



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS A
NIVEL DE PREGRADO 2017



**Determinación de Dosificación de los Microorganismos Eficaces para
compost a partir de la cáscara de *Teobroma Cacao L.* “cacao” Naranjos -
Pardo Miguel - Rioja-2017**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Andreina De la Cruz Castañeda

ASESOR:

Blgo. M. Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación

CO-ASESOR:

Ing. Robinson Tantalean Pedraza

Código N°6053016

Moyobamba-Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



“Determinación de la dosificación óptima de los microorganismos eficaces para la obtención de compost a partir de la cáscara de *Theobroma cacao* L. “cacao”, Naranjos, Pardo Miguel, Provincia de Rioja-2016”.

**Tesis para optar el título profesional de
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Bach. Andreina De la Cruz Castañeda

Sustentado y aprobado ante el honorable jurado el día 16 de mayo de 2018

.....
Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna
Presidente

.....
Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles
Secretario

.....
Ing. Alfonso Rojas Bardalez
Miembro

.....
Blgo. M.Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación
Asesor

Declaratoria de autenticidad

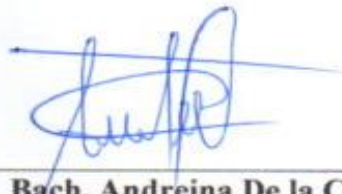
Yo Andreina De la Cruz Castañeda, con DNI N° 72638033, egresado de la Facultad de Ecología, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada “Determinación de la dosificación óptima de los microorganismos eficaces para la obtención de compost a partir de la cáscara de *Theobroma cacao* L. “cacao”, Naranjos, Pardo Miguel, Provincia de Rioja-2016”.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, no ha sido plagiada, ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido presentada ni publicada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumimos las consecuencias que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 16 de mayo de 2018



Bach. Andreina De la Cruz Castañeda
DNI: 72638033



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	De La Cruz Castañeda Andreina		
Código de alumno :	115107	Teléfono:	956 538667
Correo electrónico :	andriu0895@gmail.com	DNI:	72638033

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ecología
Escuela Profesional de:	Ingeniería Ambiental

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Determinación de la dosis óptima de los microorganismos eficaces para la obtención de compost a partir de la Cáscara de Theobroma cacao L. "cacao", Naranjos, Pando Miguel, Provincia de Píjiza, 2016
Año de publicación:	2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

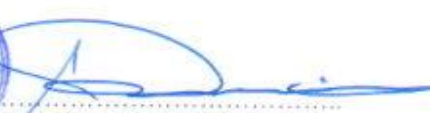


Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

05 / 07 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, quien a través de sus bendiciones y su grandeza me permitió terminar con el desarrollo de mi trabajo de investigación y cumplir con los objetivos trazados tanto personal como profesional.

A mí querida madre Hilmer Teresa, por sus palabras de aliento para seguir adelante y cumplir con mis ideales. A mí querido padre Marcelino, por su apoyo incondicional y cariño. A mi hermana Evelyn, quien amo mucho y agradezco que esté presente dispuesta ayudarme. A Roy, por acompañarme durante todo este proceso y compartir conmigo alegrías y tristezas. Gracias por haberme depositado su confianza y perseverancia

A mi Hijo Marcelo Andrés, quien es mi motivación y el sentido de mejorar cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

Andreina De La Cruz Castañeda

AGRADECIMIENTO

Sincero agradecimiento al Blgo. M. Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación, por su asesoramiento y apoyo decidido en el desarrollo del presente trabajo de investigación, por brindarnos tal asesoramiento dentro de un marco de confianza, afecto y amistad.

A la Oficina de Investigación y Desarrollo de la UNSM-T, por el financiamiento a la presente investigación.

A don Américo dueño del Fundo Hernández en la localidad de Naranjo-Pardo Miguel, por brindarme accesibilidad para realizar el proyecto, y apoyo durante el desarrollo de la ejecución del presente proyecto de investigación.

Un agradecimiento especial al Ing. Carlos Hugo Egoávil De La Cruz, especialista del laboratorio de análisis agrícolas de suelos (PEAM – Nva. Cajamarca), por su apoyo y orientación constante en el desarrollo de la presente investigación.

A nuestros docentes catedráticos de la facultad de Ecología de la UNSM-T, quienes con su conocimiento, experiencia y disposición profesional supieron orientarnos durante el proceso académico de cada asignatura.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.1.1. A nivel internacional	3
1.1.2. A nivel nacional	3
1.1.3. A nivel regional	4
1.2. Bases teóricas	5
1.2.1. Residuos sólidos orgánicos	5
1.2.2. Cascara de cacao	5
1.2.3. Microorganismos eficaces (E.M) en la producción de compost	6
1.2.4. Compost con E.M	9
1.3. Definición de términos básicos	18

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material	21
2.1.1. Equipos y materiales para la caracterización de algunos parámetros	21
2.1.2. Materiales para la construcción del módulo de compostaje	21
2.2. Métodos	21
2.2.1. Diseño de investigación.	21
2.2.2. Población y muestra	23
2.2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
2.2.4. Técnicas del procesamiento y análisis de datos	26

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Resultados de los parámetros evaluados en el compost	29
3.1.1. Resultados del potencial de hidrogeno y prueba de Duncan	29

3.1.2.	Resultados de la temperatura (°C) y prueba de Duncan	32
3.1.3.	Resultados del Nitrógeno y prueba de Duncan	36
3.1.4.	Resultados del fosforo y prueba de Duncan	39
3.1.5.	Resultado de Potasio y prueba de Duncan	43
3.1.6.	Análisis de la MO y la relación de C/N	46
3.1.7.	Evaluación de la humedad	47
3.1.8.	Estimación de compost generado	48
3.1.9.	Determinación de la dosificación de microorganismos eficaces para obtener compost de la cascara de cacao	52
3.2.	Discusión de resultados	53
3.2.1.	Con respecto al pH, T y humedad	53
3.2.2.	Los nutrientes obtenidos del compost	55
3.2.3.	Eficiencia en la descomposición de compost	56
3.2.4.	Comparación de la eficiencia entre los tratamientos	56
	CONCLUSIONES	58
	RECOMENDACIONES	59
	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	60
	ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Destrucción de patógenos por temperatura y tiempo	16
Tabla 2. Parámetros del compostaje.	18
Tabla 3. Diseño experimental de acuerdo a los bloques y tratamietos	22
Tabla 4. Tabla del cálculo del comparador Duncan	23
Tabla 5. Instrumentos de medición	26
Tabla 6. ANOVA de un diseño aleatorizado por bloques completo	26
Tabla 7. Análisis de varianza del pH en el compost	30
Tabla 8. Comparador de Duncan	31
Tabla 9. Concentración de pH en los tratamientos (Prueba de Duncan)	31
Tabla 10. Datos de temperatura °C en el compost final.	33
Tabla 11. Análisis de varianza de la Temperatura (°C) del compost obtenido de la cascara de cacao, con aplicación de diferentes dosis de EM	33
Tabla 12. Comparador de Duncan	34
Tabla 13. Concentración de Temperatura en los tratamientos (Prueba de Duncan)	35
Tabla 14. concentración de Nitrógeno en el compost final	37
Tabla 15. Análisis de varianza del Nitrógeno en el compost	37
Tabla 16. Comparador de Duncan.	38
Tabla 17. Prueba de Duncan para determinar el tratamientos con mayor concentración de Nitrógeno.	38
Tabla 18. Concentración de Fósforo en el compost final	40
Tabla 19. Análisis de varianza del Fósforo en el compost final	41
Tabla 20. Comparador de Duncan	42
Tabla 21. Concentración de Fósforo en relación al compost (Prueba de Duncan)	42
Tabla 22. concentración de Potasio en relación al compost	44
Tabla 23. Análisis de varianza para determinar el Potasio en el compost final	44
Tabla 24. Comparador de Duncan	45
Tabla 25. Concentración de Fósforo en relación al compost (Prueba de Duncan)	45
Tabla 26. Comparación de la relación de C/N al final de compost según tratamiento	46
Tabla 27. Comparación de la MO al final del compost según el tratamiento	47
Tabla 28. Comparación porcentual de la humedad al inicio del compost según el tratamiento	47
Tabla 29. Comparación porcentual de humedad al final del compost según el tratamiento	48

Tabla 30. Cuadro del porcentaje de descomposición	48
Tabla 31. Peso final del compost	49
Tabla 32. Análisis de varianza para determinar el Peso final en los tratamientos	50
Tabla 33. Comparador de Duncan	51
Tabla 34. Prueba de Duncan para determinar el tratamiento con mayor peso final en el compost obtenido de la cascara de cacao, con aplicación de dosis de EM	51
Tabla 35. Contrastación de resultados para un compost maduro con los rangos propuestos por la FAO	52
Tabla 36. Comparación de los tratamientos para obtener el más óptimo de los compost	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variación de pH durante el proceso del compost.	29
Figura 2. Regla de decisión de hipótesis	31
Figura 3. Variación de la T° durante el proceso del compost	32
Figura 4. Regla de decisión de hipótesis	34
Figura 5. Comportamiento del Nitrógeno durante el proceso del compost	36
Figura 6. Regla de decisión de hipótesis	38
Figura 7. Comportamiento del Fósforo durante el proceso del compost	39
Figura 8. Regla de decisión de hipótesis	41
Figura 9. Comportamiento del Potasio durante el proceso del compost	43
Figura 10. Regla de decisión de hipótesis	45

RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata de determinar una dosis de aplicación óptima de los microorganismos eficaces (EM) para compost a partir de la cáscara de “*Theobroma Cacao L*”, para ello se trabajó en el distrito de Naranjos-Pardo Miguel, se ensayaron cuatro dosis de EM en los tratamientos: al 0% el T0, 5% el T1, 15% el T2 y 20% el T3, dispuestos en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, utilizando 25 kg, residuo de la cáscara de cacao por unidad experimental. Las variables evaluadas fueron: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Relación Carbono/Nitrógeno, pH, Temperatura y otros. En el resultado final del Nitrógeno dentro de los tratamientos varían entre 1.35% a 1.49%, siendo el T1 con mayor concentración. El potasio en el T3 presenta mayor concentración con 2.25% y el más bajo de 1.9% el T0. Para el fósforo el T3 y T1, son similares y de mayor concentración. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza. En varias tablas ANOVA se obtuvo significancia, lo que indica que la dosis de aplicación de microorganismos eficaces influye en el proceso de compostaje de los residuos agrícolas, determinando una dosis para el compost a partir del residuo de la cáscara de cacao. El tratamiento 3 (dosis de EM al 20%) según la prueba de comparación de Duncan, resultó el más óptimo por que presentó el mayor valor numérico en las variables evaluadas. En estas mismas, los Tratamientos 2 y 1, demostraron superioridad numérica y estadística frente al tratamiento testigo (T0).

Palabras clave: compost, microorganismos eficaces, dosis de aplicación, residuos de cacao, residuos agrícolas.

ABSTRACT

The following investigation work tries to determine an optimum application dose of the effective microorganisms (EM) for compost from the shell of "*Theobroma Cacao L*", it was worked in the district of Naranjos - Pardo Miguel, four doses of EM in the treatments: 0% T0, 5% T1, 15% T2 and 20% T3, arranged in a completely randomized experimental design with four repetitions, using 25 kg, residue from the cocoa husk per experimental unit. The variables evaluated were: Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Carbon / Nitrogen Ratio, pH, Temperature and others. In the final result of the Nitrogen within the treatments they vary between 1.35% to 1.49%, being the T1 with greater concentration. Potassium in T3 presents a higher concentration with 2.25% and the lowest of 1.9% T0. For phosphorus, T3 and T1 are similar and of greater concentration. The results were subjected to an analysis of variance. Significance was obtained in several ANOVA tables, indicating that the application dose of effective microorganisms influences the composting of agricultural process waste by determining a dose for the compost from residue from the cocoa husk. Treatment 3 (dose of EM at 20%) according to the Duncan comparison test, was the most optimal because it presented the highest numerical value in the variables evaluated. In these, Treatments 2 and 1, demonstrated numerical and statistical superiority compared to the control treatment (T0).

Keywords: compost, effective microorganisms, dosage of application, cocoa residues, agricultural residues.



INTRODUCCIÓN

La cáscara de cacao es considerado un desecho del proceso agrícola de la producción de cacao, y en volumen causan problemas ambientales afectando hasta la salud pública por la falta de tratamiento de estos residuos (Enrique, 2007).

En el Perú producimos unas 46 mil toneladas de granos, y se está desperdiciando 140 mil toneladas de cáscara. En el mundo se desaprovecha casi doce millones de toneladas de estos residuos. La Costa de marfil es el primer país productor del mundo, ellos producen aproximadamente 1,400 mil toneladas de grano y botan cuatro millones de toneladas de cáscara (Servindi, 2011).

Una de las alternativas que se presenta actualmente es la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM), que reduce la contaminación del microambiente (control de malos olores, moscas), asimismo mejora la calidad del compost, ya que el EM es un inóculo constituido por la mezcla de microorganismos benéficos que son mutuamente compatibles entre sí y coexisten en un medio de cultivo líquido.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general determinar la dosis de los microorganismos eficaces para compost a partir de la cáscara del cacao, teniendo como hipótesis “La aplicación de Microorganismos Eficaces en diferentes dosis será significativo para la producción de compost a partir de la cascara de "cacao" (*Theobroma cacao* L.)”.

En el Primer Capítulo se señalan las revisiones bibliográficas necesarios para una mejor comprensión de la problemática que originan la cascara de cacao si no son tratados, para hacer un compost es necesario tener en cuenta ciertos parámetros al inicio y durante el proceso de compostaje, para luego obtener un compost dentro de los rangos ideales propuestos, sin embargo tenemos que considerar el sustrato, sus características físicas y químicas ya que puede variar.

En el Segundo Capítulo se ha considerado la metodología de la investigación donde se justifica la parte más importante del experimento realizado, resumiéndose en caracterizaciones los parámetros fisicoquímicos a ser procesados y analizados.

En el Tercer Capítulo se detallan la interpretación y discusión de los resultados teniendo una amplia gama de gráficos y tablas estadísticas para su mejor entendimiento, finalmente con las conclusiones y recomendaciones necesarias del presente estudio ejecutado.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

1.1.1. A nivel internacional

Girón, Tortolero, Hermoso y González (2001) en su Investigación “Efecto de diferentes residuos vegetales en la compostación de cascara de cacao” Caucagua-Venezuela se concluyó que el alto contenido de nitrógeno, potasio y calcio de las hojas de árnica en relación con los demás componentes individuales; la concentración del nitrógeno en el estiércol de bovino resulto bajo debido posiblemente a que éste fue colectado en el campo, en una parcela de libre pastoreo donde estuvo expuesto al efecto de las lluvias. Estos análisis indican que la compostación de los residuos del cacao en forma individual sería muy lenta y deficiente debido a la alta relación C/N.

López, (2013) en el trabajo de investigación "Elaboración de compost a partir de cascarilla de cacao*", llegaron a las siguiente conclusión: en la preparación del compost de la cascarilla de cacao adicionando microorganismos eficientes, material vegetal y abono de conejo; con aplicación de la técnica de fermentación sólida en pilas, se obtuvo que el compost con 75 % de cascarilla de cacao es el que posee mejores propiedades para su aplicación en el cultivo de rábano.

1.1.2. A nivel nacional

Rivera, (2011) en su tesis denominado “Evaluación de microorganismos eficaces en procesos de compostaje de residuos de maleza” Lima-Perú, concluye que la calidad del compost está en función al tipo de estiércol que se utilizó, a esto se añade el proceso en condiciones de humedad adecuada y permanente tanto en el presente trabajo tanto en el método convencional y la aplicación de microorganismos eficaces (EM) se obtuvieron resultados más altos con la aplicación de EM en cuanto a características físico químico y químicas.

Mediante la aplicación de EM se mostró ser más eficiente por tener menos tiempo de compostaje (mitad de tiempo que el método convencional) en su

descomposición. Se debió a la inoculación de los EM, que aceleran la descomposición de la materia orgánica actuando como agente catalizadora, y los volteos que se hizo para sus condiciones óptimos, y que finalizó su degradación en 7 semanas. Mientras tanto con el método convencional se determinó su tiempo de degradación en 12 semanas.

1.1.3. A nivel regional

Carhuajulca, (2011) en su tesis “Efecto de Tres Fuentes y Tres Dosis De Compost con Aplicación de Microorganismos Eficaces en el Desarrollo y Rendimiento de Pepinillo Híbrido, (Stomewall - F1). Provincia de Lamas, Departamento de San Martín”, Perú llegó a las siguientes conclusiones:

La fuente de abono con mejores respuestas sobre el desarrollo del pepinillo fue el Compost de cuyasa, quien proyectó diferencias significativas superiores al Compost de vacasa y de gallinaza en las variables altura de planta, número de frutos por planta, longitud de frutos, diámetro de frutos, peso de frutos y rendimiento del pepinillo en cientos por tratamiento.

La aplicación de EM en el compostaje mejoran las características físico – químicas del suelo, siendo que el campo experimental contenía pH de 5,23, M.O. con 3,54%, CIC con 20,5 y Calcio con 16,7% y la aplicación de las 3 muestras de compostaje (gallinaza, vacasa y cuyasa) sujetas a la acción de microorganismos eficaces (EM) con pH de 8,5; 8,05; 8,73, M.O. con 27,0; 21,5; 25,0, CIC con 42,0: 41,0; 32,0 meq/100g de suelo y Calcio con 32,5: 33,5 y 22,5 meq/100g de suelo para la gallinaza, vacasa y cuyasa respectivamente.

Ortiz, (2015) en su tesis titulado “Determinación de la influencia de la aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno en la producción de compost a partir de cascara de "cacao" (*Theobroma cacao L.*)” llegó a la conclusión que la aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno en la producción de compost a partir de la cascara de “cacao” (*Theobroma cacao L.*), no influye significativamente respecto a la concentración de Nitrógeno, es decir no existe tratamiento óptimo. En relación al fósforo el tratamiento que contiene una dosis de 8 kg de estiércol es el más óptimo con una mayor concentración promedio de

52.42 ppm. Así mismo en el caso de Potasio el tratamiento óptimo es el que no contiene estiércol de ganado con un nivel promedio de 1911.05 ppm. En cuanto a la relación Carbono / Nitrógeno tampoco existe un tratamiento óptimo.

En cuanto al pH el tratamiento con 8 kg de estiércol es el más óptimo con un nivel de pH promedio 7,84 que se considera neutro por tanto se encuentra dentro de las condiciones óptimas de un buen compost.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Residuos sólidos orgánicos

Son aquellos residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, la mayoría de ellos son biodegradables (se descomponen naturalmente), se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo de esto son los restos de comida, frutas, verduras, carne, huevos, u otros que pueden tener un tiempo de degradación más lento, como el cartón y el papel. Se exceptúan de estas propiedades al plástico, porque a pesar de tener su origen orgánico, posee una estructura molecular más complicada (Flores, 2001).

1.2.2. Cascara de cacao

En nuestro país se producen 46 mil toneladas de grano de cacao al año: 1,2% de la producción mundial y aproximadamente, 140 mil toneladas de cáscara es desperdiciada cada año. La chef Mercedes Mendoza A. – directora ejecutiva del Instituto de Nutrición, Educación y Desarrollo, INED – menciona que la cáscara de cacao constituye el 80% del fruto y que su cáscara más que residuo puede convertirse en un insumo productivo muy rentable, ya que uno de los principales descubrimientos en la cáscara ha sido la pectina (Martha, 2011).

Las cáscaras de cacao contienen un alcaloide muy conocido y usado con frecuencia en la medicina: la teobromina, un remedio fuertemente diurético, contienen vitaminas A y C, minerales como calcio y magnesio, así como fibra y, además; así como en otros desechos agrícolas; las cáscaras están compuestas principalmente de lignina y celulosa. Actualmente han aumentado los estudios

relacionados para este tipo de residuos y su posible utilización, debido a que estos representan un importante componente de los residuos agrícolas y desechos agroindustriales en el mundo, constituyendo una buena fuente de recursos renovables y energía. Internacionalmente se viene desarrollando posibles usos de la cascara de cacao, como fuente de fertilizantes de suelos, alimento para aves y animales, fuente de pectinas y gomas, elaboración de carbón activado y obtención de fibra dietaria (Baena, et al., 2012).

Los desechos del cacao, principalmente las cáscaras, son de lenta degradación en condiciones naturales debido principalmente al alto contenido de celulosa y otros compuestos carbonados que requieren la adición de fuentes de nitrógeno que permitan un mejor balance de la relación C/N (Peixoto, 1988).

1.2.3. Microorganismos eficaces (E.M) en la producción de compost

En la producción de EM-compost, el EM se utiliza como inoculante del material en la fase inicial y durante el proceso. La tecnología del EM fue desarrollada por el Dr. Teruo Higa, profesor en la universidad del Ryukyus. La mayoría de los microorganismos en el EM son heterotróficos, es decir, ellos requieren de fuentes orgánicas de carbón y nitrógeno. El EM ha sido más eficaz cuando está aplicado conjuntamente con enmiendas orgánicas para proporcionar carbón, oxígeno y energía. El EM contiene un gran número de microorganismos entre ellos bacterias fotosintéticas, levaduras, bacterias de ácidos lácticos y hongos. Además, el EM es un producto comercial producido por la Universidad EARTH bajo la licencia de EMRO en Costa Rica. Los alcances de esta investigación no contemplan el análisis del EM o su efecto en el proceso (Nieves, 2005).

1.2.3.1. Bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomonas palustris*)

Dentro de gremio de organismos fotosintéticos que hacen parte de EM se encuentra *Rhodopseudomonas palustris*. Estas son bacterias fototróficas facultativas clasificadas dentro de las bacterias púrpura no del azufre, el cual comprende un grupo variado, tanto en morfología, filogenia y su tolerancia a diferentes concentraciones de azufre. Son

microorganismos capaces de producir aminoácidos, ácidos orgánicos y sustancias bioactivas como hormonas, vitaminas y azúcares empleados por otros microorganismos, heterótrofos en general, como sustratos para incrementar sus poblaciones (Vivanco, 2003).

La *Rhodopseudomona palustris* es encontrada comúnmente en suelo y aguas y posee un metabolismo muy versátil al degradar y reciclar gran variedad de compuestos aromáticos, como bencénicos de varios tipos encontrados en el petróleo, lignina y sus compuestos constituyentes y por lo tanto está implicado en el manejo y reciclaje de compuestos carbonados. No sólo puede convertir CO₂ en material celular, sino también N₂ en amonio y producir H₂ gaseoso. Crece tanto en ausencia como en presencia de oxígeno. En ausencia de oxígeno, prefiere obtener toda su energía de la luz por medio de la fotosíntesis, crece y aumenta su biomasa absorbiendo CO₂, pero también puede crecer degradando compuestos carbonados tóxicos y no tóxicos cuyo el oxígeno está presente llevando a cabo respiración (Cardona y García, 2008).

1.2.3.2. Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp.*)

Dentro de los microorganismos que conforman el multicultivo EM los más abundantes son las bacterias ácido láctico. Estos microorganismos producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos generados por bacterias fotosintéticas y levaduras, como parte de su metabolismo. El ácido láctico es un componente con propiedades bactericidas que puede suprimir a los microorganismos patógenos, mientras ayuda a la descomposición de la materia orgánica, incluso en el caso de compuestos recalcitrantes como la lignina o la celulosa, ayudando a evitar los efectos negativos de la materia orgánica que no puede ser descompuesta (Cardona y García, 2008).

Sin embargo, no sólo el ácido láctico es responsable de los efectos antimicrobianos generados por los lactobacilos. El comportamiento antagónico frente a patógenos del ácido láctico se debe a la producción de péptidos antimicrobianos y compuestos de bajo peso molecular, como

la bacteriosina clase I, y la lisina, péptido de 34 carbonos que es activo frente a la mayoría de las bacterias Gram positivas. Se tiene en cuenta que al disminuir el pH y aumentar la temperatura se genera una inhibición de patógenos (Higa, 1993).

1.2.3.3. Levaduras (*Saccharomyces spp*)

El tercer grupo dentro de los gremios de microorganismos presentes en EM son las levaduras. Todos los miembros de *Saccharomyces* emplean diversas fuentes de carbono y energía. En primer lugar, se encuentran la glucosa y la sacarosa, aunque también pueden emplearse fructuosa, galactosa, maltosa y suero hidrolizado, ya que *Saccharomyces* no puede asimilar lactosa. También puede utilizarse etanol como fuente de carbono. El nitrógeno asimilable debe administrarse en forma de amoníaco, urea o sales de amonio, aunque también se pueden emplear mezclas de aminoácidos. Ni el nitrato ni el nitrito pueden ser asimilados (Cardona y García, 2008).

Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobianas a partir azúcares, y aminoácidos secretados por las bacterias fotosintéticas, también producen sustancias bioactivas como hormonas y enzimas que son sustancias empleadas por las bacterias ácido lácticas presentes en el EM (Vivanco, 2003).

Como parte de su metabolismo fermentativo, las levaduras producen etanol en relativamente altas concentraciones, que es también reconocida como sustancia antimicrobiana.

Los requerimientos anteriormente mencionados cambian según las condiciones de cultivo, ya que el aumento de la aerobiosis disminuye los requerimientos de esa vitamina y el uso de urea como fuente de nitrógeno los aumenta por la necesidad de biosíntesis de 3 sistemas enzimáticos que contienen biotina. En el caso de la tiamina, se ha demostrado que aumenta la actividad fermentativa de la levadura (Cardona y García, 2008).

1.2.4. Compost con E.M

Según Fundases, (2006) el EM – Compost tiene la ventaja con respecto al compost común que los usos de los microorganismos efectivos aceleran la descomposición de la materia orgánica y neutralizan los malos olores generados en el proceso. Además, los EM se reproducen en esta materia orgánica por lo que al aplicarlo al suelo estamos haciendo una inoculación de microorganismos beneficiosos.

1.2.4.1. Consideraciones a tener en cuenta

Una vez determinados los desechos que van a compostarse, se debe homogenizar el tamaño de sus partículas picando los materiales, esto con el objeto de facilitar el intercambio de oxígeno al interior de la pila e incrementar la superficie de contacto de la materia con EM.

Primero se coloca una cama de una capa de material seco (aserrín, viruta, o un material similar) en la base de la pila con el objetivo de captar los lixiviados (líquidos) que se generan para involucrarlos nuevamente en la pila de compostaje.

El seguimiento de la temperatura permite controlar la humedad y la aireación de la pila de compostaje, todas variables importantes para que el proceso se de en el tiempo indicado y con la calidad esperada. El manejo de la temperatura de la pila recomendable entre 45°C y 65°C. El número de volteos semanales dependen de la frecuencia con que la pila alcance la temperatura de 60°C, mínimo 1 vez a la semana. El proceso de compostaje puede durar 1 a 2 meses dependiendo de la materia prima utilizada, por ejemplo, restos de un cultivo de lechuga se descomponen más rápido que el marlo o la chala de maíz.

Los residuos provenientes de cosecha o de los procesos de transformación industrial como aceites, harinas, cáscaras, frutas, hojas, ramas, etc. pueden ser transformados en un abono fértil y de calidad con la utilización de EM (Fundases, 2006).

1.2.5. Compostaje

El compostaje se define como un sistema de tratamiento/estabilización de los residuos orgánicos basado en una actividad microbiológica compleja, realizada en condiciones controladas (presencia asegurada de oxígeno aerobiosis y con alguna fase de alta temperatura) en las que se obtiene un producto utilizable como abono, enmienda o sustrato. La diferencia principal es que el compostaje se asume como un proceso artificial, como una biotecnología por el hecho de corresponder a una explotación industrial del potencial de los microorganismos. También puede considerarse una ecotecnología, ya que permite el retorno al suelo de la materia orgánica y de los nutrientes vegetales, introduciéndola de nuevo en los ciclos biológicos (Baltodano y Sotomayor, 2002).

Argumenta que la función del compostaje es lograr un balance entre los materiales orgánicos de fácil y difícil descomposición. Este proceso da lugar a una transformación de la materia orgánica, tanto química como mecánica. Se requiere la utilización de materia prima adecuada para poder tener un producto final con buenas características para incorporar al suelo. Con el compost se logra dar al cultivo la nutrición adecuada así como brindar al suelo, humus estable como aporte a la estructura, tiene las ventajas de reducir el volumen de las materias primas (concentrar los nutrientes), disminuir la emisión de malos olores, matar gérmenes de enfermedades y destruir semillas de malezas (Elzakker, 1995).

1.2.5.1. Sistema de compostaje según

Labrador (2001) y Costa et al., (1991) los Sistemas abiertos son los sistemas tradicionales, donde los sustratos a compostar se disponen en pilas que pueden estar al aire libre o cubiertas. Entre estos tenemos: apilamiento estático y apilamiento con volteo. Sistemas cerrados.- Sistemas utilizados generalmente para el tratamiento de desechos sólidos Municipales de tamaño medio o grande, diseñados para reducir el área y tiempo de compostaje y hacer un mejor control de los parámetros del proceso. Sin embargo, sus costos son elevados. Entre estos tenemos: reactores verticales y reactores horizontales.

1.2.6. Factores que condicionan el proceso

Los factores que afectan el proceso de compostaje, según Climent et al., (1996), están íntimamente relacionados con parámetros como la naturaleza de los desechos orgánicos y/o con sus condiciones de desarrollo de la población microbiana. Esta última afecta el proceso porque durante la transformación de la materia orgánica los microorganismos requieren condiciones ambientales óptimas en cada una de sus fases (Roben, 2002).

1.2.6.1. Tamaño de partículas

Numerosos materiales pierden rápidamente su estructura física cuando ingresan al proceso de compostaje (por Ej.: excretas), otros son muy resistentes a los cambios, tal es el caso de materiales leñosos y fibras vegetales en general. En este caso la superficie de contacto entre el microorganismo y los desechos es pobre (Rodríguez y Rojas, 2000).

Cuando se tiene una situación similar a la mencionada en el párrafo anterior, se deben de realizar las correcciones necesarias según el caso, por ejemplo, mezclar residuos de diferente estabilidad estructural, usualmente en esta corrección se utiliza la mezcla de restos de podas con excretas, si no se cuenta con las excretas para lograr un tamaño adecuado de los residuos se utilizan alternativas como el triturado o molido para obtener un diámetro promedio máximo de partículas de 20 mm que repercute en la biodisponibilidad y tiempo de compostaje (T_c) en comparación con partículas mayores a 80 mm (Rodríguez y Rojas, 2000).

1.2.6.2. Acción de los metales pesados

Según Corbitt, (2003) la presencia de metales pesados en el compost puede aumentar su concentración en las cosechas y ser tóxicos para los seres humanos.

Los elementos de mayor preocupación para la salud de los seres humanos son el cadmio, plomo, arsénico, selenio y mercurio. En general un compost de buena calidad y apto para su aplicación en la agricultura presenta los siguientes límites máximos admitidos en relación con los elementos

pesados (Labrador. 2001): Cadmio 10 ppm (mg/kg). Cobre 450 ppm (mg/kg). Níquel 120 ppm (mg/kg), Plomo 300 ppm (mg/kg). Zinc 1.100 ppm (mg/kg). Mercurio 7 ppm (mg/kg) y Cromo 400 ppm (mg/kg).

1.2.6.3. Contenido de humedad

Según OPS (1999) si la humedad inicial de los residuos crudos es superior a un 50%, necesariamente se debe buscar la forma de reducir humedad, lo cual se logra extendiendo el material en capas delgadas (perdida de humedad por evaporación natural), o bien mezclándolo con materiales secos, procurando mantener la relación C/N adecuada de inicio. El rango de humedad adecuada estaría dentro entre los rangos de 40 a 60%, sí se puede mantener una buena aireación. Humedades superiores producirían anaerobiosis; pero una humedad menor al 10%, reducirá la actividad biológica y el proceso se haría extremadamente lento.

1.2.6.4. Relación carbono nitrógeno (C/N)

Según Castillo et al (2002), es necesario para que ocurra un proceso adecuado de compostaje, un balance entre los materiales con una concentración de carbono (residuos de color marrón), empleados para generar energía, y materiales con una concentración alta de nitrógeno (residuos de color verde) que son necesarios para el crecimiento y la reproducción. La relación teórica e ideal para una fabricación rápida se ubica entre 25 y 35. Con relaciones menores se volatiliza mucho nitrógeno y con relaciones mayores la descomposición orgánica es muy lenta.

Según Thivierge & Seito (2005), un factor muy determinante en la calidad del compost es la velocidad de descomposición del mismo y ésta a su vez depende de la proporción existente de carbono/nitrógeno (C/N) del material ya que está y tendría que tener valores antes mencionados.

La pila de compost debe tener suficientes espacios vacíos para permitir el libre movimiento del aire, el ingreso del oxígeno que viene de la atmósfera

y la liberación del dióxido de carbono y otros gases. En algunas operaciones de compost, el aire puede ser inyectado mecánicamente o empujado hacia las pilas para mantener los niveles adecuados de oxígeno. En otras situaciones la pila es volteada frecuentemente para exponer los microorganismos a la atmósfera y también para crear más espacios vacíos en la pila. La aireación es la forma más rápida y económica de garantizar el flujo de oxígeno, de la misma manera, la forma de la pila es importante para lograr una buena aireación porque de ella depende el flujo de oxígeno hacia el interior de la masa. El volteo además intenta que todas las zonas de la pila tengan una temperatura uniforme favoreciendo la descomposición y elimina malos olores. (Martínez et al. 2001).

1.2.6.5. Temperatura

La temperatura está condicionada por la humedad y la aireación, y varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos. De acuerdo a este parámetro el proceso de compostaje se divide en cuatro etapas:

- mesofílica (< de 40 °C)
- termofílica(40a60°C),
- fase de enfriamiento (< de 40 °C) y
- fase de maduración (temperatura ambiente)

En la fase termofílica, se alcanzan las temperaturas más altas, las cuales son relevantes para que se dé la "autoesterilización" del sustrato, asegurando la eliminación de microorganismos y sustancias no deseadas en el producto final. A temperaturas demasiado elevadas se produce una inhibición de la actividad vital de la mayoría de los microorganismos que inciden en el compostaje, frenándose así la descomposición de la materia orgánica. (Cegarra, 1994; Corbitt, 2003; Gómez, J. 1996).

Para mantener un proceso de compostaje en condiciones ideales, autores como Dalzell, (1991); Cegarra, (1994) y Tchobanoglous et al. (1994) mencionan que se necesita mantener en todas las partes de la pila una

temperatura de 55 a 60 °C, por lo menos tres días para destruir prácticamente todas las plantas y organismos causantes de enfermedades patógenas. En el compostaje en pilas la temperatura se controla indirectamente variando la frecuencia del volteo.

1.2.6.6. pH

El rango de pH tolerado por las bacterias es amplio, sin embargo, el pH cercano al neutro (pH 6.5-7.5), ligeramente ácido o ligeramente alcalino asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos; valores de pH inferiores a 5.5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos, de la misma manera a pH 9 (alcalinos) inhiben el crecimiento bacteriano. Durante el proceso de compostaje se produce una sucesión natural del pH que es necesaria para el proceso y que es acompañada por una sucesión de grupos fisiológicos (OPS, 1999).

El pH en la fase acidogénica, se da una gran producción de CO₂ y liberación de ácidos orgánicos. El descenso de pH favorece el crecimiento de hongos (cuyo crecimiento se da en el intervalo de 5.5 - 8) y el ataque a lignina y celulosa. Durante la fase termófila se pasa a una liberación de amoníaco como consecuencia de la degradación de aminos procedentes de proteínas y bases nitrogenadas y una liberación de bases incluidas en la materia orgánica, resultado de estos procesos se da una subida en el pH y retoman su actividad las bacterias a pH 6 – 7.5 (fase de alcalinización). Tras este incremento del pH se da una liberación de nitrógeno por el mecanismo anteriormente citado y que es aprovechado por los microorganismos para su crecimiento, dando paso a la siguiente fase de maduración (Álvarez, 2010).

1.2.6.7. Aireación

El suministro de aire a todas las partes del sistema es esencial para proveer de oxígeno a los organismos y para eliminar el dióxido de carbono (Henao, 1996).

Danzell, (1991) considera que el flujo de aire no solo elimina el dióxido de carbono y el agua producida en la reacción de descomposición, sino que también elimina calor al evaporar la humedad. El oxígeno es necesario para el metabolismo de los microorganismos aeróbicos y para oxidar determinadas moléculas Orgánicas de la mezcla en descomposición (Cegarra, 1994). Los niveles óptimos de oxígeno se sitúan entre el 5 y 15 %. Niveles inferiores del 5 % de oxígeno pueden provocar condiciones anaeróbicas, mientras niveles superiores al 15 % da lugar a pérdidas de calor y una pobre destrucción de organismos patógenos (Corbitt, 2003).

1.2.6.8. Patógenos

Los patógenos son causantes de enfermedades y pueden pertenecer a cualquiera de las clases de microorganismos. (Bacterias, hongos, virus, rickettsias y protozoos). Como lo afirma Tchobanoglous et al., (1994), el diseño de un proceso de compostaje debe tener en cuenta la destrucción de patógenos, ya que la presencia de ellos afecta los cambios normales de temperatura.

Estos organismos prefieren temperaturas por debajo de los 42 °C, ya que normalmente viven a la temperatura corporal del hombre y animales, o a la temperatura ambiental de las plantas. Las técnicas para la preparación de compost se les señalan como muy efectivas para el control de microorganismos patógenos y la tasa de mortalidad de estos microorganismos está en función del tiempo y de la temperatura. Cuando el proceso de compostaje funciona correctamente se pone de manifiesto que la mayoría de los organismos patógenos mueren cuando se exponen todas las partes de la pila a temperaturas de 55 °C (Luque, 1997 y Tchobanoglous et al., 1994).

Tabla 1*Destrucción de patógenos por temperatura y tiempo*

Microorganismos	Observaciones y tiempo de supervivencia
Salmonera SP.	Muerte dentro de una hora a 55 °C y dentro de 15 a 20 minutos a 60 °C
Shigella sp.	Muerte dentro de una hora a 55 °C
Escherichia coli	La mayoría muere dentro de 1 hora a 55 °C
Streptococcus pyogenes	Muere dentro de 10 minutos a 54 °C
Áscaris lumbricoides (huevos)	Mueren en menos de una hora a temperaturas por encima de 50 °C
Algunas formas de hongos	No sobreviven
Aspergillus fumigatus	Destruídos a 49°C
Leptospira philadelphia	2 días
Microbacterium tuberculosis	14 días
Otros virus que afectan humanos	7 días
Poliovirus	3 a 7 días a 49 °C
Salmonella	7 a 21 días
Shigella	7 a 21 días

Fuente: Luque, 1997 y Tchobanoglous et al., 1994.

1.2.6.9. Microbiología del compostaje

El proceso de compostaje está gobernado por la acción de microorganismos aerobios facultativos y obligados, mesófilos y termófilos, según la temperatura dominante.

Hasta ahora, han sido estudiadas más de 70 especies de microorganismos destacándose los grupos de, actinomicetos termófilos, bacterias mesófilas y termófilas, y hongos mesófilos y termófilos, degradando compuestos como hemicelulosa, celulosa, proteínas y carbohidratos (Luque, 1997; Tchobanoglous et al., 1994).

Según Climent (1996) y Soto (2003) las bacterias descomponen fundamentalmente los carbohidratos y las proteínas (10 % de la descomposición) mientras que los hongos y los actinomicetos (del 15-30 % de la descomposición) actúan preferencialmente sobre celulosas y hemicelulosas.

El número de microorganismos no debe ser un factor limitante para el proceso, ya que los organismos autóctonos se multiplican a gran velocidad. Labrador (2001) y Marino (2004), refieren que la naturaleza y número de microorganismos presentes en cada etapa dependen del material inicial, de las condiciones en las que se mantenga la masa a compostar y del sistema utilizado.

1.2.7. Criterios de calidad del compost

Los criterios de aptitud del compost como abono orgánico tratan del contenido de materias nutritivas y de criterio generales de calidad.

Si se encuentran más del 75% de las muestras analizadas del producto de una planta de compostaje dentro de los márgenes indicados, se considera como compost de buena calidad como un fertilizante. Si el contenido de materias nutritivas es muy bajo, el compost no sirve como fertilizante. En el caso inverso, puede ocurrir una sobre fertilización que puede lixiviar el suelo a largo plazo y que puede causar graves daños a las aguas subterráneas. La conductividad eléctrica debe tener un mínimo de 2.0 dS/m, un máximo de 4.0 dS/m y un promedio de 2.5 dS/m (Roben, 2002). FAO (2013) reporta los siguientes parámetros del compostaje maduro.

Tabla 2*Parámetros del compostaje.*

Parámetros	Rango ideal de compost maduro
C:N	10:1 - 15:1
Humedad (%)	30 - 40
Ph	6.5 -8.5
Materia orgánica (%)	>20%
Nitrógeno (%)	0.3 - 1.5
Fósforo (%)	0.1 - 1.0
Potasio (%)	0.3 - 1.0

Fuente: FAO, 2013.

Soliva y López, 2004. Mencionan que el concepto de calidad es difícil de definir, ya que ha de tener en cuenta múltiples aspectos; además, puede ser siempre muy subjetivo. Siempre debería considerarse la calidad del compost a partir de aquellas características que resulten de aplicar un tratamiento respetuoso con el medio ambiente acorde con una gestión racional de los residuos y que tenga como objetivo fabricar un producto destinado para su uso en el suelo o como sustrato. Dentro de los niveles de calidad deben o pueden establecerse distintas exigencias según el mercado al que vaya destinado; pero siempre habrá unos mínimos a cumplir para cualquier aplicación. Es necesario establecer unos parámetros diferenciados para usos diversos, sin querer significar esta afirmación que los máximos permitidos de contaminantes se puedan sobrepasar según el destino

1.3. Definición de términos básicos

Celulosa.- La celulosa es un biopolímero natural compuesto exclusivamente de moléculas de β -glucosa (desde cientos hasta varios miles de unidades), pues es un homopolisacárido. La celulosa es la biomolécula orgánica más abundante ya que forma la mayor parte de la biomasa terrestre (principal componente de las paredes celulares de los árboles y otras plantas).

Compost.-Es la materia orgánica completamente descompuesta, de color oscuro, inodora, pero abundante en nutrientes. Un poeta como W. Whitman hace la siguiente alabanza al compost: "el compost o humus es el fertilizante más eficiente y práctico que el hombre conoce, le restablece al suelo gastado los nutrientes valiosos y transforma un pedazo de tierra improductiva y árida en un exuberante jardín" (Avendaño, C. 2003).

Compostaje.-El compostaje es una técnica utilizada desde hace mucho tiempo en la agricultura, consistente en el apilamiento de diferentes tipos de residuos tales como residuos urbanos, restos de cosecha, excrementos animales entre otros, con el fin de obtener un producto aprovechable para el suelo.

Control.- Nivel del factor tratamiento que representa ausencia de "tratamiento".

Diseño experimental.- Proceso de planeamiento de un experimento, tal que se tomen datos apropiados con la mayor realidad posible, los cuales deben ser analizados mediante métodos estadísticos que deriven conclusiones válidas y objetivas, Pudiendo decirse que la filosofía del diseño experimental es la obtención de información con una alta fidelidad sobre el mensaje de la naturaleza a un costo mínimo (Quevedo, 2006)

Efecto.- Aquello que se consigue como consecuencia de una causa. El vínculo entre una causa y su efecto se conoce como causalidad.

Error experimental.- Este error está compuesto por los errores de tratamiento, de muestreo y de medición y aunque en la práctica generalmente son indistinguibles, es importante reconocerlos para tratar de minimizarlos.

Lignina.-Sustancia que aparece en los tejidos leñosos de los vegetales y que mantiene unidas las fibras de celulosa que los componen. Después de los polisacáridos, la lignina es el polímero orgánico más abundante en el mundo vegetal.

Lixiviados.-Son líquidos formados a partir de la mezcla de aguas procedentes de las lluvias y la descomposición de residuos (Bongcam, 2003).

Microorganismos Eficaces.-Es un cultivo mixto de microorganismos no modificados genéticamente, con diversos tipos de metabolismo, que al encontrarse juntos presentan relaciones sinérgicas, de cooperación y cometabolismo (Higa, 1993).

Según Higa y Parra (1994), Los Microorganismos Efectivos conocidos por su sigla en inglés –EM–, son una mezcla de tres grupos de microorganismos completamente naturales que se encuentran comúnmente en los suelos y en los alimentos.

Residuos orgánicos.-Son biodegradables (se descomponen naturalmente), tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica.

Tratamientos.- Conjunto de poblaciones estudiadas y/o acciones realizadas sobre las unidades experimentales.

Testigo.- Tratamiento tradicional que se desea comparar con nuevos tratamientos.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material

Se utilizaron los siguientes materiales:

2.1.1. Equipos y materiales para la caracterización de algunos parámetros.

- Termómetro de mercurio
- Peachimetro
- balanza
- Mandil
- Estufa

2.1.2. Materiales para la construcción del módulo de compostaje.

- Balde de 20 L para la mezcla la activación de los Microorganismos Eficaces
- Cuatro horcones para el módulo de compostaje
- 12 Calaminas para el techado
- 20 m de Carpa para circular el modulo
- 16 composteras para colocar la cascara de cacao
- 1 saco de aserrín
- 1 L de ME

2.2. Métodos.

2.2.1. Diseño de investigación

La presente tesis de investigación es un diseño experimental, en la cual se empleó el Diseño de Bloques Completamente al azar (DBCA), con 4 repeticiones y 4 tratamientos. Donde se agregó una dosis de EM diferente a cada tratamiento y un tratamiento testigo que no tiene ningún estímulo o intervención. Tal como se detalla a continuación:

Tabla 3*Diseño experimental de acuerdo a los bloques y tratamietos*

BLOQUES	TRATAMIENTO	TOTAL DE BLOQUE	MEDIAS DE BLOQUES
	A1 A2...Ai1...Ak1		
B1	X ₁₁ X ₂₁ ... X _{i1} ... X _{k1}	T _{.1}	X _{.1}
B2	X ₁₂ X ₂₂ ... X _{i2} ... X _{k2}	T _{.2}	X _{.2}
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
Bj	X _{1j} X _{2j} ... X _{ij} ... X _{kj}	T _{.j}	X _{.j}
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
Br	X _{1r} X _{2r} ... X _{ir} ... X _{kr}	T _{.r}	X _{.r}
TOTAL	T _{1.} T _{2.} ... T _{i.} ... T _{k.}	T _{..}	
MEDIAS	X _{1.} X _{2.} ... X _{i.} ... X _{k.}		X _{..}

*Fuente: Quevedo, 2006.***Donde:**

T0 =Testigo (Cascara de cacao sin intervención)

T1= 5% Microorganismos Eficaces activado (50 mL de EM + 1 L de agua)

T2= 15% de Microorganismos eficaces activado (150 mL de EM + 1 L de agua)

T3= 20% de Microorganismos Eficaces activado (200 mL de EM + 1 L de agua)

El Modelo Aditivo Lineal que rige este diseño es:

$$Y_{ij} = u + B_j + T_i + E_{ij}$$

DondeY_{ij} : Es la observación realizada en la Unidad Experimental del

Block J (bloque) que recibió el Tratamiento i.

u : Es la media general.

B_j : Efecto del j-esimo bloqueT_i : Efecto del i-esimo tratamientoE_{ij} : Error experimental

La prueba de hipótesis se realizara mediante el ANOVA.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots = \mu_4$$

H 1: $\mu_1 \neq \mu_2$

Para la prueba del método de Duncan se realizó para verificar cuál de los tratamientos tienen mayor significancia entre si:

Se calculó el error estándar de la media.

$$\bar{x} = \sqrt{CME/r}$$

Los comparadores de Duncan, con 9 grados de libertad del error, $\alpha = 0.05$ y 4 tratamientos.

Tabla 4

Tabla del cálculo del comparador Duncan

<i>Valor de "p"</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>AES (D)</i>			
<i>S</i>			
<i>ALS(D)</i>			

Fuente: Quevedo, 2006

Se ordenó los promedios tabulados de menor a mayor y se tabulo en un cuadro de 2 entradas.

Se declaró significativas si las diferencias entre 2 promedios superan al comparador Duncan

2.2.2. Población y muestra

Población.- Está comprendida por una parcela de 01 hectárea de plantaciones de cacao con una edad de 03 años, con una producción aproximado de cascara de cacao fresca de 2000 Kg en la Localidad de Naranjos, Pardo Miguel, Provincia de Rioja, Región San Martín

Muestra.- Se realizará el muestreo intencional de acuerdo al interés del investigador el 20% de la población total, dando como resultado un total de 400 Kg aproximadamente de cascara fresca de cacao distribuido 25 Kg para cada

tratamiento en la localidad de Naranjos, Pardo Miguel, Provincia de Rioja, Región San Martín

Datos:

Cascara fresca (Cf) = 2000kg/ha

% interés del investigador (I) = 20%

Hectáreas consideradas para la investigación = 1ha

Repeticiones = 16

Resultados:

Muestra total = 400kg

Muestra por tratamiento = 25kg

2.2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Técnicas de recolección de datos primarios

- Ubicación del área del proyecto

Región: San Martín

Provincia: Rioja

Localidad: Naranjos

Latitud: 5°44'17.45"S

Longitud: 77°29'27.59"

Altitud: 2012 msnm

- Elaboración de ficha técnica para el llenado de datos de campo y de resultados de laboratorio.

La recolección de los datos fue durante los 60 días del proceso del compost. (Anexo 1 y anexo 3).

- Caracterización al comienzo del compostaje.

Se realizó la caracterización al inicio del compostaje, enviando las muestras al laboratorio para su análisis.

- Parámetros a tomar en cuenta en la finalización del compostaje

FAO, (2013) reporta los siguientes parámetros del compostaje maduro según la tabla 02.

- **Módulo de compostaje.**

Se construyó un módulo de compostaje en un área de 6 x 5 m, donde colocaron 4 orcones, para el techado pusieron calaminas y alrededor del módulo utilizaron carpa.

Para las composteras se elaboraron de madera de 35 cm de ancho x 45 cm de largo x 50 cm de profundidad. (Ver anexo 05: Croquis experimental).

- **Elaboración del compost**

Se procedió a realizar la recolección de 400 kg de cascará de cacao en la parcela, se trasladó en caretilas hasta el módulo de compostaje, luego se procedió a la trituración de la cascara, reduciendo su tamaño para acelerar su descomposición. Los residuos colectados se pesaron utilizando balanza convencional tipo romana. Se instaló 16 composteras con 25 kg de cascara de cacao cada una, colocando en la base una capa de 10 a 15 cm de aserrín para los lixiviados, teniendo en cuenta que la cascara posee bastante humedad. Se vació la cascara de cacao por capas junto con los EM utilizando el método de sándwich para conseguir una buena homogeneización

b. Técnicas de recolección de datos secundarios.

En campo se recolecto los datos de T° y pH cadas 5 días en la Ficha técnica de recolección de datos.

Para los análisis de N, P, K y Materia organica se envio al laboratorio de análisis de suelos agrícolas de Nueva Cajamarca del Proyecto Especial Alto Mayo. (Ver Anexo 2 y 3).

Para la toma de muestras se siguió el procedimiento según las especificaciones del laboratorio, se enviaron un total de 48 muestras en tres envíos compuestos de 16 muestras cada envío. Esto se realizó al inicio, durante y final del proceso de compostaje, (se realizó cada 30 días).

c. Instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron diversos instrumentos que apoyaron en la recolección de datos, como: cámara fotográfica, balanza convencional y analítica, fichas técnicas de registro de datos, peachimetro, termómetro digital y vehículo de transporte, entre otros. Estas se desarrollaron a lo largo del trabajo de investigación, los parámetros de laboratorio fueron los siguientes.

Tabla 5

Instrumentos de medición

Parámetros	Instrumento y/o equipos de medición
Nitrógeno	Micro kjeldahl
Fosforo	Olsen modificado
Potasio	Fotometría de llama
Materia organica total	Walkley y black

2.2.4. Técnicas del procesamiento y análisis de datos.

Se empleó el ANOVA con dos factores, en el sentido de que se usa I para representar el número de niveles del primer factor A y J para representar el número de niveles del segundo factor B (bloques). (Quevedo ,2006).

Tabla 6

ANOVA de un diseño aleatorizado por bloques completo

Fuentes de variación	Suma de los cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F_{calc.}	F_{tab.}	Valor de p
Debido a los tratamientos	SSa	a - 1	MSa=SSa/ (a-1)	MSa/S2 1	F=[1- α ;a-1 (a-1)(b-1)]	Calculada
Debido a los bloques	SSb	b - 1	MSb=SSb/ (b-1)	MSb/S2 2	F=[1- α ;b-1 (a-1)(b-1)]	
Residual (Error)	SSe	(a - 1) (b - 1)	MSe=SSe/ [(a-1)(b-1)]			
Total	SS _t	ab - 1				

Fuente: Quevedo (2006)

Con el nivel de significancia de $\alpha=0.05$; y confiabilidad del 95%.

$$SS_a = b \sum_{i=1}^a (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$$

Suma de cuadrados de tratamientos

$$SS_b = a \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$$

Suma de cuadrados de bloques

$$SS_e = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})^2$$

Suma de cuadrados de error

$$SS_t = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$$

Suma total de los cuadrados

Donde:

$$\bar{y}_{i.} =$$

Promedio de las observaciones para el i-ésimo tratamiento

$$\bar{y}_{.j} =$$

Promedio de las observaciones para el j-ésimo bloque

$$\bar{y}_{..} =$$

Promedio de todas las ba observaciones o el promedio de los promedios

$$y_{ij} =$$

j-ésima observación del i-ésimo tratamiento

Se aplicó la prueba de Duncan: La prueba de rango múltiple Duncan es una comparación de las medias de tratamientos todos contra todos de manera que cualquier diferencia existente entre cualquier tratamiento contra otro se verá reflejado en este análisis. Utiliza un nivel de significancia variable que depende del número de medias que entran en cada etapa de comparación (Quevedo, 2006).

Se acepta que no hay diferencia significativa entre la media mayor y la media menor de p medias, $\bar{y}_{i.}$ e $\bar{y}_{j.}$, si se verifica.

$$|\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{j.}| \leq R_p$$

Y serán consideradas iguales también todas las medias comprendidas entre ellas.

En la expresión, el valor de RY es:

$$R_p = q_{\alpha_p; p, N-I} \sqrt{\frac{\hat{S}_R^2}{n}} \quad p = 2, 3, \dots, I$$

(Quevedo ,2006). El Acopio de datos se realizará in situ utilizando la Bitácora (cuaderno de campo). Los resultados de campo serán estructurados en el gabinete; así mismo se elaborarán tablas, cuadros, gráficos y la interpretación de los mismos, que serán resumidos para cada parámetro básico evaluado.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Resultados de los parámetros evaluados en el compost

3.1.1. Resultados del potencial de hidrógeno

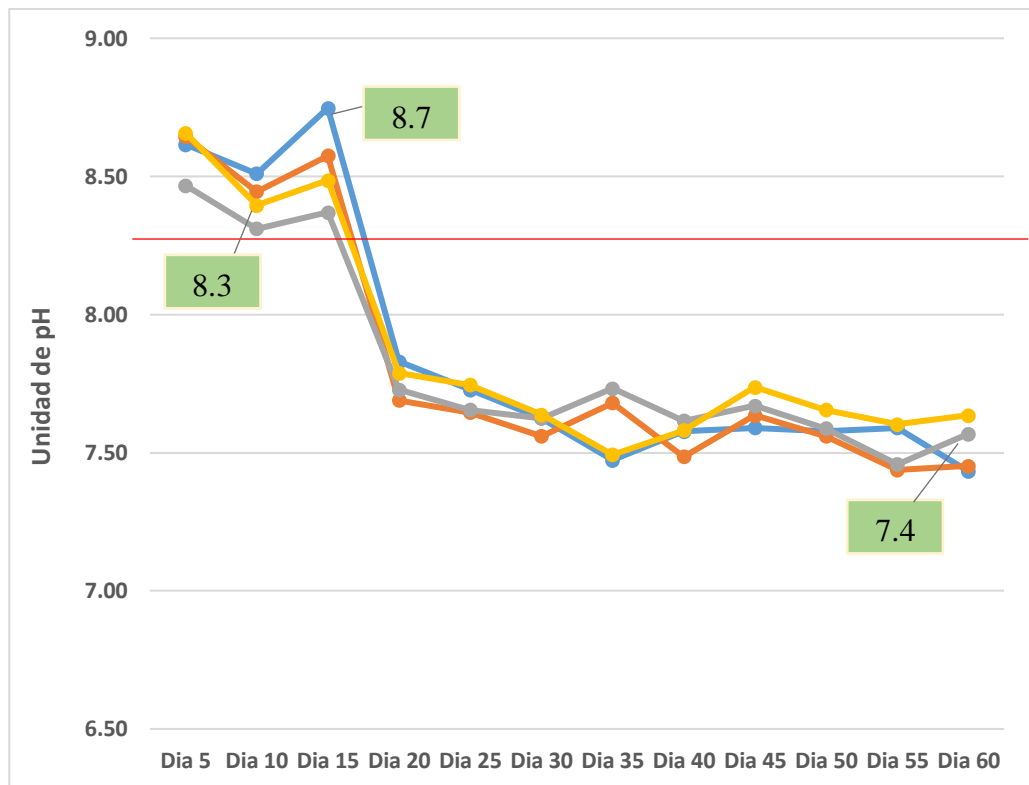


Figura 1: Variación de pH durante el proceso del compost.

Los datos procesados en la figura 1 se encuentran en el Anexo 1.A, los datos recolectados de campo fueron cada 5 días durante los dos meses.

Durante el proceso de compostaje, las variaciones registradas del pH varió entre 8.75 unidades y 7.43 unidades de pH; con una variación promedio cercano a 8.31 unidades de pH. La línea roja indica una concentración de pH promedio entre el máximo y el mínimo.

Los tratamientos iniciaron con un pH mayor a 8 unidades donde hubo un incremento hasta el día 15 para luego finalizar con un descenso de una concentración de pH entre 7.43 unidades a 7.64 unidades de pH.

ANOVA (Análisis de varianza)

Prueba de hipótesis:

Nivel de significancia: $\alpha=0,05$

Ho: $u_1 = u_2 = u_3 = u_4$

Ha: $u_1 \neq u_2 \neq u_3 \neq u_4$ (al menos una igualdad no se cumple).

Tabla 7

Análisis de varianza del pH en el compost

Fuente de variaciones	Suma de los cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F calculado	Valor F tabulado	Decisión
Bloques	0.00751875	3	0.00250625	0.902	3.863	Acepto H0
Tratamientos	0.11071875	3	0.03690625	13.283**	3.863	Acepto H1
Residual (Error)	0.02500625	9	0.00277847			
Total	0.14324375	15				

X = 7,522

CV = 0,701%

El análisis de variancia de la concentración de pH final obtenido en el compost de la cascara de cacao, presenta diferencia estadística significativas entre tratamientos. Esto atribuye al efecto de la dosis de EM aplicadas a la cascara de cacao para su descomposición. El pH promedio fue de 7.522 y el coeficiente de variabilidad fue de 0.701% indicando que los datos estadísticos son confiables.

Tratamientos: existe una diferencia significativa entre los tratamientos tal como indica en la tabla 07 el valor F calculado con respecto al valor del F tabulado está ubicado en la región de rechazo de Ho teniendo en cuenta la regla de decisión que detalla en el Anexo 04.

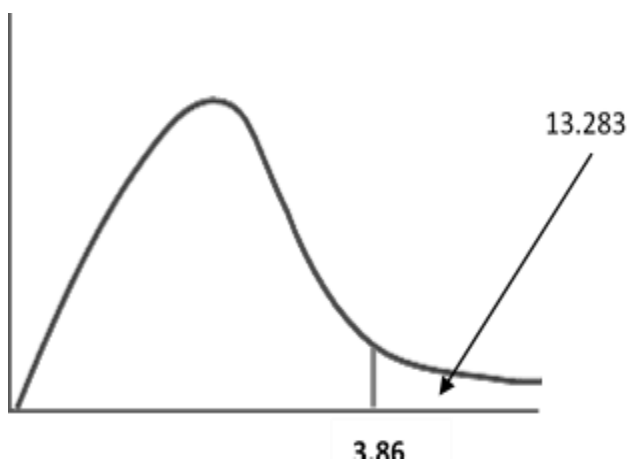


Figura 2: Regla de decisión de hipótesis

Tabla 8

Comparador de Duncan

AES (D)	3.199	3.339	3.42
SX	0.026		
ALS(D)	0.084	0.088	0.0901

Tabla 9

Concentración de pH en los tratamientos (Prueba de Duncan)

		TRATAMIENTOS			
		T0	T1	T2	T3
		7.433	7.453	7.568	7.635
T0	7.433	-	0.02	0.1345	0.20
T1	7.453	-	-	0.11	0.18
T2	7.568	-	-	-	0.07
T3	7.635	-	-	-	0.00
VALORES DUNCAN		b	B	A	a
ALS (D)			0.08431	0.088	0.0901

Interpretación:

Los resultados de la prueba de Duncan, presenta que el tratamiento 3 y 2 es el más óptimo para obtener una mayor concentración de pH en el compost, superando estadísticamente a los demás tratamientos.

En resumen la concentración de pH de los diferentes compost se encuentra dentro del rango de calidad propuesto por la FAO (6.5-8.5), asegurando un efecto benéfico del compost obtenido si es agregado al suelo.

3.1.2. Resultados de la temperatura (°C) y prueba de Duncan

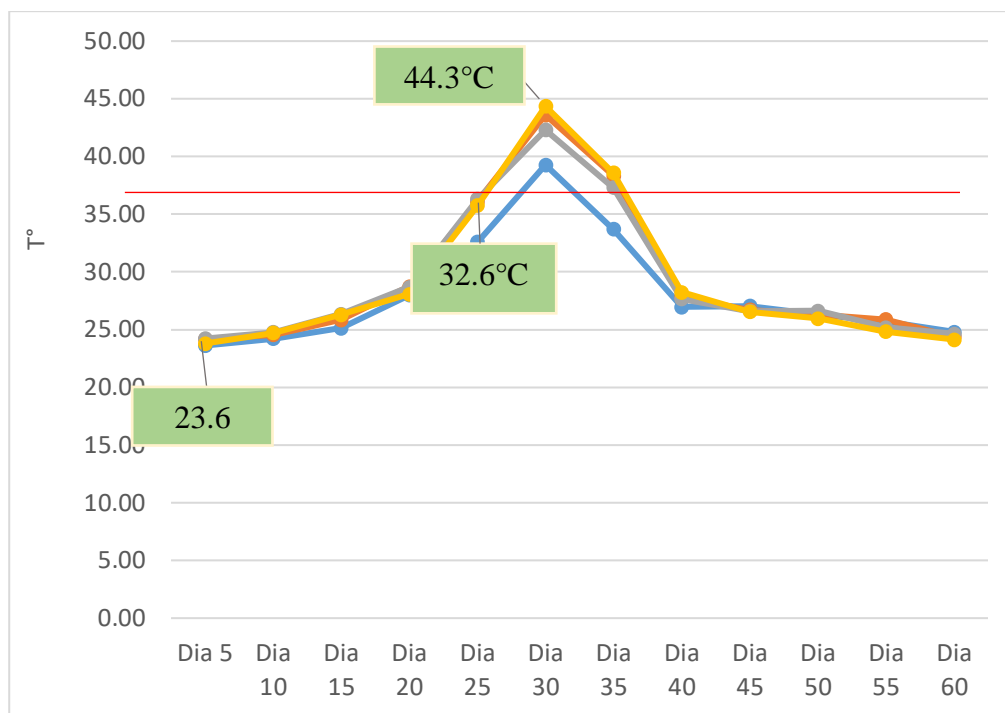


Figura 3: Variación de la T° durante el proceso del compost

Los datos procesados en la Figura N 1 se encuentran en el Anexo N 1.B Ficha técnica de recolección de datos de temperatura, los datos recolectados de campo fueron cada 5 días durante los dos meses.

Durante el proceso de compostaje, las temperaturas varío entre 44.3°C y 23.8°C; obteniendo un promedio cercano a 30.2 °C. La línea roja indica una temperatura promedio entre el máximo y el mínimo de 33.95°C.

Los tratamientos iniciaron con una temperatura de 23.6 °C a 24.2°C, durante los días 25 al 35 hubo un incremento 32.6°C entre 44.3°C para luego finalizar con un descenso de la temperatura entre 24.1°C a 24.8°C.

El tratamiento 3 inicia con una temperatura 23.6°C alcanzando una temperatura máxima de 44.3°C posteriormente finalizando con una temperatura de 24.1°C,

siguiendo en el mismo orden el tratamiento 1, 2 y finalizando con el tratamiento testigo que alcanza una temperatura mayor de 39.2°C diferente a los demás tratamientos pero finaliza con una temperatura de 24.8 similar a los demás.

Tabla 10

Datos de temperatura °C en el compost final

BLOQUES	TRATAMIENTOS				Σ	X
	T0	T1	T2	T3		
B1	24,60	24,20	26,40	24,10	99,30	24,83
B2	24,80	24,80	23,50	24,10	97,20	24,30
B3	25,10	24,70	23,80	24,38	97,98	24,50
B4	24,70	23,80	24,80	23,90	97,20	24,30
Σ	99,20	97,50	98,50	96,48	391,68	
X	24,80	24,38	24,63	24,12		24,48

ANOVA (Análisis de varianza)

Prueba de hipótesis:

Nivel de significancia: $\alpha=0,05$

Ho: $u_1 = u_2 = u_3 = u_4$

Ha: $u_1 \neq u_2 \neq u_3 \neq u_4$ (al menos una igualdad no se cumple).

Tabla 11

Análisis de varianza de la Temperatura (°C).

Fuente de variaciones	Suma de los cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F calculado	Valor F tabulado	Decisión
Bloques	0.7362	3	0.2454	0.417	3.863	Acepto H0
Tratamientos	1.0562	3	0.3521	0.598	3.863	Acepto H0
Residual (Error)	5.2956	9	0.5884			
Total	7.088	15				
X = 24,48		CV = 3,13%				

El análisis de variancia de la temperatura final obtenido en el compost de la cascara de cacao, no existe diferencia estadística significativas entre tratamientos. Considerando que las Temperaturas obtenidas en el compost son de 24.12°C a 24.8°C no existe una variabilidad en los resultados. La Temperatura promedio fue de 24.48°C y el coeficiente de variabilidad fue de 3.13% indicando que los datos estadísticos son confiables.

Tratamientos: no existe una diferencia significativa entre los tratamientos tal como indica en la tabla 11 el valor F calculado con respecto al valor del F tabulado está ubicado en la región de aceptación de H_0 teniendo en cuenta la regla de decisión que detalla en el Anexo 04.

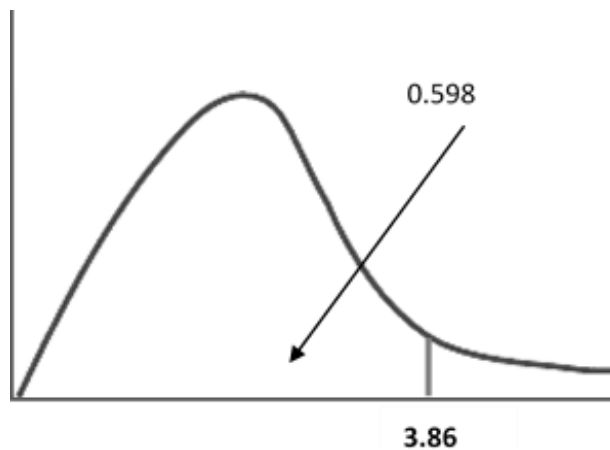


Figura 4: Regla de decisión de hipótesis

Tabla 12

Comparador de Duncan

AES (D)	3.199	3.339	3.42
SX	0.026		
ALS(D)	0.084	0.088	0.0901

Tabla 13*concentración de Temperatura en los tratamientos (Prueba de Duncan)*

TRATAMIENTOS					
		T3	T1	T2	T0
		24.120	24.375	24.625	24.800
T3	24.120	-	0.25	0.5050	0.68
T1	24.375	-	-	0.25	0.43
T2	24.625	-	-	-	0.18
T0	24.800	-	-	-	0.00
VALORES					
DUNCAN		b	b	B	b
ALS (D)			1.2268	1.2805	1.31157

Los valores Duncan con las mismas letras no difieren estadísticamente entre si

Interpretación:

Los resultados de la prueba de significación de Duncan, presenta que no existe diferencia entre los tratamientos por lo tanto la temperatura obtenida al final del proceso son similares.

En resumen la temperatura al inicio y al final del compost son similares entre los tratamiento, no obstante durante el proceso de descomposición los tratamiento 1, 2 y 3 se eleva su temperatura llegando hasta 42.3°C a 44.3°C. a diferencia del tratamiento testigo de 39.2°C.

3.1.3. Resultados del Nitrógeno y prueba de Duncan

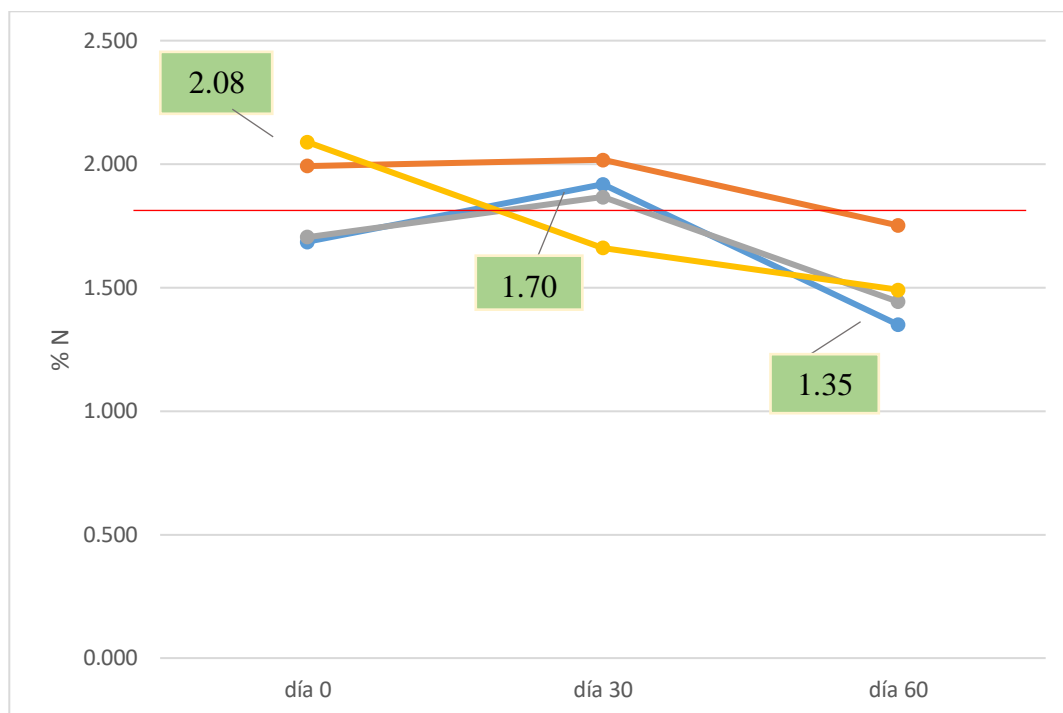


Figura 5: Comportamiento del Nitrógeno durante el proceso del compost

Los datos procesados en la Figura N 3 se encuentran en el Anexo N 2. Ficha técnica de resultados de datos de los análisis de laboratorio.

Durante el proceso de compostaje, las concentraciones registradas del N varía entre 1.44 % y 2.08% de N; con una concentración promedio cercano a 1.70% de N. La línea roja indica una concentración de N promedio entre el máximo y el mínimo de 1.71.

Los tratamientos iniciaron con una concentración de 1.7% entre 2.08% de nitrógeno finalizando con una concentración de Nitrógeno de 1.35 entre 10.75 %, hubo una disminución de nitrógeno durante el proceso de compostaje.

Tabla 14*Concentración de Nitrógeno en el compost final*

BLOQUES	TRATAMIENTOS				Σ	\bar{X}
	T0	T1	T2	T3		
B1	1.340	1.774	1.415	1.260	5.789	1.447
B2	1.380	1.745	1.497	1.662	6.284	1.571
B3	1.360	1.720	1.279	1.522	5.881	1.470
B4	1.320	1.769	1.580	1.522	6.190	1.548
Σ	5.400	7.008	5.772	5.966	24.145	
PROMEDIO	1.350	1.752	1.443	1.491		1.509

ANOVA (Análisis de varianza)

Prueba de hipótesis:

Nivel de significancia: $\alpha=0,05$ Ho: $u_1 = u_2 = u_3 = u_4$ Ha: $u_1 \neq u_2 \neq u_3 \neq u_4$ (al menos una igualdad no se cumple).**Tabla 15***Análisis de varianza del Nitrógeno en el compos*

Origen de las variables	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Valor f calculado	Valor f tabulado	Decisión
Bloques	0,04262407	3	0,01420802	1,34614731	3,86	Acepto H0
Tratamientos	0,35578867	3	0,11859622	11,236466**	3,86	Acepto H1
Error	0,09499125	9	0,01055458			
Total	0,49340399	15				

 $\bar{X} = 1,509$ $CV = 6,81\%$

El análisis de variancia de la concentración de N final obtenido en el compost de la cascara de cacao, presenta diferencia estadística significativas entre tratamientos. Esto atribuye al efecto de la dosis de EM aplicadas a la cascara de cacao para su descomposición. El N promedio fue de 1.509% y el coeficiente de variabilidad fue de 6.81% indicando que los datos estadísticos son confiables.

Tratamientos: existe una diferencia significativa entre los tratamientos tal como indica en la tabla 15 el valor F calculado con respecto al valor del F tabulado está ubicado en la región de rechazo de H_0 teniendo en cuenta la regla de decisión que detalla en el Anexo 04.

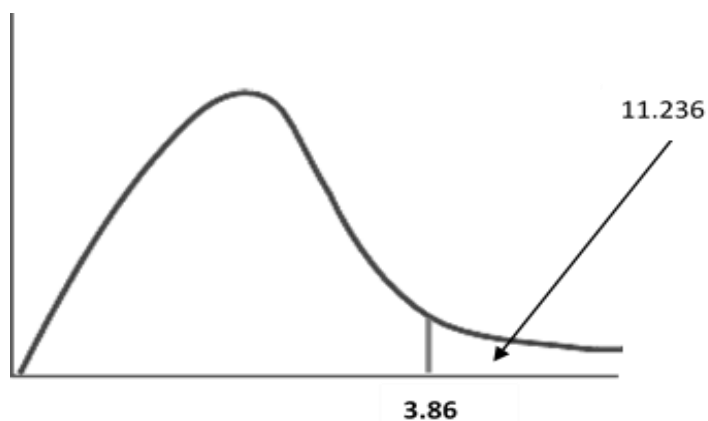


Figura 6: Regla de decisión de hipótesis

Tabla 16

Comparador de Duncan.

AES (D)	3.199	3.339	3.42
SX	0.051		
ALS(D)	0,1641	0,1713	0,1754

Tabla 17

Concentración de Nitrógeno en los tratamientos (Prueba de Duncan)

		TRATAMIENTOS			
		T0	T2	T3	T1
		1.350	1.443	1.491	1.752
T0	1.350	-	0.09	0.1410	0.40
T2	1.443	-	-	0.05	0.31
T3	1.491	-	-	-	0.26
T1	1.752	-	-	-	0.00
VALORES					
DUNCAN		c	b	b	a
ALS (D)			0.16411	0.1712907	0.175446

Los resultados de la prueba de Duncan, presenta que el tratamiento 1 es el más óptimo para obtener una mayor concentración de N en el compost, superando estadísticamente a los demás tratamientos.

En resumen la concentración de N en el tratamiento 2 y 3 se encuentra dentro del rango de calidad propuesto por la FAO (0.3-1.5% de N), estos tratamientos su porcentaje de concentración de N son similares. El tratamiento testigo presenta valores menores a los demás tratamientos de 1.35% de N pero dentro del rango de la calidad del compost, mientras que el tratamiento 1 tiene un mayor contenido de nitrógeno de 1.75% que supera los 1.5% propuesto por la FAO (0.3-1.5%) y si es incorporado al suelo, se debe considerar el balance de nutrientes para el crecimiento de las plantas.

3.1.4. Resultados del Fósforo

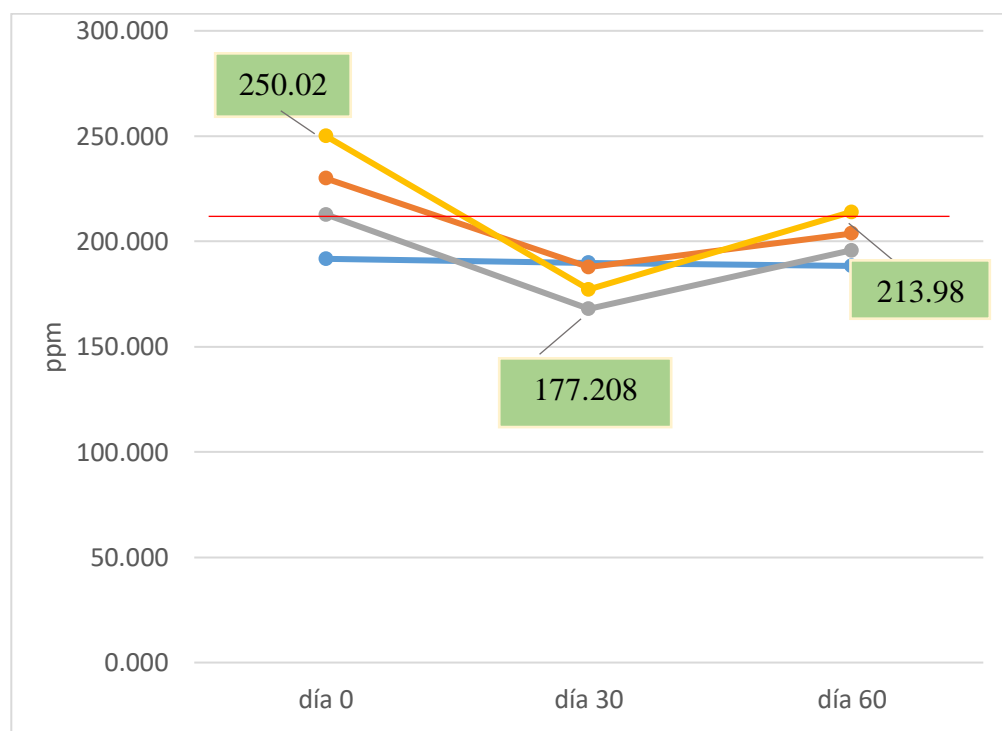


Figura 7: Comportamiento del Fósforo durante el proceso del compost

Durante el proceso de compostaje, las concentraciones registradas del fósforo varía entre 250.025ppm y 177.208ppm de P; con una concentración promedio cercano de 213.988 ppm de P. La línea roja indica una concentración de fósforo promedio entre el máximo y el mínimo de 213.62ppm.

Los tratamientos iniciaron con una concentración de 191.713ppm entre 250.025ppm de fósforo, comenzando a descender hasta finalizar con una concentración de fósforo de 195.795ppm entre 213.988 ppm.

El tratamiento 2 y 3 tuvo un mayor descenso a comparación de los demás tratamientos, finalizando el tratamiento 3 con mayor concentración de fósforo siguiendo el tratamiento 1, 2 y el testigo siguiendo ese orden.

Tabla 18

Concentración de Fósforo en el compost final

BLOQUES	TRATAMIENTOS				Σ	\bar{X}
	T0	T1	T2	T3		
B1	186.670	208.630	184.600	214.680	794.580	198.645
B2	189.600	196.480	195.600	211.420	793.100	198.275
B3	189.750	199.750	187.180	210.890	787.570	196.893
B4	187.360	210.640	215.800	218.960	832.760	208.190
Σ	753.380	815.500	783.180	855.950	3,208.010	
X	188.345	203.875	195.795	213.988		200.501

ANOVA (Análisis de varianza)

Prueba de hipótesis:

Nivel de significancia: $\alpha=0,05$

Ho: $u_1 = u_2 = u_3 = u_4$

Ha: $u_1 \neq u_2 \neq u_3 \neq u_4$ (al menos una igualdad no se cumple).

Tabla 19*Análisis de varianza del Fósforo en el compost final*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Valore F calculado</i>	<i>Valor F tabulado</i>	<i>Decisión</i>
Bloques	322.167	3	107.389	2.072	3.863	Acepto H0
Tratamientos	1452.737	3	484.246	9.344*	3.863	Acepto H1
Error	466.411	9	51.823			
Total	2241.315	15				

X = 200,51

CV = 6,81%

El análisis de variancia del Fósforo final obtenido en el compost de la cascara de cacao, presenta diferencia estadística significativas entre tratamientos. Esto atribuye al efecto de la dosis de EM aplicadas a la cascara de cacao para su descomposición. El Fósforo promedio fue de 200.51ppm y el coeficiente de variabilidad fue de 6.81% indicando que los datos estadísticos son confiables.

Tratamientos: existe una diferencia significativa entre los tratamientos tal como indica en la tabla 17 el valor F calculado con respecto al valor del F tabulado está ubicado en la región de rechazo de Ho teniendo en cuenta la regla de decisión que detalla en el Anexo 04.

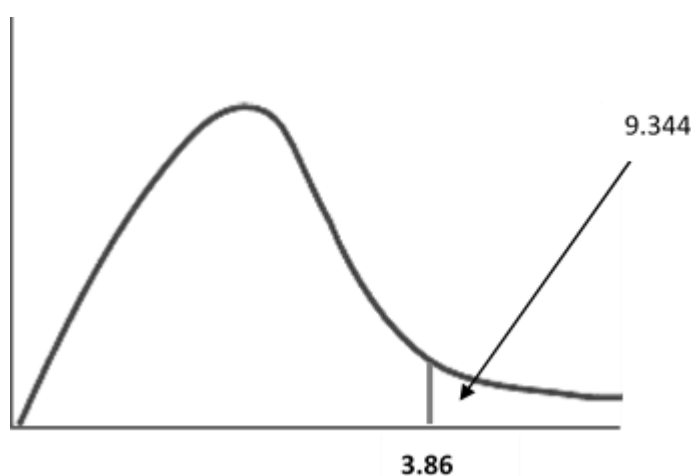


Figura 8: Regla de decisión de hipótesis

Tabla 20*Comparador de Duncan*

AES (D)	3.199	3.339	3.42
SX	3,599		
ALS(D)	11,5145	12,0185	12,3100

Tabla 21*Concentración de Fósforo en relación al compost (Prueba de Duncan)*

		TRATAMIENTOS			
		T0	T2	T1	T3
		188.345	195.795	203.875	213.988
T0	188.345	-	7.45	15.5300	25.64
T2	195.795	-	-	8.08	18.19
T1	203.875	-	-	-	10.11
T3	213.988	-	-	-	0.00
VALORES		b	b	a	a
DUNCAN					
ALS (D)			11.515	12.018	12.310

Interpretación:

Los resultados de la prueba de Duncan, presenta que el tratamiento 3 y el tratamiento 1 son similares y es el más óptimo para obtener una mayor concentración de Fósforo en el compost, superando estadísticamente a los demás tratamientos.

En resumen la concentración de P en los tratamiento no se encuentra dentro del rango de calidad propuesto por la FAO (0.1-1% de P), considerando una deficiencia de Fósforo en el compost.

Se puede decir que el fósforo al inicio del compost tienen una mayor concentración habiendo una consecuencia de pérdida de Fósforo, una vez que es transformado por acción de los microorganismos aplicados al compost en comparación del testigo no sufre una pérdida de fósforo como los demás tratamientos considerando casi estable el fósforo durante el proceso de compostaje.

3.1.5. Resultado de Potasio y prueba de Duncan

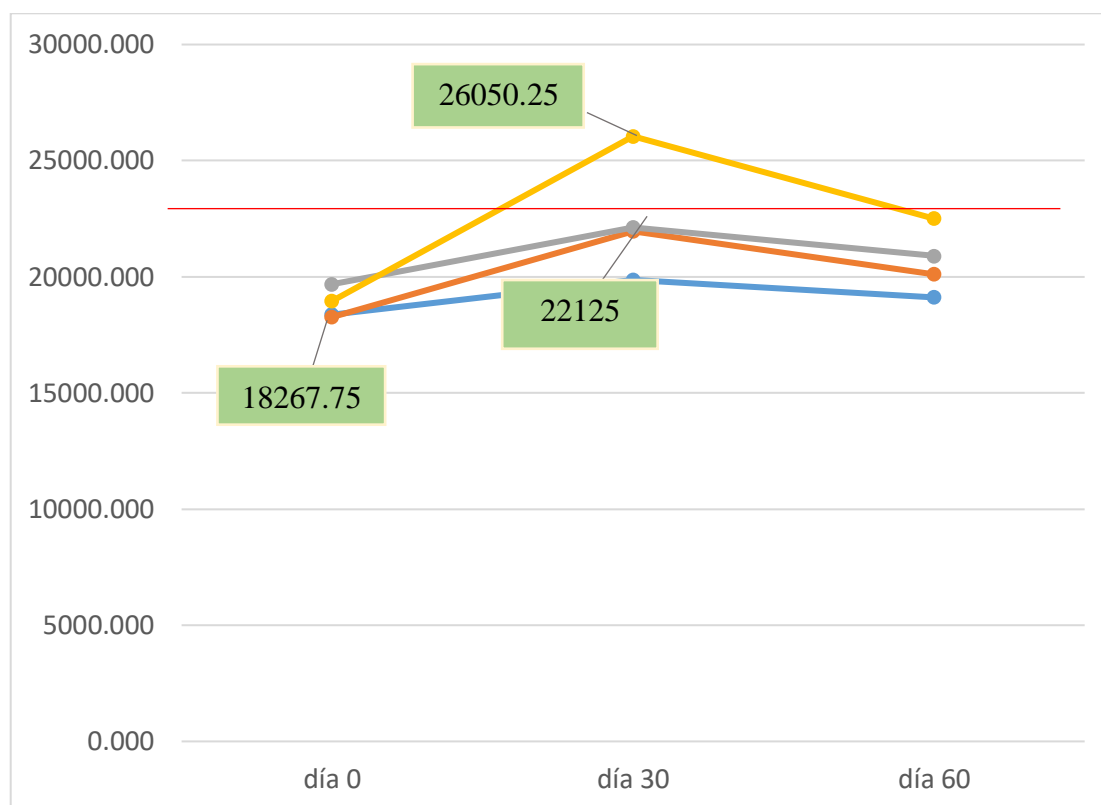


Figura 9: Comportamiento del Potasio durante el proceso del compost

Durante el proceso de compostaje, las concentraciones registradas del Potasio varía entre 26050.25 ppm y 18267.75ppm de K; con una concentración promedio cercano de 22125.25 ppm de P. La línea roja indica una concentración de fósforo promedio entre el máximo y el mínimo de 22159ppm.

Los tratamientos iniciaron con una concentración de 18267.75ppm entre 19682.725ppm de Potasio, comenzando a incrementar llegando hasta 26050.25ppm de Potasio para descender hasta finalizar con una concentración de 19119.13ppm entre 22504.48ppm de Potasio.

El tratamiento 3 tuvo un mayor incremento de potasio para luego descender la concentración llegando a hacer similar al inicio de 22504.475ppm, tienen la concentración más alta. Los tratamientos 2 y 3 son similares al incrementar y finalizar la concentración con una diferencia 790.363ppm entre ambos. El

tratamiento testigo no sufre mucha variación en el proceso de compostaje termina con una concentración más baja que los demás tratamientos

Tabla 22

Concentración de Potasio en relación al compost

Bloques	Tratamientos				Σ	X
	T0	T1	T2	T3		
B1	18,596.50	21,047.20	20,707.40	24,216.80	84,567.90	21,141.98
B2	19,390.50	20,218.40	21,866.05	21,330.85	82,805.80	20,701.45
B3	19,687.00	19,667.00	20,626.50	22,482.25	82,482.75	20,615.69
B4	18,802.50	19,521.90	20,416.00	21,988.00	80,728.40	20,182.10
Σ	76,476.50	80,454.50	83,615.95	90,017.90	330,564.85	
X	19,119.13	20,113.63	20,903.99	22,504.48		20,660.30

ANOVA (Análisis de varianza)

Prueba de hipótesis:

Nivel de significancia: $\alpha=0,05$

Ho: $u_1 = u_2 = u_3 = u_4$

Ha: $u_1 \neq u_2 \neq u_3 \neq u_4$ (al menos una igualdad no se cumple).

Tabla 23

Análisis de varianza para determinar el Potasio en el compost final

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Valore F calculado	Valor F tabulado	Decisión
Bloques	1857478.573	3	619159.524	0.899	3.863	Acepto H0
Tratamientos	24537755.85	3	8179251.953	11.876**	3.863	Acepto H1
Error	6200223.496	9	688913.722			
Total	32595457.97	15				

X =20660,3

CV = 4,02%

El análisis de variancia de la concentración de Potasio final obtenido en el compost de la cascara de cacao, presenta diferencia estadística significativas entre tratamientos. Esto atribuye al efecto de la dosis de EM aplicadas a la cascara de cacao para su descomposición. El Fósforo promedio fue de 20660.3ppm y el coeficiente de variabilidad fue de 4.02% indicando que los datos estadísticos son confiables.

Tratamientos: existe una diferencia significativa entre los tratamientos tal como indica en la tabla 23 el valor F calculado con respecto al valor del F tabulado está ubicado en la región de rechazo de H_0 teniendo en cuenta la regla de decisión que detalla en el Anexo 04.

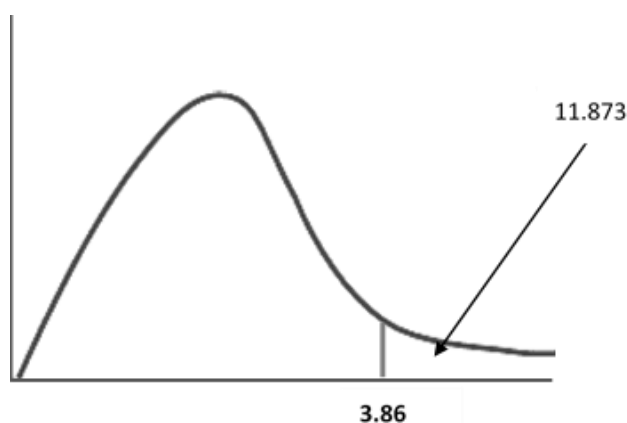


Figura 10: Regla de decisión de hipótesis

Tabla 24

Comparador de Duncan

AES (D)	3.199	3.339	3.42
SX	415,0		
ALS(D)	1327,5978	1385,6984	1419,3137

Tabla 25

Concentración de Fósforo en relación al compost (Prueba de Duncan)

TRATAMIENTOS					
		T0	T1	T2	T3
		19,119.125	20,113.625	20,903.988	22,504.475
T0	19119.125	-	994.50	1784.8630	3385.35
T1	20113.625	-	-	790.36	2390.85
T2	20903.988	-	-	-	1600.49
T3	22504.475	-	-	-	0.00
VALORES					
DUNCAN		c	b	b	a
ALS (D)			1327.598	1385.698	1419.314

Interpretación:

Los resultados de la prueba de Duncan, presenta que el tratamiento 3 es el más óptimo para obtener una mayor concentración de Potasio en el compost, superando estadísticamente a los demás tratamientos.

En resumen la concentración de Potasio en los tratamiento no se encuentra dentro del rango de calidad propuesto por la FAO (0.3%-1% de K).los tratamientos superan las concentraciones de Potasio en este caso si el compost se agregara al suelo, el contenido de potasio debe tenerse en cuenta en el balance de nutrientes para cubrir las necesidades de potasio para las plantas.

Se puede decir que la mayor concentración de Potasio lo podemos encontrar en el tratamiento 3 seguido del tratamiento 2 y 3 que son similares, por último el tratamiento testigo con 1.9% de Potasio.

3.1.6. Análisis de la MO y la relación de C/N

Tabla 26

Comparación de la relación de C/N al final de compost según tratamiento

Parámetro	T0 (0%EM)	T1 (5%EM)	T2 (15%EM)	T3 (20%EM)	FAO
C/N	17.3042	13.8854	13.8854	13.8890	11-15

La relación de carbono/nitrógeno (C/N) del compost obtenido tiene dos valores que varía de 3.42, se puede decir que el tratamiento 1, 2 y 3 presentan 13.89, ubicadas dentro del rango establecido por la FAO (10-15) y el tratamiento testigo de 17.3 en relación de C/N no se encuentra dentro del rango.

Para los tratamientos que se cumple indica que pueden compostarse y obtener un abono orgánico

Tabla 27

Comparación de la MO al final del compost según el tratamiento

Parámetro	T0 (0%EM)	T1 (5%EM)	T2 (15%EM)	T3 (20%EM)	FAO
MO	40.31	41.94	34.54	35.71	>20

El contenido de materia orgánica del compost preparado presenta valores de entre 35.71 y 40.31% que se encuentra dentro de los valores de calidad propuesto por la FAO, indicando que un buen compost.

Las diferencias observadas en el contenido de materia orgánica para los cuatro tratamientos de compost son diferentes el tratamiento 1 y el testigo (diferencia mínimas) con el tratamiento 3 y 2 (diferencia mínimas), la tendencia es a una disminución, lo cual se puede atribuir a una mayor descomposición y consecuentemente menor materia orgánica.

3.1.7. Evaluación de la humedad.

Tabla 28

Comparación porcentual de humedad al inicio del compost según el tratamiento

Parámetro	T0 (0%EM)	T1 (5%EM)	T2 (15%EM)	T3 (20%EM)	FAO
-----------	---------------------	---------------------	----------------------	----------------------	------------

Humedad%	78.2	75.46	77.36	76.48	50%-60%
----------	------	-------	-------	-------	---------

En el cuadro 4 se observa que los tratamientos tienen un porcentaje de humedad que varía entre 75.46% a 78.2% superando el rango ideal al comienzo del compostaje según la FAO (2013).

Se realizó volteo y adición de una capa de material seco como el aserrín para bajar la humedad.

Tabla 29

Comparación porcentual de la humedad al final del compost según el tratamiento

Parámetro	T0 (0%EM)	T1 (5%EM)	T2 (15%EM)	T3 (20%EM)	FAO
Humedad (%)	38.75	34.5	35.6	32.48	30%-40%

En el cuadro 5 se observa que los tratamientos tienen un porcentaje de humedad que varía entre 32.48% a 38.75% considerando a todos los tratamientos dentro del rango ideal al final del compostaje según la FAO (2013).

La dosis de EM al 20% tiene 32.48% de humedad considerando mejor compost de madurez y el tratamiento testigo tiene 38.75% de humedad más alto que los demás tratamientos, se considera que disminuye conforme alcanza la madurez del compost.

3.1.8. Estimación de compost generado

Tabla 30

Cuadro del porcentaje (%) de descomposición

Tratamiento	Pe ₍₁₎ (Kg)	Ps ₍₂₎	Pr _S Z ₍₃₎	RP ₍₄₎ (Kg)	RP ₍₄₎ (%)	Relación Ps ₍₂₎ /Pe ₍₁₎	% de descomposición
T0	22	11.21	8.69	2.10	9.55	0.51	51.0
T1	22	14.76	4.78	2.46	11.17	0.67	67.1

T2	22	15.95	3.20	2.85	12.95	0.73	72.5
T3	22	17.24	1.80	2.96	13.45	0.78	78.4

Donde:

(1): Peso de entrada (Pe)

(2): Peso de Salida (Ps)

(3): Peso de residuos sólidos gruesos en zarandeo (PRSZ)

(4): Reducción de peso (RP)

El peso de ingreso se consideró 22kg descontando los 3 kg que se fue enviando al laboratorio para el análisis del compost siendo el peso de ingreso de 25kg.

De acuerdo al cuadro 6 encontramos que en el tratamiento 3 (20% EM) tiene la relación de peso de salida y peso de entrada de 0.78 kilogramos de compost por cada kilogramo de residuos de cascara de cacao obteniendo un 78% de descomposición mayor a los demás tratamientos

La reducción en peso de los residuos de la cáscara de cacao con aplicación de diferentes dosis es de 13.45%, siendo el más alto el tratamiento 3 siguiendo con el tratamiento 2 de 12.95% y tratamiento 1 de 11.17% y el testigo con 9.5%.

Tabla 31*Peso final del compost*

BLOQUES	TRATAMIENTOS				Σ	\bar{x}
	T0	T1	T2	T3		
B1	10.84	14.23	16.10	17.16	58.33	14.58
B2	11.56	14.74	15.84	16.95	59.09	14.77

B3	12.18	15.60	15.58	17.60	60.96	15.24
B4	10.25	14.45	16.28	17.26	58.24	14.56
Σ	44.83	59.02	63.80	68.97	236.62	
PROMEDIO	11.21	14.76	15.95	17.24		14.79

Tabla 32

Análisis de varianza para determinar el Peso finalo en los tratamientos

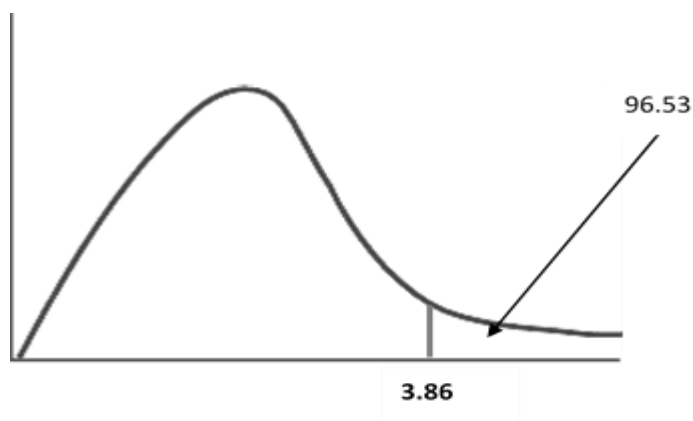
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Valore F calculado</i>	<i>Valor F tabulado</i>	<i>Decisión</i>
Bloques	1.195	3	0.398	1.428	3.863	Acepto H0
Tratamientos	80.784	3	26.928	96.529**	3.863	Acepto H1
Error	2.511	9	0.279			
Total	84.489	15				

$$X = 14,79$$

$$CV = 3,57\%$$

El análisis de variancia en el peso final generado en el compost de la cascara de cacao, presenta diferencia estadística significativas entre tratamientos. Esto atribuye al efecto de la dosis de EM aplicadas a la cascara de cacao para su descomposición. El Peso final promedio fue de 14.79kg y el coeficiente de variabilidad fue de 3.57% indicando que los datos estadísticos son confiables.

Tratamientos: existe una diferencia significativa entre los tratamientos tal como indica en la tabla 25 el valor F calculado con respecto al valor del F tabulado está ubicado en la región de rechazo de Ho teniendo en cuenta la regla de decisión que detalla en el Anexo 04.

**Tabla 33***Comparador de Duncan*

AES (D)	3.199	3.339	3.42
SX	415,0		
ALS(D)	1327,5978	1385,6984	1419,3137

Tabla 34

Prueba de Duncan para determinar el tratamiento con mayor peso final en el compost obtenido de la cascara de cacao, con aplicación de dosis de EM

		TRATAMIENTOS			
		T0	T1	T2	T3
		11.208	14.755	15.950	17.243
T0	11.208	-	3.55	4.7420	6.03
T1	14.755	-	-	1.20	2.49
T2	15.950	-	-	-	1.29
T3	17.243	-	-	-	0.00
VALORES					
DUNCAN		d	c	b	a
ALS (D)			0.845	0.881	0.903

Interpretación:

Los resultados de la prueba de Duncan, presenta que el tratamiento 3 (20%) es el más óptimo para obtener un mayor peso final en el compost, superando estadísticamente a los demás tratamientos.

Sin embargo todos los tratamientos tienen diferencia significativa siendo el T3 (20% EM) el mayor con 17.24 kg de compost, el T2 (15 EM) con 15.95kg, T1 (5% EM) 14.76 kg y el tratamiento testigo (0% EM) con 11.21 kg de compost, siguiendo ese orden

3.1.9. Determinación de la dosificación de microorganismos eficaces para obtener compost de la cascara de cacao.

3.1.9.1. Evaluación de la calidad del compost según los rangos ideales propuestos por la FAO

Tabla 35

Contrastación de resultados para un compost maduro con los rangos propuestos por la FAO

Parámetro	T0 (0%EM)	T1 (5%EM)	T2 (15%EM)	T3 (20%EM)	FAO
C:N	No cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple	10:1-15:1
Humedad (%)	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple	30-40
Ph	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple	6.5-8.5
Materia Orgánica (%)	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple	>20
Nitrógeno (%)	Si cumple	No cumple	Si cumple	Si cumple	0.3-1.5
Fósforo (%)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	0.1-1
Potasio (%)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	0.1-1

De la caracterización de compost final podemos afirmar que los parámetros comparados según FAO no cumplen con algunos parámetros como es el caso del Fósforo y Potasio, esto se debe que las características de la cascara de cacao que presentan al inicio no varía hasta finalizar por lo tanto se puede utilizar componentes en el proceso de compostaje para evaluar con los parámetros nuevamente. El tratamiento 2 y 3 son los más cercanos a cumplir con los parámetros propuestos por la FAO

3.1.9.2. Evaluación basada en el análisis estadístico (prueba de Duncan)

Tabla 36

Comparación de los tratamientos para obtener el más óptimo de los compost

Parámetros	T0 (0%EM)	T1 (5%EM)	T2 (15%EM)	T3 (20%EM)
Nivel de pH	b	b	a	a
Temperatura	b	b	b	b
Nitrógeno (%)	c	a	b	b
Fósforo (%)	b	b	a	a
Potasio (%)	c	b	b	a
Peso final	d	c	b	a

Con los resultados obtenidos podemos decir que para la aceptación de hipótesis para determinar la aplicación de Microorganismos Eficaces en diferentes dosis será significativo para la producción de compost a partir de la cascara de "cacao" (*Theobroma cacao* L.) se acepta la hipótesis.

Donde existe una diferencia significativa entre los tratamientos, de acuerdo a la prueba de comparación de Duncan, resulto el más óptimo el tratamiento 3 con una dosis del 20%EM ya que presento el mayor valor numérico en las variables evaluadas. El tratamiento 2 con una dosis del 15% EM y el tratamiento 1 con una dosis de 5% EM) mostraron superioridad al tratamiento testigo.

3.2. Discusión de resultados

3.2.1. Con respecto al pH, T y humedad

Al inicio del proceso de compostaje los tratamientos presentaron un pH mayor a 8 unidades hasta el día 15. Según Álvarez (2010), El pH en la fase acidogénica, se da una gran producción de CO₂ y liberación de ácidos orgánicos. El descenso de pH favorece el crecimiento de hongos (cuyo crecimiento se da en el intervalo de 5.5 -

8) y el ataque a lignina y celulosa. Durante la fase termófila se pasa a una liberación de amoníaco como consecuencia de la degradación de aminas procedentes de proteínas y bases nitrogenadas y una liberación de bases incluidas en la materia orgánica, resultado de estos procesos se da una subida en el pH y retoman su actividad las bacterias a pH 6 – 7.5 (fase de alcalinización). Finalmente el pH desciende hasta alcanzar valores próximos a la neutralidad. En el proceso del compost diferimos en la primera fase, ya que no se observó un descenso de pH. El pH inicial fue fuertemente alcalino y no hubo descenso pero si se muestra que bajo a moderadamente alcalino, al contrario se mantuvo hasta el día 15 para luego pasar directamente a la fase de alcalinización. Asumo que los datos registrados al inicio cada 5 días puede haber sido afectadas debido a que las mediciones de pH no fueron constantes (diarias), se asume que durante los 5 días este parámetro se mantuvo constante.

Los cuatro tratamientos están dentro del rango de calidad propuesto por la FAO (6.5-8.5), la variación del pH es de 7.43 unidades a 7.64 unidades de pH.

En los resultados del ANOVA en la tabla 7 indica que si existe una diferencia entre los tratamientos, aplicando en la tabla 9 la prueba de Duncan da como resultados, que el tratamiento 3 con un pH de 7.64 unidades y el tratamiento 2 con un pH 7.57 unidades es el más óptimo para obtener una mayor concentración de pH en el compost, superando estadísticamente a los demás tratamientos.

En el proceso de compostaje se observó que en los cuatro tratamientos la temperatura ascendió a unos 40°C, alcanzando hasta los 44.35°C .para descender la temperatura entre 24.1°C a 24.8°C.

Según Cegarra, 1994; Corbitt, 2003; Gómez, J. 1996 la temperatura comprende las cuatro etapas del compostaje son:

- Mesofílica (< de 40 °C)
- Termofílica(40a60°C),
- Fase de enfriamiento (< de 40 °C) y
- Fase de maduración (temperatura ambiente).

En el proceso de compostaje realizado se clasificaría según el autor citado tendríamos que nuestra etapa Mesofila duro 25 días, la etapa Termófila duro 10 días para alcanzar un máximo de 44.35°C, no alcanzo más temperatura debido a la cantidad de residuos a compostar era muy pequeña, y por la oxigenación que tenia se procedió a tapar las composteras completamente, la fase enfriamiento duro 20 día luego obtuvo una temperatura ambiente (la fase de maduración).

Según OPS (1999) si la humedad inicial de los residuos crudos es superior a un 50%, necesariamente se debe buscar la forma de reducir humedad, lo cual se logra extendiendo el material en capas delgadas (perdida de humedad por evaporación natural), o bien mezclándolo con materiales secos, procurando mantener la relación C/N adecuada de inicio. El rango de humedad adecuada estaría dentro entre los rangos de 40 a 60%. Al inicio del proceso de compost el porcentaje de humedad fue elevada la cual se realizó volteos y se adiciono una capa de aserrín.

Los porcentajes de humedad al final se encuentra dentro del rango ideal para un compost maduro, obteniendo el T3 con 32.48% de humedad más baja que los demás tratamientos.

3.2.2. Los nutrientes obtenidos del compost

En general tenemos el tratamiento 3 con mayor concentración de Fósforo con 213.988 ppm, Potasio con 2.2% de concentración, el nitrógeno se encuentra con 1.49% considerando el segundo más óptimo y dentro del rango establecido por la FAO y con mayor concentración de pH de 7.64 unidades a una temperatura de 24.12°C.

El tratamiento 2 tiene concentración de Fósforo 195.79ppm, Potasio con 2.09%, el Nitrógeno con 1.44%, el pH con 7.57 unidades a una temperatura de 24.63°C.

El tratamiento 1 tiene concentración de Fósforo 203.875ppm, Potasio con 2.01%, el Nitrógeno con una concentración mayor de 1.75%, el pH con 7.45 unidades a una temperatura de 24.38°C.

El tratamiento testigo tiene concentración bajas de Fósforo 188.34ppm, Potasio con 1.9% y Nitrógeno de 1.35%, mientras que el pH con 7.43 unidades es similar al tratamiento 1 y la temperatura de 24.8°C son similares entre los tratamientos.

3.2.3. Eficiencia en la descomposición de compost

Según Rivera, (2011) el menos tiempo de compostaje (mitad de tiempo que el método convencional) en su descomposición. Se debió a la inoculación de los EM, que aceleran la descomposición de la materia orgánica actuando como agente catalizadora, y los volteos que se hizo para sus condiciones óptimos, y que finalizó su degradación en 7 semanas. Mientras tanto con el método convencional se determinó su tiempo de degradación en 12 semanas. El tiempo de compostaje que se realizó fue de 2 meses utilizando diferentes dosis de EM y el tratamiento testigo (sin intervención). Se comprobó el % de descomposición con dosis de microorganismos eficaces son superiores al tratamiento testigo incluyendo el porcentaje de reducción de peso de 9.6%.

3.2.4. Comparación de la eficiencia entre los tratamientos

Con el análisis realizado para comparar los tratamientos y saber si existe diferencias significativas determino que la aplicación de Microorganismos Eficaces en diferentes dosis es significativo para la producción de compost a partir de la cascara de "cacao" (*Theobroma cacao* L.).

Los resultados obtenidos en el compost, permiten señalar que la descomposición de la cascara de cacao, ha sido más eficiente con la dosificación del 20% de microorganismos eficaces lo cual pueden acelerar el proceso de descomposición de nutrientes, con un pH cercano al neutro, puede ser utilizados para mejorar los suelos y ya que posee un alto contenido de Potasio para mejorar la deficiencia de potasio en las plantas.

El tratamiento 2 con una dosis del 15% EM y el tratamiento 1 con una dosis de 5% EM) mostraron superioridad al tratamiento testigo.

CONCLUSIONES

Se aplicó las diferentes dosis de microorganismos eficaces al inicio del proceso de compostaje, evaluando los parámetros fisicoquímicos y la calidad del compost, para el tratamiento 3 (20%) y 2 (15%) cumple con los parámetros de pH, materia orgánica, C:N, Humedad, Nitrógeno y la temperatura propuestos por la FAO, pero no cumple con los parámetros del Fósforo y Potasio; para el tratamiento 1 (5%), los parámetros de Nitrógeno, Fósforo y Potasio no se encuentra dentro de los rangos establecidos por la FAO, y en el tratamiento testigo no están dentro de los rangos C:N, Fósforo y Potasio.

En cuanto al análisis de la prueba de Duncan se determinó que el tratamiento 3 tiene mayor valor numérico, siendo el más óptimo en los siguientes parámetros: el Fósforo (213.98 ppm), Potasio (2.3%), peso final (17.24 kg) y pH (7.63).

En la obtención del compost con los microorganismos eficaces durante los dos meses, se obtuvo un peso final mayor al 50%, siendo el tratamiento testigo el más bajo, y el más eficaz el tratamiento 3 con un 78% de peso final, podemos decir que por 1 kg de residuos ingresados se tendrá 0.78 kg de compost degradado. Los EM que se utilizó para la obtención del compost, aceleró el tiempo de descomposición y neutralizó los malos olores, generando menos contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) entre otros. También se evitó la presencia de vectores como larvas de moscas, mosquitos y hormiga; este compost se empleará como enmienda orgánica o sustrato de cultivo.

RECOMENDACIONES

- A los agricultores se recomienda agregar un componente rico en Fósforo al inicio del compostaje para obtener un compost de calidad dentro de los rangos ideales propuestos por la FAO. Si hay una deficiencia de potasio en las plantas se puede utilizar el compost procesado con concentraciones superiores a la calidad propuesto por la FAO se debe tener una análisis de suelo.
- Para los cacaoteros se recomienda utilizar los microorganismos eficaces para la obtención de compost en menos tiempo, y utilizarlo en sus propias plantaciones, ya sea agregándole otros insumos para enriquecer los nutrientes o utilizarlo de forma directa, y así se generan condiciones más óptimas en su producción y en su medio.
- Para los tesisistas se recomienda ensayar la obtención de compost utilizando otros materiales orgánicos disponibles en la zona, para verificar los parámetros de calidad, pero trabajando con mayor cantidad de volúmenes y presentar una propuesta para las asociaciones cacaoteras para que utilicen sus propios residuos convirtiéndolos en compost para mejorar sus suelos y su producción.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Álvarez, J. 2010. Manual de compostaje para agricultura ecológica. Consejería de agricultura y pesca, Andalucía (Colombia). 48 p.
- Avendaño, A. et al., (2011). Diagnóstico de cacao en México. (Ira ed.) Universidad Autónoma. Chapingo. Texcoco, México.
- Avendaño, D. (2003). El proceso de compostaje. (Tesis de Pregrado) Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Departamento de Fruticultura y Etnología. Santiago de Chile.
- Baena, L. et al., (2012). Obtención y caracterización de fibra dietética a partir de cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao* L. de una industria chocolatera colombiana. Universidad Tecnológica de Pereira. Escuela de Química. Colombia.
- Baltodano, R. y Sotomayor, O. (2002). Evaluación de manejo de desechos orgánicos domésticos en la Universidad Earth, Trabajo de Graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo con el grado de Licenciatura, Guácimo, Costa Rica.
- Bongcam, V. (2003). Guía para compostaje y manejo de suelos. Convenio Andrés Bello CAB, serie ciencia y tecnología, Bogotá. Colombia.
- Cardona, J y García, L. (2008). Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un agua residual doméstica. Tesis de Pregrado para optar el título de Microbiólogo industrial. Facultad de Ciencias – Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Carhuajulca, Santa. (2011). Efecto De Tres Fuentes Y Tres Dosis De Compost con Aplicación de Microorganismos Eficaces en el Desarrollo y Rendimiento de Pepinillo Híbrido, (Stomewall - F1). Universidad Nacional de San Martín. Provincia de Lamas- Departamento De San Martín-Perú.
- Castillo, A; Eresue, M; Rodríguez, L; Rugama, J, A. 2002. Manejo integrado de la fertilidad de los suelos en Nicaragua. Managua, Nicaragua. 130 pp.

- Cegarra, J. (1994). Compostaje de Desechos Orgánicos y Criterios de Calidad del Compost. En: Programa Universitario de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (PUI) (Ed.), Memorias Curso Master Internacional Aprovechamiento de Residuos Orgánicos. Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira.
- Climent. M, M.; et al, (1996). El compost de residuos sólidos urbanos (R.S.U), Sus características y aprovechamiento en la Agricultura. Ediciones y promociones LAV, S.L. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. España.
- Cruz, A. (2003). Pruebas de Hipótesis para una muestra. Perú, Lima. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos30/prueba-de-hipotesis/prueba-dehipotesis.shtml>
- Corbit, R. (2003). Manual de referencia de Ingeniería Medioambiental BrageMcGRAW44ill interamericana de España, S.A.U., Madrid.
- Dalzell, H.. (1991). Manejo del suelo: producción y uso del composte. En: FAO, (Ed.), Ambientes tropicales y subtropicales., Roma, Italia.
- Elzakker, B. (1995). Principios y prácticas de la agricultura en el trópico. Fundación Guillombé. San José, Costa Rica. 86 p.
- Enrique, A. 2007. Informe Final del Cursos-Talleres sobre el Manejo Integrado del Cacao con Enfoque en el Control de Plagas y Enfermedades del Cacao, Consorcio Asecal,S.L. Y Mercurio Consultores, S.L.Pg.51
- FAO. (2013). Manual del compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile
- Flores, D. 2001. Guía Práctica No. 2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Quito Ecuador. Guía Práctica No.2. p. 8-12.
- Fundases, (2006). Boletín Técnico: Compostaje con la tecnología EM. Disponible en: <http://www.fundases.com/userfiles/file/bolitin06.pdf>.

- Girón, C., Tortolero, J., Hermoso, D. y González, I. (2001). Efecto de diferentes residuos vegetales en la compostación de cascara de cacao. *Agronomía Tropical*, 51 (4), 594-562.
- Gómez Z, J., (1996). El Uso de Abonos Orgánicos en el Mantenimiento de la Fertilidad de los Suelos. En: *Memorias curso taller Alternativas para Disminuir los Impactos Ambientales en los Sistemas de Producción Agropecuaria: Aspectos Técnicos y Legales*, Palmira, Colombia.
- Henao, C, H. (1996). Manejo técnico de los residuos sólidos urbanos. En: *Memorias curso taller Alternativas para Disminuir los impactos Ambientales en los Sistemas de Producción Agropecuaria: Aspectos Técnicos y Legales*, Palmira, Colombia.
- Higa, T y Parra, J. (1994) *Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment*. Japón.
- Higa, T. (1993). Una revolución para salvar la tierra: una forma de resolver los problemas de nuestro mundo a través de los microorganismos efectivos (EM), España.
- Labrador, J., (2001). La materia orgánica en los agrosistemas. Ediciones mundi prensa, (2da. Ed.), Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España.
- López, C. (2013). Elaboración de compost a partir de cascarilla e cacao (tesis de pregrado). Escuela Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Luque M, O. (1997). Alternativas económicas para el manejo de residuos orgánicos en centros de reciclaje. Fundación para la investigación agrícola, (Ed.). X Jornada de Conservación Ambiental, Valencia, Venezuela.
- Marino, D., C. (2004). Evaluación del proceso de compostaje de los Residuos sólidos orgánicos en la finca la Virginia. Corregimiento Bolo la Italia. Municipio de Palmira. Trabajo de grado (Ingeniero Ambiental), Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración, Palmira.
- Martha, M. (2011, 12 de diciembre). Las propiedades alimenticias y medicinales en cáscara del cacao. El Comercio. Recuperado de

- <http://archivo.elcomercio.pe/gastronomia/peruana/propiedades-alimenticias-medicinales-cascara-cacao-noticia-1346865>
- Martínez et al. (2001). Aplicaciones del compost producido a partir de la fracción sólida del proceso de tratamiento integral de purines SELCO-Ecopurín® en la restauración ecológica. Revista Científica de Porcicultura Anaporc.
- Nieves, L. (2005). Cuantificación de la composición microbiológica de cuatro abonos orgánicos usando EM (microorganismos eficaces) como índice comparativo. Costa Roca. Guacimo. 26 p.
- OPS (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD). 1999. Manual para la Elaboración de Compost Bases Conceptuales y Procedimientos. OPS/HEP/HES/URU/02.99. PP. 69 p
- Ortiz, M. (2015). Determinación de la influencia de la aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno en la producción de compost a partir de cascara de "cacao" (*Theobroma cacao* L.). Universidad Nacional de San Martín. Moyobamba-Perú.
- Peixoto, R. 1988. Compostagem. Fundacao Instituto Agronómico Do Paraná. Londrina. Brasil. Circular No. 57. 48 p.
- Quevedo, H. (2006). Metodos Estadísticos para la ingeniería ambiental y la ciencia. Edit. Copyright. Mexico.
- Rivera, J. (2011). Evaluación de microorganismos eficaces en procesos de compostaje de residuos de maleza. Lima-Perú.
- Roben, E. (2002). Manual de Compostaje Para Municipios, DED., (Ira. Ed.), Loja, Ecuador.
- Rodríguez, M. y Rojas, J. (2000). Aspectos técnicos en la producción de composta. Recuperado el 10 de 2012. (25 de agosto de 2008) <http://www.Caféinternetparaíso.com/index.htm>
- Servindi, 2011. "Perú: Recomiendan usar cáscara de cacao en la lucha contra la desnutrición" Published on Servindi. Recuperado de <http://www.servindi.org/actualidad/57216>

- Soliva M. y López, M. (2004). Calidad del compost: influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. UPC.
- Soto, G.; et al., (2003). Indicadores químicos de calidad de Abonos Orgánicos. En: Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica CIA, CATIE, (Ira. Ed.), Abonos Orgánicos: Principios, aplicaciones e impacto en la Agricultura, San José, Costa Rica.
- Tchobanoglous, G.; et al, (1994). Gestión integral de Residuos sólidos. Me Graw Hill Interamericana de España, s. a. Madrid. 2 pp. 781-783.
- <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/diaz.pdf>
- Thivierge.C & Seito. M. 2005. Nuevas Tecnologías de vivero en Nicaragua, bandejas y sustratos mejorados-compost. Primera edición. Managua, Nicaragua. Pp 23-43.
- Vivanco, A. (2003), Elaboración de EM bokashi y su evaluación en el cultivar maíz, bajo riego en Zapotillo. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuario y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica. Loja. Ecuador.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha técnica de recolección de datos de temperatura y pH

Anexo 1.A: Ficha técnica de recolección de datos de temperatura

Tiempo	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Día 30	Día 35	Día 40	Día 45	Día 50	Día 55	Día 60
BLOQUE 1												
T0	23.4	23.8	26.5	27.8	30	38.9	30.5	27.2	27.4	26	25.6	24.6
T1	24.2	24.67	25.8	28.6	36.5	41.5	38.6	28	26.5	26.2	24.8	24.2
T2	24	24.75	26.9	29.5	36.2	40.6	37.9	27.8	25.8	26.7	24.8	26.4
T3	23.7	24.67	26.5	28.4	34.8	42.8	39.4	28.7	27	26.3	24.7	24.1
BLOQUE 2												
T0	23.6	24.02	24.8	28.4	34	38.7	30.7	27	27.4	26.8	26.1	24.8
T1	24.8	24.67	26.4	29.2	35.7	44.5	38.9	27.6	26.7	26.5	25.7	24.8
T2	24.6	24.78	26.7	27.5	36.7	42.6	38.7	28.5	27.1	26.6	24.8	23.5
T3	23.5	24.65	27.2	26.4	36.2	43.8	39.5	27.6	26.7	26.12	26.5	24.1
BLOQUE 3												
T0	24.1	24.2	24.2	27.62	33	40.8	36.8	26.8	26.7	26.4	24.6	25.1
T1	23.9	24.1	25.4	28.5	36.7	44.6	37.9	27.6	27	26.2	25.7	24.7
T2	23.6	24.78	24.8	29.1	34.8	43.7	35.8	26.9	26.7	26.1	26.4	23.8
T3	24.8	24.9	25.1	28.6	37.8	45.2	36.9	28.2	26	25.5	23.5	24.4
BLOQUE 4												
T0	23.4	24.8	25	28.1	33.4	38.7	36.8	26.8	26.7	26	26.4	24.7
T1	23.8	24.7	25.8	28.7	35.6	43.8	37.9	28.1	26.7	26.3	27.3	23.8
T2	24.7	24.8	27	28.6	37.5	42.3	36.8	27.4	26.8	27.1	24.8	24.8
T3	23.2	24.6	26.4	28.9	34.2	45.6	38.5	28.4	26.5	25.9	24.6	23.9

Anexo 1.B: Ficha técnica de recolección de datos de pH

Tiempo	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Día 30	Día 35	Día 40	Día 45	Día 50	Día 55	Día 60
BLOQUE 1												
T0	8.6	8.5	8.7	7.8	7.85	7.8	7.43	7.5	7.54	7.61	7.65	7.45
T1	8.4	8.4	8.65	7.68	7.8	7.69	7.66	7.49	7.7	7.69	7.34	7.34
T2	8.6	8.58	8.35	7.74	7.7	7.65	7.98	7.6	7.62	7.5	7.34	7.56
T3	8.7	8.6	8.5	7.67	7.64	7.56	7.34	7.65	7.72	7.68	7.65	7.6
BLOQUE 2												
T0	8.62	8.6	8.65	7.72	7.58	7.5	7.46	7.4	7.58	7.5	7.5	7.4
T1	8.83	8.51	8.5	7.63	7.46	7.42	7.64	7.2	7.46	7.42	7.58	7.5
T2	8.45	8.42	8.41	7.52	7.64	7.58	7.39	7.41	7.64	7.58	7.45	7.6
T3	8.42	8.26	8.3	7.69	7.73	7.64	7.41	7.3	7.63	7.64	7.56	7.61
BLOQUE 3												
T0	8.64	8.74	8.74	7.91	7.64	7.58	7.95	7.91	7.64	7.58	7.56	7.48
T1	8.65	8.47	8.5	7.65	7.64	7.49	7.7	7.65	7.64	7.49	7.35	7.47
T2	8.37	8.12	8.36	7.8	7.7	7.63	7.66	7.8	7.74	7.63	7.48	7.51
T3	8.61	8.43	8.6	7.92	7.81	7.64	7.62	7.92	7.8	7.64	7.62	7.64
BLOQUE 4												
T0	8.6	8.2	8.9	7.89	7.84	7.62	7.05	7.5	7.6	7.62	7.65	7.4
T1	8.7	8.4	8.65	7.8	7.68	7.64	7.72	7.6	7.74	7.64	7.48	7.5
T2	8.45	8.12	8.36	7.85	7.58	7.64	7.9	7.65	7.68	7.64	7.56	7.6
T3	8.9	8.29	8.54	7.87	7.8	7.71	7.6	7.45	7.8	7.66	7.58	7.69

Anexo 2: Resultados de laboratorio.



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS - ESTACION EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA
 Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca
 Provincia de Piura, San Martín. Teléfono 556443



RESULTADO DE ANALISIS DE MUESTRAS DE FERTILIZANTES

NOMBRE : Determinación de Desfijación de los Microorganismos Eficaces para compost a partir de la cáscara de Theobroma Cacao L. "cacao" Naranjos - Pardo Iligual - Rioja-2017
PROCEDECIA : UNSM Facultad de Ecología, Moyobamba - San Martín
FECHA DE INGRESO : 4-Ser-17
FECHA DE REPORTE CULTIVO : 29-Ser-17
ATENCION : Muestras descompuestas de cáscara de cacao
 Boleta de Venta N° 0001-003319 del 24 de Noviembre

No	CLAVE LABORATORIO	EDAD DEL CULTIVO	PROCEDECIA y/o AGRICULTOR	Tratamiento	Descripción	Densidad Aparente	pH	Conductividad Eléctrica E / E	C. O. oxidable	Materia Orgánica	Elementos Disponibles					Capacidad Catiónica			Elementos Cambiables			
											N	P	K	Ca**	Mg**	Na+	K+	Al**	Saturación de Al %			
1	ASC17 - 1377		Andreina De la Cruz Castañeda	T0	0% - EM		10.92	0.07190	14.394	32.756	1.620	184.80	18.568	62.18	10.00	1.50	0.16	50.52	Trazas	0%		
2	ASC17 - 1378		Andreina De la Cruz Castañeda	T0	0% - EM		10.98	0.06830	14.223	32.368	1.700	201.80	17.968	57.88	7.60	1.14	0.14	49.00	Trazas	0%		
3	ASC17 - 1379		Andreina De la Cruz Castañeda	T0	0% - EM		10.82	0.07450	11.567	26.322	1.670	185.60	18.986	53.33	8.40	1.26	0.15	43.52	Trazas	0%		
4	ASC17 - 1380		Andreina De la Cruz Castañeda	T0	0% - EM		10.94	0.08270	13.966	31.782	1.750	194.85	17.967	59.78	7.60	1.14	0.14	50.90	Trazas	0%		
5	ASC17 - 1381		Andreina De la Cruz Castañeda	T1	5% - EM		10.76	0.08210	12.595	28.863	2.031	260.45	18.119	56.15	8.40	1.26	0.15	46.34	Trazas	0%		
6	ASC17 - 1382		Andreina De la Cruz Castañeda	T1	5% - EM		11.14	0.06690	11.910	27.103	1.892	230.80	17.962	58.93	11.60	1.74	0.15	45.44	Trazas	0%		
7	ASC17 - 1383		Andreina De la Cruz Castañeda	T1	5% - EM		11.00	0.07370	8.825	20.083	2.102	203.50	19.634	60.01	8.40	1.26	0.14	50.21	Trazas	0%		
8	ASC17 - 1384		Andreina De la Cruz Castañeda	T1	5% - EM		11.10	0.06530	10.795	24.567	1.946	224.80	17.356	54.76	8.80	1.32	0.15	44.49	Trazas	0%		
9	ASC17 - 1385		Andreina De la Cruz Castañeda	T2	15% - EM		10.82	0.08570	13.538	30.808	1.564	163.40	19.877	57.85	6.00	0.90	0.12	50.83	Trazas	0%		
10	ASC17 - 1386		Andreina De la Cruz Castañeda	T2	15% - EM		10.62	0.08390	11.053	25.153	1.675	223.60	19.707	57.00	5.60	0.84	0.16	50.40	Trazas	0%		

METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS:

- Textura : Hidrómetro de Bouyoucos
- pH : Potenciómetro en suspensión suelo: agua
- Conductividad Eléctrica : Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1
- Carbono Orgánico fácilmente oxidable : Por calcinación a 400° C x 3 horas
- Materia Orgánica Total : Walkley and Black
- Nitrógeno : Micro Kjeldahl
- Fósforo : Olsen Modificado
- Capacidad de Intercambio Catiónico : Suma de Bases cambiables
- Sodio y Potasio : Fotometría de Llama
- Calcio y Magnesio : Versenado E.D.T.A
- Aluminio intercambiable : Yuan, extracción con KCl 1N
- Acidez Activa : Yuan, extracción con KCl 1N

Y° B° Iny Carlos Espavil De la Cruz
 C.I.P. N° 32743

Diego Ruiz Flores
 Laboratorio de Suelos



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS - ESTACION EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA
 Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca
 Provincia de Rioja, San Martín. Teléfono 556443



RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION

NOMBRE : Determinación de Dosisificación de los Microorganismos Eficaces para compost a partir de la cáscara de Teobroma Cacao L. "cacao" Naranjos - Pardo Miguel - Rioja-2017
PROCEDENCIA : UNSM Facultad de Ecología, Moyobamba - San Martín
FECHA DE INGRESO : 4-Sep-17
FECHA DE REPORTE : 29-Sep-17
CULTIVO : Muestras descompuestas de cáscara de cacao
ATENCION : Boleta de Venta N° 0001-003319 del 24 de Noviembre

N°	CLAVE LABORATORIO	EDAD DEL CULTIVO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Tratamiento	Descripción	Densidad Aparente	pH 1:1	Conductividad Eléctrica E / 5	Materia orgánica fácilmente oxidable %	Materia orgánica %	ANÁLISIS QUÍMICO									
											Elementos Disponibles			Capacidad de Intercambio Catiónico		Elementos Cambiables				
						N P K ppm			Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ meq / 100 gr de suelo		K ⁺ Na ⁺ Al ⁺⁺⁺ %			Saturación de Al %						
11	ASC17 - 1387		Andreina De la Cruz Castañeda	T2	15% - EM		10.95	0.07890	12.424	28.272	1.926	206.40	19.028	58.01	8.00	1.20	0.15	48.66	Trazas	0.0%
12	ASC17 - 1388		Andreina De la Cruz Castañeda	T2	15% - EM		10.57	0.08710	13.367	30.418	1.654	257.90	20.119	58.51	6.00	0.90	0.16	51.45	Trazas	0.0%
13	ASC17 - 1389		Andreina De la Cruz Castañeda	T3	20% - EM		10.34	0.06770	12.166	27.687	2.451	259.70	20.423	56.49	6.00	0.84	0.16	49.49	Trazas	0.0%
14	ASC17 - 1390		Andreina De la Cruz Castañeda	T3	20% - EM		10.69	0.07470	12.510	28.468	1.946	240.80	19.162	50.21	5.20	0.78	0.15	44.08	Trazas	0.0%
15	ASC17 - 1391		Andreina De la Cruz Castañeda	T3	20% - EM		10.82	0.07610	13.452	30.613	2.035	245.90	20.546	52.94	6.40	0.96	0.14	45.44	Trazas	0.0%
16	ASC17 - 1392		Andreina De la Cruz Castañeda	T3	20% - EM		10.57	0.07270	13.280	30.222	1.923	253.70	19.901	54.29	7.20	1.08	0.13	45.88	Trazas	0.0%

METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS:

- Textura : Hidrómetro de Bouyoucos
- pH : Potenciómetro en suspensión suelo: agua
- Conductividad Eléctrica : Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1
- Carbono Orgánico fácilmente oxidable : Per calcinación a 400° C x 3 horas
- Materia Orgánica Total : Walkley y Black
- Nitrogeno : Micro Kjeldahl
- Fosforo : Olsen Modificado
- Capacidad de Intercambio Catiónico : Suma de Bases cambiabíles
- Sodio y Potasio : Fotometría de Llama
- Calcio y Magnesio : Versenato E.D.T.A
- Aluminio cambiabile : Yuan, extracción con KCl 1N
- Acidez Activa : Yuan, extracción con KCl 1N



[Signature]
Gauder Ruiz Flores
 Laboratorista de Suelos

[Signature]
Ing. Carlos Egoavil De la Cruz
 C.I.P. N° 32743

RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION

NOMBRE : Determinación de Dosisificación de los Microorganismos Eficaces para compost a partir de la cáscara de Theobroma Cacao L. "cacao" Naranjos - Pardo Miguel - Rioja-2017
 PROCEDENCIA : UNSM Facultad de Ecología, Moyobamba - San Martín
 FECHA DE INGRESO : 5-Oct-17
 FECHA DE REPORTE : 30-Oct-17
 CULTIVO : Muestras descompuestas de cáscara de cacao
 ATENCION : Boleta de Venta N° 0001-003319 del 24 de Noviembre

No	CLAVE LABORATORIO	CLAVE CAMPO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Tratamiento	Descripción	Densidad Aparente	pH 1:1	Conduc-tividad Eléctrica E (µS/cm)	C O fácilmente oxidable %	Materia Orgánica %	Análisis Químico									
											Elementos Disponibles			Capac. de Intercambio Catiónico	Elementos Cambiables			Saturación de Al %		
			N %	P ppm	K ppm	Ca ⁺⁺ meq / 100 gr de suelo	Mg ⁺⁺	K ⁺	Al ⁺⁺⁺											
1	ASC17 - 1393		Andreina De la Cruz Castañeda	T0	0% - EM		10.13	0.15000	15.293	34.803	1.566	192.50	18.625	54.59	5.20	0.78	0.21	48.40	Trazas	0.0%
2	ASC17 - 1394		Andreina De la Cruz Castañeda	T0	0% - EM		10.45	0.11900	19.882	45.244	2.036	198.67	20.813	68.60	7.20	1.08	0.22	60.10	Trazas	0.0%
3	ASC17 - 1395		Andreina De la Cruz Castañeda	T0	0% - EM		10.18	0.14100	19.831	45.128	2.031	175.40	20.388	91.16	7.60	1.14	0.18	82.24	Trazas	0.0%
4	ASC17 - 1396		Andreina De la Cruz Castañeda	T0	0% - EM		10.28	0.10600	19.933	45.360	2.041	192.67	19.638	71.45	8.40	1.26	0.22	61.57	Trazas	0.0%
5	ASC17 - 1397		Andreina De la Cruz Castañeda	T1	5% - EM		10.95	0.11000	20.289	46.172	2.078	212.18	23.975	68.89	6.40	0.96	0.21	61.32	Trazas	0.0%
6	ASC17 - 1398		Andreina De la Cruz Castañeda	T1	5% - EM		10.58	0.10600	19.831	45.128	2.031	182.80	22.475	68.26	9.20	1.38	0.20	57.48	Trazas	0.0%
7	ASC17 - 1399		Andreina De la Cruz Castañeda	T1	5% - EM		10.35	0.10200	19.218	43.735	1.968	179.84	19.700	56.11	4.80	0.72	0.21	50.38	Trazas	0.0%
8	ASC17 - 1400		Andreina De la Cruz Castañeda	T1	5% - EM		10.66	0.10600	19.474	44.316	1.994	176.40	21.688	62.58	6.00	0.90	0.21	55.47	Trazas	0.0%
9	ASC17 - 1401		Andreina De la Cruz Castañeda	T2	15% - EM		10.10	0.13200	18.352	41.763	1.879	167.96	21.538	59.88	4.00	0.60	0.20	55.08	Trazas	0.0%
10	ASC17 - 1402		Andreina De la Cruz Castañeda	T2	15% - EM		10.54	0.12900	19.729	44.896	2.020	163.02	24.025	68.10	5.60	0.84	0.21	61.45	Trazas	0.0%

METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS:

Textura : Hidrómetro de Bouyoucos
 pH : Potenciometría en suspensión suelo: agua
 Conductividad Eléctrica : Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1
 Carbono Orgánico fácilmente oxidable : Por calcinación a 400° C x 3 horas

Materia Orgánica Total : Walkley y Black
 Nitrogeno : Micro Kjeldahl
 Fósforo : Olsen Modificado
 Capacidad de Intercambio Catiónico : Suma de Bases cambiables

Sodio y Potasio : Fotometría de Llama
 Calcio y Magnesio : Versenato E.D.T.A
 Aluminio cambiable : Yuan, extracción con KCl 1N
 Acidez Activa : Yuan, extracción con KCl 1N



Greider Ruiz Flores
 Greider Ruiz Flores
 Laboratorio de Suelos

Ing. Carlos Espavil De la Cruz
 Ing. Carlos Espavil De la Cruz
 C.I.P. N° 32743

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS - ESTACION EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA

Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca
Provincia de Rioja, San Martín. Teléfono 556443



RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION

NOMBRE : Determinación de Dosificación de los Microorganismos Eficaces para compost a partir de la cáscara de Theobroma Cacao L. "cacao" Naranjos - Pardo Miguel - Rioja-2017
PROCEDENCIA : UNSM Facultad de Ecología, Moyobamba - San Martín
FECHA DE INGRESO : 5-Oct-17
FECHA DE REPORTE : 30-Oct-17
CULTIVO : Muestras descompuestas de cáscara de cacao
ATENCION : Boleta de Venta N° 0001-003319 del 24 de Noviembre

andru0895@gmail.com

N°	CLAVE LABORATORIO	CLAVE CAMPO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Tratamiento	Descripción	Densidad Aparente	pH 1:1	Conductividad Eléctrica E (µS/cm)	C.O. fácilmente oxidable %	Materia orgánica %	ANÁLISIS QUÍMICO								
											Elementos Disponibles		Capacidad de Intercambio Catiónico		Elementos Cambiables				
												meq / 100 gr de suelo							
												Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ K ⁺	Al ⁺⁺⁺	Saturación en de Al %			
11	ASC17 - 1403		Andreina De la Cruz Castañeda	T2	15% - EM	10.31	0.12600	17.179	39.095	1.759	167.96	22.225	64.85	6.80	1.02	0.19	56.84	Trazas	0.0%
12	ASC17 - 1404		Andreina De la Cruz Castañeda	T2	15% - EM	10.41	0.14500	17.689	40.255	1.811	172.90	20.713	60.53	6.40	0.96	0.20	52.97	Trazas	0.0%
13	ASC17 - 1405		Andreina De la Cruz Castañeda	T3	20% - EM	10.22	0.12800	17.536	39.907	1.796	167.90	28.678	53.82	5.20	0.78	0.21	47.63	Trazas	0.0%
14	ASC17 - 1406		Andreina De la Cruz Castañeda	T3	20% - EM	10.29	0.11900	16.466	37.471	1.686	182.78	23.500	58.02	4.00	0.60	0.19	53.23	Trazas	0.0%
15	ASC17 - 1407		Andreina De la Cruz Castañeda	T3	20% - EM	10.45	0.11800	15.701	35.731	1.608	172.90	27.948	58.32	5.20	0.78	0.20	52.14	Trazas	0.0%
16	ASC17 - 1408		Andreina De la Cruz Castañeda	T3	20% - EM	10.28	0.12800	15.192	34.571	1.556	185.25	24.075	56.85	5.60	0.84	0.19	50.22	Trazas	0.0%

METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS:

- Textura : Hidrómetro de Bouyoucos
- pH : Potenciómetro en suspensión suelo: agua
- Conductividad Eléctrica : Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1
- Carbono Orgánico : Por calcinación a 400° C x 3 horas
- Facilmente oxidable : Suma de Bases cambiables
- Walkley y Black : Sodio y Potasio
- Micro Kjeldahl : Calcio y Magnesio
- Oslen Modificado : Aluminio cambiabile
- Suma de Bases cambiables : Acidez Activa
- Materia Orgánica Total : Fotometría de Urama
- Nitrogeno : Venenato E.D.T.A
- Fósforo : Yuañ, extracción con KCl 1N
- Capacidad de Intercambio Catiónico : Yuañ, extracción con KCl 1N

Ing. Carlos Egeavil De la Cruz
C.I.P. N° 32743



Geoder Ruiz Flores
Laboratorista de Suelos



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS - ESTACION EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA
 Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca
 Provincia de Rioja, San Martín. Teléfono 556443



RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION

NOMBRE: Determinación de Dosis de los Microorganismos Elicaces para compost a partir de la cáscara de Theobroma Cacao L. "cacao" Naranjos - Pardo Miguel - Rioja-2017
PROCEDENCIA: UNSM Facultad de Ecología, Moyobamba - San Martín
FECHA DE INGRESO: 8-Nov-17
FECHA DE REPORTE: 30-Nov-17
CULTIVO: Muestras descompuestas de cáscara de cacao
ATENCIÓN: Boleta de Venta N° 0001-003319 del 24 de Noviembre

N°	CLAVE LABORATORIO	CLAVE CAMPO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Tratamiento	Descripción	Densidad Aparente	pH 1:1	Conduc- tividad Eléctrica µS / m	C. O. fácilmente oxidable %	Materia Orgánica %	Análisis Químico									
											Elementos Disponibles		Capac. de Intercambio Catiónico		Elementos Cambiables		Saturación de Al			
												Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Al ⁺⁺⁺	%				
1	ASC17 - 1500		Andreina De la Cruz Castañeda	T0	0% - EM		10.54	0.15300	17.587	40.023	1.340	186.67	18.597	98.64	11.20	1.68	0.26	85.50	Trazas	0.0%
2	ASC17 - 1501		Andreina De la Cruz Castañeda	T0	0% - EM		10.53	0.15100	18.913	43.039	1.380	189.60	19.391	93.47	12.80	1.92	0.20	78.55	Trazas	0.0%
3	ASC17 - 1502		Andreina De la Cruz Castañeda	T0	0% - EM		10.40	0.14800	18.964	43.155	1.360	189.75	19.687	99.64	10.80	1.62	0.18	87.04	Trazas	0.0%
4	ASC17 - 1503		Andreina De la Cruz Castañeda	T0	0% - EM		10.38	0.14600	15.395	35.035	1.320	187.36	18.803	84.16	9.20	1.38	0.16	73.42	Trazas	0.0%
5	ASC17 - 1504		Andreina De la Cruz Castañeda	T1	5% - EM		10.28	0.12000	18.658	42.459	1.774	208.63	21.047	96.60	12.40	1.86	0.15	82.19	Trazas	0.0%
6	ASC17 - 1505		Andreina De la Cruz Castañeda	T1	5% - EM		10.36	0.128	18.352	41.763	1.745	196.48	20.218	85.08	12.00	1.80	0.21	71.07	Trazas	0.0%
7	ASC17 - 1506		Andreina De la Cruz Castañeda	T1	5% - EM		10.30	0.121	18.097	41.183	1.720	199.75	19.667	97.14	14.00	2.10	0.24	80.80	Trazas	0.0%
8	ASC17 - 1507		Andreina De la Cruz Castañeda	T1	5% - EM		10.40	0.132	18.607	42.343	1.769	210.64	19.522	98.00	10.00	1.50	0.18	86.32	Trazas	0.0%
9	ASC17 - 1508		Andreina De la Cruz Castañeda	T2	15% - EM		10.37	0.111	14.886	33.875	1.415	184.60	20.707	91.04	17.20	2.58	0.14	71.12	Trazas	0.0%
10	ASC17 - 1509		Andreina De la Cruz Castañeda	T2	15% - EM		10.40	0.128	15.752	35.847	1.497	195.60	21.866	86.13	7.20	1.08	0.16	77.69	Trazas	0.0%

METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS:

Textura : Hidrómetro de Bouyoucos
 pH : Potenciómetro en suspensión suelo: agua
 Conductividad Eléctrica : Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1
 Carbono Orgánico fácilmente oxidable : Por calcinación a 400° C x 3 horas

Materia Orgánica Total : Walkley and Black
 Nitrogeno : Micro Kjeldahl
 Fósforo : Olsen Modificado
 Capacidad de Intercambio Catiónico : Suma de Bases cambiables

Sodio y Potasio : Fotometría de Llama
 Calcio y Magnesio : Versenato E.D.T.A
 Aluminio cambiable : Yuan, extracción con KCl 1N
 Acidez Activa : Yuan, extracción con KCl 1N



[Handwritten signature]

Geoder Ruiz Flores
 Laboratorio de Suelos

[Handwritten signature]

Ing. Carlos Egoavil De la Cruz
 C.I.P. N° 32743

RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION

NOMBRE : Determinación de Dosisificación de los Microorganismos Eficaces para compost a partir de la cáscara de Theobroma Cacao L. "cacao" Naranjos - Pardo Miguel - Rioja-2017
PROCEDENCIA : UNSM Facultad de Ecología, Moyobamba - San Martín
FECHA DE INGRESO : 6-Nov-17
2 andriud895@gmail.com

FECHA DE REPORTE : 30-Nov-17
CULTIVO : Muestras descompuestas de cáscara de cacao
ATENCION : Boleta de Venta N° 0001-003319 del 24 de Noviembre

N°	CLAVE LABORATORIO	CLAVE CAMPO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Tratamiento	Descripción	Densidad Aparente	pH 1:1	Conductividad Eléctrica E / Ω	C.O. fácilmente oxidable %	Materia Orgánica %	Análisis Químico					Saturación de Al %				
											Elementos Disponibles			Intercambio			Elementos Cambiables			
									N	P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Al ⁺⁺⁺					
									%	ppm	ppm	ppm	meq / 100 gr de suelo	meq / 100 gr de suelo	meq / 100 gr de suelo					
11	ASC17 - 1510		Andreina De la Cruz Castañeda	T2	15% - EM		10.56	0.124	13.458	30.626	1.279	187.18	20.627	97.86	8.00	1.20	0.14	88.52	Trazas	0.0%
12	ASC17 - 1511		Andreina De la Cruz Castañeda	T2	15% - EM		10.60	0.119	16.619	37.819	1.580	215.80	20.416	91.77	7.60	1.14	0.21	82.82	Trazas	0.0%
13	ASC17 - 1512		Andreina De la Cruz Castañeda	T3	20% - EM		10.52	0.138	13.254	30.162	1.260	214.68	24.550	92.30	12.40	1.86	0.16	77.88	Trazas	0.0%
14	ASC17 - 1513		Andreina De la Cruz Castañeda	T3	20% - EM		10.50	0.141	17.485	39.791	1.662	211.42	21.331	87.92	9.20	1.38	0.18	77.16	Trazas	0.0%
15	ASC17 - 1514		Andreina De la Cruz Castañeda	T3	20% - EM		10.48	0.146	16.007	36.427	1.522	210.89	24.247	90.92	8.00	1.20	0.20	81.52	Trazas	0.0%
16	ASC17 - 1515	Cáscara de cacao en descomposición	Andreina De la Cruz Castañeda	T3	20% - EM		10.66	0.139	16.024	36.465	1.522	218.96	21.988	81.38	9.60	1.44	0.18	70.16	Trazas	0.0%

METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS:

Textura : Hidrómetro de Bouyoucos
pH : Potenciómetro en suspensión suelo: agua
Conductividad Eléctrica : Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1
Carbono Orgánico fácilmente oxidable : Por calcinación a 400° C x 3 horas

Materia Orgánica Total : Walkley y Black
Nitrogeno : Micro Kjeldahl
Fósforo : Olsen Modificado
Capacidad de Intercambio Catiónico : Suma de Bases cambiabiles

Sodio y Potasio : Fotometría de Llama
Calcio y Magnesio : Versenato E.D.T.A
Aluminio cambiabile : Yuan, extracción con KOI 1N
Acidez Activa : Yuan, extracción con KOI 1N



[Signature]
Vr. Ing. Carlos Egasvil De la Cruz
C.I.P. N° 32743

[Signature]
Greider Ruiz Flores
Laboratorista de Suelos

Anexo 3: ficha técnica de resultados de datos de los análisis de laboratorio.

Parámetros	NITROGENO			FOSFÓRO (%)			POTASIO (%)			MATERIA ORGANICA (%)		
	(%)											
N° Analisis	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
T0R1	1.620	1.566	1.340	0.018	0.019	0.019	1.857	1.863	1.860	32.756	34.803	40.023
T0R2	1.700	2.036	1.380	0.020	0.020	0.019	1.797	2.081	1.939	32.368	45.244	43.039
T0R3	1.670	2.031	1.360	0.019	0.018	0.019	1.899	2.039	1.969	26.322	45.128	43.155
T0R4	1.750	2.041	1.320	0.019	0.019	0.019	1.797	1.964	1.880	31.782	45.360	35.035
Promedio	1.685	1.919	1.350	0.019	0.019	0.019	1.84	1.99	1.91	30.81	42.634	40.313
T1R1	2.031	2.078	1.774	0.016	0.017	0.018	1.988	2.154	2.071	28.663	46.172	42.459
T1R2	1.892	2.031	1.745	0.022	0.016	0.020	1.971	2.403	2.187	27.103	45.128	41.763
T1R3	2.102	1.968	1.720	0.021	0.017	0.019	1.903	2.223	2.063	20.083	43.735	41.183
T1R4	1.946	1.994	1.769	0.026	0.017	0.022	2.012	2.071	2.042	24.567	44.316	42.343
Promedio	1.993	2.018	1.752	0.021	0.017	0.020	1.97	2.21	2.090	25.104	44.838	41.937
T2R1	1.564	1.879	1.415	0.02	0.017	0.018	1.988	2.154	2.071	30.808	41.763	33.875
T2R2	1.675	2.020	1.497	0.02	0.016	0.020	1.971	2.403	2.187	25.153	44.896	35.847
T2R3	1.926	1.759	1.279	0.02	0.017	0.019	1.903	2.223	2.063	28.272	39.095	30.626
T2R4	1.654	1.811	1.580	0.03	0.017	0.022	2.012	2.071	2.042	30.418	40.255	37.819
Promedio	1.705	1.867	1.443	0.021	0.017	0.020	1.97	2.21	2.090	28.663	41.502	34.542
T3R1	2.451	1.796	1.260	0.026	0.017	0.021	2.042	2.868	2.455	27.687	39.907	30.162
T3R2	1.946	1.686	1.662	0.024	0.018	0.021	1.916	2.350	2.133	28.468	37.471	39.791
T3R3	2.035	1.608	1.522	0.025	0.017	0.021	2.055	2.795	2.425	30.613	35.731	36.427
T3R4	1.923	1.556	1.522	0.025	0.019	0.022	1.990	2.408	2.199	30.222	34.571	36.465
Promedio	2.089	1.662	1.491	0.025	0.018	0.021	2.00	2.61	2.303	29.248	36.920	35.711

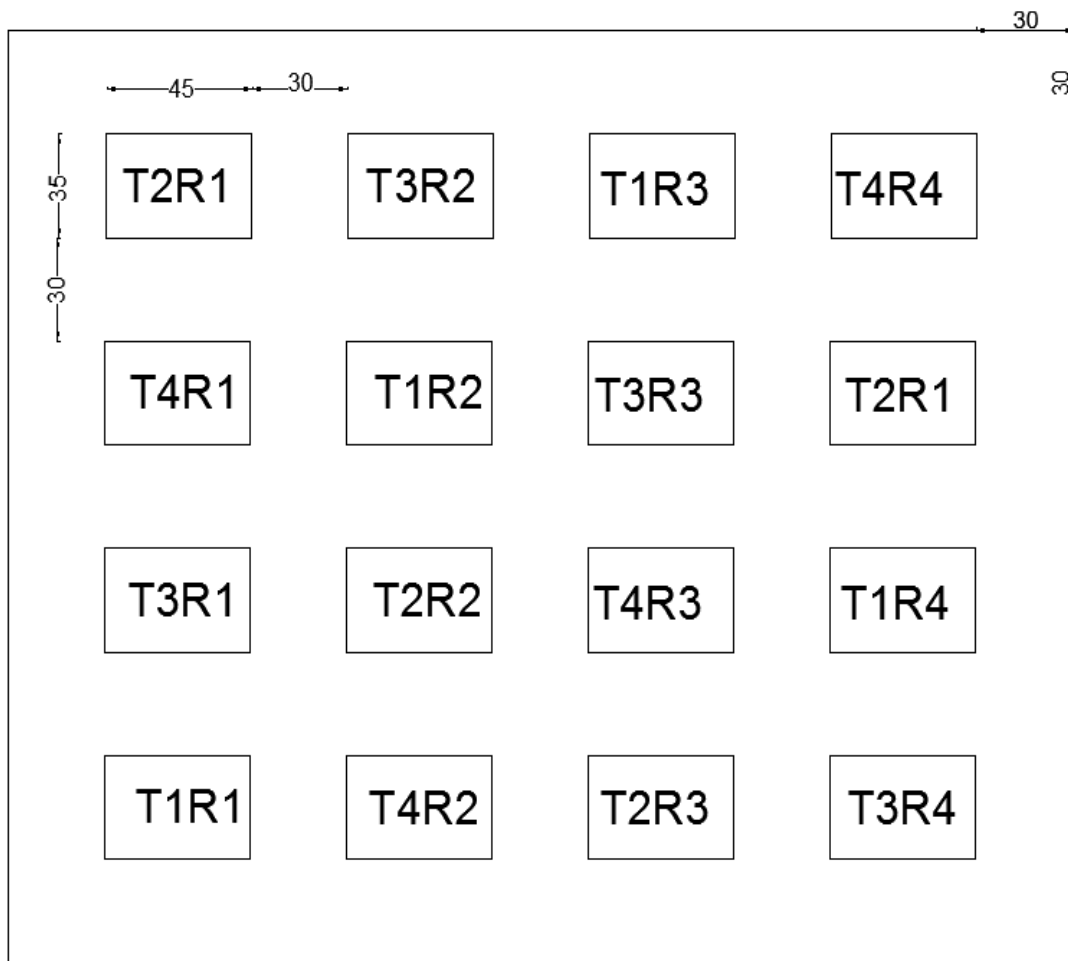
Anexo 4: la regla de decisión de hipótesis.

Se establece las condiciones específicas en la que se rechazan la hipótesis nula y las condiciones en que no se rechaza la hipótesis nula. La región de rechazo define la ubicación de todos los valores que son tan grandes o tan pequeños, que la probabilidad de que se presente bajo la suposición de que la hipótesis nula es verdadera, es muy remota.

Distribución muestra del valor estadístico z , con prueba de una cola a la derecha.



Fuente: Cruz, A. (2003)

Anexo 5: Croquis experimental

Anexo 6: Panel fotográfico

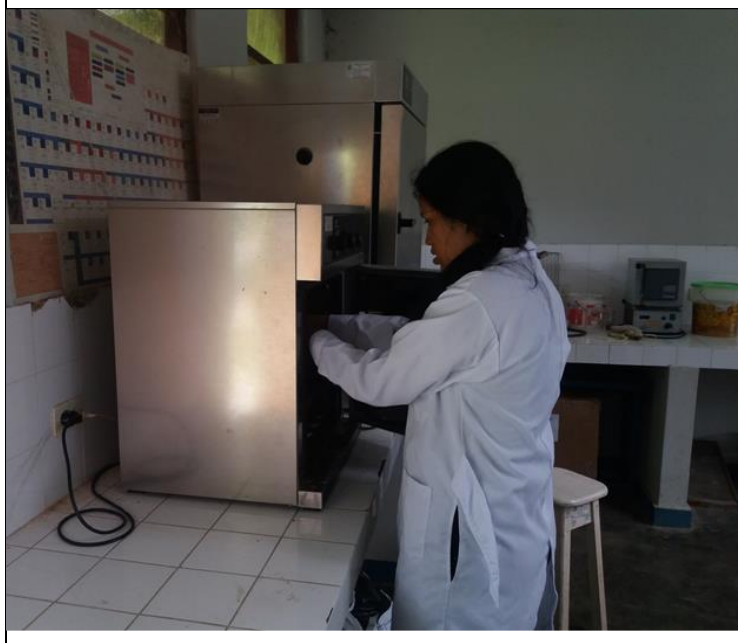
Fotografías 01
Acondicionamiento
del área del Proyecto.



Fotografía N° 3
Toma de muestras.



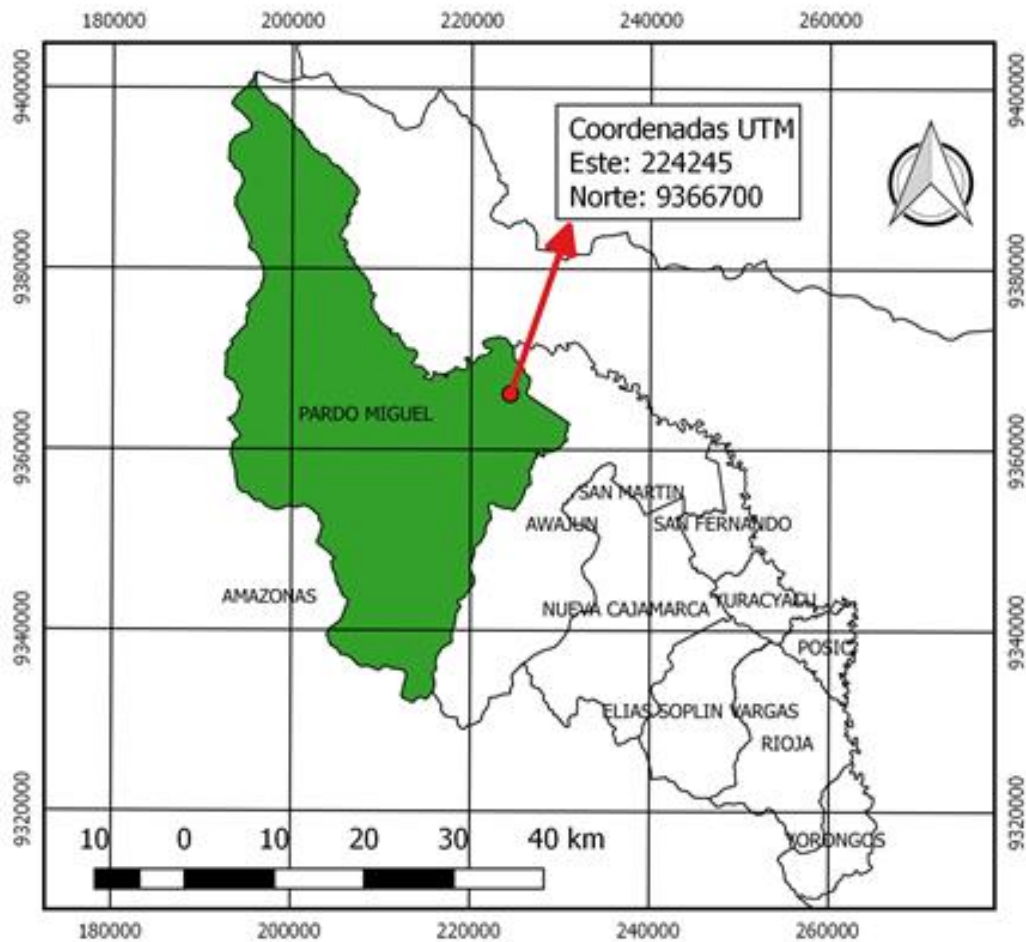
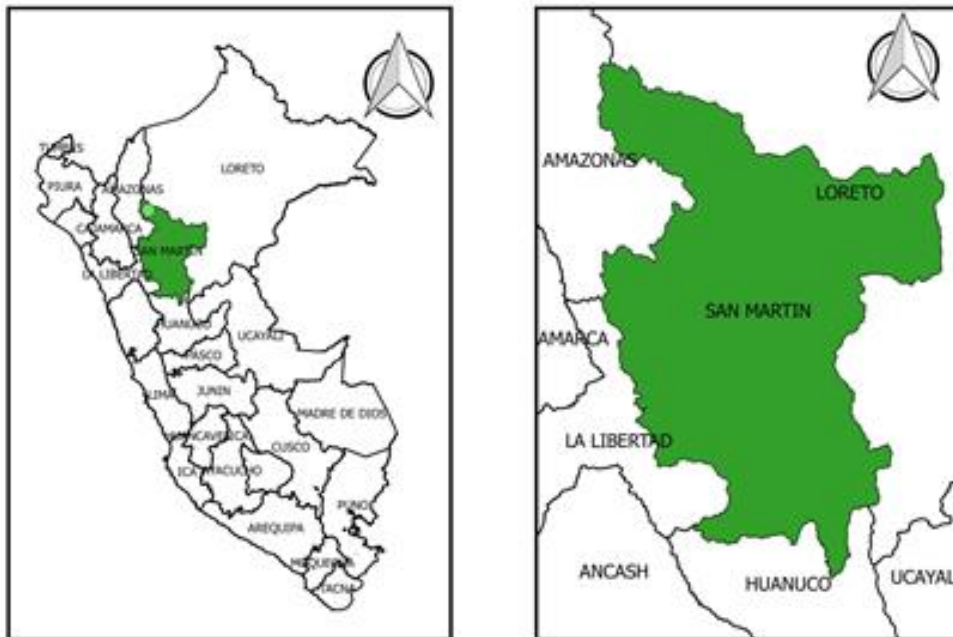
Fotografías 02: Recolección de datos de Temperatura y pH.



Fotografía 04:
Determinación de
humedad en
laboratorio de la
UNSM-T

Anexo 7: Plano de ubicación

Anexo 7.A: Macro localización



Anexo 7.B: Micro localización

