia estadística en el nivel 0.01

**Anexo 6** Análisis de varianza de diámetro del tallo a los 45 días

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. calc.</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Tratamientos                | 9                         | 0.33                     | 0.04                    | 2.36            | 0.0529 N.S.    |
| Error                       | 20                        | 0.31                     | 0.02                    |                 |                |
| Total                       | 29                        | 0.63                     |                         |                 |                |

N.S.: No Significativo

**Anexo 7** Análisis de varianza de diámetro del tallo a los 60 días

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. calc.</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Tratamientos                | 9                         | 0.89                     | 0.099                   | 7.04            | 0.0001 **      |
| Error                       | 20                        | 0.28                     | 0.014                   |                 |                |
| Total                       | 29                        | 1.17                     |                         |                 |                |

\*\* : Significancia estadística en el nivel 0.01

**Anexo 8** Análisis de varianza de diámetro del tallo a los 75 días

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. calc.</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Tratamientos                | 9                         | 0.99                     | 0.11                    | 6.99            | 0.0002 **      |
| Error                       | 20                        | 0.31                     | 0.02                    |                 |                |
| Total                       | 29                        | 1.3                      |                         |                 |                |

\*\* : Significancia estadística en el nivel 0.01

**Anexo 9** Análisis de varianza de número de hojas a los 30 días

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. calc.</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Tratamientos                | 9                         | 2.70                     | 0.3                     | 4.76            | 0.0018 **      |
| Error                       | 20                        | 1.26                     | 0.06                    |                 |                |
| Total                       | 29                        | 3.96                     |                         |                 |                |

\*\* : Significancia estadística en el nivel 0.01

**Anexo 10** Análisis de varianza de número de hojas a los 50 días

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. calc.</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Tratamientos                | 9                         | 4.71                     | 0.52                    | 19.87           | <0.0001 **     |
| Error                       | 20                        | 0.53                     | 0.03                    |                 |                |
| Total                       | 29                        | 5.24                     |                         |                 |                |

\*\* : Significancia estadística en el nivel 0.01

**Anexo 11** Análisis de varianza de número de hojas a los 75 días

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. calc.</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Tratamientos                | 9                         | 12.47                    | 1.39                    | 12.68           | <0.0001 **     |
| Error                       | 20                        | 2.19                     | 0.11                    |                 |                |
| Total                       | 29                        | 14.66                    |                         |                 |                |

\*\* : Significancia estadística en el nivel 0.01

**Anexo 12** Análisis de varianza longitud de raíz a los 45 días

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. calc.</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Tratamientos                | 9                         | 57.47                    | 6.39                    | 6.61            | 0.0002 **      |
| Error                       | 20                        | 19.33                    | 0.97                    |                 |                |
| Total                       | 29                        | 76.8                     |                         |                 |                |

\*\* : Significancia estadística en el nivel 0.01

**Anexo 13** Análisis de varianza longitud de raíz a los 60 días

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. calc.</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Tratamientos                | 9                         | 70.17                    | 7.8                     | 9.75            | <0.0001 **     |
| Error                       | 20                        | 16.00                    | 0.8                     |                 |                |
| Total                       | 29                        | 86.17                    |                         |                 |                |

\*\* : Significancia estadística en el nivel 0.01

**Anexo 14** Análisis de varianza longitud de raíz a los 75 días

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. calc.</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Tratamientos                | 9                         | 86.3                     | 9.59                    | 11.51           | <0.0001 **     |
| Error                       | 20                        | 16.67                    | 0.83                    |                 |                |
| Total                       | 29                        | 102.97                   |                         |                 |                |

\*\* : Significancia estadística en el nivel 0.01



**Anexo 15** Montaje del equipo para elaborar ácido piroleñoso



**Anexo 16** Quema de cascarilla de arroz para la extracción de ácido piroleñoso



**Anexo 17** Elaboración del bokashi



**Anexo 18** Volteo del bokashi



**Anexo 19** Elaboración de capas de estiércol y raquis de banano en camas de lombricultura



**Anexo 20** Colocación de trampas para capturar lombrices



**Anexo 21** Preparación de sustratos



**Anexo 22** Llenado de fundas



**Anexo 23** Identificación de los tratamientos en el vivero



**Anexo 24** Siembra



**Anexo 25** Evaluación de la germinación



**Anexo 26** Aplicación de insecticida



**Anexo 27** Registro del diámetro del tallo



**Anexo 28** Medición de altura de planta



**Anexo 29** Medición de la longitud de la raíz



**Anexo 30** Conteo del número de hojas