

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA



**Efecto del compost con microorganismos eficientes sobre el vigor
y el rendimiento del *Theobroma cacao* bajo condiciones del distrito
de Curimaná - Perú**

***PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROFORESTAL ACUÍCOLA***

PRESENTADO POR

DENIS TARAZONA VILLALOBOS

YARINACocha – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONIA
 REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS

ANEXO 16. ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la sala destinada para la sustentación de tesis, campus universitario de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía ubicada en el Distrito de Yarínacocha, provincia de coronel Portillo, ciudad capital de Pucallpa, a11:12... horas del día LUNES 30 DE SETIMBRÉ 2019 (en letras), se reunió el Jurado de Tesis presidido por ING. MANUEL CHUYMA TOMAYLLA, e integrado por: ING. JOSE SANCHEZ CHOY SANCHEZ, ING. NADIA MASAYA TENAZOA, en calidad de miembros, con la exclusiva finalidad de evaluar la sustentación de la tesis titulada **EFECTO DEL COMPOST CON MIRCROORGANISMO EFICIENTES SOBRE VIGOR Y EL RENDIMIENTO DE *Theobroma cacao* BAJO CONDICIONES DEL DISTRITO DE CURIMANA-PERU.....**, cuya responsabilidad corresponde al (la) Bachiller en TARAZONA VILLALOBOS DENIS.....,

.....
 a fin de optar el Título Profesional de **INGENIERO AGROFORESTAL ACUICOLA.....**
 Terminada la sustentación, el (la) autor(a) de la tesis respondió a las preguntas formuladas por los miembros del jurado, cuya evaluación se consolida según la tabla y parámetros cuantitativos que siguen:

Presidente	ING.MSC. MANUEL CHUYMA TOMAYLLA	26
Miembro	ING. MSC. JOSE SANCHEZ CHOY SANCHEZ	26
Miembro	ING.MSC. NADIA PANDURO TENAZOA	21
PROMEDIO		24

El Jurado después de deliberar y calibrar los aportes de la tesis y la fundamentación del sustentante, compatibilizó el resultado cuantitativo con la tabla cualitativa equivalente

sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como BUENO..... asignándole un calificativo de 24..... puntos, según el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.

Siendo las...12:30... horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad.

Nombre: <u>Manuel Masayo Chuyma T.</u> Presidente	Nombre: <u>Jose Sanchez Choy Sanchez</u> Miembro
Nombre: <u>Nadia Masaya Panduro Tenazoa</u> Miembro	

Distribución: Integrantes del Jurado de Tesis, Tesista y archivo FICA (Todas con firmas en original).

Nombre Asesor Dr. Juan Luis Puy Mamani
 Distribución: integrantes del Jurado, Tesista, y Archivo FICA (todas con firma Original)



“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

CONSTANCIA

N°0037

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO TURNITIN

La Biblioteca Central, hace constar por la presente, que le informe Final (Tesis) titulado:

EFFECTO DEL COMPOST CON MICROORGANISMOS EFICIENTES SOBRE EL VIGOR Y EL RENDIMIENTO DEL THEOBROMA CACAO BAJO CONDICIONES DEL DISTRITO DE CURIMANÁ – PERÚ.

Cuyo autor es : **TARAZONA VILLALOBOS, DENIS.**

Facultad : **FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES**

Escuela Profesional : **INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA.**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 11%.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecido en el **artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO**, aprobada con **RESOLUCIÓN N°164-2021-UNIA-CO**, el cual indica que no se debe superar el 24%. Se declara, que el trabajo de investigación: **SI contiene un porcentaje aceptable de similitud y/o plagio, por lo que SI se aprueba su originalidad.**

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha:10/08/2021

 UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL
DE LA AMAZONÍA - UNIA

Dr. José Trujillo Dávila Francia
Jefe de la Biblioteca Central

La primera universidad intercultural del Perú

DEDICATORIA

A Dios, ser maravilloso que me dio fuerza y fe para creer lo que me parecía imposible terminar.

A mi querida madre Judith Villalobos y a mi padre Pascual Tarazona, que me guiaron por el buen camino e inculcaron una buena educación, apoyándome moral y económicamente para lograr ser profesional.

A mis hermanos: Cristina, Suliana, Carlos, Paquita, por su comprensión y apoyo incondicional que me brindaron día a día en el transcurso de mi carrera universitaria.

A cada uno de mis sobrinos que los quiero mucho.

DENIS TARAZONA VILLALOBOS

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía por haberme aceptado ser parte de ella y abierto sus puertas para poder estudiar mi carrera de Ingeniería Agroforestal Acuícola y brindarme su calidad educativa.
- Al Comité Central con Desarrollo al Futuro de Curimaná, por permitirme hacer la investigación respectiva con uno de los socios afiliados al comité.
- Al Ing. MSc. Pablo Pedro Villegas Panduro, por brindarme su coasesoría, por su exigencia y por brindarme sus conocimientos científicos, siendo de base fundamental para el desarrollo de la investigación; así como también por haberme tenido paciencia para guiarme en el desarrollo de la tesis.
- Al Dr. Juan Luis Perez Marín, por brindarme su asesoría y sus conocimientos científicos.
- Finalmente a los miembros del jurado por las observaciones realizadas y el aporte brindado en la mejoría de la tesis.

ÍNDICE

Contenido	Pg
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
OBJETIVOS.....	13
Objetivo general.....	13
Objetivos específicos.....	13
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
2.1. Antecedentes.....	14
2.2. Microorganismos eficientes.....	15
2.2.1. Tecnología de los microorganismos efectivos (EM).....	15
2.2.2. Principales microorganismos contenidos en el EM.....	15
2.2.3. Campos de aplicación.....	166
2.2.4. Los microorganismos efectivos y la agricultura.....	16
2.2.5. Los microorganismos efectivos en el suelo.....	17
2.3. Abonos orgánicos (Compost).....	177
2.3.1. Los abonos orgánicos.....	177
2.3.2. El compostaje.....	18
2.3.3. Etapas del proceso de compostaje.....	18
2.3.4. Beneficios del abonamiento con compost.....	18
2.3.5. Procedimiento para la obtención del compost.....	19
2.3.6. Parámetros del proceso de compostaje.....	20
2.3.7. Sistemas de compostado.....	233
2.3.8. Sistemas de compostaje más utilizados.....	244
2.4. El cultivo del cacao.....	255
2.4.1. Origen.....	255

2.4.2. Taxonomía.....	255
2.4.3. Descripción botánica.....	255
2.4.4. Requerimientos edafoclimáticos	27
2.4.5. Abonos orgánicos de calidad para el cacao	28
2.4.6. Importancia y problemática del cultivo de cacao en el Perú.....	31
III. MÉTODOS	322
3.1. Ubicación y descripción del área del estudio.....	322
3.2. Condiciones ambientales y de suelo	322
3.2.1. Condiciones ambientales	322
3.2.2. Condiciones de suelo.....	333
3.6. Procedimiento.....	33
3.6.1. Ubicación y georeferenciación de la parcela experimental.....	34
3.6.2. Identificación de los bloques y tratamientos en la parcela experimental.....	35
3.6.3. Acopio del abono.....	35
3.6.4. Aplicación del compost con microorganismos eficientes en campo.....	35
3.6.5. Evaluación de parámetros del vigor y rendimiento.....	35
3.6.6. Labores culturales.....	36
3.7. Variables.....	36
3.7.1. Variable	38
3.7.2. Operacionalización de las variables	39
3.8. Población y muestra.....	40
3.8.1. Población	40
3.8.2. Muestra:.....	40
3.8.3. Unidad de análisis.....	40
3.9. Tratamiento estadístico	411
3.10. Modelo matemático	411
3.11. Tratamientos	411
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	42
4.1. Número de brotes por planta.....	42

4.2. Número de frutos por planta.....	43
4.3. Peso de mazorca	444
4.4. Peso de cáscara	455
4.5. Peso de semillas con mucilago	45
4.6. Peso de 100 semillas secas.....	46
4.7. Peso de granos secos por planta.....	47
4.8. Rendimiento por hectárea	52
4.9. Análisis costo beneficio	53
V. CONCLUSIONES	54
VI. RECOMENDACIONES	555
VII. BIBLIOGRAFÍA	566
VIII. ANEXOS	60

LISTA DE CUADROS

En el texto	Pg.
01. Guía de recomendaciones de fertilización para el cultivo de cacao con 800 plantas/ha.....	29
02. Guía de reconocimiento de fertilización para el cultivo del cacao con 1400 plantas/ha.....	30
03. Datos climáticos del distrito de Curimaná en los meses de Enero a Agosto del 2018 en los cuales se ejecutó el trabajo de investigación.....	33
04. Resultados del análisis de suelos de la muestra correspondiente a la parcela experimental.....	34
05. Resultados del análisis del compost cervecero aplicado a la parcela experimental.	
06. Variables estudiadas.....	38
07. Prueba de promedio de Tukey, para el número de brotes por planta.....	43
08. Prueba de promedio de Tukey, para el número de frutos por planta	44
09. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de mazorcas	45
10. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de cáscara	46
11. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de semillas con mucilago	46
12. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de 100 semillas secas	47
13. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de granos secos por planta	48
14. Prueba de promedio de Tukey, para el rendimiento por hectárea	49
15. Costo de preparación del campo y aplicación de los tratamientos estudiados.....	51
16. Costo total de aplicación de los tratamientos estudiados.....	52
17. Ganancia neta generada en los tratamientos estudiados.....	52

En el anexo	Pg
18. Número de brotes por planta.....	61
19. Número de frutos por planta.....	61
20. Peso de mazorca.....	61
21. Peso de cáscara.....	61
22. Peso de semillas con mucilago.....	62
23. Peso de 100 semillas secas.....	62
24. Peso de granos secos por planta.....	62
25. Rendimiento por hectárea.....	62
26. Base de datos.....	63

LISTA DE FIGURAS

En el texto	Pg.
01. Condiciones climáticas observadas en el distrito de Curimaná en los meses de Enero a Agosto del 2018.....	32
02. Diseño del campo de estudio.....	34
En la iconografía	Pg.
03. Pesaje del compost cervecero.....	65
04. Flota del compost cervecero para la aplicación.....	65
05. Envasado del microorganismo eficiente.....	65
06. Camino hacia la parcela experimental (C. P. Vista Alegre).....	66
07. Placas para la identificación de los tratamientos y bloques.....	66
08. Plantas identificadas por tratamientos y bloques.....	66
09. Limpieza en forma de anillo.....	67
10. Frutos con Moniliasis <i>Moniliophthora roreri</i>	67
11. Labores culturales.....	67
12. Parcela de investigación.....	68
13. Cosecha del cacao en carretilla	68
14. Pesaje de los frutos por planta.....	68
15. Pesaje de semilla + mucilago por fruto.....	69
16. Pesaje de las cascara por fruto.....	69

RESUMEN

La investigación estudió el efecto del compost con microorganismos eficientes sobre el vigor y el rendimiento del *Theobroma cacao*, bajo condiciones del Distrito de Curimaná, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali, para lo cual, se seleccionó una parcela de producción de cacao con plantas de 8 años de instalado, pertenecientes al clon CCN-51, con un distanciamiento de 3 m x 3 m, haciendo un total de 1111 plantas/ha. Se distribuyó los bloques y tratamientos con sus respectivas unidades experimentales identificándolos con etiquetas de aluminio de color rojo. Se procedió a aplicar los tratamientos propuestos (T1 = testigo (sin aplicación de compost ni microorganismos eficientes; T2 = 2 kg de compost sin microorganismos eficientes; T3 = 2 kg de compost con microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua); T4 = 4 kg de compost sin microorganismos eficientes y T5 = 4 kg de compost con microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)) y se utilizó el Diseño de Bloque Completo al Azar, además se aplicó la prueba de comparación múltiple de promedio de Tukey con nivel de significancia = 0.05; concluyéndose que, para el rendimiento del cacao, se observó que la aplicación de compost y microorganismos eficientes en sus diferentes combinaciones, generaron mejores promedios en el número de frutos por planta, peso de 100 granos secos, peso de granos secos por planta y rendimiento por hectárea, no observándose diferencias significativas en el peso de mazorcas, peso de cáscara y peso de semillas con mucilago, lográndose rendimientos 1.899 a 1.926 kg/ha, superiores al tratamiento sin compost y microorganismos eficientes el cual logro un rendimiento de 1.564 kg/ha. Finalmente, para el costo beneficio de la aplicación de compost cervecero y microorganismos eficientes, la producción de cacao se afectó por la baja producción de frutos.

Palabras clave: Compostaje, abonos orgánicos, costo beneficio, material vegetal.

ABSTRACT

The research studied the effect of compost with efficient microorganisms on the vigor and yield of *Theobroma cacao*, under conditions of the District of Curimaná, Province of Padre Abad, Ucayali Region, for which, a parcel of cocoa production was selected with plants of 8 years of installation, belonging to the clone CCN-51, with a spacing of 3 mx 3m, making a total of 1111 plants / ha. The blocks and treatments were distributed with their respective experimental units, identifying them with aluminum labels. The proposed treatments were applied (T1 = control (no application of compost or efficient microorganisms, T2 = 2 kg of compost without efficient microorganisms, T3 = 2 kg of compost with efficient microorganisms (5% = 1L ME / 19 L water) ; T4 = 4 kg of compost without efficient microorganisms and T5 = 4 kg of compost with efficient microorganisms (5% = 1L ME / 19 L water)) and the Randomized Complete Block Design was used, in addition the comparison test was applied multiple of Tukey's average with level of significance = 0.05; concluding that, for the performance of cocoa, the application of compost and efficient microorganisms in their different combinations was observed, they generated better averages in the number of fruits per plant, weight of 100 dry grains, weight of dry grains per plant and yield per hectare, no significant differences were observed in the weight of ears, weight of husk and weight of seeds with mucilage, achieving yields 1.899 to 1.926 kg/ha, superior to the treatment without compost and efficient microorganisms which achieved a yield of 1.564 kg/ha. Finally, for the cost benefit of the application of compost and efficient microorganisms, Cocoa production has been affected by low fruit production.

Keywords: Composting, Organic fertilizers, Cost benefit, Material vegetal.

I. INTRODUCCIÓN

El cacao en la actualidad es uno de los frutos de mayor relevancia en nuestra región de Ucayali, ya que el producto obtenido, que son los granos, tiene un alto valor en el mercado internacional. Sin embargo, los nutrientes removidos por el cultivo necesitan ser repuestos para mantener óptimo el estado nutricional del árbol, recomendándose diseñar planes de abonamiento en una plantación de cacao sostenible (Zavala, S. f).

Los productos que contengan microorganismos viables que no sean peligrosos para el medio ambiente, el ser humano o la fauna que los integra. Estos microorganismos beneficiosos consumen contaminantes, olores y enfermedades, eliminan la mayoría de los microorganismos patógenos al eliminar a los competidores y, en última instancia, la contaminación secundaria asociada. No existe ninguna conexión con el uso eficiente de microorganismos. (Ramírez, 2006).

Sus distintos efectos de los microorganismos eficaces son variados: en agricultura como activador del crecimiento vegetal y supresor de enfermedades, reduciendo desórdenes digestivos típicos de rumiantes, en lácteos y aves de corral, eliminando moscas y malos olores. En diferentes países está en observación como antioxidante en la salud humana (BID, 2009) Por consiguiente, esta nueva tendencia de Microorganismos Eficaces (EM) es un mecanismo que ayudara a contribuir en su calidad y mejora de vida poblacional, en el medio ambiente, en su economía, así mismo un aumento significativo de la productividad en los campos de cultivo, a través de la preparación de abonos orgánicos y su posterior utilización en el abonado de los cultivos como el cacao (BID, 2009).

Los abonos orgánicos es una alternativa sostenible para los agricultores del Distrito de Curimaná y productores dedicados a la comercialización de origen natural que provienen directamente de las plantas y/o animales, y como ejemplos podemos citar a los abonos sólidos y líquidos de origen natural, con el objetivo de tener un producto de mejor calidad físico-químico y microbiológico.

El compostaje, puede degradarse de manera controlada diferentes insumos orgánicos, muchos de los cuales son desechos de cosecha, cultivo, residuos de procesamiento agroindustrial y residuos orgánicos domésticos provenientes de las poblaciones humanas, que por falta de un tratamiento adecuado, podrían causar contaminación ambiental, presencia de enfermedades y malos olores que conducen a una contaminación ambiental de suelo, aire y agua, afectando a las poblaciones humanas. En tal sentido con la presente investigación se desea dar un nuevo enfoque a la agricultura convencional y así optar por una agricultura orgánica eficiente (Silva, López, & Valencia, 2006).

Por estos motivos es importante realizar estudios en el uso de compost cervecero obtenidos con la aplicación de microorganismos eficientes, buscando el beneficio económico, ambiental y social del productor del Distrito de Curimaná.

Objetivo general.

- Determinar el efecto del compost con microorganismos eficientes sobre el vigor y el rendimiento del *Theobroma cacao*, bajo condiciones del Distrito de Curimaná - Perú.

Objetivos específicos.

- Evaluar el efecto del compost con microorganismos eficientes en el vigor del *Theobroma cacao*, bajo condiciones del Distrito de Curimaná- Perú.
- Evaluar el efecto del compost con microorganismos eficientes en el rendimiento del *Theobroma cacao*, bajo condiciones del Distrito de Curimaná - Perú.
- Evaluar el costo beneficio del efecto de compost con microorganismos eficientes en el cultivo de *Theobroma cacao*, bajo condiciones del Distrito de Curimaná – Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Edwards *et al.* (2000) desarrollaron el trabajo de investigación titulado “Efecto de la aplicación de cinco tipos de compost en el rendimiento de *Solanum tuberosum* L” con correcciones fundamentadas en materia orgánica empleadas en ciertos cultivos y se han convertido en gran parte de los sistemas agrícolas sustentables. Comparativamente con la cobertura vegetal que disminuye en casi un 50 % la pérdida de suelo, el compost no posee impacto; empero los dos aumentan el contenido de agua en 6-7%. En los efectos de los tratamientos en las propiedades físicas del suelo, la resistencia a la penetración por abajo del área radicular se disminuye en un 20% y después de diversos años de análisis, la igualdad de agregados aumenta en un 7% por medio del uso de compost.

Jácome (2013) desarrolló el trabajo de investigación titulado “Elaboración de compost utilizando cabello humano y aplicando dos fuentes de microorganismos: Microorganismos Eficientes (EMs) y *Trichoderma* spp, como agentes aceleradores de compostaje.” Realizando la recolección de las materias primas desde el proceso de compostaje, 16 semanas, diseño al azar, 9 tratamientos, 3 repeticiones, cada unidad de prueba se configura con 50 kilogramo de materia orgánica para compostar, usando 2 dosis de cabello humano: 5% y 10%, 2 equipos de diferentes microorganismos: Microorganismos eficientes (EM) y *Trichoderma* spp, así como heces y pasto. Se localizó que la fórmula de tratamiento T2 (2% microorganismos eficientes + 10% pelo humano + 24% heces de cuy + 64% corte de pasto) es la más correcta para obtener la mejor concentración de macronutrientes.

Uribe *et al.* (2001) desarrollaron el estudio titulado “Evaluación de los Microorganismos eficaces (EM) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula”, en los cuales el método usado estima el proceso aeróbico de remoción mecánica de material. Analice la humedad y el pH de las muestras semanalmente. Finalmente del proceso, se hace un estudio químico para decidir el producto final. Usando un diseño al azar, el conjunto de control consta de 2 tratamientos con 5 repeticiones en cada conjunto, mezcla de gallinaza + aserrín + microorganismos eficaces y mezcla de gallinaza + aserrín en proporción 1:1+E M; no obstante, la mezcla de gallinazo y EM demostró una diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto a la formulación de gallinaza, aserrín y EM en pH, mostrando un descenso más rápido, por debajo de 8.5, lo cual indica una aceleración en el proceso de estabilización del compost.

2.2. Microorganismos eficaces

2.2.1. Tecnología de microorganismos eficaces (EM).

“La tecnología EM consiste en unos cultivos microbianos mixtos de especies seleccionadas de microorganismos naturales benévolos o buenos, que coexisten en un medio líquido con un pH 3,5. Los microbios en el EM, no son dañinos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados; ni tampoco es una medicina” (Higa, 2002).

“Los grupos básicos que conforman estos microorganismos EM son de tres géneros principalmente: bacterias lácticas (comúnmente encontrados en el yogurt y queso), las levaduras (se encuentran en el pan y cerveza), bacterias fototróficas (proporcionan oxígeno); estos microorganismos eficaces secretan sustancias benéficas tales como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes que al entrar en contacto con la materia orgánica, su efecto benéfico individual se multiplica en forma sinérgica” (Higa, 2002).

2.2.2. Principales microorganismos contenidos en el EM

Las principales especies microbianas en cultivos microbianos de cada género son:

Bacterias lácticas: “Estas bacterias (*Lactobacillus spp*) producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica”. (Castellanos, 2004).

Bacterias fotosintéticas: Son bacterias autótrofas (*Rhodospseudomonas spp*) que “sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas”. (Castellanos, 2004).

Levaduras: “Estos microorganismos (*saccharomyces spp*) sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y

azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas”. (Castellanos, 2004).

“Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para Microorganismos Eficaces como bacterias ácido lácticas y actinomicetos”. (Castellanos, 2004).

Actinomicetos: “*Streptomyces albus*, *Streptomyces griseus*. Funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efecto biostático y biocida). Benefician el crecimiento y actividad de axobacter de las micorrizas”. (Ramírez, 2006).

Fungí de fermento: “*Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*. Los fungís o también conocidos como hongos de fermentación como el *Aspergillus* y el *Penicillum* actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esterres y sustancias antimicrobianas. Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales y gusanos”. (Ramírez, 2006).

2.2.3. Campos de aplicación.

Al principio, la tecnología EM ha sido hecha para dar una opción posible al mal químico producido por la agricultura extensiva utilizada en cada una de piezas de todo el mundo. Del mismo modo, el Médico Higa anterior las amplias propiedades del medio ambiente y de salud al producir sistemas agrícolas que excluyen fertilizantes y pesticidas sintéticos y tomó la decisión de adoptar enfoques de uso básicamente diferentes por medio de microorganismos servibles aplicados al ecosistema del suelo que ayuda a aprovechar la flora nativa y la competitividad de los microorganismos que propagan patologías (Mauz, 2006).

En relación con, la tecnología EM ha evolucionado durante las últimas dos décadas desde la agricultura hasta el tratamiento del agua, el control de olores, la agroindustria, la salud humana y diversos tratamientos industriales 2 (Mauz, 2006).

2.2.4. Los microorganismos efectivos y la agricultura

La utilidad de esta nueva tendencia de los Microorganismos Eficaces proporciona amplios ingresos al fruto ocasionando mejoría al suelos, aumentar la consecución y ser resistente a vectores que ocasionan enfermedades (BID, 2009).

Las principales reacciones en la agricultura:

- Aumenta el desarrollo de las raíces y de las plantas.
- Aumenta la capacidad de fotosíntesis de las plantas.
- Resistencia a distintas enfermedades.
- Elimina enfermedades que habitan dentro del suelo.
- Aumenta la eficacia de la materia orgánica se utiliza como fertilizante natural.
- Disolver los nutrientes del suelo.
- Mejorar las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo mediante la aplicación directa de EM e incorporación de compost o bokashi
- Aumenta la descomposición de los residuos de cultivos que quedan en el campo (BID, 2009).

2.2.5. Los microorganismos efectivos en el suelo

Según (Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú, 2007). “Los bártulos de los microorganismos en la carretera, están enmarcados en el alivio de las características físicas, biológicas y guerrilla de enfermedades. Entre sus enseres se pueden manifestar”:

A) Reacción sobre las condiciones físicas del suelo: mejorar la composición y aumento de las partículas del suelo, reducir su más grande espacio poroso y mejorar la infiltración de agua.

B) Reacción sobre la microbiología del suelo: Remueve la población de patógenos que se reproducen en el suelo por competencia.

C) Aumentar la diversidad biológica de microorganismos y producir condiciones favorables para la proliferación de microorganismos locales útiles.

2.3. Abonos orgánicos (Compost)

2.3.1. Los abonos orgánicos

Es el resultado final de la degradación y mineralización de materiales orgánicos de forma directa de plantas y / o animales. Generalmente, el fertilizante orgánico se divide en fertilizante orgánico sólido y fertilizante orgánico líquido. (Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú, 2007).

2.3.2. El compostaje

Se define como una práctica de obtener un abono de alta calidad de origen natural, que tiene como objetivo fundamental mejorar la productividad de distintas plantaciones forestales y agrícolas. (Silva, López, & Valencia, 2006).

2.3.3. Etapas del proceso de compostaje

Conforme con la evolución de la temperatura, el proceso de compostaje se puede dividir en 4 periodos:

- Mesófila. Es la masa de la planta a la temperatura óptima y los microorganismos mesófilos se reproducen rápidamente. Debido a la actividad metabólica, se producen ácidos orgánicos que elevan la temperatura y bajan el pH.
- Termófila. Una vez Cuando la temperatura alcanza los 40 °C, los microorganismos termofílicos convierten el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se vuelve alcalino. A 60 °C, estos hongos termofílicos desaparecen y aparecen bacterias formadoras de esporas y actinomicetos. Dichos organismos se delegan de descartar cera, proteínas y hemicelulosas.
- De enfriamiento. Una vez que la temperatura es inferior a 60 ° C, los hongos termofílicos reaparecen, irrumpen y descomponen la celulosa. Una vez que la temperatura es inferior a 40 °C, las bacterias mesófilas además reanudarán su actividad y el pH del medio de cultivo descenderá sutilmente.
- De maduración. Esta es una fase que necesita diversos meses de temperatura ambiente, a lo largo de los cuales ocurrirá una actitud secundaria del (Programa de apoyo a la formación profesional para la Inserción laboral en Perú, 2007). Además la condensación y polimerización del humus.

2.3.4. Beneficios del abonamiento con compost

- “Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua”. (López, 2006)
- “Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos”. (López, 2006)

- “Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización”. (López, 2006)
- Los microbios son indicadores de nutrientes en el suelo. (Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú, 2007)

2.3.5. Procedimiento para la obtención del compost.

Los métodos de desempeño de residuos sólidos orgánicos van a ser recolectados, clasificados, triturados, apilados y compostaje; esto puede variar según las condiciones de cada zona, el sistema de compostaje usado y el nivel de selección de la fuente:

a. Recolección del material

“Consiste en el traslado de los residuos separados en diversas fuentes de generación al sitio de tratamiento, sea este una pila, en el jardín o huerto, una planta de compost. El equipo y los vehículos de recolección deben ser adecuados y suficientes para los volúmenes recolectados”. (Rodríguez & Córdova, 2006).

b. Clasificación

Este es una etapa donde primero se clasifica los residuos más grandes, por lo general suelen ser los no degradables (recipientes de plástico o metal, botellas etc.). En esta etapa es necesario el retiro de materiales gruesos para la aceleración de la descomposición y fácil manejo de este. (Roben, 2002).

c. Picado

“En el proceso de compostaje el tamaño de los residuos orgánicos juega un papel muy importante. Las partículas demasiado grandes presentan poca superficie de contacto para ser atacadas por los microorganismos haciendo que el tiempo de procesamiento se alargue, el tamaño ideal de las partículas debe ser de 3 a 6 cm”. (APROLAB, 2007).

d. Apilado

“Las dimensiones de la pila de compostaje influyen básicamente en la aireación y temperatura de la pila, y por lo tanto en la transformación adecuada del material orgánico. La altura puede variar según el clima de la zona, en climas cálidos se trabaja menor altura para que la pila no caliente en exceso y en climas fríos pilas más altas para mantener la temperatura”. (APROLAB, 2007).

e. Proceso de compostado

“El compostaje es un proceso mediante el cual diversos sustratos orgánicos se descomponen y estabilizan debido a la acción de una población mixta de microorganismos, obteniéndose un producto final denominado compost, orgánicamente estable, libre de patógenos y semillas de malezas que puede ser aplicado de manera eficiente al suelo para mejorar sus propiedades”. (Silva, López, & Valencia, 2006).

2.3.6. Parámetros del proceso de compostaje

Los microorganismos son los responsables del proceso de transformación de los residuos orgánicos, para obtener así un resultado favorable. (Barrena, 2006).

“Estos parámetros deben ser controlados durante todo el proceso debido a que son aquellos que afectan directamente a la acción de los microorganismos, quienes son los encargados de llevar a cabo el compostado con éxito. Entre los parámetros más importantes tenemos: temperatura, aireación, humedad, pH y relación Carbono/Nitrógeno (C/N)”. (Vargas, 2007).

a. Temperatura

El funcionamiento de la temperatura es un mecanismo fundamental para obtener abono orgánico de alta calidad a mediano plazo. Es por ello que la temperatura ideal para la primera fase de fermentación no debería superar los 60°C, temperatura donde los actinomicetos y termófilos que degradan materiales ricos en celulosa y carbono. Y debe reducirse gradualmente para permitir la aparición de otros descomponedores, dependiendo de la microbiología. Se mineralizan a la temperatura ambiente del sitio. (López, 2006).

– Fase mesófila inicial

En esta etapa, la flora microbiana se activa, cuando su temperatura está por debajo de los 40 ° C. También la materia orgánica comienza a degradarse y luego el precio del pH desciende, dando paso al desarrollo de otras especies. Del mismo modo, la etapa aeróbica completa, humedad 70-72%, temperatura 25-35 ° C; dura 7-14 días, los principales hongos en esta etapa son: *Penicillium spp.*, *Absidia glauca*, *Verticillium tenerum*, *Nectria inventa* y *Trichoderma spp.* Igualmente, la descomposición aporta energía contenida en compuestos orgánicos. Además parte de esta energía es utilizada por los microorganismos para el metabolismo y la otra parte se convierte en calor (Bonifaz, 2012).

– **Fase termófila**

Se crea una fase termofílica, cuando la temperatura alcanza los 60°C, en la que se detiene la actividad de los hongos, y la descomposición la conducen a cabo los actinomicetos y cepas bacterianas formadoras de esporas. Además en esta etapa se degradan cera, proteína, hemicelulosa, lignina y celulosa (Silva, López y Valencia, 2006).

También, las altas temperaturas ayudan a borrar la más grande parte de los patógenos, sin embargo las bacterias y los hongos útiles tienen la posibilidad de ayudarlos. El dióxido de carbono CO₂ producido en enormes porciones se difunde a partir del centro hasta la corteza, lo cual es fatal para las larvas de insectos. Se registró un crecimiento de pH de 7.5; gracias a la liberación de álcalis y la producción de amoníaco en materiales orgánicos (Bonifaz, 2012).

– **Fase mesófila final**

De manera que, la relación el consumo de nutrientes y la desaparición de bacterias termófilas, la temperatura empieza a descargar. “Cuando la misma se sitúa aproximadamente a temperaturas iguales o inferiores a los 40°C se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos que utilizarán como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación tales como la celulosa y lignina”. (Villaruel, 2011).

“En esta etapa incrementa la fracción mineral y los nitratos disponibles para las plantas y se reduce el porcentaje de carbono, se aumenta la cantidad de actinomicetos responsables del olor a tierra fresca”. (Rocha, 2009).

Bonifaz (2012) menciona que “durante esta fase se concentran sustancias húmicas. El pH desciende por debajo del neutro (pH = 5-5,7), como consecuencia de la liberación de ácidos orgánicos en la fermentación y por la presencia de bacterias acidogénicas. Posteriormente el pH se eleva cercano a neutro (pH = 7-7,5), debido al poder amortiguador de las sustancias húmicas”.

b. Aireación

“El objetivo de la aireación durante el proceso de compostaje es suministrar oxígeno para la degradación microbiana, controlar la temperatura y eliminar la humedad de la materia orgánica”. (APROLAB, 2007)

Los materiales grandes aseguran que el proceso de aireación sea favorable. Por lo que cuando la densidad de la basura es demasiado alta ($> 700 \text{ kg / m}^3$), deben agregarse especialmente para construir pilas, de modo que el aire no pueda circular libremente". (Roben, 2002).

c. Humedad

"El contenido de humedad del material a compostar es muy importante ya que los microorganismos solo pueden utilizar las moléculas orgánicas si están disueltas en agua. Además, el agua favorece la migración y la colonización microbiana". (Barrena, 2006)

"Si la humedad es baja, el proceso de compostaje reduce su velocidad llegando incluso a detenerse. La actividad biológica empieza a disminuir a niveles de humedad del 40% por debajo del 20% no existe prácticamente actividad". (Barrena, 2006).

d. pH

"El valor del pH óptimo para el compostaje esta entre 6.5 y 8.0. Si el grado de descomposición no es adecuado, el pH puede caer a valores entre 4 – 5, retrasándose el proceso". (Silva, López, & Valencia, 2006).

"Valores de pH inferiores a 5,5 (ácidos) y alcalinos superiores a 9,5 inhiben el crecimiento de la gran mayoría de microorganismos, en este último valor se precipita nutrientes esenciales del medio que no son asequibles para los microorganismos". (Rocha, 2009).

"Las bacterias prefieren un medio casi neutro, mientras los hongos se desarrollan mejor en un medio ligeramente ácido. El valor del pH cae ligeramente durante la etapa de enfriamiento llegando a un valor de 6 a 7 en el compost maduro". (Jaramillo & Zapata, 2008)

e. Relación Carbono/Nitrógeno

El carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo vivo, y deben encontrarse en proporciones adecuadas para

un buen compostaje. Los microorganismos de una composta utilizan el carbono para conseguir energía, y el nitrógeno para la síntesis de proteínas, los valores ideales de esta relación C/N para un buen compostaje se encuentran entre 25 y 35 (25 - 35 partes de C por 1 de N). Si el material de partida contiene demasiado carbono la relación será muy alta y el proceso será lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de dióxido de carbono. Si, por el contrario el material contiene demasiado nitrógeno, la relación es baja y se producirá pérdida de este elemento en forma de amoníaco (NH₃). Al finalizar el proceso de compostaje la relación C/N ira disminuyendo hasta alcanzar un valor entre 12 y 8 en el producto final (Rodríguez & Córdova, 2006).

2.3.7. Sistemas de compostaje

Con respecto a, la incubación basada en varios criterios, como la complejidad, el control del proceso y los métodos de ventilación utilizados, se pueden dividir en sistemas abiertos y cerrados. En un sistema de **compostaje cerrado**, este proceso se lleva a cabo en un recipiente llamado reactor, matraz o digestor. Las ventajas de estos sistemas son un mejor control de las condiciones de procesamiento, menos espacio requerido para construir la planta y el tiempo de compostaje es relativamente corto y se evitan las emisiones de olores, pero los altos costos de inversión y mantenimiento a menudo lo hacen antieconómico. (Moreno, 2007).

En cuanto, a los sistemas de **compostaje abiertos** los materiales a compostar se colocan en pilas/hileras, montones o mesetas y se diferencian 2 tipos: dinámico y estático. Además en los sistemas dinámicos la aireación de la pila se hace de manera periódica por medio de volteos, necesitan más grande espacio que en otros procedimientos, ya que las pilas se voltean lateralmente. Por otro lado, este sistema es menos efectivo en la inactivación de patógenos que los procedimientos estáticos. En los sistemas estáticos ventilados, el material a compostar se sitúa sobre un grupo de tubos perforados, conectados a un sistema que aspira o insufla aire por medio de la pila. Del mismo modo, la ventilación controlada impulsa la actividad de los microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje por lo cual consigue una instantánea transformación de los residuos de compost (4 – 8 semanas) (Moreno, 2007).

2.3.8. Sistemas de compostaje más utilizados

a. Compostaje en pilas con volteo

En este caso, los residuos se alinean en filas o pilas, tienen una sección transversal triangular y se voltean una y otra vez durante el proceso. La rotación con un rotativo o pala oxida el residuo y produce un alto grado de mezcla. Además el tamaño de la pila depende del material y del dispositivo de giro. El parámetro limitante es la altura, porque una altura demasiado alta hará que el material sea compacto. La altura recomendada es de 1,2 a 1,8 m, y el ancho es de 2, a 3,6 m. La longitud de la pila está limitada solo por el tamaño o el diseño de la planta. Esto se debe a que el tamaño no está limitado por el proceso (Barrena, 2006).

c. Compostaje en canales

Este es un mecanismo de compostaje continuo donde el material fresco pasa por un extremo del canal y el producto final pasa por el otro extremo. Los desechos de compost se almacenan en la parte superior de un canal rectangular alargado. Estos canales tienen un sistema de inyección de aire similar a una batería estacionaria. El material de inversión del torno viaja a lo largo de los rieles en la parte superior de la pared del canal. Homogeneiza periódicamente el material y avanza el canal. El tiempo de residencia del residuo en el canal depende del número de caminos en el anillo. El ciclo del ciclo se establece de manera que cuando se llega al final del canal, el decaimiento puede considerarse completo (Barrena, 2006).

c. Compostaje en túneles

Los residuos se introducen en un túnel cerrado con un mecanismo de aireación forzada. La medida del túnel es variable, cerca de 4 m de elevado, 5-6 m de ancho y de longitud variable, dependiendo de la proporción de residuos a procesar, principalmente 20 m. La virtud de esta clase de sistema es que puede mantener el control de mejor las condiciones del proceso y, como sistema cerrado, puede mantener el control del gas y el olor. El inconveniente es el elevado precio de instalación. Debido al control de olores y los bajos requisitos de espacio, es mejor usar esta tecnología si el lugar está cerca del centro de la localidad (Barrena, 2006).

2.4. El cultivo del cacao

2.4.1. Origen

“El cultivo del cacao tuvo su origen en América, pero no se puede indicar con precisión el lugar específico ni su distribución. Aún hoy día continúa siendo tema de discusión”. (Lama, 2003).

Algunos autores indican que “el cultivo del 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 ese continente, aunque lo encontraron creciendo en forma natural en muchos bosques a lo largo de los ríos Amazonas y Orinoco y sus afluentes, donde aún hoy existen tipos genéticos de mucho valor”. (Lama, 2003).

2.4.2. Taxonomía

Dendrologicamente, el cacao pertenece a la siguiente descripción:

División: Espermatofita

Clase: Angiosperma

Sub-clase: Dicotiledónea

Orden: Malvales

Familia: Esterculiáceas

Género: Theobroma

Especie: Cacao

Fuente: (Lama, 2003).

2.4.3. Descripción botánica del cacao

La altura de los arboles muchas veces se vincula con el medio ambiente, con el tipo de suelo y muchas veces con la presencia de quienes pueden estar en su entorno, en el caso del frutal de cacao, pueden llegar a medir de alto a excepción del cacao Nacional en Ecuador y el Amelonado en África Occidental, alcanza una altura de 6-8 metros, a veces hasta 12 metros (García, 2000).

- Raíz

Las plantas reproducidas sexualmente, tienen un sistema de raíces compuesto de raíces pivotantes se realiza hacia debajo. Desde la raíz primordial, justo abajo del cuello, la mayor parte de las raíces secundarias se desarrollan a unos 15-20 centímetros de hondura en la parte preeminente de la capa de humus. Se alargan de

5 a 6 metros horizontalmente a partir del tronco y las raíces laterales se parten repetidamente (García, 2000).

- **Tallo y ramas**

Las plantaciones de cacao de reproducción sexual desarrollarán tallos primordiales verticales entre los 12 y los 18 meses de edad, que tienen la posibilidad de conseguir una elevación de 1 a 2 metros. Desde entonces, las yemas mejores dejaron de crecer y aparecieron de 3 a 5 ramas laterales del mismo grado. Este grupo de ramas comúnmente se llama verticilio u horqueta. (García, 2000).

“El cacao tipo Criollo normalmente desarrolla un verticilio de 3 a 5 ramas laterales, las cuales presentan un espacio bien marcado entre sus puntos de origen. En el cacao Forastero las ramas laterales del verticilio salen de un mismo punto. En ambos casos, cuando el árbol llega a adulto, las bases de las ramas laterales forman un solo anillo”. (García, 2000).

- **Hoja**

Durante su desarrollo vegetativo, los folíolos muestran coloraciones variadas, desde encendidas hasta pocas encendidas. Particularmente, los tipos de cacao Criollo y Trinitario tienen mayor coloración que los del tipo Forastero, los que son de muy poca coloración. En muchos de los casos el color y el tamaño de las hojas son parecidos, existen pocas veces que varían de acuerdo a su forma de la hoja. (Batista, 2009).

- **Inflorescencia**

Con relación, a la inflorescencia del cacao es la cima decasiforme, que se forma de manera directa sobre la madera más vieja del tronco y las ramas adultas del árbol, de manera bastante particular, en la parte inferior de las hojas, cerca de la marca y yemas axilares, una vez que las hojas caen. La inflorescencia se transforma en densos equipos a lo largo de su formación e incremento, mientras se realiza, forma un cojín de 40 a 60 flores. Gracias a las propiedades genéticas, hay diferencias significativas en el número de flores en diferentes capas de camas de diferentes árboles (Batista, 2009).

- **Flor**

En cuanto, a las flores son hermafroditas, pentámero y poseen un súper ovario, los patrones de fantasía son: S5, P5, E5 + 5, + Gramo (5). Esto muestra que la composición floral de la flor del cacao está compuesta por 5 sépalos y 5 pétalos;

los estambres se forman por 10 filamentos, de los cuales 5 son fértiles (estambres), y los demás 5 son estériles (estambres); los pistilos (pistilos) se forman por un súper El ovario se conforma por 5 compartimentos fusionados a partir de la base, y cada compartimento puede contener de 5 a 15 óvulos, conforme el genotipo. La polinización del cacao es una polinización estrictamente transmitida por insectos. (Battista, 2009).

- **Fruto**

“El fruto de cacao es una drupa normalmente conocido como mazorca. Tanto el tamaño como la forma de los frutos varían ampliamente dependiendo de sus características genéticas, el medio ambiente donde crece y se desarrolla el árbol, así como el manejo en la plantación. Las mazorcas de cacao por sus formas están clasificadas como: Amelonado, Calabacillo, Angoleta y Cundeamor, variando según el tipo o la especie”. (Batista, 2009).

- **Semilla**

El fruto del cacao puede contener entre 20 a 60 semillas o almendras, cuyo tamaño y forma varían según el tipo genético La semilla del cacao es más bien un óvulo del interior del ovario de la flor fecundado y desarrollado, que luego de su desarrollo y maduración constituye la mazorca. La semilla del cacao está constituida por dos cotiledones y un embrión que está protegido por ambos cotiledones. El endosperma es sumamente reducido y toma la forma de una membrana conocida como testa, la cual es delgada y coriácea envuelta en su periferia por una pulpa ácida y azucarada que se llama mucílago. (Batista, 2009).

2.4.4. Requerimientos edafoclimáticos

“Los suelos de textura media, o sea los suelos arcillo-arenosos, con un espacio radical de profundidad de 1 mt., con buena capacidad de drenaje, donde no ocurran encharcamientos de agua en los períodos de mucha lluvia y donde el pH es de 5.5 a 6.5 son los buenos para cultivar cacao”. (Lama, 2003).

La lluvia debe ser bien distribuida, con un mínimo de 1,200 mm anual. (Batista, 2009). Los vientos fuertes causan daños al cacao, por lo que es importante evitar el cultivo en zonas donde por naturaleza los vientos son de alta velocidad. En tal caso conviene tener árboles rompevientos para reducir los efectos (Lama, 2003).

2.4.5. Abonos orgánicos de calidad para el cacao

Por lo tanto, la recolección de nutrientes por el cultivo de cacao aumenta inmediatamente a lo largo de los primeros 5 años más tarde de la siembra y después de establecerse manteniendo dicha tasa de absorción por lo demás de vida eficaz de la plantación. Generalmente, el potasio (K) es el nutriente más absorbido por el cacao, seguido por el nitrógeno (N), calcio (Ca) y magnesio (Mg). La porción precisa de nutrientes removidos por un cultivo en especial es dependiente del estado nutricional del árbol. Aproximadamente 1.200 kilogramo de semilla de cacao extraen 35 kilogramo de N, 10 kilogramo P₂O₅, 50 kilogramo de K₂O, 13 kilogramo de CaO y 150 kilogramo de MgO. Además, se remueven nutrientes en la cáscara de la mazorca que es rica en K. Sin embargo, se necesitan nutrientes para edificar el cuerpo humano del árbol. (Zavala, S.f.)

Cuadro 1. Guía de recomendaciones para fertilizar 800 plantas/ha.

EDAD años	N	P₂O₅	K₂O	MgO	S
Disponibilidad baja de nutrientes					
0-1	70	30	55	15	25
1-2	105	45	110	30	50
2-3	140	60	165	45	75
3-4	175	75	220	60	100
>4	210	90	270	75	125
Disponibilidad media de nutrientes					
0-1	40	15	25	8	12
1-2	70	20	50	16	24
2-3	100	30	75	24	36
3-4	125	40	100	32	48
>4	150	50	125	40	60
Disponibilidad alta de nutrientes					
0-1	20	12	25	11	12
1-2	40	12	40	11	12
2-3	60	18	55	15	15
3-4	80	24	70	18	30
>4	100	30	85	20	40

Fuente: Recomendaciones de fertilización (Zavala, S.f.).

Cuadro 2. Guía de recomendaciones para fertilizar 1400 plantas/ha.

EDAD años	N	P₂O₅	K₂O	MgO	S
Disponibilidad baja de nutrientes					
0-1	40	20	35	9	14
1-2	60	30	70	17	29
2-3	80	40	100	26	43
3-4	100	50	126	34	57
>4	120	60	154	43	71
Disponibilidad media de nutrientes					
0-1	23	9	14	6	7
1-2	40	11	29	9	14
2-3	57	17	43	14	21
3-4	71	23	57	18	27
>4	86	29	71	23	34
Disponibilidad alta de nutrientes					
0-1	11	7	14	6	7
1-2	23	7	23	6	7
2-3	34	10	31	9	9
3-4	46	14	40	10	17
>4	57	17	49	11	23

Fuente: Reconocimiento de fertilización (Zavala, S.f.).

Todo abonamiento es muy importante, teniendo en consideración en qué fase se lo aplica, es por ello que no se tiene que abonar en temporadas de producción, ya que afectaría tanto al desarrollo vegetativo y por ende causaría un perjuicio en la economía. (Zavala, S.f.).

Sobre la plantación de cacao bien fertilizada puede encarar mejor a la adversidad ambiental, los insectos, las patologías y ciertos patógenos del suelo, aprovechar mejor el potencial genético de su genoma y crear productos de alta calidad. Además todos los cultivos después de haber logrado buena producción, necesitan ser repuesto los más antes posible, es allí que se necesita el uso de abonos orgánicos de alta calidad. (Benzing, 2001).

2.4.6. Importancia y problemática del cultivo de cacao en el Perú.

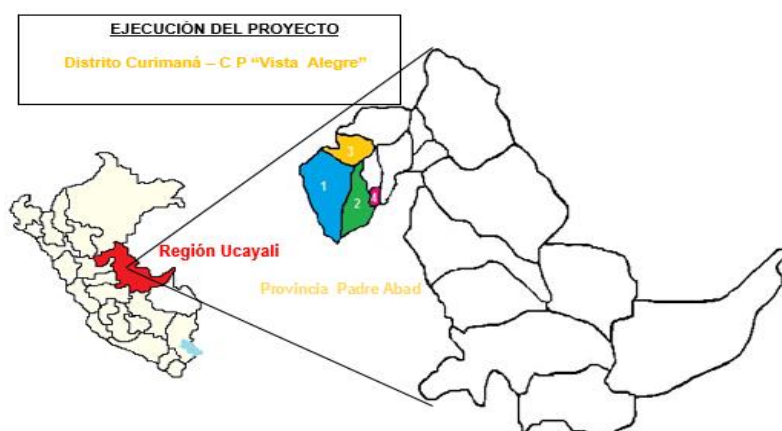
La producción de cacao del Perú es baja y las fluctuaciones del mercado de valores internacionales han llevado a precios bajos, lo que ha aumentado la incidencia de la moniliasis del cacao que este sector agrícola pase por un mal momento (Ministerio de agricultura, 2000).

Por lo tanto, la selva peruana tiene una gigantesca diversidad genética, y el cacao, en especial uno de los frutos con más potencial, podría ser desarrollado por los productores por medio de técnicas sencillas. Esta plantación es de elevado costo pues muestra distintas propiedades referente a sabor y aroma, y debemos preservarla seleccionando e identificando los superiores clones de cacao del territorio (Ministerio de Agricultura, 2000).

Actualmente existen vacíos en el manejo del cultivo de cacao, por lo que es necesario tener y dotar de un paquete tecnológico que dé respuesta a la problemática actual de los agricultores dedicados al cultivo de cacao (Ministerio de agricultura, 2000).

III. MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio



La investigación se realizó en una parcela experimental, ubicada en el centro poblado “Vista Alegre”, situado en el Distrito de Curimaná, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali.

De enero a setiembre del 2018, fueron los meses que se desarrolló la investigación.

3.2. Condiciones ambientales, suelo y compost cervecero.

3.2.1. Condiciones ambientales

Según el cuadro 3 muestra los datos climáticos registrados en la región de Curimaná durante los meses de trabajo de indagación.

Cuadro 3. Datos climáticos del distrito de Curimaná en los meses de enero a agosto del 2018 en los cuales se ejecutó el trabajo de investigación.

Fecha	T° máxima (°C)	T° Media (°C)	T° mínima (°C)	Pp. (mm)
Enero	31.48	26.155	20.83	143.3
Febrero	31.63	26.445	21.26	67.3
Marzo	31.64	26.635	21.63	199.4
Abril	31.07	25.82	20.57	61.5
Mayo	31.98	26.355	20.73	80.4
Junio	32.81	26.625	20.44	126.4
Julio	32.89	26.46	20.03	99.2
Agosto	32.45	26.3	20.15	65.8

Fuente: SENAMHI 2018. Estación “El maronal”.

En cuanto al cuadro 3 se muestra el comportamiento climático del mes en que se lanzó el trabajo. La temperatura máxima, media y mínima no fluctuaron significativamente y se mantuvieron estables durante el mes de evaluación, destacando que en términos de precipitaciones, el rango de enero a agosto fue de 61,5 a 199,4 mm, este es un rango de precipitación muy bajo, como se muestra en la figura siguiente.

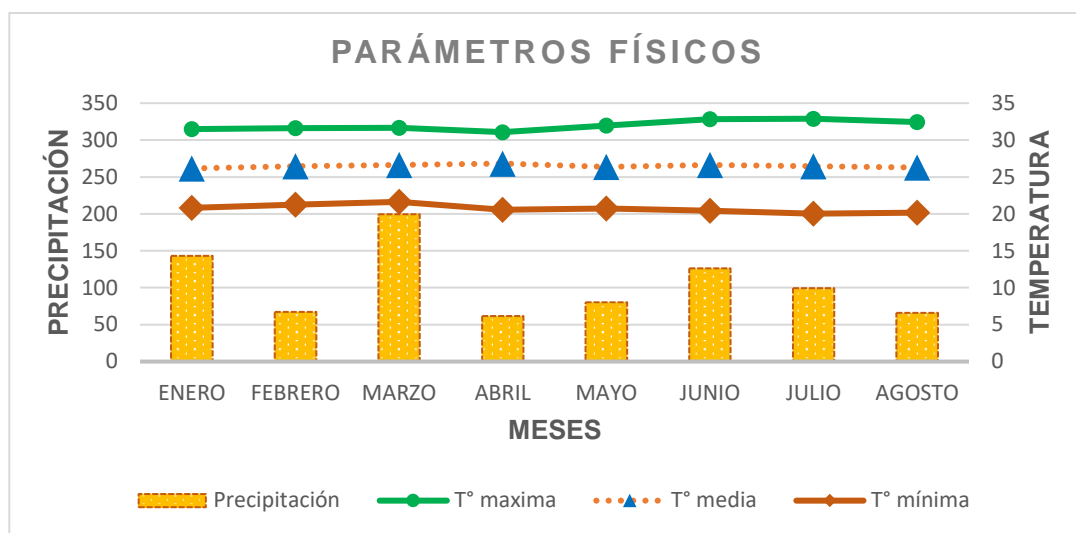


Figura 1. Condiciones climáticas observadas en el distrito de Curimaná en los meses de Enero a Agosto del 2018.

3.2.2. Condiciones de suelo

El cuadro 4, muestra los resultados del análisis de suelo de la parcela experimental de cacao.

Cuadro 4. Resultados del análisis de suelos de la muestra correspondiente a la parcela experimental.

Datos	Sector	Análisis mecánico			Textura	pH	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	Cd ppm	Pd ppm
		Arena %	Arcilla %	Limo %								
Víctor Alejandro Ramírez	Vista Alegre	27.2	24.4	48.4	Franco	7.16	3.02	0.14	7.83	160.43	0.05	2.15

CIC cmolc/kg	Ca %	Mg %	K %	Na %	Al %	H %	CICe cmolc/kg
15.82	12.4	2.64	0.64	0.14	0	0	0

Fuente: Laboratorio de análisis en suelos – Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Con relación, a lo observando en el cuadro 4, señala el resultado del estudio de suelos de la muestra que corresponde a la parcela empírico, en la cual, el suelo muestra una textura franco, con un pH 7.16 (neutro), un contenido regular de materia orgánica

(3.02), un contenido promedio bajo de P (7.83) y un óptimo contenido medio de K (160.43), y contenidos promedios de Ca, Miligramo Finalmente la parcela experimental presentó indicadores en el suelo tales como: el color oscuro del suelo, acumulación de hojarasca, buen drenaje en el terreno, llegando a concluir que el suelo presentó un nivel regular de fertilidad natural.

3.2.3. Condiciones del compost cervecero.

El cuadro 5, muestra los resultados del análisis del compost cervecero.

Cuadro 5. Resultados del análisis del compost cervecero aplicado a la parcela experimental.

Nº LAB	CLAVES	pH	C E dS/m	M O %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
039	PILA 93	6.23	0.85	22.74	1.05	1.02	0.32
040	PILA 94	5.99	0.47	32.41	0.96	0.83	0.27
041	PILA 95	6.02	2.15	24.72	1.02	0.78	0.40
042	PILA 96	5.90	1.33	59.86	1.13	0.78	0.40
043	PILA 97	6.02	1.12	48.94	1.07	0.81	0.39
044	PILA 98	6.00	1.43	56.65	1.02	0.81	0.39

Nº LAB	CLAVES	Ca O %	Mg O %	Hd %	Na %	C %	Relación C/N %
039	PILA 93	1.29	0.32	58.21	0.19	12.85	12.24
040	PILA 94	0.97	0.23	61.41	0.12	17.42	18.15
041	PILA 95	1.16	0.26	55.26	0.25	13.12	12.86
042	PILA 96	0.88	0.18	59.84	0.09	33.78	29.89
043	PILA 97	0.81	0.18	58.34	0.08	26.72	24.97
044	PILA 98	0.82	0.19	57.94	0.09	32.10	31.47

Fuente: Laboratorio de análisis en compost – Universidad Nacional Agraria la Molina.

Observe la Tabla 5 señala los resultados del análisis de compost aplicado a la parcela de prueba, en la cual, el compost cervecero presenta un promedio de pH 6.02 (neutro), con un contenido alto de materia orgánica promedio (40.89), un contenido promedio bajo de P₂ O₅ (5.03) y un buen contenido medio de K₂O (2.17), y contenidos promedios de Ca O, Mg O, Na. Finalmente el compost cervecero presentó indicadores tales como: una coloración marrón, olor característico y una textura granulada.

3.3. Procedimiento.

3.3.1. Ubicación y georreferenciación de la parcela experimental

- Hemos comenzado a seleccionar una parcela de producción de cacao injertado donde se plantan árboles de ocho años de instalado, que pertenecen al clon CCN51.
- Todas las plantas tuvieron un distanciamiento de 3 m x 3 m, haciendo un total de 1111 plantas/ha. De las cuales se trabajó con una población de 320 plantas.
- Parcelas georreferenciadas con la ayuda de GPS Garmin ®

3.3.2. Identificación de los bloques y tratamientos en la parcela experimental

- Mediante la imagen propuesta que se muestra a continuación (Figura 02), se continúa seleccionando plantas por unidad de prueba, tratamiento y bloque.
- Una vez seleccionado las plantas de cacao, se utilizaron 720 metros de rafias de 04 colores diferentes (verde, amarillo, rojo y azul) para encerrar cada unidad experimental. Y así poder diferenciarlos de los bloques.
- Se utilizaron etiquetas de aluminio con fondo rojo y letras blancas (8 x 5 cm), y se identifican las plantas que pertenecen al bloque y el tratamiento, e identificar las plantas a evaluar entre ellas.

BII	T3	T4	T1	T5	T2
BIV	T2	T3	T4	T1	T5
BI	T5	T2	T3	T4	T1
BIII	T1	T5	T2	T3	T4

36 m

45 m

Figura 2. Diseño del campo de estudio.

- DÓNDE: T= Tratamientos B= Bloques.

3.3.3. Acopio del compost cervecero con EM

- El abono utilizado fue a base de residuos agroindustriales de cervecería, denominado compost cervecero, procedente de la cervecería San Juan por intermedio de una donación.
- El compost cervecero con EM estuvieron en un ambiente ventilado, con techo de calamina, donde que cada unidad de compost cervecero estuvo recubierto con un costal así mismo el EM estuvo en un envase de plástico.

3.3.4. Aplicación del compost con microorganismos eficaces en campo

- La aplicación del compost cervecero se realizó al inicio de la etapa de floración, esta acción se realizó una sola vez, al momento de la instalación del trabajo de investigación, de acuerdo a los tratamientos a estudiarse.
- Se seleccionaron 5 plantas de cacao y se determinó un promedio de diámetro de copa, para poder realizar el abonado en forma de anillo.
- El radio para el abonamiento de las plantas de cacao con el compost cervecero fue de 1.50 metros en forma de anillo.
- La aplicación de los microorganismos eficientes fue con la ayuda de mochila fumigadora con capacidad de 20 litros de la marca Still ®, en una solución al 5% (1 litro de microorganismos eficaces diluidos en 19 litros de agua), se realizó en el momento de la aplicación del compost cervecero en las plantas.
- La aplicación del EM, fue en el mismo radio que se hizo con el compost cervecero (1.50 metros).
- Una vez aplicado el compost cervecero con el EM, se procedió a tapar todo el anillo (1.50 metros) que en un momento fue limpiado para el abonado.

3.3.5. Evaluación de parámetros del vigor y rendimiento

- La evaluación de los parámetros del vigor se realizó solo al inicio de la investigación, a los dos meses de aplicación del compost cervecero con los EM (10 de marzo 2018), en los cuales se evaluó el número de brotes (basal, medio y apical) nuevos por planta.
- La evaluación de los parámetros de rendimientos se lleva a cabo en el momento de la cosecha de las plantas, teniendo en cuenta el cambio de color de las mazorcas de granate a anaranjado. Se utilizó tijeras de podar y picos de loros en varas de madera para cosechar las mazorcas. Las mazorcas cosechadas por bloques y tratamientos fueron identificadas para su evaluación y pesaje correspondiente.

3.3.6. Labores culturales

- Con la ayuda de un machete, se procedió a cultivar las malezas que se encontraron dentro de la parcela experimental, esta acción se realizó cada 30 días, durante los 8 meses de ejecución.
- Con la ayuda de una tijera podadora desinfectada, se aplicó la poda de mantenimiento que consistió en eliminar ramas indeseable con exceso de altura y sombra para el ingreso de luz y así poder minimizar el ataque de monillia sp, esta acción se realizó una sola vez, durante el periodo de ejecución.
- Por último se aplicó la poda fitosanitaria que consistió en eliminar los chupones, las malezas de las ramas y frutos infestados de la parcela experimental. Esta acción se realizó una sola vez, durante la ejecución de la tesis.

3.4. Variables

3.4.1. Variable

Las variables estudiadas se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Variables estudiadas.

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	INST. DE MEDICIÓN
Variable independiente: -Compost con microorganismos eficaces	Es un mecanismo dirigido y controlado de mineralización y pre-humificación de la materia orgánica, con el objetivo de obtener un abono orgánico de alta calidad físico-químico y microbiológico.	Tratamientos: Testigo 2 kg de compost sin EM 2 kg de compost con EM 4 kg de compost sin EM 4 kg de compost con EM	Kg	Balanza gramera
Variables dependientes: -Vigor	Está relacionado a su composición genética y su	Nº de brotes nuevos/planta	cantidad	Contometro

	respuesta al ambiente			
-Rendimiento	Resultado final del producto obtenido.	<ul style="list-style-type: none"> - Número de frutos/planta - Peso promedio de fruto/planta - Peso de cáscara/fruto - Peso de semillas con mucílago/fruto - Peso de 100 semillas secas - Peso de granos secos - Rendimiento por hectárea 	<p>cantidad</p> <p>Kg</p> <p>Kg</p> <p>Kg</p> <p>Kg</p> <p>Kg</p> <p>t/ha</p>	<p>Contómetro</p> <p>Balanza gramera</p> <p>Balanza gramera</p> <p>Balanza gramera</p> <p>Balanza gramera</p> <p>Balanza gramera</p> <p>Balanza industrial</p>
-Costo beneficio	Es el ingreso generado en los tratamientos estudiados	<ul style="list-style-type: none"> - Costo de preparación del campo y aplicación de los tratamientos estudiados. - Costo total de aplicación de los tratamientos estudiados - Ingreso neto generada en los tratamientos estudiados. 	<p>Soles</p> <p>Soles</p> <p>Soles</p>	<p>Registro de costos</p> <p>Registro de costos</p> <p>Registro de costos</p>

VARIABLES INTERVINIENTES: -Condiciones climáticas del campo de cultivo	Son factores físicos que van a intervenir en el campo de cultivo	-Temperatura -Precipitación	C° MM	Termómetro o ambiental
-Enfermedades	Son vectores que ocasionan daños a las plantas cultivadas de interés agrícola	Porcentaje de ataque de fitopatógenos en frutos	%	Contómetro

3.4.2. Operacionalización de las variables

A. Vigor: La evaluación del vigor se realizó a los dos meses de aplicación del compost cervecero con los EM (marzo 2018), solo al inicio del trabajo de investigación, en los cuales se evaluó el número de brotes (basal, medio y apical) de las 04 plantas internas (Anexo 01).

B. Rendimiento: La evaluación del rendimiento se realiza cuando se cosechan las mazorcas, teniendo en cuenta las siguientes dimensiones de variables (Anexo 02):

- **Cantidad de frutos / plantas:** Cuente el número de frutos por planta al momento de la cosecha.
- **Peso medio de frutos / plantas:** Los frutos recolectados se pesan con una balanza digital en el momento de la cosecha.
- **Peso de cascara / fruto:** Con la ayuda de una balanza analítica se pesa la piel de cada fruto.
- **Peso de semillas / frutos de mucílago:** Pese las semillas de mucílago de cada fruto.
- **Peso de 100 semillas secas:** Pesar las semillas secas después de la etapa de fermentación.
- **Peso de granos / plantas secos:** pesar las semillas secas después de la etapa de fermentación.

- **Rendimiento por hectárea:** Teniendo en cuenta el número de frutos por hectárea y el peso de cada fruto, calcule el rendimiento por hectárea (en toneladas).

C. Costo-efectividad: Se evalúa al final de la encuesta, tomando en cuenta las siguientes dimensiones de variables:

- **Costo de la preparación del campo y el procesamiento de la investigación de la solicitud:** Calcule el costo de la preparación del campo de prueba y calcule el costo del procesamiento de la solicitud.
- **Aplicar el costo total del tratamiento estudiado:** Teniendo en cuenta el número de frutos por planta y el peso de cada fruto, calcular el rendimiento por hectárea (toneladas).
- **Investigue la ganancia neta generada por el tratamiento:** calcule el costo de producción, luego calcule la ganancia de producción de fruta, reste la ganancia de fruta del costo de producción y obtenga la ganancia neta de cada tratamiento.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Las plantas de cacao fue constituido por 320 plantas en total. Cabe resaltar que la parcela experimental tuvo un área de 1,620 m².

3.5.2. Muestra

Fue constituida por un total de 80 plantas de cacao, de las cuales se evaluaron las 04 plantas internas por unidad experimental. Cabe precisar que estas 04 plantas internas han sido seleccionadas con el fin de protegerlos de efectos ambientales como lluvias, vientos, inundaciones e incendios.

3.5.3. Unidad de análisis

El experimento constituye las 20 unidades experimentales, en los cuales cada unidad experimental estuvo compuesta por 16 plantas de cacao, de las cuales se evaluaron plantas de interior.

3.6. Tratamiento estadístico

El diseño estadístico aplicado fue el Diseño de Bloque Completo al Azar, para el análisis se utilizó un análisis de varianza, modelo univariante (ANOVA, al 95% de confiabilidad) además se aplicó la prueba de comparación múltiple de promedio de Tukey con nivel de significancia = 0,05.

3.7. Modelo matemático

El modelo estadístico del diseño experimental es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Y_{ij} = el comportamiento productivo del cultivo de cacao

μ = es la media general del i-ésimo tratamiento

B_i = es el efecto de i-esimo bloque

T_j = es el efecto de j-esimo tratamiento

E_{ij} = es el efecto del error experimental

3.8. Tratamientos

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes:

T1 = testigo (sin aplicación de compost ni microorganismos eficientes)

T2 = 2 kg de compost sin microorganismos eficientes

T3 = 2 kg de compost con microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)

T4 = 4 kg de compost sin microorganismos eficientes

T5 = 4 kg de compost con microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)

IV. RESULTADO Y DISCUSIONES

4.1. Efecto del compost con microorganismos eficaces en el vigor del *Theobroma cacao*, bajo condiciones del Distrito de Curimaná- Perú.

4.1.1. Número de brotes por planta

El cuadro 7, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el número de brotes por planta.

Cuadro 7. Prueba de promedio de Tukey, para el número de brotes por planta en los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Nº de brotes/planta
5	4 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	53.12 a
3	2 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	51.87 a
4	4 kg de compost sin microorganismos eficientes	49.00 ab
2	2 kg de compost sin microorganismos eficientes	34.37 bc
1	Testigo (sin aplicación de compost ni microorganismos eficientes)	25.93 c

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Con relación al número de ramas en cada árbol, se realizó un análisis de varianza en los bloques (ver anexo 17) y no hubo significación entre los bloques finales ($p \leq 0.05$). Para el análisis de la varianza del tratamiento (ver Anexo 17), se puede concluir que existe una diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos estudiados. La ejecución de la prueba de la media de Tukey, como se muestra en la Tabla 6, señala que se ha aplicado el procedimiento de compost 4 kg y 2 kg más microorganismo eficientes presentaron los mejores promedios de número de brotes por planta (53.12 y 51.87 brotes por planta respectivamente), seguidos por los tratamientos con compost 4 kg y 2 kg sin aplicación de microorganismos eficientes (49 y 34.37 brotes por planta respectivamente) y finalmente el tratamiento testigo, el cual presentó el menor número de brotes por planta (25.93 brotes).

Al respecto BID (2009), afirma que la aplicación de los microorganismos eficientes, aumenta nutrientes para el crecimiento de las plantas; porque mejoran la capacidad de la planta para absorber la luz y aumentan la eficiencia de la materia orgánica, como

fertilizante, lo cual se ve reflejada, en los resultados de cantidad de brotes por planta, en los cuales los tratamientos con aplicación de compost más microorganismos eficientes generaron mayor cantidad de brotes por planta.

4.2. Efecto del compost con microorganismos eficaces en el rendimiento del *Theobroma cacao*, bajo condiciones del Distrito de Curimaná - Perú.

4.2.1. Cantidad de frutos por planta

El cuadro 8, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el número de frutos por planta.

Cuadro 8. Prueba de promedio de Tukey, para el número de frutos por planta en los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Nº frutos/planta
5	4 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	30.62 a
2	2 kg de compost sin microorganismos eficientes	30.31 a
3	2 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	30.25 a
4	4 kg de compost sin microorganismos eficientes	30.18 a
1	Testigo (sin aplicación de compost ni microorganismos eficientes)	24.87 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Para el número de frutos de cada árbol, se hizo estudio de varianza en los bloques (ver anexo 18), y no hubo significancia entre los bloques finales ($p \leq 0.05$). Para el estudio de varianza de los tratamientos, (ver Anexo 18), se concluyó que existía una diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos de indagación. Una vez que se hizo la prueba de media de Tukey, como se muestra en la Tabla 8, enseñó que ha sido comparable al tratamiento sin compostaje y microorganismos de alta eficiencia comparado con la aplicación de compost y el procedimiento con y sin aplicación de microorganismos de alta eficiencia, el número promedio de frutos por planta es preeminente.

Al respecto, BID (2009), menciona que los microorganismos eficientes, aumenta vigorosamente el frutal, mejorando la luminosidad plantas, aumenta la eficacia de la materia orgánica se usa como fertilizante para disolver los nutrientes del suelo y mejorar

las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, los dos de aplicación directa EM como a través de la incorporación de compost o bokashi y acelera la descomposición natural de los residuos de cosecha dejados en el campo, concordando dichas afirmaciones con los resultados obtenidos en cuanto al número de frutos por planta, en los cuales se puede notar el efecto de la aplicación del compost y su potenciación con la adición de microorganismos eficientes, los cuales fueron superiores al testigo.

4.2.2. Peso de mazorca

El cuadro 9, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el peso de mazorcas.

Cuadro 9. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de mazorcas en los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Peso de mazorca (g)
5	4 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	711.8 a
4	4 kg de compost sin microorganismos eficientes	702.3 a
3	2 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	699 a
1	Testigo (sin aplicación de compost ni microorganismos eficientes)	697 a
2	2 kg de compost sin microorganismos eficientes	587.6 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Según el peso de las mazorcas, se hizo un estudio de varianza en los bloques (ver anexo 19), y no hubo significancia entre los bloques finales ($p \leq 0.05$). Para la exploración de varianza de los tratamientos (ver Anexo 19), una vez que la prueba de media de Tukey vista en la Tabla 9 muestra que no hay diferencia significativa entre los tratamientos estudiados ($p \leq 0.05$), no existe diferencia significativa entre los tratamientos estudiados ($p \leq 0,05$).

4.2.3. Peso de cáscara

El cuadro 10, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el peso de cáscara.

Cuadro 10. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de cáscara en los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Peso de cáscara (g)
1	Testigo (sin aplicación de compost ni microorganismos eficientes)	490.96 a
5	4 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	486.44 a
3	2 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	477.19 a
4	4 kg de compost sin microorganismos eficientes	466.61 a
2	2 kg de compost sin microorganismos eficientes	379.0 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

En cuanto, al peso de la cáscara, se hizo un estudio de varianza en los bloques (ver anexo 20), y se concluyó que no había significancia entre los bloques ($p \leq 0.05$). Para la investigación de varianza procesado, (ver Anexo 20), se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \leq 0.05$), al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 10, se demuestra que, no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \leq 0.05$).

4.2.4. Peso de semillas con mucilago.

El cuadro 11, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el peso de semillas con mucilago.

Cuadro 11. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de semillas con mucilago en los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Peso de semillas con mucilago
3	2 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	193.73 a

1	Testigo (sin aplicación de compost ni microorganismos eficientes)	187.25 a
4	4 kg de compost sin microorganismos eficientes	174.65 a
5	4 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	171.91 a
2	2 kg de compost sin microorganismos eficientes	130.31 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Para el peso de semillas con mucilago, se realizó el análisis de varianza para el bloque (ver anexo 21), en el cual, se determinó que no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre bloques. Para el análisis de varianza para el tratamiento, (ver anexo 21) se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \leq 0.05$), al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 11, se demuestra que, no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \leq 0.05$).

4.2.5. Peso de 100 semillas secas.

El cuadro 12, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el peso de 100 semillas secas.

Cuadro 12. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de 100 semillas secas en los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Peso de 100 semillas secas
2	2 kg de compost sin microorganismos eficientes	163.7 a
3	2 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	159.0 ab
5	4 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	158.7 ab
4	4 kg de compost sin microorganismos eficientes	157.7 ab
1	Testigo (sin aplicación de compost ni microorganismos eficientes)	151.75 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Con relación al peso de 100 semillas secas, el estudio de varianza se hizo en los bloques (ver anexo 22), y la conclusión ha sido que no hubo significancia entre los bloques ($p \leq 0.05$). Para la investigación de varianza de los tratamientos (ver Anexo 22), una vez que se hizo la prueba de media de Tukey, se concluyó que existía una diferencia significativa entre los tratamientos estudiados ($p \geq 0.05$), lo que se vio en la Tabla 12, indicando que 2 kilogramo de compost sin microorganismos efectivos el tratamiento muestra el mejor peso promedio de 100 granos secos, el cual no difiere de manera significativa del tratamiento de 2 kilogramo de compost más ME ($p \leq 0.05$), 4 kilogramo de compost sin EM y 4 kilogramo de compost con EM, los mismos no mostraron diferencia significativa en el tratamiento sin compost y sin EM ($p \leq 0.05$), que se comparó con 2 kilogramo de compost sin EM.

Román *et al.* (2013) menciona que, tener un suelo fertilizado es la base elemental de cualquier sistema agrícola. El reciclaje de los residuos orgánicos provocados en el proceso productivo de las plantaciones agrícolas convierte los residuos orgánicos en fertilizantes altamente naturales, los cuales tienen la posibilidad de ser devueltos al suelo, aportan nutrientes y microorganismos benéficos, incrementan la función de retención de líquidos e trueque catiónico (CIC), ayudando de esta forma la producción prospera, consistente con el resultado obtenido por el peso de 100 granos de alimento seco, en los cuales la incorporación de compost y adicionando microorganismos eficientes, se mejoró significativamente el peso de los granos, en comparación con el tratamiento testigo sin aplicación de compost y microorganismos eficientes.

4.2.6. Peso de granos secos por planta.

El cuadro 13, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el peso de granos secos por planta.

Cuadro 13. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de granos secos por planta en los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Peso de granos secos por planta (kg)
5	4 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	1.734 a
2	2 kg de compost sin microorganismos eficientes	1.716 a
3	2 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	1.713 a
4	4 kg de compost sin microorganismos eficientes	1.709 a

1	Testigo (sin aplicación de compost ni microorganismos eficientes)	1.408 b
---	---	---------

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$.

Para el peso seco de granos por árbol, se realizó el análisis de varianza para el bloque (ver anexo 23), en el cual, se concluye que no hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre bloques. Para el análisis de varianza para el tratamiento, (ver anexo 23) se finalizó que existe significancias entre los tratamientos estudiados ($p \geq 0.05$), al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se observa en el cuadro 13, se demuestra que, los tratamientos con aplicación de compost y los que tiene y no tiene aplicación de microorganismos eficientes, fueron superiores en cuanto al promedio de peso seco de granos por planta en comparación con el tratamiento sin aplicación de compost ni microorganismos eficientes, los mismos que no mostraron diferencias significativas entre ellos ($p \leq 0.05$).

Al respecto, Román *et al.* (2013) mencionaron que, el compostaje es un mecanismo aceptada como sostenible y de gran utilidad en todos los sectores agrícolas. Una vez que alcanza el promedio de descomposición, todas las sustancias que quedan en el suelo, inician la formación de complejos de carbono, altamente estables y de lenta degradación. Este es el humus. Es entonces el material más estabilizado, como ácidos húmicos y fúlvicos que ha sufrido un proceso de mineralización, con participación de microorganismos y luego un proceso de humificación. Esta afirmación, aunado a lo mencionado por BID (2009), el cual señala que la aplicación de microorganismos eficientes incrementan la eficacia de la materia orgánica como nutriente, solubilizando los nutrientes en el suelo, mejora las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos, tanto por aplicación directa de EM como a través de la incorporación de abonos líquidos y sólidos acelerando la descomposición natural de los residuos de cosechas agrícolas, concuerda con los resultados obtenidos para el peso de granos secos por planta, en los cuales los tratamientos con aplicación de compost y adición de microorganismos eficientes, mostraron mejores promedios de peso de granos en comparación al testigo.

4.2.7. Rendimiento por hectárea

El cuadro 14, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el rendimiento por hectárea.

Cuadro 14. Prueba de promedio de Tukey, para el rendimiento por hectárea en los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento por hectárea (ton)
5	4 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	1.926 a
2	2 kg de compost sin microorganismos eficientes	1.906 a
3	2 kg de compost + microorganismos eficientes (5% = 1L M.E/19 L agua)	1.903 a
4	4 kg de compost sin microorganismos eficientes	1.899 a
1	Testigo (sin aplicación de compost ni microorganismos eficientes)	1.564 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

En este caso el rendimiento por hectárea, se hizo estudio de varianza en los bloques (ver anexo 24), y se concluyó que no hubo diferencia significativa entre los bloques ($p \leq 0.05$). Para la investigación de varianza de los tratamientos, (ver Anexo 24), se concluye existente una significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos estudiados. Al revisar la prueba de media de Tukey, como se muestra en la Tabla 14, se muestra que la aplicación de compost, Comparado con los tratamientos sin compost y microorganismos de alta eficiencia en términos de rendimiento promedio por hectárea, y no hay diferencia entre ambos. $p \leq 0.05$).

Al respecto, Vinyals (2013) indica que, para la agricultura orgánica, el compostaje es primordial ya que, aumenta la actividad microbiana y materia orgánica en el suelo, asimismo, incrementa de la biodiversidad de microorganismos, así mismo la calidad del compost es complicado de conceptualizar pues tienen la posibilidad de construir varios tipos de materiales, mezclas y procesos, por lo cual tienen la posibilidad de obtener varios tipos de compost. También, la autora recomienda aplicaciones de compost de mantenimiento de 20 t/ha si es fresco, 10 t/ha si es maduro, lo cual no concuerda con las aplicaciones estudiadas, las cuales están por debajo de la cantidad recomendada por la autora, siendo probablemente uno de los factores que evito un mayor mejoramiento productivo del cultivo del cacao.

Aunado a lo expresado por Vinyals (2013), se suma lo indicado por Román *et al* (2013) los cuales afirman que la cantidad de materia orgánica, no solo depende de los microorganismos del suelo, sino que también del tipo de suelo, la vegetación, las condiciones ambientales como humedad y temperatura, el incremento de lluvias o riego, y en condiciones de temperatura media, los microorganismos se multiplican, consumen más materia orgánica y la descomposición es continua. Por ello, la aplicación de materia

orgánica en suelos debe ser una práctica permanente, pensando no solamente en incrementar el porcentaje de materia orgánica o en alimentar a los microorganismos del suelo, sino también en los diversos beneficios que aporta al suelo, lo cual concuerda con las condiciones ambientales en el cual se desarrolló el estudio, en las cuales las precipitaciones pluviales fueron muy bajas, no superando en mucho de los casos, los 100 mm por mes (ver cuadro 3), y teniendo en cuenta que en los campos de cultivo utilizados no se había aplicado compost ni microorganismos eficientes previamente.

El Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú (2007) indica que los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, biológicas y supresión de enfermedades, sin embargo, en el presente estudio, las diferencias de producción generadas por la aplicación de los microorganismos eficientes no fue significativa, probablemente debido a las condiciones climáticas registradas, en las cuales las precipitaciones pluviales fueron muy bajas, no superando en mucho de los casos, los 100 mm por mes (ver cuadro 3), generando condiciones desfavorables (falta de humedad) para los microorganismos eficientes.

4.3. Análisis costo beneficio del efecto de compost con microorganismos eficientes en el cultivo de *Theobroma cacao*, bajo condiciones del Distrito de Curimaná - Perú.

4.3.1. Costo de preparación del campo y aplicación de los tratamientos estudiados.

El siguiente cuadro muestra el costo de preparación y aplicación de los tratamientos en el campo de cultivo.

Cuadro 15. Costo de preparación del campo y aplicación de los tratamientos estudiados.

Detalles	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
COSTOS FIJOS				
Materiales usados en campo				
Aceite 2 Tiempo	Unidad	6	4	24
Gasolina	Galón	4	12	48
Subtotal				72
Labores culturales				
Desbroce de parcela	Jornal	2	30	60

Poda	Jornal	1	30	30
Aplicación del compost cervecero	Jornal	7	30	210
Aplicación de los microorganismos eficientes	Jornal	3	30	90
Subtotal				390
COSTOS VARIABLES				
Costo del compost cervecero				
Compost cervecero	Sacos	18	10	180
Subtotal				180
Costo preparación de microorganismos eficientes				
Arroz	Kg	1	3	3
Suero de leche	Litro	4	4	16
Levadura	Kg	1	15	15
Follaje de amasisa	Kg	5	1	5
Melaza	Litro	10	2	20
Jornal	Soles	2	30	60
Subtotal				119
COSTO TOTAL				S/ 761.00

Con relación a la Tabla 15 se indica el precio del procedimiento estudiado por la aplicación, en el que se preparan microorganismos de alta eficiencia, la porción total es de 20 litros y el precio es S/ 119.00 soles, generándose un costo de S/ 5.95.00 soles por litro. Asimismo se utilizó 18 sacos de compost cervecero, teniendo un costo de S/ 0.20 soles por kilo de compost.

Para las labores agrícolas se utilizó gasolina y aceite para motor, haciendo un total de S/ 72.00 soles, el cual fue dividido entre los 5 tratamientos, haciendo un monto de S/ 14.4.00 Soles por tratamiento. Para las labores de desmalezado y las podas, se obtuvo un costo de S/18.00 soles por tratamiento; para la aplicación del compost cervecero, el cual se aplicó a cuatro tratamientos, se obtuvo un costo de S/ 52.5.00 soles por tratamiento, y para la aplicación de los microorganismos eficientes, se aplicó a dos tratamientos, obteniéndose 45 soles en dos tratamientos.

4.3.2. Costo total de aplicación de los tratamientos estudiados

El cuadro 16 muestra el costo total de producción de los tratamientos estudiados.

Cuadro 16. Costo total de aplicación de los tratamientos estudiados.

Trat.	Cantidad de compost cervecero aplicado total (kg)	Costo del compost (S/.)	Cantidad de ME aplicado total (L)	Costo de los ME (S/.)	Costo de aplicación del compost cervecero (S/.)	Costo de aplicación de los ME (S/.)	Costo de labores de poda y desmalezamiento (S/.)	Costo total
1	0	0	0	0	0	0	18	18.0
2	128	25.6	0	0	52.5	0	18	96.1
3	128	25.6	4	23.8	52.5	45	18	164.9
4	256	51.2	0	0	52.5	0	18	121.7
5	256	51.2	4	23.8	52.5	45	18	190.5

El cuadro 16, muestra los tratamientos con mayor aplicación de compost cervecero y microorganismos eficientes, generaron mayor costo de producción, destacándose el tratamiento con 4 kg de compost + 5% de ME, el cual mostró un costo total de S/ 190.5.00 soles, siendo el tratamiento testigo el que presento menor costo total (S/ 18.00 Soles).

4.3.3. Ganancia neta generada en los tratamientos estudiados.

El cuadro 17, muestra la ganancia neta generada en los tratamientos estudiados.

Cuadro 17. Ganancia neta generada en los tratamientos estudiados.

Trat.	Descripción	Producción de grano por planta (kg)	Total de producción por tratamiento (kg grano seco)	Ganancia económica por tratamiento (precio de grano = S/. 8.00)	Costo total	Ganancia neta (S/.)
1	Testigo	1.408	90.1	721	18.0	703.00
2	2 kg de compost sin ME	1.716	109.8	879	96.1	782.00
3	2 kg de compost más 5% de ME	1.713	109.6	877	164.9	712.00
4	4 kg de compost sin ME	1.709	109.4	875	121.7	753.00

5	4 kg de compost más 5% de ME	1.734	111.0	888	190.5	697.00
---	---------------------------------	-------	-------	-----	-------	--------

Según el cuadro 17, señala la producción de granos secos por planta para cada tratamiento estudiado y el total de producción por tratamiento, estos volúmenes se multiplicaron por el costo por kilo de grano seco, es de S / 8.00, que produce una ganancia económica total, de la cual se deduce el costo total y se genera una ganancia neta, donde se muestra que el tratamiento con mayor ganancia neta fue el tratamiento con 2 kg de compost sin ME, seguido del tratamiento con 4 kg de compost sin ME, luego el tratamiento con 2 kg de compost + 5% de ME, luego el testigo y finalmente el que presentó menor ganancia neta fue el tratamiento con 4 kg de compost + 5% de ME, demostrándose que la incorporación de compost y microorganismos eficientes encarece el costo total, y a su vez no genera un aumento de granos secos significativo, lo que conlleva al encarecimientos de estos tratamientos y a recibir ganancias económicas muy pequeñas.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

1. Para el número de brotes por planta, se observó que los tratamientos con aplicación de compost 4 kg y 2 kg más microorganismo eficientes presentaron los mejores promedios de número de brotes por planta (53 y 52 brotes por planta respectivamente), seguidos por los tratamientos con compost 4 kg y 2 kg sin aplicación de microorganismos eficientes (49 y 34 brotes por planta respectivamente) y finalmente el tratamiento testigo, el cual presentó el menor número de brotes por planta (26 brotes).
2. Para el rendimiento del cacao, se observó la aplicación de compost y microorganismos eficientes en sus diferentes combinaciones, generaron mejores promedios en el número de frutos por planta, peso de 100 granos secos, peso de granos secos por planta y rendimiento por hectárea, lográndose rendimientos de 1.899 a 1.926 kg/ha, superiores al tratamiento sin compost ni microorganismos eficientes el cual logró un rendimiento de 1.564 kg/ha.
3. Para el costo de aplicación de los tratamientos en estudio, se observó la preparación de los microorganismos eficientes, en una cantidad total de 20 litros, el cual tuvo un costo de S/ 119.00 Soles, generándose un costo de S/ 5.95.00 soles por litro. Asimismo se utilizó 18 sacos de compost cervecero, teniendo un costo de S/ 0.20 Soles por kilo de compost.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

1. Aplicar compost cervecero más microorganismos eficientes para mejorar el rendimiento del cultivo del *Theobroma cacao*.
2. Evaluar el comportamiento de la aplicación de compost y microorganismos eficientes en el período lluvioso.
3. Aplicar compost de diferentes fuentes (animal y vegetal) más microorganismos y determinar su comportamiento en el mejoramiento productivo del cultivo de *Theobroma cacao*.
4. Aplicar compost cervecero más microorganismos eficientes para bajar los niveles de Cadmio en el cultivo de *Theobroma cacao*.

VII. BIBLIOGRAFÍA

APROLAB. 2007. Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Lima.

BARRENA, R. 2006. Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Barcelona.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID). 2009. Manual Práctico de Uso de EM. Proyecto de Reducción de Pobreza y Mejora de las Condiciones Higiénicas de los Hogares de la Población Rural de Menores Recursos. Edición N° 1. Banco Interamericano de Desarrollo - Convenio Fondo Especial de Japón / BID ATN/JO-10792 UR.

BATISTA, L. 2009. El cultivo de cacao. Guía técnica. Centro para el desarrollo agropecuario y forestal, Inc. Primera publicación. Santo Domingo, República Dominicana.

BONIFAZ, N. 2012. Obtención de bioabono (compostaje) a partir de las aves de desecho (mortalidad) en la granja avícola "Jatumpamba". Quito, Pichincha, Ecuador.

CASTELLANOS YINO ALEXANDER. 2004. Tres bacterias para el nuevo siglo. UN periódico – Bogotá Cundinamarca, Marzo 2004.

CERVANTES, M. 2005. Ing. Téc. Agrícola y Profesor Titular del Centro de Formación Profesional Agraria E.F.A. CAMPOMAR. (2005).

DOMÍNGUEZ, V. 2000. Abonos, guía práctica de fertilización. Octava Edición. Editorial Mundi Prensa. Madrid España.

EDWARDS, L.; J.R. Burney; G. Richter and A.H. MacRae. 2000. Evaluation of compost and straw mulching on soil-loss characteristics in erosion plots of potatoes in Prince Edward island, Canada. Agriculture, Ecosystems and Environment 81 (2000) 217 – 222.

ICT- NAS/USDA-AR. 2008 Manual para la producción orgánica del cacao Tomo uno 43 – 45 págs.

GARCÍA CARRIÓN, 2000. Grupos y variedades del cacao. El cultivo del cacao en la Amazonía peruana. 15 p.

GOMERO, L; VELÁSQUEZ, H. 1999. Manejo Ecológico de Suelos: Conceptos, experiencias y técnicas. Ed. RAAA. Lima, Perú.<http://www.raaa.org/c-abonos%20oeganicos.htm>.

HARGREAVES, J.C., M.S. Adl y P.R. Warman. 2007. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123 (2008) 14.

HIGA, T. 2002. Una Revolución para Salvar la Tierra–. Traducción Ma. Del Mar Riera. EM 3. Research Organization. Okinawa. Japón. Versión en español. 352 p.

JÁCOME SARCHI, G.A. 2013. Elaboración de compost utilizando cabello humano y aplicando dos fuentes de microorganismos: Microorganismos Eficientes (EMs) y *Trichoderma* spp, como agentes aceleradores de compostaje. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales. Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario. Tulcán, Ecuador.

JARAMILLO, G., & ZAPATA, L. 2008. Aprovechamiento de los residuos sólidos en Colombia. Antioquia, Medellín, Colombia.

LAMA D. D. 2003. Eco fisiología del Cultivo de Cacao, UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA SELVA, Tingo María – Perú.

LÓPEZ, O. 2006. Agroecología y Agricultura Orgánica en el Trópico. Tunja, Boyacá, Colombia: UPTC.

MAUZ, FRANZ PETER. 2006. Microorganismos Efectivos. La solución ideal para el medio 5. Ambiente–. Traducción Marie Luise Schicht. RBA libros Barcelona. 235 p.

MEJÍA POLANCO, J.A. (S.f.) Cacao sostenible: visión del cacao peruano para los próximos 10 años. Asociación Peruana de Productores de Cacao APPCACAO.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2000. El Cultivo del Cacao en la Amazonía Peruana – Junio Lima – Perú 105 Pág.

MORENO, J. 2007. Compostaje. Madrid: Mundi Prensa.

PICADO, J. 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos, Movimiento agroecológico de América Latina y el Caribe Editado por: Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense. San José, Costa Rica, 2005. Página Web: www.cedeco.or.cr.

PROGRAMA DE APOYO A LA FORMACIÓN PROFESIONAL PARA LA INSERCIÓN LABORAL EN EL PERÚ CAPACÍTATE PERÚ (APROLAB). 2007. Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Instructivo No. 001-2007.

RAMÍREZ MARTÍNEZ, M.A. 2006. Tecnología de microorganismos efectivos (EM) aplicación a la agricultura y medio ambiente sostenible. Monografía. Universidad industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. Especialización Ingeniería Ambiental. Bucaramanga.

RESTREPO, J. 2001. Abonos Orgánicos Fermentados Experiencias de Agricultores en Centroamérica y Brasil. IICA, Costa Rica, 114p. [http://www.motril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/presentacion/documentos/ABONOS ORG%C3%81NICOSFERMENTADOS.pdf](http://www.motril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/presentacion/documentos/ABONOS_ORG%C3%81NICOSFERMENTADOS.pdf)

ROBEN, E. 2002. Manual de compostaje de Municipios. Loja, Loja, Ecuador. Recuperado el 19 de enero de 2012, de <http://www.resol.com.br/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf>

RODRÍGUEZ, M., & CÓRDOVA, A. 2006. Manual de Compostaje Municipal. México: GTZ.

ROCHA, A. 2009. Estudio de diferentes tipo de inóculos en la elaboración de compost, a partir de desechos domésticos orgánicos. Quito, Pichincha, Ecuador.

ROMÁN, P., MARTÍNEZ, M.M., PANTOJA, A. 2013. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latin. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago de Chile. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.

SALDAÑA, H.M.I., R. GÓMEZ, J.M. PAT, J.D. ÁLVAREZ, J. PÉREZ, AND C.F. ORTIZ. 2013. The socioeconomic and technical status of cut flower producers in Tabasco, Mexico. *Ciencia e Investigación Agraria* 40:397-410.

SILVA, J., LÓPEZ, P., & VALENCIA, P. 2006. Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. Cali, Colombia.

URIBE, J.F.; ESTRADA, M.; CÓRDOBA, S.; HERNÁNDEZ, L.E.; BEDOYA, D.M. 2001. Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. *Rev Col Cienc Pec* Vol. 14: 2, 2001.

VARGAS, C. A. 2007. Estudio de 2 Grupos de Microorganismos como Agentes Aceleradores de Descomposición de los Desechos Sólidos Orgánicos Originados en los Comedores de ESPOL. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

VÁSQUEZ, D. 2008. Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pastos. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. Riobamba, Ecuador.

VILLARROEL, A. 2011. Estudio técnico financiero de la implementación de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Santa Cruz, Bolivia.

VINYALS, N. 2013. Ficha técnica PAE 20: El compostaje en la agricultura ecológica. Ficha técnica No 20. Depósito legal: B.5384-2013. Disponible en: http://pae.gencat.cat/web/.content/al_alimentacio/al01_pae/05_publicacions_material_referencia/arxiu/FTPAE20_Compostaje.pdf.

ZAVALA, J.W. (S.f.). Factores edáficos, nutrición mineral y fertilización del cacao. Diplomado: "Cultivos Industriales Tropicales: Café, Cacao y Palma Aceitera".

VIII. ANEXOS

Cuadro 18. Número de brotes por planta.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	3	482.9593750	160.9864583	2.68	0.0937
TRAT	4	2330.8250000	582.7062500	9.72	0.0010
Error	12	719.6500000	59.9708333		
Corrected Total	19	3533.4343750			

C.V. = 18.06 %

Cuadro 19. Número de frutos por planta.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	3	0.65000000	0.21666667	0.88	0.4773
TRAT	4	96.15625000	24.03906250	97.99	0.0001
Error	12	2.94375000	0.24531250		
Corrected Total	19	99.75000000			

C.V. = 1.69 %

Cuadro 20. Peso de mazorca.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	3	49090.790460	16363.596820	0.54	0.6651
TRAT	4	42739.234730	10684.808682	0.35	0.8382
Error	12	364969.890190	30414.157516		
Corrected Total	19	456799.915380			

C.V. = 25.66 %

Cuadro 21. Peso de cáscara.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	3	32629.821520	10876.607173	0.82	0.5070
TRAT	4	34229.967870	8557.491967	0.65	0.6403
Error	12	158992.250930	13249.354244		
Corrected Total	19	225852.040320			

C.V. = 25.02 %

Cuadro 22. Peso de semillas con mucilago.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	3	6042.4576150	2014.1525383	1.48	0.2701
TRAT	4	9794.7768700	2448.6942175	1.80	0.1944
Error	12	16355.202810	1362.933568		
Corrected Total	19	32192.437295			

C.V. = 21.51 %

Cuadro 23. Peso de 100 semillas secas.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	3	59.20000000	19.73333333	1.06	0.4029
TRAT	4	294.20000000	73.55000000	3.94	0.0287
Error	12	223.80000000	18.65000000		
Corrected Total	19	577.20000000			

C.V. = 2.72 %

Cuadro 24. Peso de granos secos por planta.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	3	0.00208935	0.00069645	0.89	0.4752
TRAT	4	0.30832500	0.07708125	98.26	0.0001
Error	12	0.00941340	0.00078445		
Corrected Total	19	0.31982775			

C.V. = 1.69 %

Cuadro 25. Rendimiento por hectárea.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	3	0.00252360	0.00084120	0.87	0.4838
TRAT	4	0.38054700	0.09513675	98.32	0.0001
Error	12	0.01161140	0.00096762		
Corrected Total	19	0.39468200			

C.V. = 1.69 %

Cuadro 26. Base de datos.

Blo	Trat.	No de frutos/planta	Peso de fruto/planta	Peso de cáscara/ fruto	Peso de semillas + mucílago/fruto	Peso de 100 semillas secas	Kg de grano seco/planta	Rendimiento ton/ha
1	1	24.25	966.00	717.67	234.67	152	1.373	1.526
1	2	29.25	694.25	489.5	151.75	166	1.656	1.840
1	3	30.25	741.75	545.25	164.75	150	1.713	1.903
1	4	30.5	578.75	411.5	143.75	160	1.727	1.919
1	5	30.75	589.75	401.5	172.25	159	1.741	1.934
2	1	25.25	762.33	514.67	218	152	1.430	1.588
2	2	31	638	430.25	174.25	163	1.755	1.950
2	3	30.5	826	526.5	251	154	1.727	1.919
2	4	30	828.67	523.67	194.67	151	1.699	1.887
2	5	30.75	589	419.75	155	159	1.741	1.934
3	1	24.5	559	377	166.33	150	1.387	1.541
3	2	30.75	599.25	292.75	89.25	164	1.741	1.934
3	3	30	573.67	390	167.67	166	1.699	1.887
3	4	30.5	910.75	591.25	223.5	160	1.727	1.919
3	5	30.75	728.25	520.5	165.88	157	1.741	1.934
4	1	25.5	500.5	354.5	130	153	1.444	1.604
4	2	30.25	419	303.5	106	162	1.713	1.903
4	3	30.25	654.5	447	191.5	166	1.713	1.903
4	4	29.75	491	340	136.67	160	1.685	1.872
4	5	30.25	940	604	194.5	160	1.713	1.903

ICONOGRAFÍA

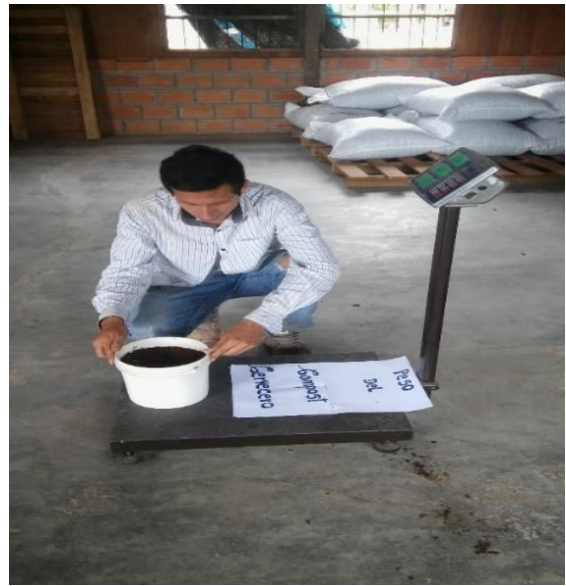


Figura 3. Pesaje del compost cervezero.



Figura 4. Flota del compost cervezero para la aplicación.

Figura 5. Envasado del microorganismo eficiente.





Figura 6. Camino hacia la parcela experimental (C. P Vista Alegre).



Figura 7. Placas de aluminio para la identificación de los tratamientos y bloques.



Figura 8. Plantas de cacao identificadas por tratamientos y bloques



Figura 9. Limpieza en forma de anillos.



Figura 10. Frutos con Moniliasis *Moniliophthora roreri*.



Figura 11. Labores culturales.



Figura 12. Parcela de investigación.

Figura 13. Cosecha de cacao en carretilla.



Figura 14. Pesaje de los frutos por planta.

Figura 15. Pesaje de semilla + mucilago por fruto.



Figura 16. Pesaje de las cascaras por fruto.