

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN EL DESARROLLO
DE PLANTINES DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DEL CEIBO LTDA. LOCALIDAD SAPECHO – PALOS BLANCOS**

CATALINA CAHUANA CONDORI

La Paz – Bolivia

2021

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN EL DESARROLLO
DE PLANTINES DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL
DEL CEIBO LTDA. LOCALIDAD SAPECHO – PALOS BLANCOS**

*Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el título de
Ingeniero Agrónomo Tropical*

CATALINA CAHUANA CONDORI

Asesor(es):

Ing. M. Sc. Félix Fernando Manzaneda Delgado _____

Ing. María Soledad Condori Tacora _____

Tribunal Examinador:

Ing. Casto Maldonado Fuentes _____

Ing. Lorenzo Quelali Mamani _____

Ing. Celso Ticona Quispe _____

APROBADO

Presidente Tribunal Revisor: _____

La Paz – Bolivia

2021

DEDICATORIA

A mi padre Severo Cahuana y a mis hermanos por todo el apoyo brindado

A mi esposo Filiberto Calle Aliaga por todo la comprensión, colaboración y sobre todo por el amor incondicional brindado.

A mis tesoros hijos Thiago Matías e Ismael Axel por ser mi fuerza de seguir adelante, por ese cariño y amor que me brindan cada momento, los amo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y bendecirme cada día de mi vida, por eso le estaré infinitamente agradecida.

Al personal de la Cooperativas El Ceibo Ltda. Especialmente al Ing. Jesús Quispe, por abrirme las puertas, a los personales del Centro de Experimental- EL CEIBO (CEEPEC), que me apoyaron en todo el proceso de trabajo de campo.

A mis asesores Ing. M. Sc. Félix Fernando Manzaneda Delgado e Ing. María Soledad Condori y también al Ing. Johnny Ticona Aliaga (que en paz descanse) por sus contribuciones en la elaboración del presente documento, pero más que todo por el apoyo incondicional brindado.

A mis revisores Ing. Casto Maldonado Fuentes, Ing. Lorenzo Quelali Mamani e Ing. Celso Ticona Quispe, por sus contribuciones en el proceso de elaboración del documento.

A todos mis compañeros y amigos que me apoyaron incondicionalmente

CONTENIDO GENERAL

INDICE GENERAL	II
INDICE DE CUADROS	VI
INDICE DE FIGURAS	VIII
INDICE DE GRAFICOS.....	IX
LISTA DE ANEXOS	X
RESUMEN	XI
SUMMARY.....	XIII

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. OBJETIVO GENERAL	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. ORIGEN DEL CACAO.....	4
3.2. EL SECTOR CACAOTERO DE ALTO BENI.....	4
3.3. TAXONOMÍA.....	5
3.4. LA PLANTA DE CACAO Y SU DESARROLLO	5
3.5. PROPAGACIÓN DEL CACAO	6
3.5.1. <i>Propagación sexual</i>	6
3.5.2. <i>Propagación asexual</i>	6
3.6. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL BIOLÓGICO DEL CACAO EMPLEADO EN LA REGIÓN PARA EL PIE DE INJERTO)).....	7
3.7. SUELOS DE ALTO BENI	7
3.7.1. <i>Suelos de textura liviana</i>	7
3.7.2. <i>Suelos de textura moderadamente liviana</i>	7
3.7.3. <i>Suelos de textura mediana</i>	8
3.7.4. <i>Suelos moderadamente pesados</i>	8
3.8. SUSTRATO PARA PLANTINES DE CACAO.....	8
3.9. PH DEL SUELO	9
3.10. ELEMENTOS NUTRICIONALES NECESARIOS PARA EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS DE CACAO.....	9
3.11. EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES POR LA PLANTA DE CACAO EN VIVERO.....	9
3.12. LOS NUTRIENTES EN EL DESARROLLO DEL CACAO.....	10
3.12.1. <i>Nitrógeno (N)</i>	10
3.12.2. <i>Fosforo (P)</i>	11
3.12.3. <i>Potasio K</i>	11
3.12.4. <i>Calcio (Ca)</i>	12
3.13. ESTUDIOS REALIZADOS EN ABONOS ORGÁNICOS.....	12

3.14. LA MATERIA ORGÁNICA	14
3.14.1. <i>Influencia de la Materia Orgánica en las propiedades físicas del suelo</i>	14
3.14.2. <i>Influencia de la Materia Orgánica en las propiedades Químicas del suelo</i>	15
3.14.3. <i>Influencia de la Materia Orgánica en las propiedades biológicas en el suelo</i>	15
3.14.4. <i>Transformación de la materia orgánica y formación del humus</i>	16
3.14.5. <i>Cantidad y distribución de la materia orgánica en el suelo</i>	16
3.15. ABONOS ORGÁNICOS.....	17
3.15.1. <i>Tipos de abonos</i>	17
3.15.1.1. Compost	17
3.15.1.1.1. Parámetros de proceso	18
3.15.1.1.2. Temperatura.....	18
3.15.1.1.3. Aireación	19
3.15.1.1.4. PH	20
3.15.1.1.5. Relación Carbono/ Nitrógeno (C/N)	20
3.15.1.2. Bocashi	21
3.15.1.3. Gallinaza.....	21
3.16. CARACTERÍSTICAS DE LOS INSUMOS UTILIZADOS	22
3.16.1. <i>Cascara de cacao</i>	22
3.16.2. <i>Aserrín</i>	22
3.16.3. <i>Cascarilla de arroz</i>	23
3.16.4. <i>Kudzu</i>	23
3.16.5. <i>La ortiga</i>	23
3.16.6. <i>La leche</i>	24
3.16.7. <i>Levadura</i>	24
3.16.8. <i>Ceniza</i>	24
3.16.9. <i>Cal</i>	25
3.16.10. <i>Tierra común</i>	25
3.16.11. <i>El agua</i>	25
3.17. VIVERO.....	25
3.17.1. <i>Establecimiento de viveros</i>	26

3.17.2 <i>Ubicación del vivero</i>	26
4. LOCALIZACIÓN	28
4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.	28
4.2. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS.	29
4.2.1. <i>Clima</i>	29
4.2.2. <i>Suelos</i>	29
4.2.3. <i>Fauna</i>	29
4.2.4. <i>Flora</i>	30
4.2.5. <i>Actividades agrícolas</i>	30
5. MATERIALES Y METODOS	31
5.1. MATERIALES	31
5.1.1. <i>Material Biológico</i>	31
5.1.2. <i>Material de campo</i>	32
5.1.3. <i>Material de escritorio</i>	32
5.1.4. <i>Insumos utilizados para la elaboración de abonos</i>	32
5.2. METODOLOGÍA.	32
5.2.1. <i>Procedimiento experimental</i>	32
5.2.1.1 <i>Delimitación del área de estudio</i>	32
5.2.1.2. <i>Preparación del bocashi</i>	33
5.2.1.3. <i>Preparación del Compost vegetal</i>	34
5.2.1.4. <i>Preparación del Compost con cascara de mazorcas de cacao</i>	35
5.2.1.5. <i>Preparación de cascarilla de arroz pre quemado</i>	36
5.2.5.6. <i>Embolsado de los sustratos</i>	36
5.2.5.7. <i>Enfilado de las macetas</i>	37
5.2.5.8. <i>Tratamiento pre- germinativo de la semilla</i>	37
5.2.1.9. <i>Siembra o repique</i>	38
5.2.1.10. <i>Labores culturales</i>	39
5.2.1.11. <i>Toma de datos</i>	40
5.2.2. <i>Análisis Químico de los sustratos</i>	40
5.2.3. <i>Sistematización</i>	40
5.2.4. <i>Diseño Experimental</i>	41

5.2.5. Descripción de los tratamientos	41
5.2.6. Características del experimento	43
5.2.7. Croquis del experimento	43
5.2.8. Variables de respuesta.....	43
5.2.8.1. Altura de planta.....	43
5.2.8.2. Diámetro del tallo.....	44
5.2.8.3. Numero de hojas	44
5.2.8.4. Longitud de la raíz principal	44
5.2.8.5. Análisis económico	44
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
6.1. ANÁLISIS FÍSICO DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS	46
6.2. ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	47
6.2.1. Potencial de hidrogeniones (pH)	47
6.2.2. Materia Orgánica (MO).....	48
6.2.3. Nitrógeno.....	50
6.2.4. Fosforo disponible	51
6.2.5. Potasio intercambiable	52
6.2.6. Calcio intercambiable	53
6.3. EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE LOS PLANTINES	54
6.3.1. Diámetro del tallo de los plantines de cacao	54
6.3.2. Número de hojas de los plantines de cacao.....	57
6.3.3. Altura del tallo de los plantines del cacao	59
6.3.4. Longitud de la raíz principal de los plantines del cacao	62
6.4. COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	64
7. CONCLUSIONES	66
8. RECOMENDACIONES	67
9. BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS	74

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estimación de nutrientes requeridos para el plantin de cacao en estado de vivero (Kg/ha).....	9
Cuadro 2 Insumos para la preparación.....	33
Cuadro 3. Insumos para la preparación.....	34
Cuadro 4. Insumos para la preparación del compost con cascara de mazorcas de cacao.....	35
Cuadro 5. Insumo para la preparación de cascarilla de arroz pre quemado	36
Cuadro 6. Determinación de diferentes tipos de textura según, clasificación del USDA	46
Cuadro 7. Clasificación textural de los sustratos	46
Cuadro 8. Clasificación en cuanto al valor de pH de acuerdo a la NOM-021SEMARNAT-RECNAT (2000)	47
Cuadro 9. Clasificación de los suelos con respecto a su porcentaje de materia orgánica (NOM021-SEMARNAT RECNAT 2001)	48
Cuadro 10. Criterios para evaluar el suelo con base en su contenido de N total (NOM021-SEMARNAT RECNAT 2001).....	50
Cuadro 11. Criterios para evaluar el suelo con base en su contenido de Fosforo disponible (Moreno, 1978) (NOM021-SEMARNAT RECNAT 2001)	51
Cuadro 12. Criterios para evaluar el suelo con base en su contenido de Potasio intercambiable (NOM021-SEMARNAT RECNAT 2001).....	52
Cuadro 13. Criterios para evaluar el suelo con base en su contenido de Calcio intercambiable (NOM021-SEMARNAT RECNAT 2001).....	53
Cuadro 14. ANVA del diámetro del tallo	55
Cuadro 15. Prueba de Duncan para el diámetro del tallo	55
Cuadro 16. ANVA del Número de hojas	57

Cuadro 17. ANVA de altura del tallo.....	59
Cuadro 18. Prueba Duncan para la altura de la planta.....	59
Cuadro 19. ANVA de longitud de la raíz principal.....	62
Cuadro 20. Prueba Duncan para la longitud de la raíz principal.....	62
Cuadro 21. Análisis de beneficio/ costo de los tratamientos.....	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de Sapecho en la región de Alto Beni, La Paz.....	28
Figura 2: Mazorca foránea (ICS-6)	31
Figura 3: Ubicación del área de estudio	33
Figura 4. Cernido de los sustratos	37
Figura 5.embolsado de los sustratos.....	37
Figura 6: Enfilado de las macetas	37
Figura 7: Germinación de las semillas.....	38
Figura 8: Siembra de las semillas germinadas	38
Figura 9: Control de plagas y enfermedades.....	39
Figura 10: Material de toma de datos	40

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Comportamiento del pH en los diferentes tratamientos	47
Gráfico 2. Contenido de materia orgánica de los tratamientos	48
Gráfico 3. Contenido de N total en los tratamientos	50
Gráfico 4. Contenido de Fosforo disponible en los tratamientos	51
Gráfico 5. Contenido de Potasio intercambiable en los tratamientos	52
Gráfico 6. Contenido de Calcio intercambiable en los tratamientos	53
Gráfico 7. Comportamiento del diámetro del tallo de los plantines por tratamiento	56
Gráfico 8. Comportamiento del número de hojas por tratamiento	58
Gráfico 9. Altura del tallo según los sustratos.....	60
Gráfico 10. Longitud de la raíz según los sustratos	63

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Temperatura mínima, máxima y precipitación.....	75
ANEXO 2. Recolección de material vegetal (mazorca de cacao ICS-6).....	75
ANEXO 3. Recolección de materiales (ortiga, pseudo tallo de plátano, kutsu y cascara de cacao)	76
ANEXO 4. Preparación del compostaje	76
ANEXO 5. Compost vegetal	76
ANEXO 6. Cascarilla de arroz pre quemado	77
ANEXO 7. Cernido de los diferentes sustratos.....	77
ANEXO 8. Embolsado de los sustratos	77
ANEXO 9. Diseño experimental en campo.....	78
ANEXO 10. Análisis químico y físico de los sustratos	78
ANEXO 11. Costos de producción de los diferentes tratamientos.....	79

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el vivero del Centro Experimental de PIAF-EL CEIBO, Sapecho que se encuentra ubicado en la provincia de sud Yungas, municipio de Palos Blancos, el objetivo planteado fue de evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos en el crecimiento de plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.); los objetivos específicos fueron, determinar las características físico y químicas de los diferentes sustratos empleados; evaluar el comportamiento agronómico de plantines de cacao en etapa de vivero y analizar los costos de producción de los diferentes tipos de sustrato aplicados en los plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Este estudio busca validar los diferentes sustratos con abonos orgánicos elaborados con material del lugar, viendo los escasos de nutrientes que carecen los suelos de la zona por el exceso de plantaciones de cultivos que requieren y extraen mayor cantidad de nutrientes, por esta razón cada vez es más difícil conseguir sustrato natural del monte para la producción de plantines de calidad y también poder reducir el periodo de Injertación de la planta de cacao.

Para ello se emplearon sustratos a base de tierra del lugar y abono orgánico en cantidades del 31% y 69% respectivamente. Los tratamientos del estudio consistieron en utilizar 4 tipos de abonos a) compost vegetal (T1), b) compost a base de cascara de cacao (T2), c) cascarilla de arroz pre quemado y ceniza (T3), y d) bocashi (T4). El material biológico que se utilizó para la investigación fue el ICS-6 como pie de injerto. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con 4 tratamientos con 3 repeticiones, haciendo un total de 30 unidades experimentales por tratamiento y 318 plantas por tratamiento establecidas en bolsas de vivero de 13x26 cm con un grosor de 40 micrones.

Para el análisis físico y químico de los diferentes tratamientos se obtuvo resultados del instituto de ecología Laboratorio de calidad ambiental, donde muestran los resultados de la siguiente manera: el tratamiento 1 se clasifico con una clase textural de franco, pH 8,3 medianamente alcalino, MO de 4%, N de 0,18%, P de 54 P/mg*kg-1, K de 2,1 cmolc/kg y Ca de 11 cmolc/kg. El tratamiento 2 se clasifico con una clase textural franco

arcilloso, pH 7,7 medianamente alcalino, MO de 3,1%, N de 0,18%, P de 121 P/mg*kg-1, K de 2,4 cmolc/kg y Ca de 11 cmolc/kg. El tratamiento 3 se clasificó con una clase textural franco arcilloso arenoso pH 7,6 medianamente alcalino, MO de 3,1%, N de 0,18%, P de 85 P/mg*kg-1, K de 3,7 cmolc/kg y Ca de 7,9 cmolc/kg. El tratamiento 4 se clasificó con una clase textural de franco arcilloso pH 7,5 medianamente alcalino, MO de 4%, N de 0,18%, P de 99 P/mg*kg-1, K de 1,2 cmolc/kg y Ca de 9 cmolc/kg.

También en comportamiento agronómico se evaluó la altura de la planta donde se destacó con la media más alto el T4 con 33,43cm y la media más bajo obtuvo el T1 con 28,93 cm, habiendo diferencias significativas. En diámetro del tallo se destacó el T2 con 6,21 mm y la media más bajo el T4 con 5,79 mm, donde se obtuvieron diferencias altamente significativas. Número de hojas/ planta el T4 con 11,4 obtuvo la media más alta y bajo el T1 con 10,5, sin tener diferencias significativas y Longitud de la raíz el T4 con 20,65 cm y el más bajo de las medias obtuvo el T1 con 14,53cm, teniendo diferencias significativas. En los costos de producción de beneficio/costo, se destacó el T3 con una ganancia mayor a Bs 0,80 y con menor ganancia para el T1 con Bs 0,10. Pero ninguno de los tratamientos tuvo pérdida.

Con la aplicación de los diferentes abonos orgánicos se redujo el tiempo de Injertación de la planta porque llegó a un diámetro más alto de 6,21 (T2) a más bajo 5,79 (T4) ya que para la Injertación de plantines de cacao en el Centro Experimental PIAF El Ceibo – CEPEC requieren 5 mm de diámetro.

SUMMARY

The present investigation was carried out in the nursery of the Experimental Center of PIAF-EL CEIBO, Sapecho which is located in the province of sud Yungas, municipality of Palos Blancos, the proposed objective was to evaluate the effect of different organic substrates on the growth of cocoa seedlings (*Theobroma cacao* L.); The specific objectives were to determine the physical and chemical characteristics of the different substrates used; evaluate the agronomic behavior of cocoa seedlings in the nursery stage and analyze the production costs of the different types of substrate applied to cocoa seedlings (*Theobroma cacao* L.).

This study seeks to validate the different substrates with organic fertilizers made with local material, seeing the scarcity of nutrients that the soils of the area lack due to the excess of crop plantations that require and extract a greater amount of nutrients, for this reason every time it is more difficult to obtain natural substrate from the forest for the production of quality seedlings and also to be able to reduce the grafting period of the cocoa plant.

For this, substrates based on local soil and organic fertilizer were used in amounts of 31% and 69% respectively. The study treatments consisted of using 4 types of fertilizers a) vegetable compost (T1), b) compost based on cocoa husk (T2), c) pre-burned rice husk and ash (T3), and d) bocashi (T4). The biological material used for the research was ICS-6 as the graft foot. The experimental design used was completely randomized with 4 treatments with 3 repetitions, making a total of 30 experimental units per treatment and 318 plants per treatment established in 13x26 cm nursery bags with a thickness of 40 microns.

For the physical and chemical analysis of the different treatments, results were obtained from the environmental quality laboratory institute of ecology, where the results are shown as follows: treatment 1 was classified with a textural class of frank, pH 8.3 moderately alkaline, MO of 4%, N of 0.18%, P of 54 P / mg * kg⁻¹, K of 2.1 cmolc / kg and Ca of 11 cmolc / kg. Treatment 2 was classified with a clay loam textural class, pH 7.7 moderately alkaline, MO of 3.1%, N of 0.18%, P of 121 P / mg * kg⁻¹, K of 2.4 cmolc

/ kg and Ca of 11 cmolc / kg. Treatment 3 was classified with a sandy clay loam textural class pH 7.6 moderately alkaline, MO of 3.1%, N of 0.18%, P of 85 P / mg * kg⁻¹, K of 3.7 cmolc / kg and Ca of 7.9 cmolc / kg. Treatment 4 was classified with a textural class of clay loam pH 7.5 moderately alkaline, MO of 4%, N of 0.18%, P of 99 P / mg * kg⁻¹, K of 1.2 cmolc / kg and Ca of 9 cmolc / kg.

Also in agronomic behavior, the height of the plant was evaluated, where T4 stood out with the highest average with 33.43 cm and the lowest average obtained T1 with 28.93 cm, with significant differences. In stem diameter, T2 stood out with 6.21 mm and the lowest average was T4 with 5.79 mm, where highly significant differences were obtained. Number of leaves / plant T4 with 11.4 obtained the highest average and T1 with 10.5, without significant differences and Root length T4 with 20.65 cm and the lowest of the means obtained the T1 with 14.53cm, having significant differences. In profit / cost production costs, Q3 stood out with a profit greater than Bs 0.80 and with a lower profit for Q1 with Bs 0.10. But none of the treatments had a loss.

With the application of the different organic fertilizers, the grafting time of the plant was reduced because it reached a higher diameter from 6.21 (T2) to a lower 5.79 (T4) since for the grafting of cocoa seedlings in The PIAF El Ceibo-CEPEC Experimental Center require a diameter of 5 mm.

1. INTRODUCCIÓN

En Bolivia la zona de mayor producción se encuentra en el departamento de La Paz, que ofrece óptimas condiciones para producir un cacao de excelente calidad, atributos que despiertan un gran interés en la industria internacional del cacao. (Congreso Nacional del Cacao, 2011)

Según Maldonado & Cruz, (2015) Indican que la región tropical de Alto Beni se caracteriza por ser el principal productora de cacao (*Theobroma cacao L.*), con un 85% de la producción nacional. Cultivo identificado en el Plan de Desarrollo Regional para el Norte de La Paz, como uno de los cuatro rubros productivo con potencial para el desarrollo. Los buenos precios de este producto en los últimos años y la seguridad de los mercados nacionales e internacionales han hecho del mismo un rubro de gran interés económico, beneficiando además a 10.000 familias que cultivan.

En la actualidad, en Alto Beni en la Estación Experimental de Sapecho, de la U.M.S.A. conjuntamente con la cooperativa EL CEIBO Ltda., multiplican semillas híbridas polinizadas y producen plantines injertados y garantizados para la venta al agricultor. Siendo en ese sentido uno de los únicos cultivos importantes de cacao híbrido en la localidad (July, 2007).

Calle, (2005) Menciona que Tradicionalmente, el cacao de Alto Beni se establece con plantas de vivero usando semilla sexual producida en bolsas de polietileno y tierra acopiada del mismo lugar. La planta debe permanecer en la bolsa al menos un año, antes de su trasplante, produciendo deformación en la raíz y reduciendo el crecimiento de la planta. Sin embargo, plantas producidas con tierra como sustrato requieren de seis a siete meses para llegar al diámetro apto para ser injertada.

La misma autora señala que la utilización de abonos orgánicos en el sustrato mejora la fertilidad del suelo, aumenta el crecimiento y desarrollo de la planta, reduce el tiempo en vivero, evita la deformación de las raíces de los patrones a injertar.

Saavedra, (2013), menciona que la situación de tener plantines de calidad, implica contar con un buen sustrato que permita la germinación y desarrollo de los primeros

estadios del plantin de cacao, permitiendo esta actividad llevar a campo definitivo una planta sana, vigorosa, raíz frondosa, libre de enfermedades y plagas, aspectos que son fundamentales para asegurar la productividad del cacao en campo definitivo.

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos en la producción de diferentes plantines en viveros, está obligando a la búsqueda de nuevas alternativas fiables y sostenibles para la producción agrícola. En estos casos cuando la agricultura orgánica se justifica plenamente y podemos comprender su importancia, ya que a través de la producción orgánica podemos alcanzar un equilibrio entre el medio ambiente y la necesidad de producir plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.), de excelente calidad.

La presente investigación contribuirá a la producción de plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.), utilizando diferentes residuos vegetales y animales con valor nutricional para las plantas, que se encuentran a disposición de los productores de la región, para lograr una formulación alternativa de sustrato para los plantines de cacao en vivero, listos para la Injertación, reduciendo los costos de producción.

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos en el crecimiento de plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro Experimental PIAF El Ceibo - CEPEC, en la Localidad de Sapecho perteneciente al municipio de Palos Blancos.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar las características físico y químicas de los diferentes sustratos empleados para el desarrollo de plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.).
- Evaluar el comportamiento agronómico de plantines de cacao en etapa de vivero con la aplicación de cuatro diferentes abonos orgánicos.
- Analizar los costos de producción de los diferentes tipos de sustrato aplicados en los plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.).

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Origen del cacao

El cacao es una planta originaria de América que se encontraba de manera natural en los bosques de la cuenca amazónica de Sur América. Algunos autores indican que el cultivo de cacao se inició en México y América Central y señalan al mismo tiempo que los españoles no lo vieron cultivado en América del Sur cuando arribaron a este continente, lo encontraron creciendo en forma natural en muchos bosques a lo largo de los ríos Amazonas, Orinoco y sus afluentes, donde aún hoy existen tipos genéticos de un alto valor. (PIAF- EL CEIBO, 2015)

CATIE,(2005), Indica que esta especie se encuentra actualmente distribuida a lo largo de las regiones lluviosas de los trópicos, desde los 20º de latitud norte hasta los 20º de latitud sur.

3.2. El sector cacaotero de Alto Beni

La zona de Alto Beni en el departamento de La Paz, mediante la colonización (impulsado por el Instituto Nacional de Colonización) y luego por un conjunto de actores públicos y privados, de manera permanente y constante desde los años 60, han promovido el desarrollaron el cultivo del cacao hasta convertirse en la región con mayor capacidad productiva de cacao en Bolivia, con mayor volumen cosechado y con un record de exportación sobresaliente. La consolidación territorial de esta especialización está muy relacionada a un actor que dio continuidad a la gestión técnica y económica del cacao, la Central de Cooperativas “EL CEIBO Ltda.” (CIPCA-BOLIVIA, 2008)

El ingreso proveniente de este cultivo se constituye en una fuente importante para más de 6500 familias cacaoteras que están ubicadas en las áreas rurales del Norte paceño. Aproximadamente en el año 2015 se produjo 1100 toneladas de grano seco de cacao cultivado en todo el norte de La Paz y 200 toneladas de cacao silvestre. El cacao es considerado como una alternativa productiva sostenible, considerando que se cultiva de forma orgánica bajo sistemas agroforestales y en muchos lugares se los encuentran en forma natural calificada como cacao silvestre. (PIAF – EL CEIBO, 2015)

El cacao en la región del norte pazeño tropical tiene un alto potencial en cuanto al desarrollo de su calidad y adaptación a condiciones de la amazonia, por estas características el cultivo de cacao es una alternativa productiva de bajo impacto ambiental por su capacidad a adaptarse a condiciones de bosque e implementarse bajo modelos productivos agroforestales. (PIAF – EL CEIBO, 2015)

3.3. Taxonomía

Hernández (1983), citado por (Velasco, 2014) menciona que Linneo creó el género *Theobroma* el año 1753 y la colocó dentro de las *Tiliáceas*. Posteriormente se consideró que pertenecía más bien a la familia de las *Sterculíaceas*. A continuación, se presenta el taxa propuesto por Linneo (1753)

División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Familia	Sterculiaceae
Género	<i>Theobroma</i>
Especie	<i>Theobroma</i>
Nombre común	Cacao

3.4. La planta de cacao y su desarrollo

El árbol de cacao, es de tamaño mediano de un metro y medio de altura, en este punto se desarrollan 5 ramas principales, la planta puede formar varios pisos de horquetas si se deja crecer libremente. La raíz alcanza aproximadamente un metro de profundidad, las hojas son simples de forma alargada, tamaño mediano y de color verde, las flores nacen en grupos pequeños llamados cojines florales y se desarrolla en el tronco y ramas principales. El fructificación comienza de 3 a 5 años de edad, los frutos tienen diferentes tamaños, colores y formas según las variedades, contienen entre 20 a 55 semillas, cada semilla se cubre con una pulpa blanca agri- dulce, llamada mucilago. (Quispe, 2010)

3.5. Propagación del cacao

3.5.1. Propagación sexual

La propagación sexual, es la forma más antigua y común para el establecimiento de plantaciones de cacao, pero se obtiene una gran variabilidad de árboles, por lo que se recomienda su utilización cuando se empleen semillas de elevada calidad. En los últimos años se han recomendado la siembra con semilla certificada, debido al buen comportamiento de los arboles provenientes de polinización controlada, usando clones seleccionados (cultivo del cacao., 2002)

3.5.2. Propagación asexual

Mejía y Arguello (2000), mencionan que una alternativa para incrementar la producción y homogenizar las plantaciones de cacao es la propagación asexual o vegetativa. La propagación asexual es una multiplicación de tejidos vegetales sin mayor variabilidad y como no hay fusión de gametos, la principal fuente de variación queda prácticamente eliminada, por lo tanto, el árbol por vía vegetativa conserva los caracteres del árbol que lo origino, aunque depende de ambos crezcan en las mismas condiciones de ambiente y que sean sometidas a los mismos cuidados agronómicos y culturales.

PIAF-EL CEIBO (2015), la Injertación es la unión de partes de plantas diferentes, pero de la misma especie, para poder formar una nueva planta, con esta técnica podemos propagar plantas con características iguales a la planta madre, principalmente en productividad.

3.6. Características del material biológico del cacao empleado en la región para el pie de injerto)

– ICS-6 (Imperial Selection Collage -6)

(Howard, 2010) menciona que según el manual de Rainforest Exquisite Products (2008), es de carácter genético trinitario, color del fruto inmaduro verde claro de tamaño intermedio y de forma cundeamor con rugosidad ligera. Su compatibilidad es carácter autocompatible es decir que se auto fecunda; es un clon altamente productivo.

(Howard, 2010) cita a Fajardo, A. (2006) que menciona que este clon es resistente a monilia (*Moniliophthora roreri*), mal de machete (*Ceratocystis fimbriata*) y mazorca negra (*Phytophthora palmivora*).

3.7. Suelos de Alto Beni

Zeballos y Terrazas (1970) y (Calle, 2005), señalan que en 1960 se realizó un estudio de suelos por el departamento de Suelos del Servicio Agrícola Interamericano (SAI) para clasificar la capacidad agrologica en base a métodos utilizados por el Servicio de Conservación de Suelos de U.S.A., el SAI Hace la siguiente clasificación de acuerdo a los sectores tratados.

Como resultado de estos estudios se ha encontrado las siguientes unidades de suelo.

3.7.1. Suelos de textura liviana

Suelos muy profundos, arenosos, rápidamente permeables, plano o casi plano, sin erosión aparente, pero sujetos a inundaciones. Se encuentran en las orillas de los ríos y formando terrazas recientes, generalmente cubiertos de gramíneas (charos) y musáceas silvestres.

3.7.2. Suelos de textura moderadamente liviana

Suelos muy profundos, moderadamente arenosos o moderadamente porosos, plano o casi planos, sin erosión aparente, sujeto a inundaciones. Ocupan planos algo más consolidados que los anteriores y que pueden ser utilizados para siembras temporales

por los peligros de inundación. Ricos en materia orgánica. Hay algunas unidades de suelo con esta textura que ocupan terrazas más altas y no son afectadas por inundaciones.

3.7.3. Suelos de textura mediana

Suelos profundos de textura franco o suelo franco-limoso o franco arcilloso arenoso, casi plano, sin erosión aparente, cubiertos con bosque que ocupan terrazas altas y libres de inundaciones. Suelos de calidad inmejorable para toda clase de cultivos intensivos siempre que no estén afectados por factores contrarios, tales como declive o imperfectamente drenados. Alguno de estos suelos se encuentra delimitado en su profundidad efectiva por la capa freática muy alta.

3.7.4. Suelos moderadamente pesados

Suelos profundos de texturas pesadas o muy finas, formadas por arcillas compactas, cubiertos por bosques. Estos se encuentran en las terrazas más altas y con perfiles desarrollados tienen gran capacidad de retención de humedad y pueden ser aprovechados para cultivos que requieren de estas condiciones como el arroz, por ejemplo.

3.8. Sustrato para plantines de cacao

El sustrato es el material sólido o mezcla de suelo, arena y materia orgánica que se utiliza para llenar bolsas y en donde se siembra la semilla de patrón de cacao. El sustrato que se utiliza para el llenado de bolsas, debe poseer buenas características físicas, químicas y biológicas, por lo que es indispensable la utilización de suelos de buena calidad y ricos en materia orgánica con el fin de obtener plantas sanas y vigorosas (Palencia y mejía 2003. Citado por calle 2005)

La importancia de la preparación de la tierra para la vida de la planta, comúnmente se maneja 70% de tierra corriente (donde ya contiene arcilla y arena) y 30 % de tierra vegetal, de esta forma se trabaja en la mezcla en el vivero de Sapecho. (Trujillo, G. 2001)

3.9. PH del suelo

Es una de las características más importantes de los suelos, porque contribuye a regular la velocidad de descomposición de la materia orgánica, así como la disponibilidad de los elementos nutritivos (Paredes, 2003) y (Miranda, 2008).

También indican que el cacao se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 6.0 a 6.5; permitiendo obtener buenos rendimientos. Sin embargo, también se adaptan a rangos extremos desde los muy ácidos hasta los muy alcalinos, cuyos valores oscilan de pH 4.5 a 8.5, donde la producción es decadente o muy deficiente.

3.10. Elementos nutricionales necesarios para el desarrollo de las plantas de cacao

El silicio y el sodio son medianamente importantes, los cuales son componentes de las cenizas y por lo menos, en alguno de ellos, se ha comprobado que tiene un efecto favorable en el crecimiento. Los elementos que hacen el mayor, en gran proporción en el metabolismo de las plantas son N, P, K, denominados elementos mayores o principales; el Ca, Mg y S, elementos secundarios puesto que su importancia no está preponderante como los principales; el Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, y B se denominan elementos menores puesto que la planta los absorbe en menor proporción. (Mejía, L. 2000)

3.11. Extracción de nutrientes por la planta de cacao en vivero

La mayor cantidad de elementos extraídos en vivero está relacionada con K, seguido de N y Ca.

Cuadro 1. Estimación de nutrientes requeridos para el plantin de cacao en estado de vivero (Kg/ha).

Desarrollo de la planta	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn
Vivero	136	14	151	113	47	3,9	0,5

Fuente: cocoa Gruwer's Bulletin.

Se debe tener en cuenta que la calidad de nutrientes extraídos por la planta y la eficiencia de estos elementos por algunos factores adversos como la solubilidad, pérdidas por lixiviación y absorción por microorganismos, las aplicaciones de nutrición de cacao deben estar por encima de estas cantidades. (Mejía, L. 2000)

3.12. Los nutrientes en el desarrollo del cacao

(Lutheran, 2013) Las plantas tienen necesidades nutricionales de acuerdo al estado de desarrollo, ya sea crecimiento, floración y producción. En la etapa de vivero las plantas de cacao necesitan mayor cantidad de potasio junto al nitrógeno, calcio y fósforo. En la etapa de desarrollo de las plantas de cacao necesitan alta cantidad de potasio, nitrógeno, calcio y fósforo. En la etapa de producción las plantas necesitan una mayor cantidad de todos los elementos especialmente potasio, nitrógeno, calcio, fósforo, manganeso y azufre.

3.12.1. Nitrógeno (N)

(Lutheran, 2013) Es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbida de suelo bajo forma de nitrato (NO_3) o de amonio (NH_4). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los nutrientes.

Síntomas de deficiencia

La carencia o deficiencia de N se manifiesta en reducción de la velocidad de crecimiento de las plantas. Una planta sometida a condiciones de deficiencia detiene su crecimiento en pocas semanas y rápidamente presenta enanismo. Los requerimientos de N están estrechamente relacionados con la intensidad de la luz bajo la cual crecen las plantas: al aumentar la luminosidad aumenta la intensidad del síntoma. (Guerrero, 2012)

3.12.2. Fosforo (P)

Suple de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico - fisiológico. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fosforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad. (Lutheran, 2013)

Síntomas de deficiencia

Según (Guerrero, 2012) cuando existe deficiencia de fósforo (P) la planta crece lentamente por falta de raíces absorbente (pelos absorbentes) y las hojas, especialmente las más pequeñas no desarrollan. Las hojas maduras desarrollan un color pálido en los filos y en las puntas, mientras que las hojas jóvenes se tornan más pálidas que las venas. Más tarde se queman los filos de las hojas. El crecimiento nuevo tiene internudos cortos y las hojas se posicionan en ángulo agudo con relación a la rama. Las hojas maduras desarrollan un color verde muy oscuro. Las estipulas permanecen luego de que las hojas han caído.

3.12.3. Potasio K

Suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidrato y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos en enfermedades. (Lutheran, 2013)

Síntomas de deficiencia

Los síntomas de deficiencia de K aparecen inicialmente en las hojas más viejas y se acentúan con el desarrollo de brotes como consecuencia de la translocación del nutriente viejo a tejido joven. La translocación es de tal naturaleza que para el momento en que el brote joven se expande totalmente, las hojas viejas se caen. A medida que la

deficiencia se acentúa, las hojas de los brotes y chupones son cada vez más pequeños. (Guerrero, 2012)

3.12.4. Calcio (Ca)

Es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca. Sin embargo, el objetivo de la aplicación es usualmente el del encalado, es decir reducir la acidez del suelo. Los micronutrientes como el Mm, Zinc, Fe, son sustancias clave en el crecimiento de las plantas. Su disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo. (Lutheran, 2013)

Síntomas de deficiencia

Según (Guerrero, 2012) los síntomas de deficiencia de calcio (Ca) aparecen en las hojas más jóvenes, las cuales presentan parches necróticos que se inician como manchas blancas en la región cerca de los márgenes. Posteriormente estos parches pueden fusionarse para formar áreas necróticas marginales, las cuales son más extensas en las hojas de mayor edad. En casos de deficiencia severa ocurre una caída prematura de las hojas y muerte de los brotes y yemas. En las hojas más viejas la quemazón apical y marginal progresa rápidamente, dejando áreas sanas dentro de la zona necrosada. La deficiencia de Ca, causa disminución de crecimiento de la raíz.

3.13. Estudios realizados en abonos orgánicos

(Calle, 2005) Bajo este contexto la presente investigación evaluó el efecto de la aplicación de cuatro abonos orgánicos diferentes sobre el crecimiento de los plantines de cacao en etapa de vivero con el fin de reducir el tiempo que el plantin tarda en engrosar el tallo para ser injertado. Se preparó abono bocashi utilizando: cáscara de cacao, pseudotallo de banano, salvado de arroz, melaza, leche, tierra negra, ceniza, kudzú y agua. Se adquirió lombrinaza, gallinaza y bobinaza, se realizó el acopio de tierra del lugar el cual fue mezclado con los abonos en una relación de dos partes de tierra y una parte de abono para 3048 plantines, 1256 sirvieron como bordura utilizando

1792 plantines de los cuales 280 se estudiaron las variables: altura, diámetro, número de hojas, peso fresco, seco de la planta y los días desde la siembra hasta que el plantin desarrolle un diámetro apto para ser injertado (7 milímetros).

Se realizó el tratamiento pre germinativo a las semillas quitando el mucílago con aserrín bien descompuesto luego se procedió a lavarlo con abundante agua para finalmente ubicarlos en cajas de madera con aserrín descompuesto húmedo para finalmente una vez que emitieron el embrión se procedió a sembrarlas. Las lecturas de las variables evaluadas se realizaron cada 15 días.

Se realizó el Análisis de Varianza con el que se determinó si existían diferencias significativas con la incorporación de abonos; y las pruebas de Medias de Duncan que permitió determinar la diferencia entre los diferentes abonos.

Se determinó que el tratamiento que mejores promedios se obtuvo en la variable altura de la planta fue: solo tierra (100 %) y el tratamiento que obtuvo las medias inferiores fue la mezcla de Tierra + Gallinaza (2 – 1) aunque no hubo diferencia significativa. Para el diámetro del tallo el tratamiento Tierra + Bocashi (2 – 1) logro las mejores medias, y el tratamiento de Tierra + Gallinaza (2 – 1) ocupó la última posición sin tener diferencias significativas.

En cuanto al número de hojas por planta, el tratamiento solo Tierra (100%) obtuvo las medias más altas y nuevamente el tratamiento de Tierra + Gallinaza (2 – 1) se ubicó en la última posición. Para las variables peso fresco y peso seco del área foliar más tallo, los tratamientos Tierra + Bocashi (2 – 1) se situaron con el mejor promedio. En ambos casos el tratamiento de Tierra + Lombrinaza (2 – 1) se ubica en el último lugar, pero sin tener diferencias significativas.

En las variables de peso fresco parte aérea y la variable peso seco de la raíz, el tratamiento Tierra (100 %) ocupó el primer lugar al tener las mejores medias en las dos variables y el último lugar quedó el tratamiento Tierra + Bobinaza (2 – 1) y Tierra + Gallinaza (2 – 1) se situaron en el último lugar respectivamente, pero sin tener diferencias significativas.

3.14. La materia orgánica

(Martínez Rodríguez, Francisco y Otros, 2003) Indican que: La materia orgánica o componente orgánico del suelo agrupa varios compuestos que varían en proporción y estado. La materia orgánica está compuesta por residuos animales o vegetales. Se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad. De hecho, para que un suelo sea apto para la producción agropecuaria, debe contar con un buen nivel de materia orgánica: de lo contrario, las plantas no crecerán.

El desarrollo de los cultivos se sustenta en la capacidad que tiene el suelo de proporcionarle las cantidades necesarias de nutrientes para su correcto desarrollo. La disponibilidad de dichos nutrientes depende de varios factores, siendo el contenido y calidad de la materia orgánica presente uno de los más determinantes. Un suelo fértil tiene que poseer necesariamente un adecuado contenido de materia orgánica, el que oscila entre un 2% para suelos arenosos hasta un 6% para suelos húmicos.

3.14.1. Influencia de la Materia Orgánica en las propiedades físicas del suelo

(Martínez Rodríguez, Francisco y Otros, 2003) Indican que:

- Mejora la estructura del suelo, principalmente a través de la formación de agregados estables.
- Disminuye la densidad aparente del suelo, por tener una menor densidad de la fracción mineral.
- Aumentar la porosidad del suelo, mejorando la aireación, penetración y retención de agua.
- Reduce los efectos negativos de la acción mecánica del paso de maquinaria sobre el suelo, por ser menos compactables que el constituyente mineral.
- Contribuye al aumento de la conductividad hidráulica del suelo como consecuencia de los espacios vacíos que se forman en la interface entre las partículas orgánicas y minerales.
- Contribuye a reducir las pérdidas de suelo por erosión gracias a su capacidad de cohesionar las arcillas.

- Favorece el mantenimiento de temperaturas constantes en el suelo, al tener una conductividad térmica más baja que la fracción mineral.

3.14.2. Influencia de la Materia Orgánica en las propiedades Químicas del suelo

(Martínez Rodríguez, Francisco y Otros, 2003) Indican que:

- Influye directamente en la disponibilidad de nitrógeno, ya que la mayor parte de este elemento se encuentra almacenado en el suelo en forma orgánica.
- Mejora la nutrición fosfórica de las plantas ya que favorece el desarrollo de microorganismos fosfosolubilizadores que actúan sobre los fosfatos insolubles en el suelo.
- Mejora la disponibilidad de micronutrientes para las plantas (principalmente hierro, manganeso, zinc y cobre).
- Aumentar la capacidad de intercambio catiónico en los suelos, particularmente en aquellos con bajo contenido en arcilla.
- Favorece inmediatamente la absorción de nutrientes por las plantas, acidificando ligeramente el medio.
- Contribuye a la absorción de moléculas de agua, por el elevado número de grupos funcionales que posee (carboxílicos, hidroxílicos, aminoácidos, amídicos, cetónicos y aldehídicos).

3.14.3. Influencia de la Materia Orgánica en las propiedades biológicas en el suelo

(Martínez Rodríguez, Francisco y Otros, 2003) Indican que:

- Estimula el desarrollo y la actividad de los microorganismos del suelo ya que constituye su principal fuente de energía y nutrientes.
- Favorece la presencia de lombrices y otros organismos que contribuyen a mejorar la estructura del suelo.
- Puede limitar el desarrollo de microorganismos patógenos, directamente un favorecimiento el desarrollo de antagonistas.

- Puede proporcionar actividad enzimática y por tanto facilitar la hidrólisis de moléculas de cadena larga, haciendo disponibles algunos nutrientes para las plantas.
- Juega un papel importante en la absorción sustancias reguladoras del crecimiento y de los plaguicidas aplicados al suelo.
- Puede servir de soporte de diversos microorganismos de interés agrícola, como los fijadores simbióticos de nitrógeno, fosfobulizadores, hongos vesículos-arbusculares y agentes de control biológicos.

3.14.4. Transformación de la materia orgánica y formación del humus

(Martínez Rodríguez, Francisco y Otros, 2003) Indican que:

- Los materiales orgánicos que llegan al suelo por lo general tienen gran cantidad de carbono, nitrógeno y otros componentes minerales no asimilables por las plantas, pero que constituyen una fuente importante de nutrientes y energía para los organismos heterótrofos que habitan el suelo.
- La actividad biológica del suelo, dominada principalmente por los microorganismos, es la encargada de llevar a cabo procesos de mineralización de estos compuestos orgánicos, y liberar los nutrientes para que sean asimilados por las plantas.
- El proceso de humificación no es más el conjunto de transformaciones que por vías de la degradación o de la síntesis biológica sufre la materia orgánica y que genera la formación de distintos tipos orgánicos que conforman el humus.
- Los componentes principales del humus son: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas; cada uno de estos tiene sus características de donde se deriva una influencia distinta sobre el suelo.

3.14.5. Cantidad y distribución de la materia orgánica en el suelo

Los contenidos de materia orgánica son muy variables, valores usuales de 0.5 a 10%, se concentra en el horizonte superficial y disminuye gradualmente con la profundidad (a excepción de determinados tipos de suelos, como podzoles, turbas y fluvisoles). En los

suelos de pradera el contenido en materia orgánica es mayor que en los de bosque y alcanza niveles más profundos (Descomposición de la materia orgánica 2002).

En la cantidad y calidad de la materia orgánica intervienen numerosos factores.

- Del material orgánica original: cantidad, calidad, edad y tamaño de los restos.
- De las características del suelo: presencia de microorganismos, existencia de nutrientes, pH, aireación y minerales.
- De los caracteres climáticos: humedad, temperatura y alternancias climáticas, fundamentalmente (Descomposición de la materia orgánica 2002).

3.15. Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son sustancia que está constituido por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Esta clase de abonos no solo aporta al suelo materiales nutritivos, sino que además influye favorablemente en la estructura del suelo. Asimismo, aportan nutrientes y modifican la población de microorganismo, de esta manera se asegura la formación de agregados que permiten una mayor retención de agua, intercambio de gases y nutrientes, a nivel de las raíces de las plantas. (Augusto, 2008)

3.15.1. Tipos de abonos

3.15.1.1. Compost

¿La palabra compost significa compuesto? Este abono es el resultado del proceso de descomposición de diferentes clases de materiales orgánicos (restos de cosecha, excrementos de animales y otros residuos), realizado la descomposición por microorganismos en presencia de aire (oxígeno y otros gases), lo cual permite obtener como producto el compost, que es un abono excelente para ser utilizado en la agricultura (Infoagro, 2004).

Este tipo de abono, requiere de mucha mano de obra para su elaboración, sobre todo porque hay que voltear múltiples veces durante todo el proceso, que dura aproximadamente 3 meses. De ahí la necesidad de valorar con cuánta mano de obra se cuenta en la familia o en la finca, para poder realizar este tipo de abono. (Picado J. y Añasco A. 2005)

(Vargas, 2015) cita a García (1987), donde indica que el fin principal del proceso de compostaje es reducir los componentes orgánicos complejos, para producir compuestos más sencillos, portadores de elementos disponibles o que gradualmente se vayan haciendo asimilables en el suelo.

3.15.1.1.1. *Parámetros de proceso*

Partiendo de la base que en un proceso de compostaje los responsables de la transformación son los microorganismos, todos aquellos factores que pueden limitar su desarrollo serán limitantes también del propio proceso. Para conseguir que esta transformación se realice en condiciones controladas (aeróbicas y termófilas) hace falta una serie de requisitos, que no son otros que los que necesitan los microorganismos para desarrollarse. (Gomez, 2006)

3.15.1.1.2. *Temperatura*

La temperatura es consecuencia del tipo de proceso y por tanto un indicador de su funcionamiento. El incremento de la actividad biológica genera calor, que es retenido al considerarse el residuo una masa autoaislante, lo que provoca un incremento general de la temperatura. El incremento de la temperatura en la primera parte del compostaje indica la presencia de materiales muy degradables y unas condiciones de trabajo adecuadas, mostrando el desarrollo correcto del proceso. Las moléculas orgánicas contienen energía almacenada en sus enlaces que se libera cuando la molécula se degrada y se transforma en otras más sencillas. Los cambios de temperatura durante la evolución del proceso proporcionan información directa del funcionamiento del mismo. (Gomez, 2006)

El mantenimiento de las temperaturas elevadas asegura la higienización del material pero se pueden presentar problemas de inhibición de la actividad de la mayoría de microorganismos si estas son muy altas. Por lo tanto es necesario conseguir un equilibrio entre la máxima higienización y la biodegradación, se considera que la mayor diversidad microbiana se consigue cuando se superan entre 35 y 40°C, la máxima biodegradación entre 45 y 55 °C, y la higienización cuando se superan los 55°C. (Gomez, 2006)

La temperatura que se alcanza en cada etapa depende de la energía desprendida, de las pérdidas (convección, radiación, conducción) y de la capacidad de almacenar calor (muy relacionada con el calor específico y la conductividad térmica del material), que afecta sobre todo cuando el desprendimiento de energía es bajo. El contenido en humedad y la cantidad de material mineral intervienen en el mantenimiento de la temperatura en las últimas fases del proceso gracias a su elevada capacidad de almacenar calor. (Gomez, 2006)

3.15.1.1.3. Aireación

(Gomez, 2006) Menciona que la aireación es imprescindible, si el proceso tiene que ser aerobio. El contenido en oxígeno del aire en la matriz del residuo no debe situarse nunca por debajo del 5 o 7 %. Los microorganismos consumen oxígeno durante la degradación del material, que tiene que ser repuesto, ya que es fundamental para mantener las condiciones aerobias.

Las funciones básicas de la aireación son las siguientes:

- Suministrar el oxígeno necesario para permitir la actividad de los microorganismos aerobios.
- Favorecer la regulación del exceso de humedad por evaporación.
- Mantener la temperatura adecuada.
- La aireación está muy relacionada con la temperatura, ya que interviene en la generación y en la pérdida de calor de diferentes maneras:

- Incrementa la actividad de los microorganismos, lo que genera un desprendimiento de energía y como consecuencia, un incremento de la temperatura,
- Favorece el enfriamiento al renovar el aire caliente por frío,
- Puede provocar una pérdida excesiva de humedad y frenar el proceso provocando una bajada de la temperatura.

3.15.1.1.4. PH

El pH es un parámetro que condiciona la presencia de microorganismos, ya que los valores externos son perjudiciales para determinar grupos. Para conseguir que al inicio del compostaje la población microbiana sea la más variada posible hay que trabajar a pH cercano a 7. Un pH extremo no es un impedimento para el proceso, pero sí lo es para su cinética, dificultando la puesta en marcha, el tipo de reacciones y la velocidad, si bien con el tiempo aparece una cierta capacidad tampón del residuo causado por la formación de CO₂ y amoníaco. (Picado J. y Añasco A. 2005)

Además de condicionar la vida microbiana, el pH de la evolución del proceso. Así, al inicio, el pH puede disminuir debido a la formación de ácidos libres, pero a lo largo del proceso aumenta por el amoníaco desprendido en la descomposición de las proteínas. Al mismo tiempo, subidas bruscas de pH pueden facilitar la liberación de nitrógeno amoniacal, ya que un pH básico extremo afecta a los equilibrios ácido-base que influyen en la conservación del nitrógeno. Una reducción de pH en algún momento del proceso puede indicar que se han producido condiciones anaerobias. Los microorganismos en ausencia de oxígeno producen ácidos de cadena corta como producto metabólico, acidificando el medio. . (Picado J. y Añasco A. 2005)

3.15.1.1.5. Relación Carbono/ Nitrógeno (C/N)

(Tituaña, 2009) Menciona que es un parámetro que evalúa la calidad de los restos orgánicos de los suelos. El carbono y el nitrógeno son los elementos más importantes para el crecimiento bacteriano. Para proveer cantidades apropiadas de estos elementos la relación C/N debe ser aproximadamente de 30:1, por lo cual los restos orgánicos contienen suficiente nitrógeno para soportar una intensa actividad microbiana.

El equilibrio entre el nitrógeno y el carbono es importante para el desarrollo de los microorganismos presentes durante la descomposición. La cantidad de carbono necesaria debe ser superior a la del nitrógeno ya que los microorganismos lo utilizan como fuente de energía; mientras que el nitrógeno es utilizado en la síntesis de proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos, enzimas y coenzimas necesarias para el crecimiento y funcionalidad de los microorganismos. (Tituaña, 2009)

3.15.1.2. Bocashi

Bocashi, significa fermento suave (no obstante, es un tipo de compost) y se considera provechoso porque sale rápido, utiliza diversos materiales en cantidades adecuadas para obtener un producto equilibrado y se obtiene de un proceso de fermentación. (Picado J. y Añasco A. 2005)

El bocashi es un tipo de abono orgánico, que mejora y reactiva la vida del suelo ya que contiene proteínas, bacterias y hongos benéficos que son aprovechados rápidamente por las plantas. (Restrepo 2001).

(Chalan Barrera, 2009), Determina que el bocashi puede ser utilizado entre 5 y 21 días después del tratamiento (fermentación) este abono puede ser usado en la producción de cultivos, aun cuando la materia orgánica es utilizada como alimento para los microorganismos eficaces y benéficos, los mismos que continuaran descomponiéndola y mejorando la vida del suelo; pero no hay que olvidar que suple nutrientes al cultivo.

3.15.1.3. Gallinaza

Material compuesto por las excretas de las gallinas, residuos de alimentos, plumas, huevos rotos y el material fibroso de la cama con cal. La gallinaza es la principal fuente de nitrógeno en la fabricación de los abonos fermentados. Su principal aporte son el fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro (Mejía y Palencia 2002)

Con respecto a la gallinaza fresca Howar (1999), reporta que es muy agresiva a causa de su elevada concentración de nitrógeno y para mejorar el producto conviene que se compost en montones. Zúñiga (1987), reporta que una de las formas de incorporar

materia orgánica fermentada, transformada y biológicamente dinámica al suelo es el “Compost”, cuyo proceso de elaboración descansa en la actividad microbiana. Menciona (Vargas, 2015).

3.16. Características de los insumos utilizados

3.16.1. Cascara de cacao

La cascara de cacao es un mejorador de las características físico- químicas del suelo, es de color café oscuro a negruzco, granulado cuando se encuentra descompuesto, con alto contenido de potasio (Espejo, 2010).

3.16.2. Aserrín

(Cáceres, 2019). Indica que el aserrín es una mezcla de astillas y polvo grueso que queda después del corte de las maderas.

Tenga en cuenta que el aserrín no se puede aplicar directamente como sustrato en el suelo para las plantas porque las raíces se secan al poco tiempo. El aserrín es considerado un residuo de las empresas procesadoras de la madera como carpinterías, aserraderos, etc., y se lo puede obtener por poco dinero y a veces hasta gratis. Asegura que es un material orgánico.

“Se realizaron estudios para observar el efecto del aserrín como aditivo o mezcla con diferentes suelos con el propósito de mejorar, según el caso, los elementos nutritivos, el agua y el aprovechamiento como sustrato para la producción de plantas”

La profesional destaca que “el aserrín favorece el régimen de agua y contribuye a una mayor disponibilidad de los elementos nutritivos adicionados con otros fertilizantes nitrogenados, especialmente en suelos de texturas arcillosas y arenosas. No obstante, su bajo nivel de nitrógeno y una desfavorable relación carbono/nitrógeno obliga a un suministro elevado de este elemento”.

3.16.3. Cascarilla de arroz

Mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, absorción de humedad y el filtraje de nutrientes. Beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas. Es una fuente rica en sílice, lo que favorece a los vegetales para darle una mayor resistencia contra insectos y microorganismos. A largo plazo, se convierte en una constante fuente de humus. En la forma de cascarilla carbonizada, aporta principalmente fósforo y potasio, al mismo tiempo que ayuda a corregir la acidez de los suelos. (Restrepo 2001)

3.16.4. Kudzu.

(Arias Azurdia, 2002) El kudzu tropical, es una de las leguminosa herbácea perenne, vigorosa, voluble y trepadora. Sus tallos principales tienen alrededor de 0,6 m de diámetro y pueden alcanzar hasta 6 m de largo. Las hojas son largas y trifoliadas y nacen sobre peciolo de 5 a 10 cm de longitud, cubiertas con pubescencias extenuantes curvas, pubescentes de 8 a 10 cm de largo con 10 a 20 semillas. Estas son oblongas de canto rodado, color marrón a marrón oscuro de 3mm de largo. El sistema radicular es profundo y vigoroso.

Las hojas de kudzu presentan un alto valor nutritivo, de 21,3 % de proteína bruta, 28,2% de fibra bruta, 3,7% de extracto etéreo, 1,25 % de Ca y 0,32 % de P.

3.16.5. La ortiga

(Porcuna, 2010) La ortiga (*Urtica urens*, *U. dioica*) pertenece a la familia de las Urticáceas, nombre de una familia de plantas con presencia en zonas templadas y tropicales. Los tallos y las hojas suelen estar armados de pelos huecos o tricomas llenos de un líquido urticante que contiene ácidos orgánicos, histamina acetilcolina; estos pelos terminados en glándulas, son muy quebradizos y, cuando se rompen, inyectan en la piel el líquido que contienen, induciendo una sensación de ardor.

Estos beneficios los cuenta gracias a su composición química que consta de fosfatos, silicio, magnesio, calcio, hierro, betacaroteno, vitamina A, B2, B9 (ácido fólico) C, E y vitamina K. (Vacaro, 2013)

3.16.6. La leche

(Picado & Añasco, 2005). Tiene la función de reavivar el biopreparado de la misma forma que lo hace la melaza; aporta vitaminas, proteínas, grasa y aminoácidos para la formación de otros compuestos orgánicos que se generan durante el periodo de la fermentación del biofertilizante, al mismo tiempo permite la reproducción de la microbiología de la fermentación

3.16.7. Levadura

Las levaduras son organismos celulares de forma esférica, elíptica o cilíndrica. Producen sustancias bioactivas tales como hormonas y enzimas que promueven la división celular y el crecimiento radicular (Picado & Añasco, 2005).

Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para otros microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomicetos (bacterias que ayudan a descomponer la materia orgánica transformándola en humus, liberando nutrientes). Las levaduras normalmente predominan en hábitats con abundante azúcar, tales como frutas, flores, e incluso corteza de los árboles, algunas especies se emplean en todas partes del mundo para la elaboración del pan y la producción de bebidas alcohólicas. Por fermentación, pues segregan enzimas que convierten los azúcares en alcohol y CO₂ (MAGUIÑA, 2010) citado por (ECORGANICAS MEDELLÍN, 2007).

3.16.8. Ceniza

Proveen altas cantidades de potasio, esta puede ser obtenida de los fogones o estufas caseras que funcionan con leña. (Picado & Añasco, 2005)

3.16.9. Cal

Se emplea como enmienda para neutralizar la acidez de los estiércoles y materiales verdes que se usan y constituye una fuente de calcio y magnesio. (Picado & Añasco, 2005)

3.16.10. Tierra común

(Espejo, 2010), menciona que, en muchos casos, ocupa hasta una tercera parte del volumen total del abono que se desea elaborar. Entre otros aportes, tiene la función de darle una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad; con su volumen, aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbológica de los abonos y consecuentemente, lograr una buena fermentación.

3.16.11. El agua

Tiene la propiedad de homogenizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono, propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbológica durante todo el proceso de fermentación cuando se están fabricando los abonos orgánicos. (Restrepo 2001)

Tanto la falta de humedad como su exceso, son perjudiciales para la obtención final de un buen abono orgánico fermentado. La humedad ideal se va logrando gradualmente en la medida que se incrementa el agua a la mezcla de los ingredientes: la forma más práctica de ir probando la humedad, es a través de la prueba de puñado, la cual consiste en tomar con la mano una cantidad de la mezcla y apretarla, de la cual no debería salir gotas de agua entre los dedos y si deberá formar un terrón quebradizo en la mano. (Restrepo 2001)

3.17. Vivero

Lutheran World Relief. 2013, menciona que el vivero es el sitio donde se garantizan las condiciones de suelo y clima para el desarrollo adecuado de las plantas de cacao, ya sea por la reproducción por semillas o por injerto. La planta que recibe los cuidados

necesarios en este periodo tiene mayor posibilidad de sobrevivir después de trasplante y desarrolla mejor ya que en el vivero:

- Se garantiza la germinación de las semillas.
- Hay mayor cuidado y protección de las plantitas
- Se logra un desarrollo más vigoroso y uniforme de las plantitas en poco tiempo
- Se controlan con mayor facilidad las plagas y enfermedades

Es un área o superficie de terreno con infraestructura para la multiplicación adecuada de plantas de cacao y otras especies forestales; su objetivo es asegurar que los plantines tengan un desarrollo inicial óptimo, para que cuando las plantas salgan del vivero, deben tener buenas raíces, tallo recto y fuerte, hojas desarrolladas y sobre todo deben ser plantas sanas con suficiente energía para sobrevivir en el terreno definitivo. (Flores, R. Y Aranibar, H 2007)

3.17.1. Establecimiento de viveros

(Ministerio de agricultura Peru, 2012) Menciona que el éxito de plantaciones establecidas en campo definitivo, depende en gran parte del empleo de plantones de calidad, caracterizados por ser sanos y vigorosos. Estas caracterizados por ser sanos y vigorosos. Estas características se obtienen desde la selección de plantas madre, granos, varas yemas y el manejo que se les brinda en el vivero.

La planificación para la instalación de viveros deberá planificarse coincidiendo con la disponibilidad de semilla y tomando en consideración la fecha probable de siembra a campo definitivo, coincidiendo con el inicio del periodo de lluvias, en especial en zonas de secano. (Ministerio de agricultura Peru, 2012)

3.17.2 Ubicación del vivero

Según (INEA, 2013)

- Debe estar próximo al terreno de la siembra definitiva y orientado en sentido este - oeste.

- Debe establecerse cerca de una fuente de agua permanente para asegurar y facilitar el riego.
- Debe ubicarse preferiblemente en un terreno con buen drenaje.
- Debe estar protegido para evitar posibles daños por animales que ingresen al área.
- Debe ubicarse a una distancia de por lo menos 300 metros de una plantación establecida con cacao para evitar la transmisión de plagas y enfermedades.

(INEA, 2013) Hace referencia que el tamaño del vivero estará de acuerdo al número de plantas a sembrar. En áreas grandes conviene hacer varios viveros y distribuirlos para facilitar el traslado de plantas.

El terreno seleccionado para su construcción debe ser plano o con una pendiente suave (menor a 2%). Conviene construir pequeñas zanjas de drenaje y colocar piedra picada en el fondo de las eras (donde van las bolsas) para evitar aguachina miento.

➤ **Protección**

Debe estar protegido contra vientos fuertes y cercado para evitar el daño por animales domésticos.

➤ **Sombra**

Debe proporcionar 75 % de sombra a las plantas de cacao.

➤ **Riego**

Contar con un sistema de riego apropiado, según el tipo de vivero a instalar (mangueras con pistolas nebulizadoras, aspersores tipo sombrilla con elevadores de 1 metro de alto, otros).

4. LOCALIZACIÓN

El presente estudio se realizó con el apoyo de la Fundación PIAF- EL CEIBO en el Centro de Experimentación de Producción de cacao (Vivero de cacao), localizada en la población de Sapecho, perteneciente al municipio de Palos Blancos, de la provincia Sud Yungas del departamento de La Paz.

4.1. Ubicación geográfica.

La Localidad de Sapecho, está ubicado en el Municipio de Palos Blancos, de la provincia Sud Yungas del departamento de La Paz, con las coordenadas de 15°32'54.4" Latitud Sur y 67°19'47.8" Longitud Oeste a una altitud de 450 m.s.n.m. y a una distancia de 229 Km. De la ciudad de La Paz, sede de gobierno. (EL CEIBO-USAID, 2007).

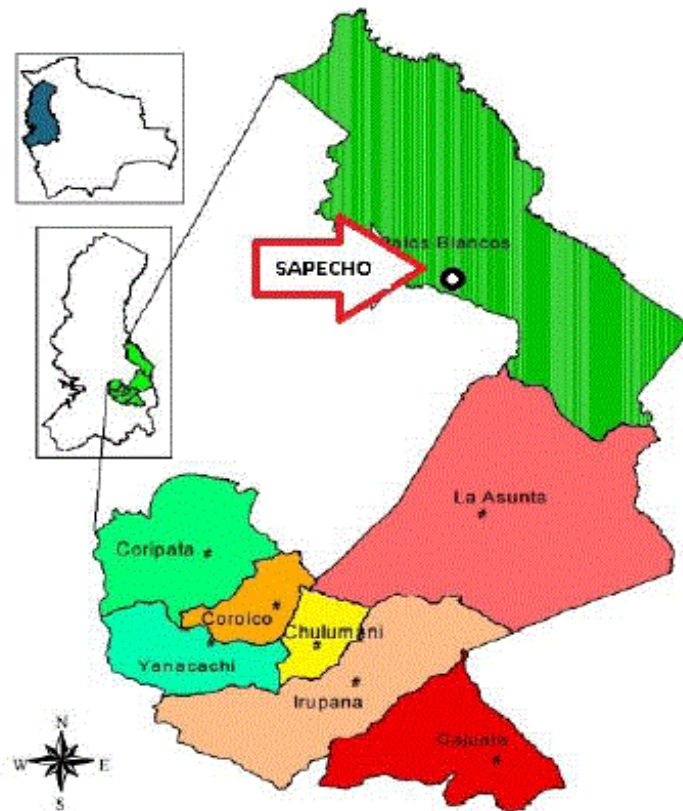


Figura 1: Ubicación de Sapecho en la región de Alto Beni, La Paz

Fuente: Atlas Digital de Bolivia, 2009

4.2. Características ecológicas.

4.2.1. Clima

De acuerdo a los datos obtenidos de la Estación meteorológica de Santa Ana, las características climáticas generales en Palos Blancos son las siguientes: Temperatura Máxima Media 32,59°C, Temperatura Mínima Media 21,19°C, teniendo una temperatura media de 26,86°C, una Precipitación anual promedio de 1500mm y una Humedad Relativa anual promedio de 84,85% (Arana, 2016 y SENAMHI, 2015)

4.2.2. Suelos

De acuerdo a estudios realizados por el Proyecto; Capacidad de Uso Mayor de la Tierra Alto Beni (CUMAT 1985), se clasifica a los suelos del área en un mayor porcentaje pertenecientes a la clase I, suelos aptos para la actividad agrícola. Sin embargo, en el espacio perteneciente a la cuarta sección, la topografía tiene una variación constante, dentro el mismo las características de los suelos también son cambiantes. (Plan de Desarrollo Municipal de Palos Blancos, 2008-2012)

Según Limachi (2005) y Cusi (2012), los suelos de este sector son de terrazas y llanuras aluviales, profundos, de textura media, pH ligeramente ácido a ligeramente alcalino, no son pedregosos en el área de cultivo con excepción de las terrazas, estos últimos poco pedregosos con buen drenaje y materia orgánica muy fértiles, por lo que constituye los mejores suelos de la región.

4.2.3. Fauna

Existe una importante variedad de fauna silvestre como: chanco de monte, jochi pintado, anta, tejón, tigre, puma y tigrecillo. Entre los recursos forestales destacan el cuchi, cedrillo, mará, tajibo, cedro, nogal que son aprovechados por empresarios madereros sin planes de manejo adecuados. (Plan de Desarrollo Municipal de Palos Blancos, 2008-2012)

4.2.4. Flora

Los bosques están conformados por una diversidad de especies del tipo herbáceas, arbustos y arbóreas. Este aspecto permite a los comunarios realizar el uso y aprovechamiento de especies maderables y no maderables. Sin embargo la explotación desmedida y no planificada ha ocasionado la reducción abrupta de especies valiosas, llegando a espacios de la TCO, tierras fiscales, reservas comunales y familiares. (Plan de Desarrollo Municipal de Palos Blancos, 2008-2012)

Según Limachi (2005) y (Cusi, 2012), mencionan que el Alto Beni, puede considerarse como mosaico o conjunto de ecosistemas contiguos. La vegetación corresponde a bosque húmedo subtropical, parecidos a los bosques amazónicos siempre verdes con especies que van formando varios estratos. El sotobosque es ralo florísticamente, este tipo de bosque es una zona de transición entre bosque montañoso y bosque amazónico.

4.2.5. Actividades agrícolas

La agricultura como una de las principales actividades locales, requiere de la intervención de bosques para la habilitación de espacios cultivables. La práctica del chaqueo es la forma tradicional de habilitar los terrenos para siembra y plantación de cultivos de interés.

Las principales actividades económicas de la población son agrícolas, crianza de ganado y explotación de madera. Cultivan arroz, maíz, frijol, yuca, waluza, tomate, zapallo, hortalizas, pina, plátano, cacao, cítricos, café, papaya, sandía, etc., producción que es destinada la comercialización y al consumo doméstico. (Plan de Desarrollo Municipal de Palos Blancos, 2008-2012)

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material Biológico

Para el pie de injerto se utilizó el germoplasma foráneo ICS-6 que es:

- Mazorca madura amarilla
- Autocompatible (Ac).
- Florece muy poco, todos resultan frutos
- Es muy bueno en producción pero tarda en iniciar su producción.
- Mazorcas y pepas de buen tamaño
- No. de semillas por fruto promedio 34.7
- Índice de semilla seca 1.61 gr.
- Índice de mazorca 8.5
- Rendimiento promedio 813.75 kg/ha



Figura 2: Mazorca foránea (ICS-6)

Fuente: PIAF- EL CEIBO 2015

5.1.2. Material de campo

Herramientas que se utilizaron en la investigación

- ✓ Palas
- ✓ Bolsas plásticas 13 x 26 cm
- ✓ Picotas
- ✓ Azadón
- ✓ Perforadora
- ✓ Nilón plástico 3m
- ✓ Machete
- ✓ Carretillas
- ✓ Sacos
- ✓ Planilla de registro
- ✓ Vernier
- ✓ Flexómetro
- ✓ Regla de 30 cm.
- ✓ Balanza analítica

5.1.3. Material de escritorio

- ✓ Computadora
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Material de escritorio
- ✓ Calculadora

5.1.4. Insumos utilizados para la elaboración de abonos

- ✓ Levadura
- ✓ Leche líquida
- ✓ Jugo de cacao
- ✓ cal

5.2. Metodología.

5.2.1. Procedimiento experimental

5.2.1.1 Delimitación del área de estudio

La ubicación del área de estudio e instalación de las muestras se realizó en el vivero experimental del PIAF-EL CEIBO, presenta una superficie plana con facilidad de drenaje, posee acceso a una fuente de agua, exhibe una sombra artificial del 70% (Saranda), aislado de plantas viejas del vivero para evitar el contagio de plagas y enfermedades.



Figura 3: Ubicación del área de estudio

5.2.1.2. Preparación del bocashi

El abono bocashi se realizó de la siguiente manera:

1ro. Se recolecto los materiales como para la elaboración del bocashi:

Cuadro 2 Insumos para la preparación

INGREDIENTES	CANTIDAD
Tierra del lugar	2 carretillas
Aserrín	3 carretillas
Gallinaza	3 carretillas
Leche	1 litros
Jugo de cacao	15 litros
Levadura	80 gramos
Cal	lo necesario

2do. Se procedió al preparado:

Antes se ubicó un área en buenas condiciones, donde se mesclo los insumos adquiridos, la tierra del lugar, el aserrín y la gallinaza. También se agregó la preparación del jugo de cacao, la leche y la levadura, pero antes la levadura se realizó

una reacción con agua tibia más o menos de un litro. Poco a poco a medida que se va mezclando el preparado se incorpora la cal solo lo necesario.

3ro. Mantenimiento de la mezcla

Se dejó reposar por 3 semanas, tapando con un nylon de plástico esto ayude a la descomposición del compost y también para proteger de las lluvias, del exceso rayos del sol y animales perjudiciales. También se realizó una forma práctica de controlar la temperatura y la humedad con la ayuda del machete. La mezcla se volteó la primera semana 2 veces y las siguientes solo una vez hasta que estuvo listo.

5.2.1.3. Preparación del Compost vegetal

1ro. El abono del compost vegetal, se elaboró de la siguiente manera:

Cuadro 3. Insumos para la preparación

INGREDIENTES	CANTIDAD
Tierra del lugar	3 carretillas
Aserrín	3 carretillas
Estiércol vacuno	2 bandejas
Kutzú	96 kg
pseudo tallo de plátano	120 kg
Itapallo (ortiga)	140 kg
Leche	1 litros
Jugo de cacao	15 litros
Levadura	80 gramos
Cal	lo necesario

2do. Se procedió al preparado de la siguiente manera:

teniendo todos los insumos recolectados, mediante el picado con machete se redujo el tamaño del kutzú, el itapallo (ortiga) y el pseudo tallo del plátano, posteriormente se ubicó en el lugar donde se acomodó por capas también se incorporó aserrín, estiércol vacuno y tierra del lugar para ayudar en la descomposición del compost, se agregó también los insumos como: el jugo de cacao para el proceso de fermentación, leche, levadura (después de su reacción con agua tibia) y finalmente cal lo necesario.

3ro. Mantenimiento de la mezcla

Se tapó con nylon de 5 m. de largo para que ningún espacio quede descubierto y esto ayude a la descomposición del compost y también para proteger de las lluvias, del exceso rayos del sol y animales perjudiciales. También se realizó una forma práctica de controlar la temperatura y la humedad con la ayuda del machete y con la mano. La mezcla se volteó una vez por semana hasta que estuvo listo.

5.2.1.4. Preparación del Compost con cascara de mazorcas de cacao

1ro. El abono del compost con cascara de mazorcas de cacao se elaboró de la siguiente manera:

Cuadro 4. Insumos para la preparación del compost con cascara de mazorcas de cacao

INGREDIENTES	CANTIDAD
Tierra del lugar	3 carretillas
Aserrín	3 carretillas
Gallinaza	2 sacos
Cascaras de cacao	250 kg
Leche	1 litros
Jugo de cacao	15 litros
Levadura	80 gramos
Cal	lo necesario

2do. Se procedió al preparado de la siguiente manera.

Se procedió al picado con la ayuda del machete todas las cascaras de cacao recolectada antes de su descomposición luego se procedió al pesado, posteriormente se realizó una mezcla juntamente con la gallinaza, aserrín y tierra del lugar. Luego se incorporó jugo de cacao en proceso de fermentación, la leche, y la levadura después de realizarle una reacción con agua tibia. Finalmente se incorporó cal a medida que se estuvo mezclando el preparado.

3ro. Mantenimiento de la mezcla

Se dejó reposar tapando con un nylon de plástico esto ayude a la descomposición del compost y también para proteger de las lluvias, del exceso rayos del sol y animales perjudiciales. También se realizó una forma práctica de controlar la temperatura y la humedad con la ayuda del machete y con la mano. La mezcla se volteó una vez por semana hasta que estuvo listo.

5.2.1.5. Preparación de cascarilla de arroz pre quemado

1ro. El abono con cascarilla de arroz pre quemado se elaboró de la siguiente manera:

Cuadro 5. Insumo para la preparación de cascarilla de arroz pre quemado

INGREDIENTES	CANTIDAD
cascarilla de arroz	5 quintales

2do. Se procedió al preparado de la siguiente manera

Todas las bolsas de cascarilla de arroz, se pesaron con la ayuda de una romana, posteriormente se procedió al pre quemado para su utilización, también se utilizó las cenizas del restante de la quema para que aumente la calidad del sustrato.

5.2.5.6. Embolsado de los sustratos

Se realizó la perforación de bolsitas para tener un buen drenaje y la mantención de los sustratos en las bolsas. Las dimensiones de las bolsas que se utilizó son de 13 x 26 cm, con un grosor de 40 micrones.

También se realizó el cernido, para homogenización el sustrato (compost +tierra del lugar), eliminando raíces, palos terrones, piedras, hojarasca, etc., que puedan obstaculizar y dañar la buena formación y desarrollo de las raíces de los plantines de

cacao. Para este proceso se utilizó una zaranda. Finalmente se procedió al embolsado de los sustratos por tratamientos.



Figura 4. Cernido de los sustratos



Figura 5. embolsado de los sustratos

5.2.5.7. Enfilado de las macetas

El enfilado se realizó en filas de tres macetas por tratamiento esto porque solo se requiere evaluar el pie de injerto y una distancia de pasillo principal a 50 cm. y el pasillo secundario de 20 cm. Esto facilito el manejo y la toma de datos de las muestras.



Figura 6: Enfilado de las macetas

5.2.5.8. Tratamiento pre- germinativo de la semilla

Se acopio las mazorcas de ICS-6, de las zonas adyacentes del lugar, previniendo siempre recolectar mazorcas enfermas.

a) Quitado del mucilago: se realizó al corte de las mazorcas con la ayuda del machete, para luego colocar todas las semillas sobre una bandeja y con abundante agua se procedió al lavado quitando todo el mucilago que rodeaba la semilla.

b) Pre germinación: una vez quitado el mucilago se procedió a mezclarlos con abundante aserrín húmedo que facilito a permanecer húmedo a las semillas y así facilitar la germinación, luego se acomodó en la germinadora bien protegida de los factores climáticos, plagas y otros. A los 4 días se observó las semillas germinadas al 97% del total



Figura 7: Germinación de las semillas

5.2.1.9. Siembra o repique

La siembra o repique de las semillas se realizó después de 4 días, que se pusieron a la germinadora, colocando siempre al centro de la bolsa con sustrato para que su desarrollo sea eficiente.



Figura 8: Siembra de las semillas germinadas

5.2.1.10. Labores culturales

a) Destestado de los plantines:

Después de la siembra se esperó 11 días para realizar el destestado, pero antes se realizó un riego ligero esto con la finalidad de hacer más fácil el sacado de la testa de manera manual.

b) Control sanitario:

Se realizó solo una vez en todo el periodo solo se aplicó azufre de 25 gr por 20 litros de agua para controlar las enfermedades fungosas. El control manual se realizó constantemente (quitando las hojas enfermas) se eliminó con la ayuda de una tijera de podar o navaja, realizando cortes del área afectada, el control de las malezas y limpieza de los pasillos se realizó 4 veces después del repique de las semillas.



Figura 9: Control de plagas y enfermedades

c) Riego

El riego, se realizó de manera diaria, hasta que tuvieron una formación adecuada, después se efectuó el riego cada dos días y finalmente solo a requerimiento.

5.2.1.11. Toma de datos

La toma de datos de la planta se realizó cada 15 días después de la siembra. Se midió la altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar de las hojas, volumen de la raíz y peso seco y húmedo de la raíz. Para esto se utilizó el vernier, flexómetro, regla de 30 cm. y balanza analítica.



Figura 10: Material de toma de datos

Se realizaron 6 registros de datos durante 3 meses, las fechas fueron:

- | | |
|---------------|-------------------|
| ✓ 29 de junio | ✓ 11 de agosto |
| ✓ 9 de julio | ✓ 24 de agosto |
| ✓ 24 de julio | ✓ 9 de septiembre |

5.2.2. Análisis Químico de los sustratos

El análisis químico del sustrato se llevó al instituto de ecología Laboratorio de calidad Ambiental y posteriormente se analizaron los resultados.

5.2.3. Sistematización

La sistematización de los datos obtenidos se realizó una vez terminado con todos los datos obtenidos en campo.

Para el procesamiento de la información se utilizó el programa estadístico INFOSTAT. Se realizó el Análisis de Varianza (ANVA) y de las fuentes de variación que resultaron significativas, se realizaron pruebas de comparación de Medias (Duncan 5%), (INFOSTAT, 2016).

5.2.4. Diseño Experimental

El presente trabajo de investigación se estableció en base a un diseño completamente al azar. En función al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_k + EE_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta cualquiera, sujeta al efecto de la i-esimo tratamiento en la j-esima unidad experimental.

μ = promedio general del experimento.

α_k = efecto del i-esimo tratamiento.

EE_{ijk} = efecto aleatorio del error experimental.

5.2.5. Descripción de los tratamientos

Se presenta a continuación las características del diseño experimental del estudio:

- Tratamiento = 4
- Repeticiones = 3
- Número de plantas por tratamientos = 318
- Unidades experimentales por tratamiento = 30
- Número de plantas totales evaluadas = 120
- Número total de plantas = 1,272

TRATAMIENTO 1	
Descripción	T1 (%)
Tierra del lugar	69%
Compost vegetal (Ortiga, Kutsu y seudotallo de plátano)	31%
Total tratamiento 1	100%

TRATAMIENTO 2	
Descripción	T2 (%)
Tierra del lugar	69%
Compost de cascara de mazorca de cacao	31%
Total tratamiento 2	100%

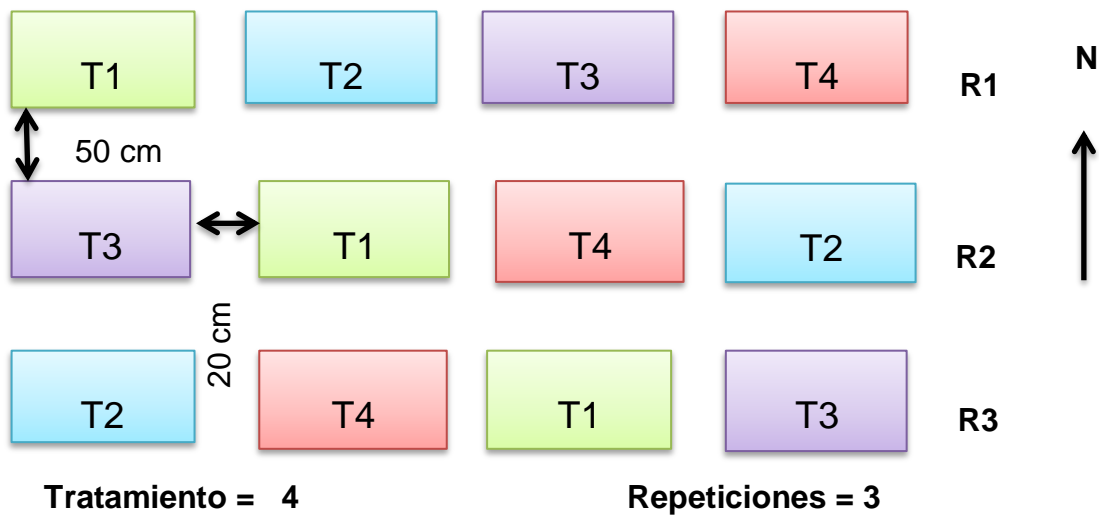
TRATAMIENTO 3	
Descripción	T3 (%)
Tierra del lugar	69%
Cascarilla de arroz pre quemado y ceniza	31%
Total tratamiento 3	100%

TRATAMIENTO 4	
Descripción	T4 (%)
Tierra del lugar	69%
Bocashi	31%
Total tratamiento 4	100%

5.2.6. Características del experimento

- ✓ Área total del estudio = 19 m^2
- ✓ Largo de las filas = 10 m
- ✓ Distancia del pasillo principal = 0,5 m
- ✓ Distancia del pasillo secundario = 0.2 m

5.2.7. Croquis del experimento



5.2.8. Variables de respuesta

Durante el periodo del crecimiento de la planta se obtuvo la lectura de las siguientes variables:

5.2.8.1. Altura de planta

Se realizó la medición de la altura de la planta cada 15 días, la altura al cotiledón a partir de la base del cuello de la raíz hasta el cotiledón, para esto se utilizó el

Flexómetro y la planilla de registro para luego tabular los datos obtenidos, durante los 3 meses se realizaron 6 mediciones.

5.2.8.2. Diámetro del tallo

Para la medición del diámetro del tallo se utilizó el vernier que facilitó en la obtención de los datos, también se midió cada 15 días, durante los 3 meses se realizaron 6 mediciones, también se utilizó las planillas de registro.

5.2.8.3. Numero de hojas

Se realizó el conteo de los números de hojas por planta, se contó las hojas tiernas y las maduras, para esto no se necesitaron ningún material, solo las planillas de registro. Durante los 3 meses se realizaron cada 15 días.

5.2.8.4. Longitud de la raíz principal

Con la ayuda de una traza línea (regla) se midieron la longitud de la raíz, para esto se procedió a extraer la planta de la maceta para luego medir desde el cuello de la raíz hasta la punta de la raíz principal, se utilizó también las planillas de registro.

5.2.8.5. Análisis económico

Para el análisis económico se ha establecido tomando en cuenta la metodología descrita por (Perrin Et, Al. 1983), definiendo el costo parcial considerado durante la ejecución del presente trabajo.

Respecto a la determinación de los costos fijos se consideraron los gastos en herramientas utilizadas, y costos variables fueron insumos para la elaboración de compost, compra de material vegetal, establecimiento de vivero y labores culturales.

Para el análisis de los resultados se realizó la relación de beneficio/costo, que permite determinar de manera explícita cual es el valor de los beneficios, cual es el valor de los costos y los compara a través del cociente resultante y establece la rentabilidad del proyecto permitiendo tomar decisiones de inversión.

Para determinar el beneficio costo se tiene la siguiente fórmula:

Relación de $B/C > 1$ el agricultor tiene ingresos.

Relación de $B/C = 1$ no gana ni pierde.

Relación de $B/C < 1$ pierde el agricultor.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta el análisis físico y químico de los resultados obtenidos de las muestras llevadas a laboratorio de suelos.

6.1. Análisis físico de los sustratos orgánicos

Cuadro 6. Determinación de diferentes tipos de textura según, clasificación del USDA

		TIPO DE TERRENO		
		LIGERO	MEDIO	FUERTE
TEXTURA	Arenosa	Arenosa-Franca	Franco-Arenosa	Franco-Arcillosa
			Franco-Arcillo-Arenosa	Franco-Arcillo-Limosa
			Franco-Limosa	Arcillo-Limosa
			Franca	Arcillosa
			Limosa	Arcillo-Arenosa

Esta propiedad influye en la fertilidad de suelos como: en la aireación, capacidad de retención de agua y en la capacidad de retención de los nutrientes. (Martines, 2014), también menciona que los terrenos medios presentan propiedades intermedias entre los ligeros y los fuertes y son lo más adecuado para el desarrollo de los cultivos.

Cuadro 7. Clasificación textural de los sustratos

PARAMETRO	Tierra del lugar + compost vegetal T-1	Tierra del lugar + compost de cascara de mazorca de cacao T-2	Tierra del lugar + cascarilla de arroz pre quemado y ceniza T-3	Tierra del lugar+ Bocashi T-4
Clase textural	Franco	franco arcilloso	franco arcilloso arenoso	franco arcilloso

Según el cuadro y la clasificación anterior, la clase textural de los diferentes sustratos pertenecen a medios: el T3 y T1 y entre los fuertes: el T2 y T4.

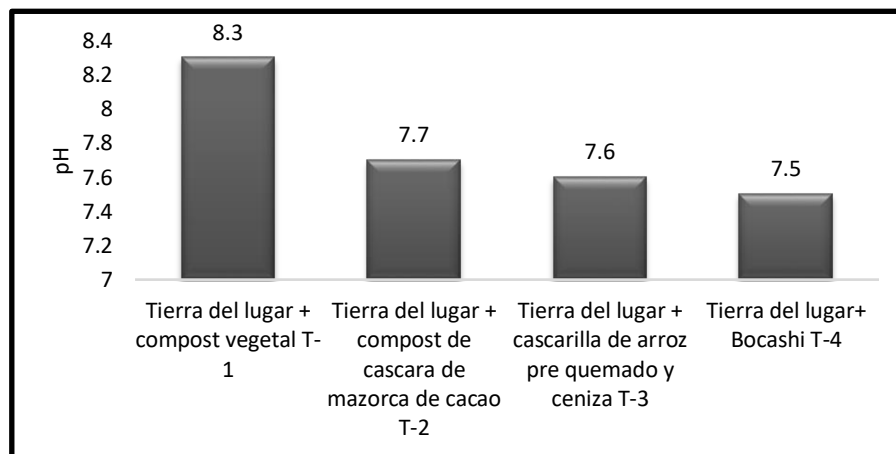
6.2. Análisis químico de los sustratos orgánicos

6.2.1. Potencial de hidrogeniones (pH)

Cuadro 8. Clasificación en cuanto al valor de pH de acuerdo a la NOM-021SEMARNAT-RECNAT (2000)

Clasificación	pH
Fuertemente ácidos	< 5.0
Moderadamente ácidos	5.1 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Medianamente alcalino	7.4 - 8.5
Fuertemente alcalino	> 8.5

Gráfico 1: Comportamiento del pH en los diferentes tratamientos



Analizando el gráfico N°1, se observa que los resultados encontrados con respecto al pH, muestran al T-1 con un pH de 8.3, T2- con 7.7, T3- 7.6 y T4 con 7.5, todos los sustratos medianamente alcalinos, esto se puede explicar debido a que la adición de materia orgánica a los sustratos de los tratamientos, donde los tratamientos que más destacan son el T2, T3 Y T4, ya que su pH se encuentra muy cercano al neutro, fundamental para el establecimiento de plantas en vivero.

Cabe destacar que el pH es una de las variables más importantes en los suelos agrícolas, pues afecta directamente a la absorción de los nutrientes del suelo por las plantas, así como a la resolución de muchos procesos químicos que en él se producen.

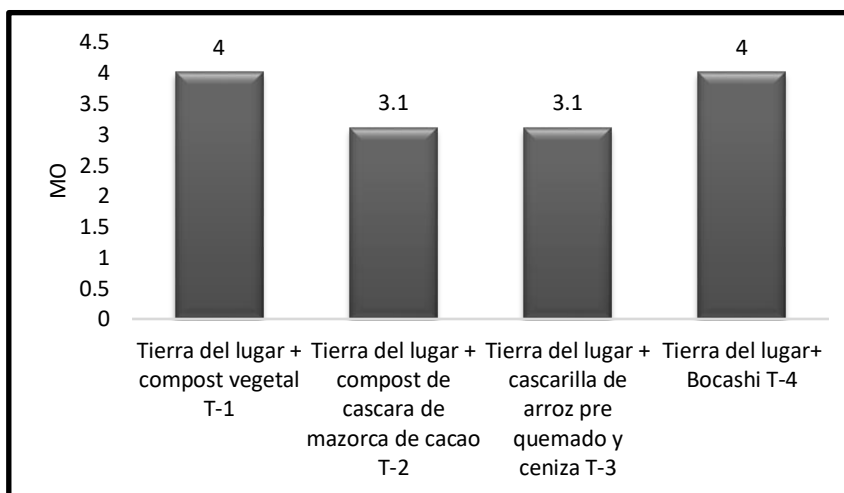
En general, el pH óptimo de estos suelos debe variar entre 6,5 y 7,0 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad (García y García, 2013), ya que se trata del rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables, y, por tanto, donde mejor se aportarán la mayoría de los cultivos. Para el caso específico del cacao, Leiva (2012), indica que el pH debe estar en el rango de 6.0 a 7.5 en la capa superficial, sin ser excesivamente ácido (pH menor a 4.0) o alcalino (pH mayor a 8.0), hasta una profundidad de un metro.

6.2.2. Materia Orgánica (MO)

Cuadro 9. Clasificación de los suelos con respecto a su porcentaje de materia orgánica (NOM021-SEMARNAT RECNAT 2001)

CLASIFICACION	Suelos Volcánicos	Suelos no volcánicos
Muy bajo	< 4.0	< 0.5
Bajo	4.1 -6.0	0.6 - 1.5
Medio	6.1 - 10.9	1.6 -3.5
Alto	11.0 - 16.0	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 16.1	> 6.0

Gráfico 2. Contenido de materia orgánica de los tratamientos



En el gráfico N°2, se observa el contenido de materia orgánica en los diferentes tratamientos, donde el T1 y T4 presentan un 4% de MO, seguido de los tratamientos T2 y T3 que presentan 3.1 % de MO, clasificándose como altos en contenido de materia

orgánica los tratamientos T1 y T4 y como medio en el contenido de materia orgánica los tratamientos T2 y T3.

La materia orgánica es precursora del humus, el cual tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso. Cuando se refiere al efecto sobre las propiedades químicas del suelo, los autores mencionan que aumenta la capacidad de cambio del suelo, la reserva de nutrientes para la vida vegetal y la capacidad tampón del suelo favorece la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas. Y en cuanto a su efecto sobre las propiedades biológicas, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado. Estos efectos de la materia orgánica también han sido sugeridos por otros autores (Yáñez y Fahureguy, 2012).

Cabe destacar que Condori (2019), señala que los ácidos húmicos y fúlvicos presentes en la materia orgánica tienen un efecto positivo sobre muchas funciones de la planta, con un efecto estimulante de los ácidos húmicos y los fulvoácidos en la formación de raíces al acelerar la diferenciación del punto de crecimiento, siendo ricos en nutrientes como el C, Ca, Mg, Mn, Cu y Zn.

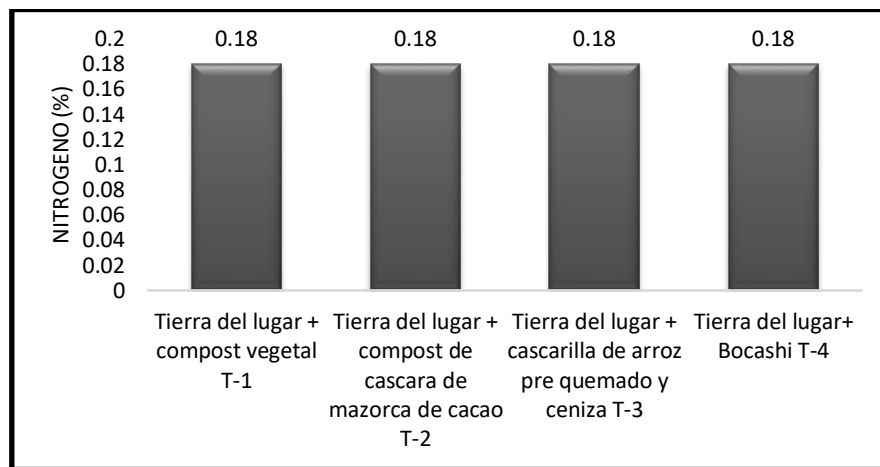
Específicamente para el caso del cacao Leiva (2012), indica que la materia orgánica incrementa la habilidad del suelo para retener nutrientes y disminuir la compactación con la descomposición de la materia orgánica, se produce la liberación de N y S, como única abastecedora natural de ambos nutrientes, además de su importante contribución de fósforo al suelo y a la formación de agregados que mejoran la estructura del suelo, ya que promueve la micro fauna y micro flora que habita el suelo.

6.2.3. Nitrógeno

Cuadro 10. Criterios para evaluar el suelo con base en su contenido de N total (NOM021-SEMARNAT REC NAT 2001)

CLASIFICACION	N Total %
Muy bajo	< 0.05
Bajo	0.05 - 0.10
Medio	0.10 - 0.15
Alto	0.15 – 0.25
Muy Alto	> 0.25

Gráfico 3. Contenido de N total en los tratamientos



Analizando el gráfico N°3, no se observan variaciones entre los tratamientos, ya que todos los tratamientos presentan un valor de 0.18%, clasificándolos como altos en contenido de nitrógeno, es decir que los sustratos implementados aportan significativamente este nutriente a los plantines de cacao.

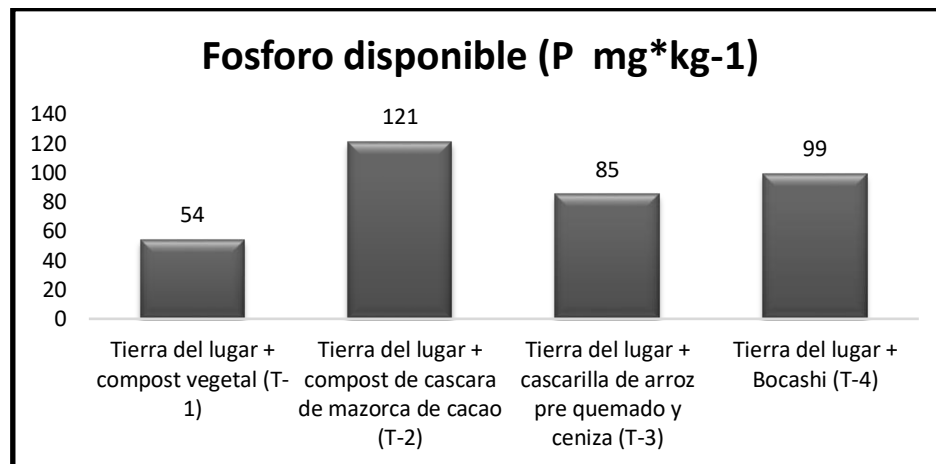
Al respecto LLiuya, (2015), determinó que el nitrógeno (N), fósforo (P) y el potasio (K) juegan un papel importante para el crecimiento de las plántulas de cacao durante el primer mes después de aplicarse ya que es uno de los elementos esenciales más importantes para la planta, porque constituye un factor limitante en el rendimiento debido a que existe en el suelo en muy pequeñas cantidades en forma mineral, que es la forma como asimila la planta.

6.2.4. Fosforo disponible

Cuadro 11. Criterios para evaluar el suelo con base en su contenido de Fosforo disponible (Moreno, 1978) (NOM021-SEMARNAT REC NAT 2001)

CLASIFICACION	mg/kg de P
Bajo	< 15
Medio	15 -30
Alto	> 30

Gráfico 4. Contenido de Fosforo disponible en los tratamientos



En el gráfico N°4, se observa el contenido de fosforo disponible en los sustratos de los diferentes tratamientos, donde el nivel más bajo de fosforo disponible lo presenta el T1 con 54 mg/kg de P, seguido del T3 con 85 mg/kg de P, el T4 con 99 mg/kg de P y el T2 con 121 mg/kg de P, que representa el tratamiento con mayor contenido de fosforo disponible. Al respecto analizando la escala de valoración, todos los tratamientos se encuentran valorados como altos en contenido de fosforo disponible, pero destacan el tratamiento T2 y el T4 con los valores mayores.

Al respecto investigaciones en cacao muestran una mayor respuesta de la planta a la aplicación de fosforo, donde es importante resaltar que la eficiencia agronómica de este nutriente, juega un papel importante el desarrollo del sistema radical (Puentes et.al., 2014). Es importante mencionar que dentro de las funciones principales del fosforo es que interviene en el metabolismo de las plantas e interviene positivamente en el desarrollo de la planta acumulándose en los tejidos meristemáticos y en el brotamiento

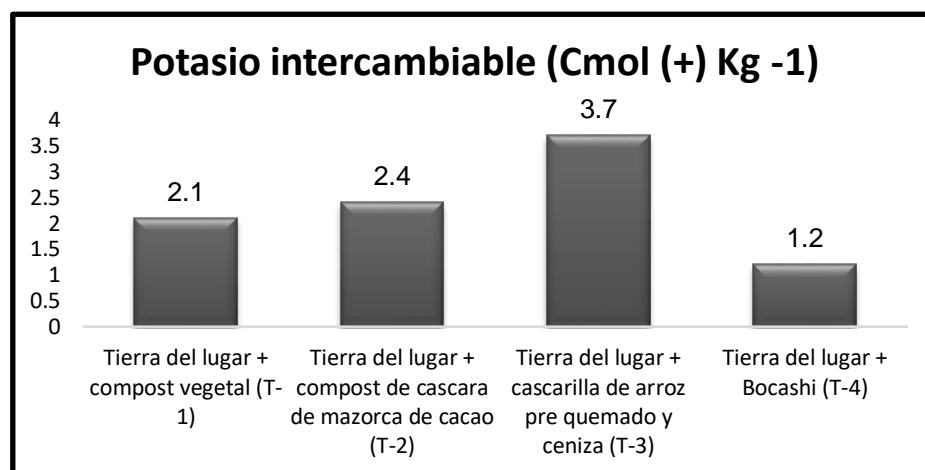
de la planta, por su influencia en la formación de yemas (Lizarazo et.al., 2016). Dentro de este contexto se indica que la nutrición fosfórica parece es particularmente necesaria para cacao joven (Ramírez et.al., 2018).

6.2.5. Potasio intercambiable

Cuadro 12. Criterios para evaluar el suelo con base en su contenido de Potasio intercambiable (NOM021-SEMARNAT RECNAT 2001)

CLASIFICACION	Cmol (+) Kg ⁻¹
Muy bajo	< 0.2
Bajo	0.2-0.3
Medio	0.3-0.6
Alto	> 0.6

Gráfico 5. Contenido de Potasio intercambiable en los tratamientos



En el gráfico N°5, se observa el contenido de potasio intercambiable los sustratos de los diferentes tratamientos, donde el valor más bajo lo presente el T4 que tiene 1.2 cmol/kg, seguido del T1 con 2.1 cmol/kg, el T2 tiene con 2.4 cmol/kg y el T3 con 3.7 cmol/kg representa el tratamiento con mayor contenido de potasio intercambiable. Al respecto analizando la escala de valoración, los tratamientos T1, T2, T3 y T4 están clasificados como altos en el contenido de potasio intercambiable, siendo principalmente el aporte de estos nutrientes la materia orgánica.

Cabe mencionar que el Potasio en el cacao, cumple una función metabólica y catalítica, ya que el potasio tiene a dirigirse hacia las hojas metabólicamente activas y hacia los

tejidos meristemáticos (Lizarazo et.al., 2016). Al respecto se menciona que este elemento es fundamental para el desarrollo de hojas, ya que, en una plantación deficiente en potasio, se observan pocas hojas (America, 2007).

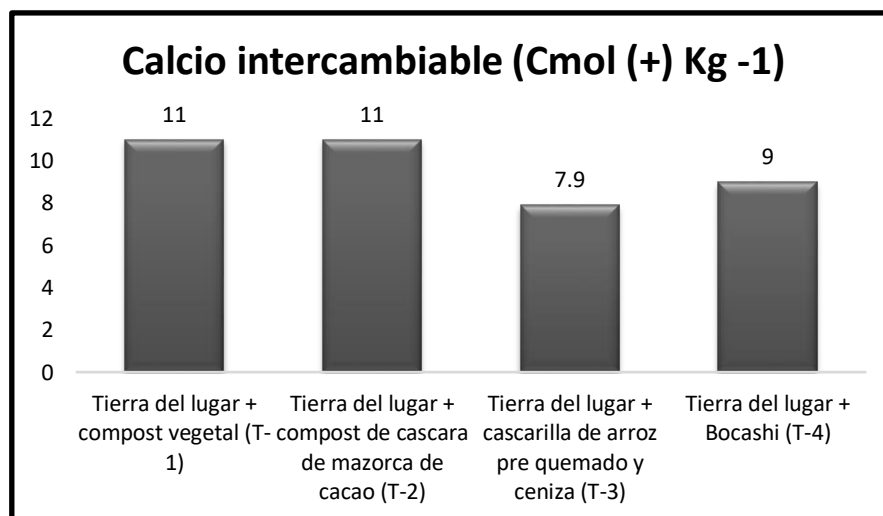
El papel del potasio en los cultivos es muy importante ya que tiene funciones trascendentes en la fisiología de las plantas, actuando en el proceso de la fotosíntesis, en la traslocación de fotosintatos, síntesis de proteínas, activación de enzimas claves para varias funciones bioquímicas, que además aumenta la resistencia de este a condiciones adversas como pueden ser sequías o presencia de enfermedades (Puentes et.al., 2014). Por otra parte, Páramo y colaboradores (2016), indica que entre los muchos nutrientes de las plantas, el potasio (K) juega un papel especialmente crucial en una serie de procesos fisiológicos de vital importancia para el crecimiento, rendimiento, calidad y resistencia al estrés de todos los cultivos.

6.2.6. Calcio intercambiable

Cuadro 13. Criterios para evaluar el suelo con base en su contenido de Calcio intercambiable (NOM021-SEMARNAT RECNAT 2001)

CLASIFICACION	Cmol (+) Kg ⁻¹
Muy bajo	< 2
Bajo	2 - 5
Medio	5 - 10
Alto	> 10

Gráfico 6. Contenido de Calcio intercambiable en los tratamientos



En el gráfico N°6, se observa el contenido de calcio intercambiable los sustratos de los diferentes tratamientos, donde el nivel más bajo de calcio intercambiable lo presenta el T3 con 7.9 cmol/kg, seguido del T4 con 9 cmol/kg y el T1 y T2 tienen el mismo valor con 11 cmol/kg, que representan a los tratamientos con mayor contenido de calcio intercambiable. Al respecto analizando la escala de valoración, los tratamientos T3 y T4 están clasificados como medio en el contenido de calcio intercambiable, en contraste con los tratamientos T1 y T2, que tienen una valoración de Alto en contenido de calcio intercambiable.

Es importante mencionar que, en la etapa de vivero las plantas de cacao necesitan mayor cantidad de calcio, junto al potasio, nitrógeno y fósforo, ya que es un nutriente esencial, que es absorbido por el cultivo durante sus primeras etapas vegetativa, fundamental para el desarrollo de las plantas en vivero (Rodríguez, 2019).

El calcio (Ca) es uno de los tres nutrientes secundarios, junto con el magnesio (Mg) y el azufre (S), que requieren las plantas para crecer vigorosamente. El calcio es responsable de mantener unidas las paredes celulares de las plantas, ya que cuando el calcio es deficiente, los tejidos nuevos tales como: las puntas de las raíces, las hojas jóvenes y las puntas de los brotes a menudo presentan un crecimiento distorsionado debido a la formación incorrecta de la pared celular. El calcio también se utiliza para activar ciertas enzimas y enviar señales que coordinan ciertas actividades celulares (Jumbo, 2019). Para el caso específico del cacao, el calcio acumulado en abundancia, endurece los tejidos de las plantas viejas y la pared de la mazorca, y en su deficiencia aparecen áreas necróticas en las regiones intervenales cerca de las márgenes de las hojas y en casos graves, se produce un marchitamiento de los puntos de crecimiento de las hojas nuevas (Buechel, 2018).

6.3. Efecto de diferentes sustratos sobre el crecimiento de los plantines

6.3.1. Diámetro del tallo de los plantines de cacao

El Análisis de Varianza realizado al diámetro de los plantines de cacao, demuestra que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos al 95% de confiabilidad. Por otra parte, el análisis estadístico de esta variable, mostro un coeficiente de variación

de 1,20, lo cual indica la confiabilidad de los resultados de la investigación. El resultado de análisis de varianza para esta variable es la siguiente:

Cuadro 14. ANVA del diámetro del tallo

FV	SC	gl	CM	Fc	Ft
Modelo	0,32	3	0,11	21,27	0,0004
TRAT.	0,32	3	0,11	21,27	0,0004 (**)
Error	0,04	8	0,01		
Total	0,36	11			

CV= 1,20

Por lo tanto, para una mejor interpretación de los resultados se procedió a realizar la prueba Duncan, los resultados de dicha prueba se presentan en el Cuadro 11:

Cuadro 15. Prueba de Duncan para el diámetro del tallo

Duncan Alfa = 0,05				
TRAT.	Medias	n	E.E.	
T4	5,79	3	0,04	A
T3	5,82	3	0,04	A
T1	5,96	3	0,04	B
T2	6,21	3	0,04	C

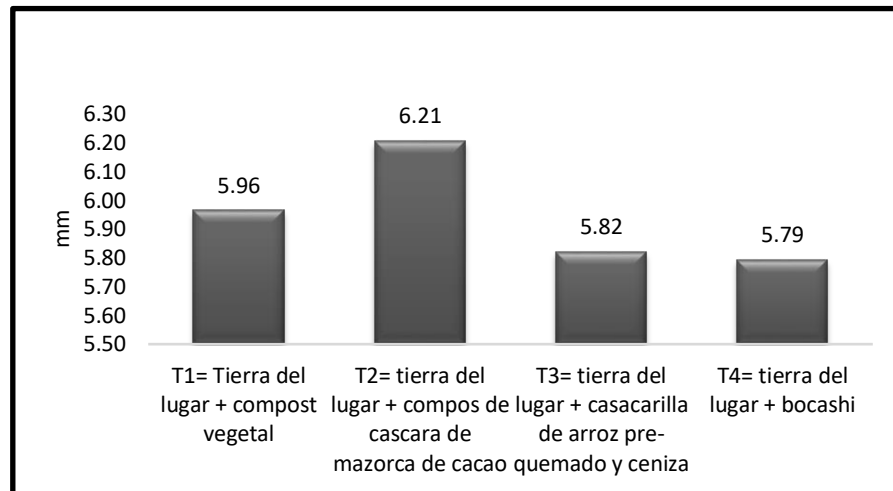
La prueba de Duncan al 95% de confiabilidad (Cuadro 8), indica la formación de tres grupos entre los tratamientos, el primero y más favorecido con respecto al diámetro del tallo está conformado por el T2, que sobresale con respecto a los demás tratamientos con un valor medio de 6.21 mm, el segundo corresponde al T1 con un valor medio de 5.96 mm y el tercer grupo está formado por el T3 y T4, que corresponden a valores inferiores con respecto al comportamiento de esta variable.

Se obtuvieron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de los sustratos probados en la producción de plantines de cacao, por ende, se podría decir que los diferentes tratamientos empleados en la investigación presentan propiedades físicas y químicas diferentes en los sustratos empleados.

El grafico N°7, indica que los plantines que obtuvieron el diámetro mayor con la media superior son el tratamiento dos (T2 = tierra del lugar + compost de cascara de cacao) con un grosor de tallo de 6,21 mm de diámetro, seguidamente el tratamiento uno (T1= tierra del lugar + compost vegetal) con un grosor de tallo de 5,96 mm, luego se tiene al

tratamiento tres (T3= tierra del lugar + cascarilla de arroz pre quemado y ceniza) con un grosor de tallo de 5,82mm, y por último se tiene al tratamiento cuatro (T4= tierra del lugar + bocashi) con un grosor de tallo de 5.79mm.

Gráfico 7. Comportamiento del diámetro del tallo de los plantines por tratamiento



Por otra parte, Sánchez (2000) menciona al realizar la producción de plantines de cacao en vivero utilizando distintos sustratos con abono orgánico obtuvo un diámetro de 10,5 mm con el tratamiento Tierra + Bocashi (3 –1), a los 122 días de siembra y el peor tratamiento fue Tierra + NPK en una relación de 5 g/bolsa. La gallinaza, el estiércol seco de ganado, el bocashi y el compost no mostraron diferencias estadísticas entre si, en cuanto al diámetro, pero si hubo entre estos y la lombrinaza, utilizando una mezcla en proporción de 3 – 1 (3 partes de suelo por 1 de las diferentes fuentes de abono).

Un comportamiento similar, fue el obtenido en el diámetro de tallo de plantines de cacao. 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 (Defaz, 2016).

Una investigación similar llevada a cabo en la estación experimental de Sapecho- Alto Beni, que analizo el efecto de los abonos orgánicos sobre el crecimiento de plantines de cacao en vivero, indica que los plantines que obtuvieron el diámetro de tallo con las medias superiores son los ubicados en el tratamiento Tierra + Bocashi (2 – 1) siendo de

6.86 mm, y el tratamiento de Tierra + Gallinaza (2 – 1) fue el que logró las medias más bajas con 6.62 mm (Calle, 2005).

Es importante destacar que el crecimiento del tallo en cacao es de manera acelerada, por temperaturas adecuadas mayor a 20°C y con una humedad de un 80%, donde existe un establecimiento de Rodríguez (2011).

Al respecto en una investigación del efecto del bocashi en las propiedades del suelo y crecimiento del Cacao en Tingo Maria – Peru en fase de vivero, determinó que el diámetro del tallo de plantines de cacao se comportó mejor con el tratamiento T1 (1:1) bocashi más suelo obteniendo el mayor diámetro con 0.74 cm y el tratamiento menos favorecido fue el testigo con 0.6 cm (Ysminio y Gris, 2012). Estos resultados se pueden atribuir a los beneficios de la incorporación de la materia orgánica en el sustrato de los tratamientos, que mejoro las propiedades, físicas, químicas y biológicas, haciendo que los tratamientos incorporados destaquen con respecto al testigo.

6.3.2 Número de hojas de los plantines de cacao

El Análisis de Varianza del número de hojas por planta (Cuadro 16), indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos, al 95% de confiabilidad y con un coeficiente de variación del 5.71% que indica la confiabilidad de los resultados.

Cuadro 16. ANVA del Número de hojas

FV	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	1,53	3	0,51	1,27	0,3493
TRAT.	1,53	3	0,51	1,27	0,3493 (NS)
Error	3,21	8	0,4		
Total	4,74	11			

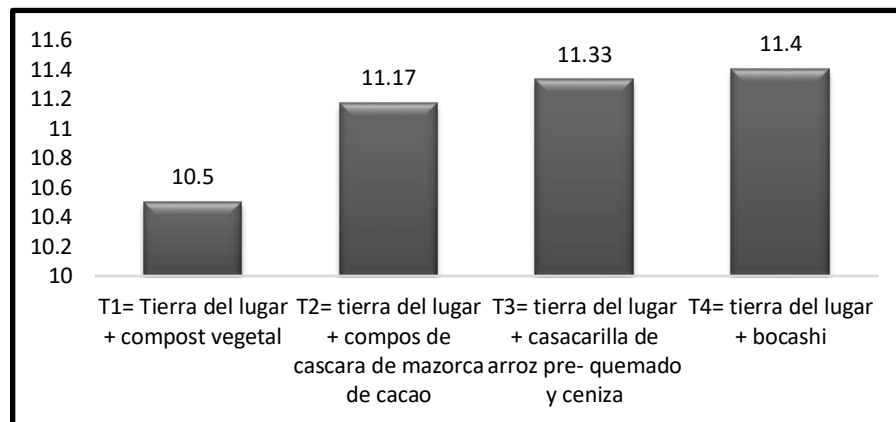
CV= 5,71

Entre los tratamientos no existe diferencias estadísticas significativas ya que las medias obtenidos en la recolección de datos de los diferentes tratamientos tienen similitud en la cantidad de hojas que tienen los plantines. Esto me da a entender que los sustratos usados en la investigación tuvieron una similitud en la cantidad de nitrógeno lo cual ayuda al desarrollo foliar de la planta, ya que, en el análisis de nitrógeno, todos los tratamientos presentan un valor de 0.18%, clasificándolos como altos en contenido de

nitrógeno, es decir que los sustratos implementados aportan significativamente este nutriente a los plantines de cacao.

El gráfico N°8, nos muestra que el tratamiento cuatro (T4= tierra del lugar + Bocashi) presenta 11,33 hojas/planta, seguido del tratamiento 3 (T3= tierra del lugar + cascarilla de arroz pre quemado y ceniza) con 11,33 hojas/planta, luego el tratamiento dos (T2= tierra del lugar + compost de cascara de cacao) con 11,17 hojas/planta y finalmente el tratamiento 1 (T1= tierra del lugar + compost vegetal) con 10.5 hojas/ planta.

Gráfico 8. Comportamiento del número de hojas por tratamiento



Al respecto en un estudio realizado sobre la evaluación de distintos sustratos para plantines de cacao en vivero Quevedo – Ecuador, donde se evaluaron el comportamiento de plantines de cacao en vivero bajo diferentes sustratos, se determinó que 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 número de hojas (Defaz, 2016). Estos resultados son el producto de la incorporación de nutrientes esenciales como el nitrógeno, fosforo y potasio en el sustrato, haciendo posible la mejora de las condiciones metabólicas en el crecimiento de plantines de cacao y en la formación de hojas.

Por otra parte, De la Maza y colaboradores (2003) citado por Hidalgo (2016), en un estudio del efecto del compost y bocashi en el crecimiento de plantines de cacao, indican que cuando se incorporó materia orgánica al sustrato, se tuvo mayor área foliar que cuando no se aplicó (45 cm² y 38 cm² respectivamente), resaltando la relación directa entre el crecimiento de la planta con el área foliar. Otro estudio similar que

evaluó el efecto de la Gallinaza, Aserrín, Arena y Urea en la producción de viveros de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA), indican que la Gallinaza utilizada al 30 por ciento sin efectuar fertilizaciones nitrogenadas y la arena al 15 por ciento fertilizada con 5 gramos de Nitrógeno producen los mayores efectos para las variables en estudio como altura de planta y número de hojas (Nuñez, 1987). Un comportamiento similar se reporta en el estudio de Calle (2005), que indica que los tratamientos Tierra (100%) y Tierra + Bocashi (2 – 1) obtuvieron los mayores números de hojas con 12 hojas/planta en ambos tratamientos y el que presentó el menor número de hojas fue el tratamiento Tierra + Gallinaza (2 – 1) con 9 hojas/planta en plantines de cacao en vivero en la localidad de Sapecho.

6.3.3. Altura del tallo de los plantines del cacao

El Análisis de Varianza (Cuadro 17) de la altura de plantines de cacao en el estudio, indican diferencias significativas entre tratamientos al 95 % de confianza, con un coeficiente de variación del 5.97%, demostrando la confiabilidad de los resultados.

Cuadro 17. ANVA de altura del tallo

FV	SC	GI	CM	F	P-VALOR
Modelo	33,45	3	11,15	3,12	0,0878
TRAT.	33,45	3	11,15	3,12	0,0878 (*)
Error	28,55	8	3,57		
Total	61,99	11			

CV= 5,97

Cuadro 18. Prueba Duncan para la altura de la planta

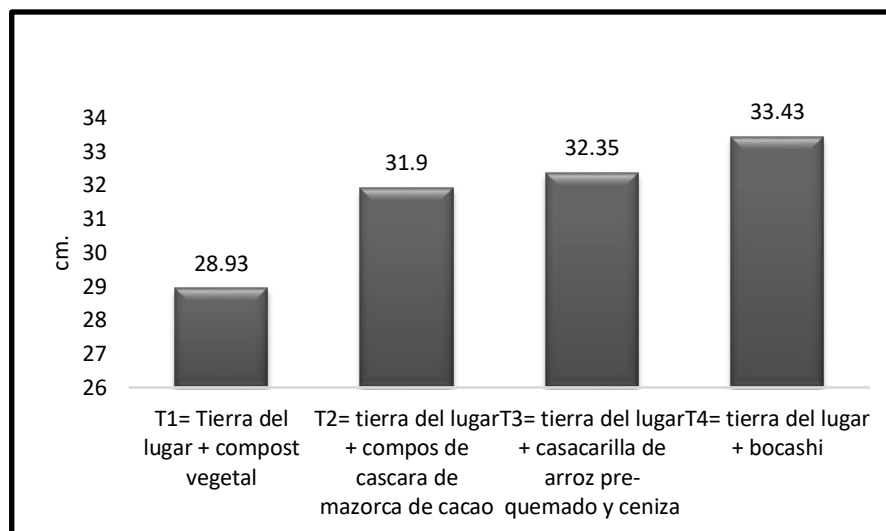
Duncan Alfa = 0,05					
TRAT.	Medias	N	E.E.		
T1	28,93	3	1,09	A	
T2	31,9	3	1,09	A	B
T3	32,35	3	1,09	A	B
T4	33,43	3	1,09		B

La prueba de Duncan al 95% de confiabilidad (Cuadro 14), indica la formación de dos grupos entre los tratamientos con respecto a la altura de la planta, el primero formado por el T1, T2 y T3 y el segundo formado por el T2, T3 y T4, dichos grupos son estadísticamente iguales, este comportamiento se puede atribuir al gran contenido de nitrógeno en los sustratos, siendo el más favorecido el T4, ya que tiene como fuente de

nitrógeno gallinaza en su preparación y alcanzo la altura promedio mayor. Cabe destacar que el factor que influye en el número de hojas está relacionado con la variable altura es decir plantas que presentaban mayores alturas sobresalen sobre las demás, de esta manera absorben mayor cantidad de luz solar, la cual favorece la fotosíntesis, absorbiendo energía radiante la utiliza en la transformación de compuestos minerales en compuestos orgánicos que proporcionan el alimento que requiere la planta para su crecimiento (Calle, 2005).

El grafico 9, muestra la variable de altura del tallo en plantines de cacao evaluados, con mayor desarrollo el tratamiento cuatro (T4= tierra del lugar + bocashi) con una altura de 33,43 cm, seguido del tratamiento tres (T3= tierra del lugar + Cascarilla de arroz pre quemado y ceniza) con una altura de 32,35 cm, luego se tiene al tratamiento dos (T2= tierra del lugar + Compost de cascara de mazorca de cacao) con una altura de 31,90 cm y finalmente se tiene al tratamiento 1 (T1= tierra del lugar + compost vegetal) con 28,93 cm de altura de plantin de cacao.

Gráfico 9. Altura del tallo según los sustratos



Al respecto la investigación de Calle (2005), sobre el efecto de los abonos orgánicos sobre el crecimiento de plantines de cacao en vivero, determina que el tratamiento Tierra + Bocashi (2 – 1) obtuvo la mayor altura al cotiledón, esto debido a que la textura del suelo a diferencia del resto de la mezclas era franco arenoso, que favoreció al crecimiento y desarrollo del sistema radicular y proporcionó el alimento necesario para el crecimiento del plantin como indica Mejía et al. (2003), que los suelos para cacao

deben ser sueltos, de color oscuro, con contenidos mayores del 3 % de materia orgánica que no presentaron diferencia significativa en los tratamientos. La misma autora determinó que el tratamiento que mejores promedios se obtuvo en la variable altura de la planta fue: solo tierra (100 %) y el tratamiento que obtuvo las medias inferiores fue la mezcla de Tierra + Gallinaza (2 – 1) aunque no hubo diferencia significativa. Para el diámetro del tallo el tratamiento Tierra + Bocashi (2 – 1) logró las mejores medias, y el tratamiento de Tierra + Gallinaza (2 – 1) ocupó la última posición sin tener diferencias significativas.

Cabe destacar que Ysminio y Gris (2012), reportan un comportamiento similar en la variable altura de planta, en un estudio del efecto del efecto del bocashi en las propiedades del suelo y en el crecimiento del cacao, donde el T1 es el más favorecido y se debe a que la relación (1 :1) presenta una adecuada proporción de materia orgánica disponible para la planta, el comportamiento de estos datos coincide con Enríquez (1985), que la materia orgánica favorece la germinación y el crecimiento de las plantas y mejora la capacidad retentiva de la humedad del suelo, debido a que la materia orgánica, en forma coloidal, admite mayor cantidad de agua. Asimismo, la materia orgánica contribuye no solo al crecimiento vegetal sino, que es fuente de energía y carbono de toda la microflora presente en los suelos (Gomero, 1999). Los mismos autores indican también que el bocashi contiene gran cantidad de sustancias como vitaminas, enzimas, hormonas, entre otras, las cuales pueden ser utilizadas por las semillas y posteriormente por las plántulas como estimuladoras del crecimiento

Un estudio similar donde Llerena y colaboradores (2017), evaluaron diferentes tipos de sustratos en vivero de cacao en el cual se pudo apreciar que al sembrarse en el tratamiento con 30 % bocashi, 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.

6.3.4. Longitud de la raíz principal de los plantines del cacao

El Análisis de Varianza (Cuadro 19), muestra la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados al 95% de confiabilidad, con respecto a la variable de longitud de la raíz de los plantines de cacao. Por otra parte, se tiene un CV del 11.7% lo que demuestra la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Cuadro 19. ANVA de longitud de la raíz principal

FV	SC	gl	CM	F	P-VALOR
Modelo	81,95	3	27,32	6,06	0,0187
TRAT.	81,95	3	27,32	6,06	0,0187 (*)
Error	36,08	8	4,51		
Total	118,03	11			

CV= 11,77

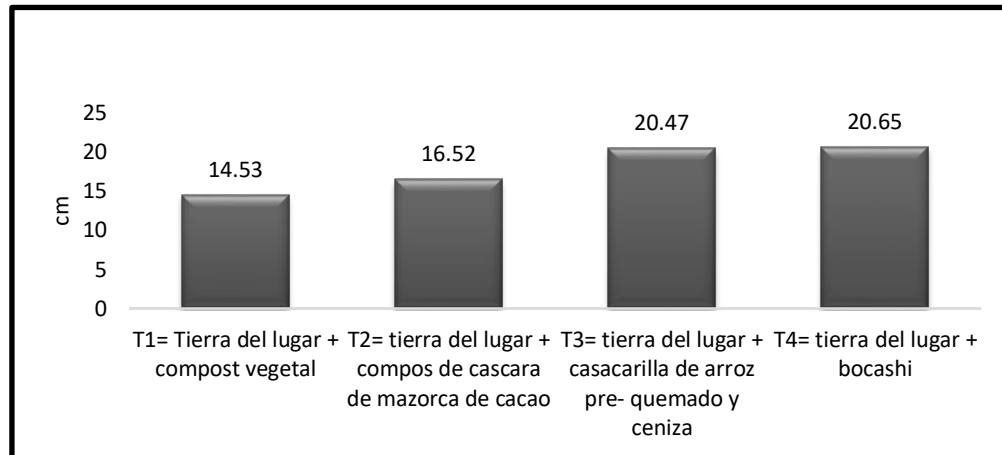
Cuadro 20. Prueba Duncan para la longitud de la raíz principal

TRAT.	Medias	n	E.E.		
T1	14,53	3	1,23	A	
T2	16,52	3	1,23	A	B
T3	20,47	3	1,23		B
T4	20.65	3	1.23		B

La prueba de Duncan al 95% de confiabilidad (Cuadro 20), indica la formación de dos grupos estadísticamente iguales, el primero formado por el tratamiento T1 y T2; el segundo grupo formado por los tratamientos T3 y T4.

El gráfico 10, indica que el tratamiento tres T3= tierra del lugar + cascarilla de arroz pre quemado) se obtuvo una longitud de 20,47 cm. de raíz, seguido del tratamiento dos (T2= tierra del lugar + Compost de cascara de mazorca de cacao) con una longitud de 16,67 cm. de raíz, posteriormente el tratamiento uno (T1= tierra del lugar + compost vegetal) con una longitud de 15,44cm de raíz y finalmente el tratamiento cuatro (T4= tierra del lugar + bocashi) con una longitud de 13,97cm de raíz de plantines de cacao.

Gráfico 10. Longitud de la raíz según los sustratos



Al respecto una investigación similar en plántulas de cacao reportada por Hidalgo (2016), indica que con respecto a la longitud radicular el tratamiento T1 con proporción 1:1 (suelo: bocashi), presenta mayor longitud con 44.65 cm, que el resto de tratamientos; asimismo, los tratamientos T4 y T8 con las proporciones 4:1 con bocashi y 4:1 con compost de RSBM, presentan menor longitud radicular con materia orgánica. Se determina el efecto de la materia orgánica sobre el crecimiento radicular cuando es comparada con el tratamiento T9 (Testigo) que alcanzó la menor longitud con 35.55 cm en comparación con el resto de tratamientos; además, los tratamientos T1 y T5 (1:1 con bocashi y 1:1 con compost de RSBM), es decir, la materia orgánica en mayor proporción logró mayores volúmenes radiculares con 11.85 cm³ y 11.6 cm³ respectivamente, coincidiendo con MINAGRI (2012) quien asegura que el crecimiento del sistema radicular pivotante se logra en los primeros meses y es favorecido por la calidad el sustrato; es decir, la aplicación de materia orgánica ha favorecido sobre la humedad del suelo, esto ha permitido mayor desarrollo radicular a través del metabolismo de la planta.

Cabe destacar que Defaz (2016), indica que el desarrollo del sistema radicular de las plántulas de cacao en vivero 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.

También es importante mencionar que Calle (2005), reporta un comportamiento similar con respecto a las variables de peso fresco parte aérea y la variable peso seco de la raíz, donde el tratamiento Tierra (100 %) ocupó el primer lugar al tener las mejores medias en las dos variables y el último lugar quedó el tratamiento Tierra + Bobinaza (2 – 1) y Tierra + Gallinaza (2 – 1) se situaron en el último lugar respectivamente, pero sin tener diferencias significativas.

Por otra parte, Saavedra (2016), indica que el mayor desarrollo del sistema radicular en plántones de cacao en fase de vivero (120 días), son aquellos que se combinó al sustrato un 50% de materia orgánica; asimismo, el compost o bocashi cuando son agregados al sustrato en mayor cantidad, incrementan el sistema radicular tanto en longitud como en volumen que aseguran un mejor del plánton de cacao, concordando con nuestros resultados donde destaca el T4 con tierra del lugar + bocashi.

6.4. Costos de producción

El costo de producción es importante porque nos muestra la factibilidad de un proyecto o actividad.

De acuerdo con el objetivo planteado, en el presente estudio, se realizó el análisis se muestra las diferencias que existe entre diferentes abonos orgánicos tratados para la producción de plántines de cacao en vivero.

Para determinar el beneficio costo se tiene la siguiente fórmula:

Relación de $B/C > 1$ el agricultor tiene ingresos.

Relación de $B/C = 1$ no gana ni pierde.

Relación de $B/C < 1$ pierde el agricultor.

Cuadro 21. Análisis de beneficio/ costo de los tratamientos

ANALISIS DE C/B DE LOS TRATAMIENTOS					
		T1	T2	T3	T4
plantas totales		318	318	318	318
precio Bs/planta		3	3	3	3
beneficio bruto	$BB = P \text{ Totales} * \text{PRECIO Bs/ planta}$	954	954	954	954
costo total de producción		878	714	531	794
BENEFICIO NETO	$BN = BB - CT$	76	240	423	160
ANALISIS DE RENTABILIDAD					
COSTO BENEFICIO	$B/C = BB / CT$	1,1	1,3	1,8	1,2

Como podemos observar en el cuadro, el tratamiento 3 tuvo mayor ganancia con 1,8 de la utilidad neta, posteriormente el tratamiento 2 con 1,3 de utilidad neta, seguidamente el tratamiento 4 con 1,2 de utilidad neta y por último el tratamiento 1 con una utilidad neta de 1,1 de utilidad neta.

La aplicación del sustrato de cascarilla de arroz pre quemado + tierra del lugar (T3), tuvo mayor ganancia porque no se invirtieron en costos de elaboración de compost ni la compra de insumos como para los demás tratamientos.

Es vidente el beneficio económico que tendría un agricultor ya que por cada plantin de cacao a vender tendría: 3,5 bs (precio local) una ganancia neta de 2,59 Bs/plantin de cacao. Y por los 7271 plantines que se prepararon en este trabajo, hipotéticamente este agricultor tendría una ganancia neta de 18.831,89 Bs. (Escobar, 2010)

Señala (Cortez, 2015) que los costos de producción de plantines en vivero disminuyen cuando se producen en grandes cantidades. El manejo de los plantines en vivero es de suma importancia, debido al cuidado que se debe brindar para obtener plantas sanas y vigorosas que resistan las condiciones del lugar definitivo.

7. CONCLUSIONES

- las características físicas de los sustratos empleados para el desarrollo de plantines de cacao estuvieron en el rango de textura de medio y fuerte que son recomendables para el cultivo.
- Las características químicas de los sustratos empleados tuvieron niveles medios y altos de materia orgánica, Nitrógeno, Potasio, Fosforo, Calcio y un PH medianamente alcalino.
- Con la aplicación de diferentes abonos orgánicos se destacó el tratamiento 4 con una media mayor en altura de la planta, numero de hojas y un diámetro aceptable para su posterior Injertación, mientras los demás tratamientos mostraron una diferencia mínima.
- Con la aplicación de los diferentes abonos orgánicos se redujo el tiempo de Injertación de la planta porque llego a un diámetro más alto de 6,21 (T2) a más bajo 5,79 (T4) ya que para la Injertación de plantines de cacao en el vivero del Ceibo requieren 5 mm de diámetro.
- En los costos de producción de beneficio/costo, de los diferentes tipos de sustrato aplicados en los plantines de cacao en vivero existe un beneficio de tal manera que por cada Bs 1 invertido se tiene una ganancia de Bs 0.80, como paso en el tratamiento 3 y con menor ganancia en el tratamiento 1 con Bs 0.10 los datos expresan los costos de producción para 318 plantines de cacao por tratamiento.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de los abonos orgánicos por las ventajas que estos presentan, siendo una alternativa para mejorar las condiciones de textura, propiedades físicas y químicas del suelo, aumentar el desarrollo de los pies de injerto de cacao en menor tiempo, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos.
- Se recomienda utilizar abonos orgánicos en la producción de plantines de cacao en vivero, promoviendo la producción orgánica en la región, que a la vez se reduce el costo de producción.
- Es recomendable realizar un análisis físico – químico de los abonos, para tener conocimiento de los compuestos orgánicos presentes, de esta forma poder establecer con exactitud el efecto de los mismos sobre los plantines.
- También se recomienda realizar otras investigaciones de abonos orgánicos con la aplicación de diferentes materiales vegetales que abunda en nuestra zona para buscar otras alternativas para la producción de plantines en vivero para el cultivo de cacao.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Arana, S. M. (2016). *evaluación de tres técnicas de injerto, en tres genotipos de cacao (theobroma cacao L.) en el proceso de renovación de árboles improductivos en la parcela de el ceibo ltda – sapecho*. La Paz-Bolivia.
- Arias Azurdia, R. (2002). *Reseña sobre el kudzu tropical*. Turrialba - Costa Rica.
- Augusto, C 2008. Elaboración de abonos orgánicos disponible publicado en www.infoagro.com.
- Ávila, P. (2014). Estudio de fertilización del cultivo de cacao (*theobroma cacao L.*) Nacional en suelos volcanicos de quevedo. Tesis de grado. Universidad tecnica de Manabi, Santa Ana, Manabi – Ecuador, 72 pg.
- Beyuma, D. O. C., & Fuentes, C. M. (2019). Aplicación de biofertilizantes en plantines de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Sapecho-Alto Beni. *Apthapi*, 5(3), 1646-1651.
- cacao, c. d. (2002).
- cacao, c. n. (2011). *tercera reunion de grupos de expertos ALC-3ra RGE. Tema "El CACAO EN BOLIVIA"*. Costa Rica.
- Cáceres, M. M. (2019). El Aserrin Mejora el Suelo. *Casa y Jardín*, 1.
- Calle, J. (2005). *Efecto de los abonos organicos sobre el crecimiento de plantines de cacao (theobroma cacao L.) en vivero. Spepecho, Alto Beni*. La Paz.
- CATIE, (. A. (2005). *Manejo Agronomico del cacao*. Lima- Peru.
- CEIBO, P.E. (2015). Manual de manejo de cacao. Experiencias del Alto Beni, La Paz. Bolivia.
- Chalan Barrera , V. M. (2009). *"evaluacion de diferentes niveles de bokashi en la produccion de forraje y semilla del Arrhenatherum pratense (pasto avena)*. Riobamba- Ecuador.

- CIPCA-BOLIVIA. (2008). *EL CACAO EN BOLIVIA una alternativa economica de base campesina indigena*. La Paz.
- COCOA GROWERS BULLETIN. 1980. Develoments in cocoa nutrition in the Nineteen seventies. Review of Literature. Birmingham in England pag. 11
- Congreso Nacional del cacao. (2011). Tercera reunión de grupos de expertos ALC 3ra RGE tema "CACAO EN BOLOVIA". Costa Rica.
- Condori Pacha, W. G. (2019). Impacto del abonamiento orgánico con niveles de compost y ácidos húmicos en el rendimiento de pellas de coliflor (*Brassica oleracea* L. Var. botrytis) CV." Bola de Nieve".
- Cortez, O. H. (2015). *introduccion y evaluacion de siete variedades de cafe (coffea arabica) en vivero, en sapecho (alto beni)*. la paz- bolivia.
- Cultivo del cacao. (2002) (en linea) disponible en <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao4.asp>
- Cusi, E. P. (2012). *Estudio de los sistemas de produccion apgropecuario en la localidad de Sapecho*. La Paz.
- Defaz Quilumba, C. L. (2016). Evaluación de diferentes tipos de sustratos en vivero de cacao (*Theobroma cacao*) (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- EL CEIBO-USAID. (2007). *manual para las escuelas de campo de Alto Beni- Bolivia*. Alto beni - Sapecho.
- Escobar, A. H. (2010). *produccion de plantines de dos cultivares de cacao (Theobroma cacao L.) sobre un pie de injerto en la zona de covendo Alto Beni*. LA PAZ- BOLIVIA.
- Espejo, M. J. (2010). *"efecto de diferentes sustratos en la produccion de plantones de cacao criollo (theobroma cacao L.), en el sector de jacintillotingo maria*. Tingo Maria -Peru.

- FAO, L. (2008). <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>. Obtenido de [http://www.inpofos.org/ppiweb/ltamn.nsf/\\$webindex/9546FF678ABD1B7805256B680](http://www.inpofos.org/ppiweb/ltamn.nsf/$webindex/9546FF678ABD1B7805256B680).
- Flores, R. y Arnibar, H. (2007). Instalación y manejo de viveros de cacao. Manual de sistematización de innovaciones del proyecto. Alto Beni, La Paz, Bolivia. pág. 21.
- García, G. N., & García, S. N. (2013). Química agrícola química del suelo y de nutrientes esencial. Mundi-Prensa Libros.
- Gonzales, RA. 1989. Evaluación de diferentes sustratos en el desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en etapa de vivero. Santa Clara – San Carlos. Costa Rica. 64p.
- Gomez, R. B. (2006). *Compostaje de residuos Sólidos Organicos. Aplicacion de Tecnicas respirometricas en el seguimiento del proceso*. Bellaterra.
- Guerrero, L. j. (2012). *Guia Tecnica " Analisis de Suelo y Fertilizacion de cacao"*. Peru: Agrobanco.
- Hidalgo Saavedra, A. (2016). Efecto del compost de residuos sólidos Municipales biodegradables y del bocashi en el crecimiento de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en Tingo María.
- Howard Escobar, A. (2010). *produccion de plantines de dos cultivares de cacao (Theobroma cacao L.) sobre un pie de injerto en la zona de covendo Alto Beni*. La Paz- Bolivia.
- INEA, I. N. (2013). *Seleccion de semilla y Establecimiento de vivero para cacao*. Maracay, Estado Aragua. Venezuela.
- INFOAGRO, 2004. El compostaje (en línea). España. Consultado 01 de junio. 2014. Disponible en: <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.asp>

- JULY, W. (2007) Caracterización morfológica y molecular del cacao nacional boliviano y de selecciones elites del Alto Beni (Tesis de grado). Bolivia CATIE 88 p
- Lutheran, W. R. (2013). *Aprendiendo e innovando sobre el manejo de fertilidad de suelos cacaoteros*. Estados Unidos.
- LutheranWorldRelief. 2013. Aprendiendo e innovando sobre la producción de planta de cacao en vivero. Impreso en Nicaragua, pág. 17
- LLiuya Potokar, V. (2015). Fertilización orgánica en el crecimiento vegetativo de los patrones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en un suelo inceptisols en fase de vivero, en el distrito de Nuevo Progreso, Tocache, San Martín.
- MAGUIÑA, E. G. (2010). *"Efecto de la aplicación de abonos procesados con microorganismos eficientes en la producción de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) CLON CCN- 51"*. TINGO MARÍA - PERÚ.
- Maldonado, f. C., & Cruz, c. D. (2015). *Manual de Prevencion, Manejo y Control de la Moniliasis del Cacao*. La Paz.
- Materia orgánica. 2002. Origen de la materia orgánica. (en línea). Consultado 30, jul.2019. Disponible http://danival.org/micromar/mm_200_ciclos_3.html
- Martines, E. -A. (2014). *fertilidad del suelo y parametros que la definen*. Universidad de la Rioja.
- Martinez Rodriguez, Francisco y Otros. (2003). Lombricultura. Manual practico. *Unida de Producciones Graficas MINREX*.
- Mejía, L. y Palencia, G. 2002. Abono orgánico, manejo y uso en el cultivo de cacao. Bucaramanga.
- Mejía, Luis A. 2000. Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. Bucaramanga pág. 57 – 58

- Ministerio de agricultura Peru. (2012). *Manual Manejo Tecnico del cultivo del cacao blanco de Piura*. PERU- Piura: primera edicion.
- Miranda, j. R. (2008). *evaluación de tres tipos de injerto basales para la rehabilitacion de parcelas inproductivas de cacao (theobroma cacao l.) en sapecho alto beni*. la paz- bolivia.
- Núñez Espinal, A. (1987). Efecto de la textura y niveles de nitrógeno en el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao L.*) en viveros. Universidad Nacional Autónoma de Honduras, La Ceiba (Honduras). Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico.
- Perrin Et, A. (1983). *formulacion y recomendaciones a partir de datos agronomico: un manual metodologico de evaluacion economica*. Mexico. pg. 56
- PIAF- EL CEIBO. (2015). *Manual de manejo de cacao. experiencias de la region del Alto Beni, Bolivia*. La Paz -Bolivia.
- Picado, J., & Añasco, A. (2005). *Preparacion y uso de Abonos Organicos Solidos y Liquidos*. San Jose - Costa Rica: 1ra edicion.
- Plan de Desarrollo Municipal de Palos Blancos. (2008-2012). Palos Blancos.
- Porcuna, J. L. (2010). La Ortiga. *AGROECOLOGIA*, 60.
- Quispe, J. (2010). *El cultivo del cacao en sistemas agroforestales locales*. La Paz- Bolivia: primera edicion .
- Restrepo 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. San José – Costa Rica. pág. 20
- Rodríguez, R. (2011). Fisiología vegetal (en línea). Consultado 20-diciembre-2011. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/fmedin1/fisiologiavegetal-5web>
- Saavedra, M. M. (2013). *Manual del manejo tecnico del cacao blanco de piura*. Lima Peru: Centro de Documentacion Agraria CENDOC.

- Silva, Y. F. (2013). efecto de la aplicación de seis dosis de algas marinas sobre la germinación y características fenotípicas en cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero. Guayaquil -Ecuador.
- Tituaña, M. B. (2009). *Elaboracion de compost mediante la inoculacion de tres fuentes de microorganismos a tres dosis. Tabacundo Pichincha*. Quito- Ecuador.
- Trujillo, G. 2001. Establecimiento y manejo del cultivo de cacao. Manual de capacitación en la producción ecológica. (Programa de investigaciones agroecológicas y forestales en Alto Beni, PIAF EL CEIBO). La Paz, Bolivia. pág. 16.
- Vacaro, A. (6 de Octubre de 2013). : <http://laguiadelasvitaminas.com/propiedades-de-la-ortiga/#sthash.PeajVNF0.dpuf>.
- Vargas, P. S. (2015). *Propagacion inicial de cinco especies forestales comerciales y crecimiento inicial, de las plantulas en vivero*. Iquitos - Peru.
- Velasco, I. R. (2014). *Evaluacion de tres tipos de biofertilizantes liquidos foliares en dos dosis de aplicacion en el cultivo ce cacao (Theobroma cacao L.) en la Estacion Experimental Sapecho-Alto beni*. La Paz - Bolivia.
- Yáñez, J., & Fahureguy, S. (2012). Estudio de la Aplicación de Abonos Orgánicos y su Efecto en la Producción Primaria Forrajera de Diferntes Especies de Pastos Promisorios e Introducidos (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Ysminio, H., & Gris, G. (2012). Efecto del bocashi en las propiedades del suelo y en el crecimiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) fase vivero en Santa Rosa-Naranjillo.

ANEXOS

ANEXO 1. Temperatura mínima, máxima y precipitación

Altura m/s/n/m: 365
Longitud Oeste: 67° 28' 00"
Latitud Sud: 15°27' 29"
Provincia: Caranavi
Estación: Sara Ana
Departamento: La Paz

Temperatura mínima y máxima

AÑO: 2016	TEMPERATURA MEDIA	TEMPERATURAMEDIA MAXIMA	TEMPERATURA MEDIA MINIMA
JUNIO	23.7	26.6	20.8
JULIO	25.0	29.2	20.7
AGOSTO	25.5	30.9	20.2
SEPTIEMBRE	26.0	31.4	20.8
ANUAL	25.0	29.5	20.6

Fuente: SENAMHI, 2016)

Datos de: precipitación media (mm)

AÑO	JUN	JUL	AGO	SEP	ANUAL
2016	2.2	10.6	7.3	14.2	34.3

Fuente: (SENAMHI 2016)

ANEXO 2. Recolección de material vegetal (mazorca de cacao ICS-6)



ANEXO 3. Recolección de materiales (ortiga, pseudo tallo de plátano, kutzú y cascara de cacao)



ANEXO 4. Preparación del compostaje



ANEXO 5. Compost vegetal



ANEXO 6. Cascarilla de arroz pre quemado



ANEXO 7. Cernido de los diferentes sustratos



ANEXO 8. Embolsado de los sustratos



ANEXO 9. Diseño experimental en campo



ANEXO 10. Análisis químico y físico de los sustratos

PARAMETRO	UNIDADAD	Tierra del lugar T-0	Tierra del lugar + compost vegetal T-1	Tierra del lugar + compost de cascara de mazorca de cacao T-2	Tierra del lugar + cascarrilla de arroz pre quemado y ceniza T-3	Tierra del lugar+ Bocashi T-4
pH acuoso		7,5	8,3	7,7	7,6	7,5
Materia orgánica	%	2,9	4	3,1	3,1	4
Carbón orgánico	%	1,7	2,3	1,8	1,8	2,3
Nitrógeno total	%	0,13	0,18	0,18	0,18	0,18
Fosforo disponible	P/mg*kg-1	30	54	121	85	99
Potasio intercambiable	cmolc/kg	0,28	2,1	2,4	3,7	1,2
Calcio intercambiable	cmolc/kg	7,2	11	11	7,9	9
Clase textural		franco arcilloso	Franco	franco arcilloso	franco arcilloso arenoso	franco arcilloso

Fuente: Instituto de Ecología, Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA 2015)

ANEXO 11. Costos de producción de los diferentes tratamientos

DESCRIPCIÓN	T1				T2			T3			T4		
	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)
1. COSTOS FIJOS				710			695			675			695
Herramientas				710			695			675			695
Machetes	unidad	1	30	30	1	30	30				1	30	30
Pala	unidad	1	45	45	1	45	45	1	45	45	1	45	45
Sacos	Pieza	5	5	25	2	5	10	4	5	20	2	5	10
Carretillas	unidad	1	500	500	1	500	500	1	500	500	1	500	500
Azadón	unidad	1	40	40	1	40	40	1	40	40	1	40	40
Picota	unidad	1	60	60	1	60	60	1	60	60	1	60	60
Lineada	Mts	10	1	10	10	5	10	10	5	10	10	5	10
2. COSTOS VARIABLES				700			540			362			620
Material vegetal				49,5			49,5			49,5			49,5
Semillas (ICS-6)	Mazorcas	9	5,5	49,5	9	5,5	49,5	9	5,5	49,5	9	5,5	49,5
Insumos				18			18			0			18
Jugo de cacao	Litros	40	0	0	40	0	0				40	0	0
Levadura	Unidad	1	4	4	1	4	4				1	4	4
Cal	Kg	1	4	4	1	4	4				1	4	4
Leche	litros	2	5	10	2	5	10				2	5	10
Elaboracion de abonos	jornal	5	80	400	3	80	240	1	80	80	4	80	320
Establecimiento de plántulas				192			192			192			192
Bolsitas	paquete	2,5	12	30	2,5	12	30	2,5	12	30	2,5	12	30
Cernido y mezclado	jornal	0,5	100	50	0,5	100	50	0,5	100	50	0,5	100	50

Llenado de sustrato en bolsas	jornal	0,5	100	50	0,5	100	50	0,5	100	50	0,5	100	50
Acondicionado y enfilado	jornal	0,5	100	50	0,5	100	50	0,5	100	50	0,5	100	50
Siembra	jornal	0,12	100	12	0,12	100	12	0,12	100	12	0,12	100	12
Labores culturales				40,8			40,8			40,8			40,8
Riego	jornal	0,12	80	9,6	0,12	80	9,6	0,12	80	9,6	0,12	80	9,6
Control de enfermedades	jornal	0,12	80	9,6	0,12	80	9,6	0,12	80	9,6	0,12	80	9,6
Control de plagas	jornal	0,12	80	9,6	0,12	80	9,6	0,12	80	9,6	0,12	80	9,6
Deshierbe	jornal	0,12	100	12	0,12	100	12	0,12	100	12	0,12	100	12
DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	TIPO DE COSTO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)	CANTIDAD	TIPO DE COSTO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)	CANTIDAD	TIPO DE COSTO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)	CANTIDAD	TIPO DE COSTO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)
Depreciación de materiales	%	25	CF	177,5	25	CF	173,75	25	CF	168,75	25	CF	173,75
4. COSTOS TOTALES (CT)				878			714			531			794
DETALLE		CV	CF	CT (Bs)	CV	CF	CT (Bs)	CV	CF	CT (Bs)	CV	CF	CT (Bs)
CV + CF		700	177,5	878	540	173,75	714	362	168,75	531	620	173,75	794