

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES



"Determinación de la influencia de la aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno en la producción de compost a partir de cáscara de "cacao" (Theobroma cacao L.)".

TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:
BACH. MARÍA ISABEL ORTIZ VARGAS

ASESOR:
BLGO. M. SC. LUIS EDUARDO RODRÍGUEZ PÉREZ

MOYOBAMBA - PERÚ
2015



ACTA DE SUSTENTACION PARA OBTENER EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín-T sede Moyobamba y siendo las **Diez de la mañana del día jueves 19 de Noviembre del Dos Mil Quince**, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

Ing. JUAN JOSÉ PINEDO CANTA	PRESIDENTE
Blgo. M. Sc. ALFREDO IBAN DÍAZ VISITACIÓN	SECRETARIO
Ing. MARCOS AQUILES AYALA DÍAZ	MIEMBRO
Blgo. M. Sc. LUIS EDUARDO RODRIGUEZ PEREZ	ASESOR

Para evaluar la Sustentación de la 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 CÁSCARA DE "CACAO" (*Theobroma cacao L.*)**"; presentado por la Bachiller en Ingeniería Ambiental **MARIA ISABEL ORTIZ VARGAS**; según Resolución N° 0147-2014-UNSM-T-FE-CF. de fecha 17 de Diciembre del 2014.

Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO** y nota **QUINCE (15)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las 11:50 horas del mismo día, con lo cual se dió por terminado el presente acto de sustentación.


.....
Ing. Juan José Pinedo Canta
Presidente


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


.....
Ing. Marcos Aquiles Ayala Díaz
Miembro


.....
Blgo. M. Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez
Asesor

Dedicatoria

A mis padres *Graciela y Timoteo*

“La recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa.”

Mahatma Gandhi

Agradecimiento

A todas y cada una de las personas, familiares, amigos y colaboradores que aún sin saberlo con algún gesto o palabra de aliento me han ayudado a seguir adelante con mis objetivos.

Y por supuesto un infinito agradecimiento a quienes han sido un apoyo directo para el desarrollo de esta investigación, gracias por su tiempo e interés.

Con todo mi afecto y gratitud...

María Isabel

Índice

	Pág.
Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Índice	iii
Índice de fotos	vi
Índice de gráficos	vii
Índice de tablas	viii
Índice de cuadros	ix
Abreviaturas y siglas	x
Resumen	xi
Abstract.....	xii
Capítulo I. Planteamiento del problema	
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Fundamentación Teórica.....	2
1.3.1. Antecedentes de la Investigación	2
1.3.2. Bases Teóricas.....	5
1.3.2.1. Origen del Cacao	5
1.3.2.2. Clasificación Taxonómica	6
1.3.2.3. Fenología de <i>Theobroma cacao L.</i>	7
1.3.2.4. Variedades comunes del cacao	9
1.3.2.5. Productos y Subproductos obtenidos de la manufactura del <i>Theobroma cacao L.</i>	9
1.3.2.6. Mercado y Comercialización del <i>Theobroma cacao L.</i>	10
1.3.2.7. El estiércol como un recurso importante	13
1.3.2.8. Ventajas generales del uso de estiércol	15
1.3.2.9. Estiércol de ganado vacuno	15
1.3.2.10. Asuntos medioambientales del manejo del estiércol	15
1.3.2.11. Compostaje	18
1.3.2.12. Historia Contemporánea del Compostaje	19
1.3.2.13. Importancia del Compostaje	20
1.3.2.14. Sistemas de compostaje según Labrador (2001) y Costa <i>et al.</i> , (1991).....	21
1.3.2.15. Factores que condicionan el proceso de compostaje	23
1.3.2.16. Materiales estructurales en el proceso de compostaje	29
1.3.2.17. Microbiología del compostaje	31
1.3.2.18. Otros organismos asociados al compost	31
1.3.2.19. Criterios de calidad del compost	32
1.3.2.20. Aspectos medioambientales del compost	33

	Pág.
1.3.3. Definición de Términos	35
1.4. Variables	38
1.4.1. Variable Independiente	38
1.4.2. Variable Dependiente.....	38
1.5. Hipótesis.....	38
1.5.1. Hipótesis Nula.....	38
1.5.2. Hipótesis Alterna.....	38
 Capítulo II. Marco metodológico	
2.1. Tipo de Investigación.....	39
2.2. Diseño de Investigación	39
2.3. Población y Muestra.....	40
2.3.1. Población.....	40
2.3.2. Muestra.....	40
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	41
2.4.1. Trabajo de Campo.....	41
2.4.1.1. Método del Sándwich	42
2.4.2. Trabajo de Laboratorio.....	42
2.4.2.1. Análisis de Nitrógeno – Método Micro Kejl Dahl	43
2.4.2.2. Análisis de Fósforo Disponible – Método Olsen.....	44
2.4.2.3. Análisis de Potasio Total – Método Acetato de Amonio 1 N, pH 7	45
2.4.2.4. Análisis de Carbono Orgánico – Método Walkley – Black	46
2.4.2.5. Determinación de Materia Orgánica – Método por Calcinación....	47
2.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	48
2.5.1. Características de los Grupos y Tratamientos.....	48
 Capítulo III. Resultados	
3.1. Comportamiento del Nitrógeno en el compost	50
3.1.1. Determinación de la concentración de Nitrógeno en el compost.....	50
3.1.2. Evolución de la concentración de Nitrógeno en el compost.....	50
3.1.3. Análisis de varianza para la concentración de Nitrógeno.....	51
3.1.4. Prueba de Duncan para determinar el tratamiento óptimo en cuanto a la concentración de Nitrógeno en el compost	52
3.2. Comportamiento del fósforo en el compost	53
3.2.1. Determinación de la concentración de Fósforo en el compost.	53
3.2.2. Evolución de la concentración de Fósforo en el compost.....	53
3.2.3. Análisis de varianza para la concentración de Fósforo.....	54
3.2.4. Prueba de Duncan para determinar el tratamiento óptimo en cuanto a la concentración de Fósforo en el compost	55

	Pág.
3.3. Comportamiento del Potasio en el compost.....	56
3.3.1. Determinación de la concentración de Potasio en el compost.....	56
3.3.2. Evolución de la concentración de Potasio en el compost.	56
3.3.3. Análisis de varianza para la concentración de Potasio.	57
3.3.4. Prueba de Duncan para determinar el tratamiento óptimo en cuanto a la concentración de Potasio en el compost.....	58
3.4. Comportamiento de la relación Carbono/Nitrógeno en el compost.....	59
3.4.1. Determinación de la concentración de la relación C: N en el compost.....	59
3.4.2. Evolución de la relación C:N en el compost.	59
3.4.3. Análisis de varianza para la concentración de la relación C:N.	60
3.4.4. Prueba de Duncan para determinar el tratamiento óptimo en cuanto a la concentración de la relación C:N en el compost.....	61
3.5. Comportamiento del nivel de pH en el compost.....	62
3.5.1. Determinación de la concentración del nivel de pH en el compost.	62
3.5.2. Evolución del nivel de pH en el compost.	63
3.5.3. Análisis de varianza nivel de pH.....	64
3.5.4. Prueba de Duncan para determinar el tratamiento óptimo en cuanto al nivel de pH en el compost.....	65
3.6. Discusiones	66
3.6.1. Determinación de la concentración de nutrientes (N, P, K, relación C:N) .	66
3.6.2. Análisis del cambio en los niveles de pH en las diferentes muestras	67
3.6.3. Comparación de la viabilidad de la descomposición de la cáscara del <i>Theobroma cacao L.</i> sin y con diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno respecto a la evaluación de los parámetros estudiados. ...	67
3.7. Conclusiones	68
3.8. Recomendaciones.....	70
Referencias Bibliográficas.....	71
Referencias Virtuales.....	77

Índice de fotos

	Pág.
Foto 1. Árbol de <i>Theobroma cacao L</i>	80
Foto 2. Hojas de <i>Theobroma cacao L</i>	80
Foto 3. Tallo de <i>Theobroma cacao L</i>	80
Foto 4. Flor de <i>Theobroma cacao L</i>	80
Foto 5. Fruto de <i>Theobroma cacao L</i>	80
Foto 6. Semillas de <i>Theobroma cacao L</i>	80
Foto 7. Cáscaras de <i>Theobroma cacao L</i> . arrojadas a los cultivos de cacao	81
Foto 8. Fincas productoras de cacao en los alrededores de Moyobamba.....	81
Foto 9. Establos ganaderos en los alrededores de Moyobamba	81
Foto 10. Áreas verdes de la Facultad de Ecología.....	81
Foto 11. Recolección de datos para indicador pH.....	82
Foto 12. Recolección y preparación de muestras para análisis de laboratorio	82
Foto 13. Análisis de Nitrógeno, Método Micro Kjeldhal.....	82
Foto 14. Análisis de Fósforo Disponible, Método Olsen	82
Foto 15. Análisis de Potasio Total, Método Acetato de Amonio 1 N, pH 7	82
Foto 16. Análisis de Carbono Orgánico, Método Método Walkley – Black.....	83
Foto 17. Características de los Tratamientos en el área de experimentación	83

Índice de gráficos

	Pág.
Gráfico 1. Variedades comunes cacao.....	84
Gráfico 2. Diagrama de producción de los derivados del cacao	84
Gráfico 3. Principales productores de cacao en toneladas.....	85
Gráfico 4. Distribución mundial de países productores de cacao.....	85
Gráfico 5. Distribución nacional de productores de cacao	86
Gráfico 6. Producción de cacao en la Región San Martín.....	86
Gráfico 7. Posibles pérdidas de nutrientes del estiércol entre la excreción y la absorción por los cultivos.....	87
Gráfico 8. Proceso y evolución del Compostaje	87
Gráfico 9. Tabla de Control de materiales.....	88
Gráfico 10. Evaluación de Indicador pH	89
Gráfico 11. Resultados de análisis de laboratorio de Nitrógeno y relación Carbono/Nitrógeno	90
Gráfico 12. Resultados de análisis de laboratorio de Fósforo y Potasio	91
Gráfico 13. Resultados de análisis de laboratorio de Carbono.....	92
Gráfico 14. Resultados de análisis de laboratorio de Materia orgánica	93
Gráfico 15. Evaluación de Indicadores N,P,K y relación C:N	89
Gráfico 16. Evolución de la concentración de Nitrógeno en el compost	50
Gráfico 17. Evolución de la concentración de Fósforo en el compost	53
Gráfico 18. Evolución de la concentración de Potasio en el compost.....	56
Gráfico 19. Evolución de la relación C/N en el compost	59
Gráfico 20. Evolución del nivel de pH en el compost.....	63

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Condiciones ideales para el compostaje	28
Tabla 2. Relación de microorganismos, temperatura y tiempo de exposición necesarios para la destrucción de algunos patógenos y parásitos comunes durante el compostaje.	29
Tabla 3. Características de un compost comercialmente aceptable.....	33
Tabla 4. Análisis de varianza para la concentración de Nitrógeno	51
Tabla 5. Análisis de varianza para la concentración de Fósforo	54
Tabla 6. Análisis de varianza para la concentración de Potasio	57
Tabla 7. Análisis de varianza para la concentración de la relación C:N	60
Tabla 8. Análisis de varianza nivel de pH	64

Índice de cuadros

	Pág.
Cuadro 1. Determinación de la concentración de Nitrógeno en el compost.	50
Cuadro 2. Determinación de la concentración de Fósforo en el compost	53
Cuadro 3. Determinación de la concentración de Potasio en el compost.....	56
Cuadro 4. Determinación de la concentración de la Relación C: N en el compost.....	59
Cuadro 5. Determinación de la concentración del nivel de pH en el compost.....	62

Abreviaturas y siglas

° C = Grados Celsius

C: N = Relación Carbono / Nitrógeno

et al. = Expresión latina *et alii*, que significa 'y otros'.

gl = Grados de libertad

gr = Gramos

Kg = Kilogramos

K = Potasio

L. = Linneo

m = metros

meq/100g = mili equivalente por cien gramos

mg/kg = miligramos por kilogramo

ml = mililitros

N = Nitrógeno

P = Fósforo

pH = Potencial hidrógeno. Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.

ppm = Partes por millón

PROM = Promedio

rpm = revolución por minuto

Tc = Tratamiento control

R² = Coeficiente de determinación

RESUMEN

La cáscara de cacao representa el mayor subproducto de la industria chocolatera tanto en el Perú como a nivel mundial. Actualmente han aumentado 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.

A nivel internacional se viene desarrollando posibles usos de la cáscara 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. Sin embargo en el Perú aún es desaprovechada y son pocos los estudios que se tiene al respecto. En la Universidad Nacional de San Martín – T, vemos la necesidad de llevar a cabo una investigación que permita aprovechar la presencia de nutrientes en el compostaje de la cáscara de cacao encontrándose un potencial abono orgánico que tiene gran capacidad de fertilizar el suelo agrícola.

Este trabajo de investigación se realizó con residuos orgánicos de cáscara de cacao de fincas de la zona del Alto Mayo, en la región San Martín, con el objetivo de determinar la influencia de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno en la producción de compost a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*). Se identificaron productores y pequeñas agroindustrias rurales que no realizan prácticas de compostaje y que generan grandes cantidades de residuos orgánicos en sus procesos productivos. Se tomó como muestra una cantidad determinada de cáscara de cacao y se realizó la experimentación en pilas de compostaje con la aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno para su respectivo análisis químico en diferentes etapas del proceso.

Los resultados demuestran que las diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno no influyen significativamente en la producción de compost a partir de la cáscara de cacao. Lo que se traduce que aplicando la dosis de estiércol fresco de ganado que se tenga disponible para descomponer los residuos que se generan en los campos de cultivo, permite aprovechar los microorganismos presentes en el estiércol para acelerar la descomposición de la cáscara de cacao y así obtener un compost que pueda ser utilizado como abono orgánico en las mismas plantaciones. Esta actividad permite incorporar buenas prácticas de manejo de los residuos que se generan en las fincas, tornándolo más responsable y sostenible.

Palabras clave: cacao, estiércol, compostaje, estímulo creciente



ABSTRACT

The cocoa husk represents the biggest product of the chocolate industry in Peru and worldwide. Currently they have increased studies relating to this type of residues and its possible use, because these represent an important component of agricultural residues and agro-industrial wastes in the world, these are a good source of renewable resources and energy.

Internationally it has been developing possible uses of cocoa husk as a source of soils fertilizer, food for birds and animals, source of pectin and gums, elaboration of activated carbon and obtaining of dietary fiber. However in Peru is still being squandered and few studies about this. At the National University of San Martín - T, we see the necessity of carrying out an investigation that could exploit the presence of nutrients in composting cocoa husk finding an organic fertilizer that has great ability to fertilize agricultural soils.

This research project was done with organic cocoa husk residues from farms of the Alto Mayo, in the San Martín region with the objective to determine the influence of different doses of cow manure in the production of compost from husk cocoa (*Theobroma cacao L.*). Small rural farmers and agroindustries do not perform on composting and generate large quantities of organic residues in their production processes. Was sampled a certain amount of cocoa husk and experimenting was performed in biosolid composting windrows with different doses of cow manure to their respective chemical analysis in different process stages.

The results showed that different doses of cow manure do not significantly influence the production of compost from cocoa husks. Means that applying a dose of fresh manure of cattle that have available to decompose the residues that are generated in agricultural fields, can take advantage of the microorganisms in the compost to accelerate the decomposition of cocoa husk and get compost it can be used as organic fertilizer in the same plantations. This activity enables incorporate good handling practices of residues that are generated on farms, making it more responsibly and sustainably.

Keywords: cocoa, manure, compost, growing stimulus

Capítulo I: El Problema de Investigación

1.1. Planteamiento del Problema

El deterioro progresivo de los suelos utilizados en la siembra de cacao es producto de la incorrecta utilización del sistema de preparación y manejo del cultivo que comprende tumba, quema, siembra, labranza con prácticas y herramientas inadecuadas. Actividades que, en conjunto, han originado la pérdida constante de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y que se traducen en una reducción de su nivel productivo. El componente biológico fue considerado por muchos años de poca importancia, en la actualidad se reconoce su función como eje fundamental en el incremento de la disponibilidad de los componentes orgánicos aplicados como fertilizante. (Mejía, L. *et al.*, 2002)

Una alternativa de manejo que permite recuperar las condiciones de fertilidad y aún mejorarlas, es la aplicación de materia orgánica, cuya función primordial es mantener y aumentar el potencial de microorganismos habitantes del suelo con el fin de mejorar las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. (Mejía, L. *et al.*, 2002)

La creciente actividad agrícola y pecuaria de la Región San Martín genera una gran variedad de residuos. Estos residuos en ocasiones son compostados de manera inadecuada y luego reintegrada a los sistemas de producción; sin embargo, gran cantidad de residuos no son aprovechados eficientemente.

Debido a las grandes cantidades de residuos generados en los diferentes procesos de producción en este caso específicamente de la actividad cacaotera en la zona, nace la idea de realizar este trabajo de investigación con la finalidad de plantear una forma de utilización de la materia orgánica que termina como residuo en los campos de cultivo, como estrategia que permita recuperar y mejorar las propiedades del suelo, a través de la aplicación de estiércol de ganado vacuno. Asimismo sintetizar informaciones acerca de la tecnología del compostaje y al mismo tiempo generar una base de datos que pueda ser adaptada y utilizada como herramienta en investigaciones futuras. Por lo que nos planteamos el problema de investigación de la siguiente manera:

¿Cuánto influye la aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno en la producción de compost a partir de la cáscara de “cacao” (*Theobroma cacao L.*)?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno en la producción de compost a partir de la cáscara de “cacao” (*Theobroma cacao L.*).

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de nutrientes (N, P, K; relación de C: N) en el compost producido en los diferentes periodos de evaluación.
- Analizar el cambio de los niveles de pH en las diferentes muestras.
- Comparar la viabilidad de la descomposición de la cáscara del *Theobroma cacao L.* sin y con las diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno respecto a la evolución de los parámetros estudiados.

1.3. Fundamentación Teórica

1.3.1. Antecedentes de la Investigación

Según Baena, L. *et al.*; (2012). En el trabajo de investigación “Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao L.*” refiere resultados de investigadores en el siguiente cuadro:

PAÍS	ESTUDIO	RESULTADOS	MÉTODO DE ANÁLISIS
Brasil 2012	Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (<i>Theobroma cacao L.</i>) with citric acid	La extracción de pectinas de la cáscara de cacao mediante ácido cítrico, es efectiva, lo que puede ayudar a darle un valor a este subproducto.	Caracterización y extracción
Ecuador 2011	Modificación enzimática de la fibra dietaria de la cáscara del cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) variedad Complejo nacional por trinitario	El tipo de enzima, volumen y sitio si afecta el balance de FDI/FDS.	Método enzimático - gravimétrico
España 2006	A Controlled, Randomized, Double-Blind Trial to Evaluate the Effect of a Supplement of Cocoa Husk That Is Rich in Dietary Fiber on Colonic Transit in Constipated	Este estudio ha demostrado que la administración de un suplemento de cáscara rica en fibra dietaria y relacionada con procedimiento normalizados es beneficioso, para los pacientes pediátricos que tiene idiopática crónica estreñimiento. Estos beneficios parecen ser más evidente en pacientes pediátricos con tránsito colónico lento.	Ensayos clínicos in-vivo.
Cuba 2002	Fermentación sólida de la cáscara de cacao por <i>Pleutorus spp.</i>	En la caracterización de las cáscaras de cacao utilizadas como sustratos, se observó que poseen los requerimientos nutricionales necesarios para la tecnología de cultivo de las setas comestibles del género <i>Pleutorus spp.</i>	Microbiológico
Venezuela a 2001	Efecto de diferentes residuos vegetales en la compostación de cáscaras de cacao.	Los resultados obtenidos en este estudio permiten señalar que el uso de restos de cosecha de cacao para la producción de bioabono, es posible mejorarla utilizando materiales orgánicos presentes en las unidades de producción de cacao tales como el pseudotallo de plátano, follaje de árnica y estiércol de ganado bovino.	Compostación

Girón, C. *et al.*, (2001) en su investigación “Efecto de diferentes residuos vegetales en la compostación de cáscaras de cacao” concluyen lo siguiente:

Los resultados de la evaluación química de las diferentes muestras orgánicas procedentes del cultivo del cacao y otros materiales residuales en forma individual y mezclada antes de iniciar el proceso de compostación presenta valores altos de la relación C/N en los residuos de “cacao” tanto en las cáscaras como en las hojas y en los residuos de pseudotallo de plátano, en comparación con el estiércol de bovino y el árnica.

Así mismo, destaca 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, C., (2013). En el trabajo de investigación “Elaboración de compost a partir de cascarilla de cacao”, llegaron a las siguientes conclusiones:

La elaboración de compost a partir de cascarilla de cacao, se la realizó buscando un proceso biotecnológico para reducir el desperdicio de la cascarilla de cacao producida de la industria chocolatera que alcanza el 12 %; lo cual tuvo lugar en Molinos OALSA, ubicado en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador.

Se preparó 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, el mismo que cumple con las características bromatológicas y físico-químicas, Se concluye que el compost con 75 % de cascarilla de cacao es el que posee mejores propiedades para su aplicación en el cultivo de rábano.

Se recomienda aplicar el compost a base de cascarilla de cacao al cultivo de plantas frutales y de cacao porque puede mejorar sus características de sabor y aroma.

1.3.2. Bases Teóricas

1.3.2.1. Origen del Cacao

Existen muchas hipótesis sobre el origen del cacao; en el 2002 se encontró que el cacao se originó en la cuenca alta del río Amazonas (entre las riberas altas de los ríos Napo, Caquetá y Putumayo) comprende países como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil; más tarde se introdujo a Centroamérica, aunque este sea considerado por los historiadores como el primer centro de domesticación y cultivo de este. (Jaimes, S. *et al.*, 2010)

Cuando los primeros colonizadores llegaron a América, el cacao era cultivado por los indígenas, principalmente por los aztecas y mayas en Centroamérica. Según los historiadores, fue nombrado por los indígenas como “Cacahualt”, siendo considerado como árbol sagrado. (Jaimes S, Y. *et al.*, 2010)

El cacao se llevó de Brasil a la colonia portuguesa de Príncipe en 1822 y de ahí a Sao Tomé en 1830, ambas en el Golfo de Guinea. El cultivo de *Theobroma cacao* en otros continentes inició entre los siglos XVII y XIX. En 1900, el 80 % de la producción se daba en el continente americano, mientras que en el siglo XXI, América se convierte en el continente con la menor producción de cacao, contrastando con el continente africano, donde se encuentra el 78 % de la producción Mundial. (Olivares, J. 2007)

Más de un milenio después de su descubrimiento, el chocolate es ahora un gran negocio. Solo Estados Unidos, el consumidor más grande del mundo, consume entre 1 a 1.4 millones de toneladas de chocolate al año, y el intercambio global de confitería, del cual el chocolate tiene un papel principal, está estimado en 80 billones de dólares al año. (Castellanos D. *et al.*, 2007)

1.3.2.2. Clasificación Taxonómica

Según (Avendaño, C. *et al.*, 2011) El cacao es una especie diploide ($2n=20$ cromosomas), de ciclo vegetativo perenne. Linneo en 1753, primero ubicó el género *Theobroma* en la familia Tiliaceae. Después considero que podría ser incluido en la familia Sterculiaceae, y actualmente es incluido en la familia Malvaceae. *Theobroma cacao* es una de las 22 especies del género *Theobroma*, originaria de Sudamérica y partes de Centroamérica.

Según Avendaño Arrazate, C. *et al.*, 2011, la clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino	:	Plantae
Subreino	:	Tracheobionta
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Dilleniidae
Orden	:	Malvales
Familia	:	Malvaceae
Subfamilia	:	Byttnerioideae
Género	:	<i>Theobromeae</i>
Especie	:	<i>Theobroma cacao L.</i>

Sin embargo Mostacero León, *et al.*, 2002, considera la siguiente clasificación:

Reino	:	Plantae
Subreino	:	Tracheobionta
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Dilleniidae
Orden	:	Malvales
Familia	:	Sterculiaceae
Subfamilia	:	Byttnerioideae
Género	:	<i>Theobromeae</i>
Especie	:	<i>Theobroma cacao L.</i>

1.3.2.3. Fenología de *Theobroma cacao L.*

Existen diferentes plantas tropicales pertenecientes al género *Theobroma cacao*, se han reportado aproximadamente 22 especies, aunque solo una (*Theobroma cacao L.*, familia Sterculiaceae) presenta importante significancia comercial, por tal motivo ha sido estudiada con más detenimiento.

Es un cultivo permanente con periodo de vida de aproximadamente 40 años; crece entre los límites de 26° latitud norte y 26° latitud sur. Temperatura media entre 25° y 29°C, son sensibles a temperaturas mayores a 32°C. Se desarrolla en suelos no inundables, fértiles, ricos en materia orgánica, profundos y con buen drenaje. (Chacón de R., I. *et al.*, 2011)

Árbol

Theobroma cacao L. es un arbusto entre 2 y 7 metros de altura denominado cacao o cacaotero, en forma silvestre puede crecer hasta 20 metros de altura; este árbol posee una copa baja, densa y extendida. (Chacón de R., I. *et al.*, 2011) (Ver Foto 1.)

Hojas

Son grandes, alternas, elípticas u oblondas entre 15-50 centímetros de largo aproximadamente y entre 4-15 centímetros de ancho. (Chacón de R., I. *et al.*, 2011) (Ver Foto 2.)

Tallo

Crece en forma dimorfica, con brotes ortotrópicos. Ramas plagiotrópicas o en abanico; su corteza es de color castaño oscuro, áspera, agrietada y delgada. (Chacón de R., I. *et al.*, 2011) (Ver Foto 3.)

Flores

Crece a lo largo del tronco y de las ramas sostenidas por un pedicelo de 1-3 cm, son pequeñas, de color rosado, blando y púrpura comúnmente. La polinización del cultivo es entomófila destacando la presencia de pequeñas moscas de varias especies de género *Forcipomya*. (Chacón de R., I. *et al.*, 2011) (Ver Foto 4.)

Frutos

Es una baya grande comúnmente denominada "mazorca", carnosa, oblonga a ovada, amarilla o púrpura, de 15 a 30 cm de largo por 7 a 10 cm de grueso, puntiaguda y con camellones longitudinales; cada mazorca contiene en general entre 30 y 40 semillas dispuestas en placentación axial e incrustadas en una masa de pulpa desarrollada de las capas externas de la testa o cascarilla. (Chacón de R., I. *et al.*, 2011) (Ver Foto 5.)

Semillas

Son grandes del tamaño de una almendra, color chocolate o púrpura, de 2 a 3 cm de largo y de sabor amargo. No tiene albumen, están recubiertas por una pulpa mucilaginosa de color blanco, de sabor dulce y acidulado. Todo el volumen de la semilla en el interior está prácticamente ocupado por los 2 cotiledones del embrión. Se les llama vulgarmente "habas" o "granos" de cacao. Ricas en almidón, en proteínas, en materia grasa, lo cual les confiere un valor nutritivo real. (Chacón de R., I. *et al.*, 2011) (Ver Foto 6.)

1.3.2.4. Variedades comunes del cacao

Criollos

Es originario de Centroamérica, Colombia y Venezuela. Se distingue por tener frutos de cáscara suave, de esta variedad se produce el cacao fino o de mejor calidad. Este tipo de cacao posee un cotiledón de color entre marfil pardusco y castaño muy claro, con un olor de cacao dulce unido a un aroma delicado característico. (Prakash, H. *et al.*, 2011). (Ver Gráfico 1.)

Forasteros

Es originario de América del sur y es el más cultivado en las regiones cacaoteras de África y Brasil. Se distingue porque tiene frutos de cáscara dura y más o menos lisa. Sus semillas o almendras son de color morado y sabor amargo. (Prakash, H. *et al.*, 2011). (Ver Gráfico 1.)

Trinitarios

Surge del cruce del cacao Criollo y Forastero. Las mazorcas suelen ser de muchas formas y colores; las semillas son más grandes que las del cacao criollo y forastero; las plantas son fuertes, de tronco grueso y hojas grandes. En la actualidad la mayoría de los cacaotales que existen en el mundo son trinitarios. (Prakash, H. *et al.*, 2011). (Ver Gráfico 1.)

1.3.2.5. Productos y Subproductos obtenidos de la manufactura del *Theobroma cacao L.*

En el pasado, tal como en la actualidad; el cacao ha sido apreciado mundialmente no solo por su magnífico sabor, sino también por sus beneficios nutritivos, esta importancia lo ha convertido en un producto de lujo; que debido a sus diferentes presentaciones, puede ser accesible a todo tipo de público.

Del cacaotero se obtiene un fruto, el cual es una baya elipsoidal, ovoide, fusiforme, oblonga o esférica, que contiene de 20 a 40 semillas, las cuales sufren un proceso, de fermentación de dos etapas: anaerobio (etapa de hidrólisis o fase alcohólica) y aerobio (etapa de oxidación), después de ser retiradas del fruto. Luego son secadas y almacenadas en silos, posteriormente son llevadas a la industria donde sufren un proceso de transformación. Las semillas son la fuente de cacao comercial (chocolate y manteca de cacao). La transformación industrial de las semillas consta de una variedad de operaciones, que persiguen la obtención de diferentes tipos de productos. (Olivares, J. 2007)

En este sentido, existen dos clases de procesadores del grano de cacao: aquellos que producen productos para la confitería, la fabricación de chocolates y otros subproductos derivados del cacao, y los que se destinan a constituir materia prima para la industria alimentaria y farmacéutica. Otra manera de catalogarlos es como: industriales molineros y fabricantes de chocolate. En el caso específico de la molinera, ésta se dedica a la elaboración únicamente del licor de cacao, manteca de cacao, torta y polvo de cacao. (Olivares, J. 2007) (Ver Gráfico 2.)

1.3.2.6. Mercado y Comercialización del *Theobroma cacao* L.

Producción mundial

El cacao es producido por un buen número de países en el mundo, aunque se concentra especialmente en las zonas tropicales. En efecto, su cultivo predomina especialmente en África del Oeste, Asia, Sur y Centro América. La producción mundial se centra en los ocho países principales productores, cuya producción representa el 90 % del total mundial. En el mundo, los niveles anuales de producción se han desviado de forma considerable respecto al valor de tendencia, debido principalmente a la influencia de factores meteorológicos. (Mojica, A. *et al.*, 2006) (Ver Gráfico 3.)

En la distribución mundial de los países productores de cacao, destacan los países de América del sur, América central, México, el Caribe, África, Asia y Oceanía; los cuales cuentan con tierras de bosques húmedos tropicales. (Batista, L. 2009) (Ver Gráfico 4.)

Producción de cacao en Perú

El cacao es un cultivo que crece desde los dos mil metros sobre el nivel del mar hacia abajo y en la zona selva. Hoy las principales regiones productoras de cacao están en Cusco, San Martín, Ayacucho y Junín, que representan el 80% del total de la producción nacional. Sin embargo, en la cuenca del Pacífico apareció una nueva zona importante de producción como es Piura.

Piura se convirtió en un lugar con un cacao blanco muy reconocido en el mundo por su aroma y exquisito sabor. (Ver gráfico 5.)

Perú: Segundo exportador mundial de cacao. Revista digital UNMSM

Producción de cacao en la región San Martín

En los 7 últimos años se incrementaron en la región aproximadamente 13 000 hectáreas. El significativo aumento de los precios internacionales incentiva el incremento de áreas sembradas a partir del año 2004, muchas de las cuales ya están incorporadas al proceso de producción. Si se mantiene la tendencia positiva en la instalación de nuevas áreas y la productividad continúa en aumento, en un futuro cercano la región San Martín se convertirá en el primer productor de cacao a nivel nacional. (GIZ, 2007) (Ver Gráfico 6.)

Los principales demandantes del cacao regional son las empresas transformadoras nacionales, las cooperativas regionales para abastecer a sus clientes en el extranjero y en el mercado nacional, finalmente la

industria regional para la fabricación de chocolates prioritariamente. Muchos industriales compran el cacao en grano al barrer, sin exigencias en los porcentajes de fermentación y humedad requerido por los parámetros de calidad. Las cooperativas y la industria regional, en cambio, adquieren directamente el cacao en grano de sus asociados, con todas las exigencias de calidad requeridas para las exportaciones, adicionando los sellos de comercio justo, certificación orgánica y denominación de origen en lo que corresponde. Actualmente con denominación de origen sólo existe “Alto el Sol”, propiedad de ACOPAGRO. (GIZ, 2007).

La oferta de cacao en grano de la región para el año 2006 fue de 5 991 TM, con crecimiento de la oferta respecto al año anterior de 101 %, por la mejora en la productividad y el ingreso a la producción de mayores áreas instaladas. (GIZ, 2007).

Productos de desecho de la manufactura de *Theobroma cacao L.*

En el procesamiento industrial del *Theobroma cacao L.*, se obtienen desechos en cada una de las etapas para la fabricación de los derivados del cacao.

Cáscara: corresponde al 75 % del fruto; siendo este el principal desecho en la producción de cacao. Las cáscaras de cacao representan un grave problema para el cultivador, ya que al ser usado como abono sin compostar, se convierten en una fuente significativa de enfermedades causada por varias especies del género *Phytophthora* como la “mazorca negra”. Aunque las cáscaras de cacao se han tratado de utilizar para la alimentación de animales, su uso ha sido limitado ya que los altos contenidos de alcaloides presentes en las cáscaras restringen el consumo en animales, debido a que sus sistemas digestivos se ven impedidos para metabolizar dichos alcaloides. (Chacón de R., I. *et al.*, 2011) (Ver Foto 7.)

En el afán de encontrar una solución a los problemas que este tipo de desechos, genera se han realizado estudios que demuestran, que la cáscara de cacao posee un pigmento que es un poliflavonoglucosido, requerido por ser resistente al calor y la luz, es estable y muy utilizado como colorante de alimentos, otros estudios demuestran su altos contenidos de antioxidantes, también se han demostrado que pueden ser usadas para la elaboración de espumas de poliuretano (Padrón, G. *et al.*, 2004). Recientemente el estudio de un extracto alcalino de las cáscaras de cacao demostró una posible actividad anti-VIH ya que se observó que este extracto inhibe efectos citopatogenicos de VIH en cultivos celulares.

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 cáscara 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, L. *et al.*, 2012)

1.3.2.7. El estiércol como un recurso importante

Es un recurso extremadamente importante habiendo muchas maneras productivas en las que puede ser utilizado. Algunos de los usos más comunes incluyen:

- Fertilizante
- Abono
- Pajilla
- Reciclaje
- Realimentación
- Producción de Biogas
- Combustible Sólido

Mucho más del 95 % de todo el desperdicio animal es utilizado como fertilizante para la aplicación en el campo. Los nutrientes encontrados en el estiércol ayudan a construir y mantener la fertilidad del suelo, y su valor económico es calculado por la disponibilidad de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K). El estiércol debe de ser aplicado en el campo cuidadosamente porque el exceso de desperdicio puede dañar el crecimiento de los cultivos, contaminar el suelo, ocasionar contaminación del agua superficial y subterránea, y desperdiciar nutrientes.

El abono es un tratamiento microbiano aeróbico del estiércol sólido. Tiene la ventaja de reducir el volumen de estiércol y su transformación en una forma nutritiva más estable.

A la materia de desperdicio y a la orgánica se les permite descomponerse apiladas en un montón. Cuando se riegan en el campo, los nutrientes son liberados lentamente dentro del suelo para su utilización por los cultivos. Temperaturas arriba de 160 grados pueden ser generadas. Debido a que el oxígeno es necesario para el abono, el montón debería de ser volteado regularmente para incorporar al oxígeno y para permitir el abono del material menos descompuesto que está en el borde del montón. (Field, Y., L. *et al.*, 1996)

Con el transcurso del tiempo y la aparición de nuevas tecnologías en el campo agrícola, se comenzó a usar mucho el abono sintético (no natural). Esto dejó un poco de lado el uso de estiércol. Sin embargo, la agricultura ecológica ha recuperado el estiércol, especialmente por su gran valor en relación a la tierra. A esta le puede entregar una gran cantidad de nutrientes, sumado a un aporte en materia orgánica que estimula la presencia de microorganismos del suelo, que son los que fertilizan la tierra.

1.3.2.8. Ventajas generales del uso de estiércol

El estiércol es desde hace mucho tiempo el abono orgánico que más se usa para fertilizar los suelos. Años atrás se usaban grandes cantidades en los campos, pero luego se dejó un poco lado por el abono sintético. El estiércol cuando se descompone, se transforma en una materia rica en flora microbiana que es muy beneficiosa para la tierra y las plantas. Este tipo de estiércol ayuda al ahorro, ya que así no se requiere de abonos químicos más costosos de fabricar. El proceso de descomposición del estiércol es muy útil, ya que elimina semillas de malas hierbas, elimina hongos, virus y bacterias.

1.3.2.9. Estiércol de ganado vacuno

Es un estiércol seco que se puede usar como combustible. De todos los tipos de estiércol, es el más relevante y el más producido en las explotaciones rurales. Es bueno para la mayoría de las plantas y se adecúa a todos los suelos. Le da consistencia a la tierra móvil y arenosa, ligereza a suelos barrosos y refresca los que son calizos o cálidos. Es el que más dura en el tiempo y su fuerza dependen de la alimentación que se les dé a los animales

1.3.2.10. Asuntos medioambientales del manejo del estiércol

El manejo del estiércol animal se define como un proceso de toma de decisiones que apunta a combinar la producción agrícola rentable con pérdidas mínimas de nutrientes del estiércol, tanto en el presente como en el futuro. El buen manejo del estiércol minimizará los efectos negativos y estimulará los efectos positivos sobre el medio ambiente. La emisión de gases y el lavado de nutrientes, la materia orgánica y los olores tienen efectos indeseables sobre el medio ambiente.

La contribución del estiércol a la nutrición de las plantas y a la acumulación de materia orgánica en el suelo es considerada como efecto positivo. Un efecto positivo indirecto es que el uso del estiércol puede ahorrar recursos no renovables usados en la producción de fertilizantes inorgánicos.

Los aspectos negativos y positivos del estiércol están estrechamente relacionados entre sí porque las emisiones en un estado temprano inevitablemente tienen repercusiones en los efectos positivos sobre el suelo y sobre las cosechas en etapas posteriores. Las cantidades de nutrientes tales como N, P y K tomadas por el cultivo determinan el valor agrícola del estiércol y dependen de las cantidades de nutrientes emitidas durante el traspaso desde el animal hasta el cultivo. Cuanto más grande sea la pérdida de nutrientes, menor será el valor agrícola del estiércol. (Ver Gráfico 7.) (FAO, 1999).

Impacto Medioambiental Positivo

- Fertilización del suelo por aplicación de estiércol: la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos produce dióxido de carbono (CO₂), agua y minerales de los nutrientes vegetales tales como N, P, S y metales. La mineralización es la transformación de elementos con enlaces orgánicos en nutrientes disponibles para las plantas. La aplicación de estiércol a los campos de cultivo o a las pasturas reducirá los requerimientos de fertilizante artificial.
- Mejoramiento de la fertilidad del suelo: se asume que la materia orgánica que permanece en el suelo después de un año de la aplicación forma parte del mismo y se descompondrá gradualmente con el paso del tiempo, liberando nutrientes para las plantas.

- Mejoramiento de la estabilidad estructural del suelo. La materia orgánica también está involucrada en las propiedades físicas del suelo, tales como porosidad, aireación y capacidad de retención de agua. Por lo tanto mejora la estructura del suelo y reduce la vulnerabilidad de éste a la erosión.
- Mejoramiento del potencial del fertilizante inorgánico: la materia orgánica en el suelo incrementa la capacidad de absorción de minerales, reduciendo la pérdida de los elementos traídos con los fertilizantes. Los elementos absorbidos son liberados gradualmente para la nutrición de las plantas. (Brandjes *et al.*, 1996)

Impacto Medioambiental Negativo

- Emisiones de Amoníaco: antes y durante el almacenamiento y durante la aplicación a los campos.
- Emisión de NOx: éste se forma como un producto secundario del proceso de desnitrificación.
- Emisión de metano: formado durante la descomposición del estiércol bajo condiciones anaeróbicas.
- Escorrentía del estiércol y de sus componentes hacia el agua superficial: contribuyendo a la polución acuática.
- Lavado de nitratos y fósforo al agua subterránea: contribuyendo a la contaminación de aguas subterráneas. (Brandjes *et al.*, 1996)

1.3.2.11. 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.

Uno de los principales objetivos del proceso es estabilizar la materia orgánica presente en los residuos orgánicos que comprenden una amplia gama de diferentes materiales, desde los más sencillos como las proteínas, grasas y azúcares, hasta los más complejos y recalcitrantes como celulosa, hemicelulosa y lignina (Avendaño, C. 2003).

Inicialmente, la materia orgánica seleccionada es atacada por microorganismos descomponedores cuyo crecimiento exotérmico eleva la temperatura de la masa hasta los 75°C. En esta fase se seleccionan microorganismos termófilos aerobios debido a los sucesivos volteos de la masa en la zona de fermentación.

Durante esta primera fase termófila con una duración aproximada de 15 días (varía de acuerdo con los residuos) se espera que los patógenos, larvas de insectos y semillas de malezas sean eliminados, garantizando de esta forma sanitariamente el producto final obtenido. (Sylvia *et al.*, 2005)

La eliminación total de los patógenos concluye con la acción antibiótica generada por numerosos hongos y actinomicetos aerobios (Avendaño, 2003). Finalmente, el producto comienza la fase de maduración hasta que se obtiene un producto estable de color oscuro.

Los residuos orgánicos ocupan en el mundo un lugar prioritario ya que constituyen entre el 30 y el 65 % de los residuos domiciliarios y más del 85 % de los residuos considerados agrícolas. (Sztern y Pravia, 1999)

Es por esta razón que la tendencia actual es la reducción sustancial del volumen de los residuos cuya fracción orgánica será la materia prima de los procesos de compostaje.

1.3.2.12. Historia Contemporánea del Compostaje

El hombre desde épocas remotas ha utilizado los residuos orgánicos como fuente de materia orgánica para sus cultivos y como acondicionadores de suelos (Luque, O. 1997) compostaje tiene su aplicación desde hace miles de años. Los chinos compostaban todos sus residuos orgánicos de sus campos y casas. En Jerusalén parte de los residuos urbanos se quemaban y con los demás se hacía compost. (Corazón Verde. 1996).

El primer desarrollo significativo del compostaje en el siglo pasado proviene de una experiencia realizada en la India, llevada a cabo por el inglés Albert Howard desde 1905 a 1947, basado en el método que se conoce como proceso “indore” en homenaje al estado donde se realizaron los experimentos y se marcaron los primeros avances en el sistema de pila con volteo (Luque, 1997).

Fue en el año 1925 cuando en Europa comenzó a estudiarse la posibilidad de descomponer a gran escala las basuras de las ciudades con la puesta en marcha del método indú Indore. Simultáneamente a las experiencias que se obtenían en la india, en Italia en el año de 1922, se desarrollaba un método que utilizaba tanto el proceso aeróbico como anaeróbico en un sistema cerrado, este proceso se denominó “Beccari” (Opazo, 1991).

En 1929 se estableció la primera planta de compostaje en Wijster, Holanda, y en 1932 en la ciudad holandesa de Hanmer se instaló la primera planta de compost hecho con las basuras urbanas con el método denominado “Maanen” (modificación del sistema Indore que consistía en usar grandes trincheras). A principios de la década de los 60, había en Europa 37 plantas. Dicho número aumentó considerablemente durante dicha década, y a primeros de los 70 se llegó a 230 plantas. (Corazón Verde. 1996).

En 1955 se construyó otra fábrica en Mierlo, Holanda cuyo sistema se conoce con el nombre de VAM Maanen (Rev el Campo, 1979 citado por Martínez, 1996). Actualmente en Europa existen plantas capaces de procesar más de 1 000 toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU) (Heno, 1996). En la década de los cincuenta, se realizaron estudios de compostación de residuos sólidos urbanos por parte de las Universidades de Michigan y California en EE.UU obteniendo un producto final de buena calidad. (Opazo, 1991)

1.3.2.13. Importancia del Compostaje

Es necesario compostar porque se evita la acumulación de residuos y al mismo tiempo se aprovechan en gran medida los residuos generados en los diferentes sistemas de producción, evitando así una pérdida importante de energía dentro del ecosistema. Al darle un buen manejo a los residuos mediante el compostaje, se tratan los residuos de una forma económicamente viable, socialmente aceptable y ambientalmente saludable y de esta forma se contribuye a la conservación de los recursos naturales (Labrador, 2001).

1.3.2.14. Sistemas de compostaje según Labrador (2001) y Costa *et al.*, (1991)

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.

- Con aireación por succión (Sistema Beltsville*). Sin volteos; es el que necesita mayor tiempo de fermentación. Suficiente para proveer de una concentración de oxígeno de 15 % a un compost compuesto de lodo de depuradora y de virutas de madera.
- Con aire espirado en conjunción con el control de la temperatura (Sistema Rutgers**).
- Ventilación alterna y control de temperatura

Apilamiento con volteo. Volteos en función de la temperatura y la humedad el cual permite diseñar pilas de mayor altura.

Apilamiento con ventilación forzada. Sistema mecánico de ventilación por tuberías o canales.

*El sistema de succión se ideó en Beltsville por la U.S.D.A. y es ampliamente empleado en U.S.A (Costa *et al.*, 1991)

**Se realizó en la Universidad de Rutgers en New Jersey (Costa *et al.*, 1991)

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.

- Continuos. Con alturas de 4 a 10 m donde el material compostable se encuentra en masa única. En este sistema se controla temperatura, aireación y características de los gases. El tiempo de compostaje es corto (dos semanas).
- Discontinuos. Reactores divididos en varios niveles, de 2 a 3 m de altura, donde la masa se voltea en la parte superior descendiendo al siguiente nivel según su madurez. El tiempo de fermentación es de una semana.

Reactores horizontales.

- Estáticos. Tiempo de compostaje de 15 a 30 días. El producto requiere un compostaje posterior.
- Dinámico. Cilindro de 2 a 3 m de diámetro y con giros de 2 a 3 rpm., donde los residuos permanecen en el reactor de 24 a 36 horas. El material es compostado posteriormente en pilas o reactores.

1.3.2.15. Factores que condicionan el proceso de compostaje

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 (Röben, 2002). (Ver Gráfico 8.)

Naturaleza del sustrato

En general los principales residuos biodegradables que se incluyen en el proceso de compostaje son de origen agrícola, tanto de naturaleza animal como vegetal.

También se incluyen los desechos líquidos, urbanos como los residuos sólidos urbanos (RSU) y desechos del tratamiento de aguas residuales, industriales como los desechos de madera, agroindustriales como los residuos azucareros, vinícolas, cafeteros etc. (Climent *et al.* (1996), Labrador (2001), Costa *et al.* (1991), Henao (1996), entre otros).

Tamaño de las partículas

La mayoría de los residuos son de forma irregular y con poca superficie específica por lo cual es importante reducir el tamaño de estos, ya que se incrementa la velocidad de las reacciones bioquímicas, lo cual favorece la actividad microbiana

(Röben, 2002). Se aconseja un tamaño adecuado de partículas de 1 - 5 cm., de diámetro. El exceso de partículas pequeñas puede llevar fácilmente a favorecer la putrefacción, lo que no es ideal para la producción de compost (Bongcam, 2003; Climent *et al.*, 1996; Tchobanoglous *et al.*, 1994).

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 siguiente 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).

Contenido de humedad

Para Henao (1996) el agua es uno de los factores más importantes en el proceso de compostaje. Si su contenido es muy bajo, se detiene la actividad microbiológica del proceso; y si es muy alto se dan condiciones anóxicas porque el agua desplaza al aire de los espacios libres existentes. Soto (2003) menciona que altos niveles de humedad pueden facilitar una mayor pérdida de nitrógeno, que favorecen la desnitrificación. El contenido de humedad óptimo del proceso de compostaje deberá estar entre el 50 y 60 % en peso (Corbitt, 2003; Tchobanoglous *et al.*, 1994) (Ver Tabla 2.)

Relación Carbono / Nitrógeno (C/N)

La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. El Carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción.

La proporción C/N es considerada crítica en la determinación del grado de descomposición y debe ser establecida con base al carbono disponible. En general, una relación de 30:1 es considerada ideal, pues altas proporciones tienden a retardar el proceso de descomposición, mientras que proporciones menores a 25:1 pueden generar problemas de olores.

Cuando el nitrógeno se encuentra en exceso, este se pierde como amoníaco gaseoso causando olores indeseables en el mismo compost, ya que hay una producción de cadaverina y putrescina causantes de este fenómeno por desaminación, en contraste al haber poco nitrógeno se reduce la población microbiana y al mismo tiempo la velocidad de compostaje (Avendaño, 2003; Sztern y Pravia, 1999).

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-Almela *et al.*, (2001). (Ver Tabla 2.)

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 (40 a 60°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) (Ver Tabla 2.)

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. (Ver Tabla 2.)

pH

El pH, al igual que la temperatura, varía con el tiempo durante el proceso de compostaje debido a su acción sobre los microorganismos, por lo que se convierte en una medida de vital importancia para evaluar el ambiente microbiano y la estabilización de los residuos (Tchobanoglous *et al.*, 1994). En general, los hongos toleran un margen de pH ligeramente ácido (entre 5-8), debido a que los productos iniciales de la descomposición son ácidos orgánicos. Al cabo de unos días, el pH se vuelve ligeramente alcalino debido a la liberación de amoníaco durante la transformación de las proteínas por parte de las bacterias, las cuales prefieren un medio casi neutro (pH= 6-7,5) (Salcedo, 1998; Labrador, 2001).

El pH recomendado para un sistema de compostaje debe estar en un rango de 6.5 a 8. (Ver Tabla 2.)

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) (Ver Tabla 1.)

Tabla 1. Condiciones ideales para el compostaje

CONDICIÓN	RANGO ACEPTABLE	CONDICIÓN OPTIMA
Relación C:N	20:1 – 40:1	25:1 – 30:1
Humedad	40 -65%	50 – 60%
Oxigeno	> 5%	8%
pH	5.5 – 9.0	6.5 – 8.0
Temperatura °C	55 – 75	65 – 70
Tamaño de partícula	0.5 – 1.0	variable

Fuente: Rynk, 1992; citado por Soto, 2003

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) (Ver Tabla 2.)

Tabla 2. Relación de microorganismos, temperatura y tiempo de exposición necesarios para la destrucción de algunos patógenos y parásitos comunes durante el compostaje.

MICROORGANISMOS	OBSERVACIONES Y TIEMPO DE SUPERVIVENCIA
<i>Salmonella sp</i>	Muerte dentro de una hora a 55°C y dentro de 15 a 20 minutos a 60°C
<i>Shigella sp.</i>	Muerte dentro de una hora a 55°C
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Muere dentro de 10 minutos a 54°C
<i>Ascaris lumbricoides</i> (huevos)	Mueren en menos de una hora a temperaturas por encima de 50°C
Algunas formas de hongos	No sobreviven
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Destruídos a 49°C
<i>Leptospira philadelphia</i>	2 días
<i>Microbacterium tuberculosis</i>	14 días
Otros virus que afectan humanos	7 días
<i>Poliovirus</i>	3 a 7 días a 49°C
<i>Salmonella</i>	7 a 21 días
<i>Shigella</i>	7 a 21 días

Fuente: adaptada de Luque, 1997 y Tchobanoglous *et al.*, 1994

1.3.2.16. Materiales estructurales en el proceso de compostaje

La utilización de un material estructural, según García (2000) y Mariño (2004) previene la compactación del suelo, e incrementa la porosidad y la accesibilidad de oxígeno. Los materiales estructurales más frecuentes son paja, cascarilla de arroz y otra vegetación fibrosa, virutas y material inerte sintético (Kolmans, E. *et al.*, 1996). Entre los materiales estructurados más utilizados en el compostaje están:

La cascarilla de arroz. Este material mejora las características físicas tanto del suelo, como de los abonos orgánicos; y es una fuente rica en lignina y sílice (este último favorece a los vegetales del ataque de insectos y microorganismos). Como cascarilla carbonizada aporta fósforo, potasio y corrige la acidez del suelo (Restrepo, 1996).

Pulpa de café. Cuenta con variedad de nutrientes, siendo rica en nitrógeno y potasio, cerca de 3 y 4 % respectivamente de cada uno de estos nutrientes en base seca, (Vieira y Ochoa (2000) y Soto (2003) mencionan que es un material óptimo, ya que además de presentar un alto contenido de nitrógeno, es alta en azúcares, agua, fuentes de carbono y presenta un tamaño de partícula adecuado. Labrador (2001) afirma que para ser compostado este material debe mezclarse con otros que aporten aire y mejoren la retención de agua.

La cachaza. Llamada también torta de filtro, es un material residual derivado del proceso de la molienda de la caña de azúcar; y contiene un adecuado tamaño de partícula, buen pH, y alto contenido de azúcares y fósforo (Bajaña, 1998; Bruzon, 1994 y Soto, 2003). La cachaza puede ser de gran importancia como abono orgánico, ya que posee alto porcentaje de ceras, grasa, celulosa y lignina, sustancias que dan origen al Humus.

Bagazo. Subproducto estructural de la caña de azúcar generado después de la molienda y posterior extracción del jugo azucarado. El bagazo presenta una elevada relación C/N, y una vez compostado se puede utilizar como sustrato o como abono orgánico, siendo muy eficiente para el suministro de potasio a las plantas, aunque necesita un tiempo para su transformación en el suelo (Labrador, 2001).

1.3.2.17. 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); Mariño (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.

1.3.2.18. Otros organismos asociados al compost

La pila de compost definitivamente es una interacción entre microorganismos y macroorganismos que efectúan su trabajo sobre los residuos compostables. Las bacterias y los hongos comienzan el proceso de descomposición de la materia orgánica, y a medida que avanza el proceso se unen los actinomicetos, y luego miriápodos, insectos y gusanos de tierra.

Luque (1997) menciona que se han identificado otra serie de organismos de relativa importancia en el proceso, en especial en la etapa mesofílica, como protozoarios, nematodos, hormigas, lombrices y ácaros. El mismo autor también indica que la masa de organismos puede alcanzar hasta el 25 % del total del peso del compost.

Según Kiehl (1998) el compost contiene hasta al final del proceso de descomposición una enorme población de microorganismos y algunos macroorganismos. Los macroorganismos son pequeños animales que habitan en el suelo y que pueden ser observados a simple vista, los cuales ayudan al proceso de compostaje, mediante el ataque físico sobre los desperdicios orgánicos, rompiéndolos en pequeños pedazos los cuales son rápidamente degradados por los microorganismos.

1.3.2.19. Criterios de calidad del compost

Según Labrador (2001) la calidad refleja la madurez del compost, y la obtención de un producto orgánico estable. La calidad de los composts está afectada por el material original (grado de digestión, contenido original de nutrientes, etc.) y por el sistema de compostaje utilizado (Mazzarino *et al.*, 2005). Cegarra (1994) dice que para evaluar la calidad de los materiales orgánicos, durante y al final del proceso de compostaje, se proponen criterios basados en la cuantificación de los parámetros físicos, químicos y biológicos.

Estos criterios definen las características benéficas del compost y permiten recomendar su aplicación para diferentes finalidades agrícolas. (Ver Tabla 3.)

Tabla 3. Características de un compost comercialmente aceptable

CARACTERISTICA	RANGO OPTIMO	CARACTERISTICA	RANGO OPTIMO
% N	>2	% P	0.15 – 1.5
C:N	<20	Color	Café - negro
% Cenizas	10 - 20	Olor	Tierra
% Humedad	< 40	CICE (meq/100g)	75 - 100

Fuente: Paúl y Clark, 1996, citado por Soto *et al*, 2003

1.3.2.20. Aspectos medioambientales del compost

Ventajas según Salcedo (1998), Cubero (1994) y Bongcam (2003)

Propiedades físicas:

- Mejora la estructura y estabilidad del suelo.
- Mejora su textura y su permeabilidad (regulación del balance hídrico del suelo), lo que facilita su aireación y por lo tanto la respiración de las raíces.
- Reduce el riesgo de erosión porque los suelos compactos se sueltan y los arenosos se compactan por la acción de la materia orgánica.

Propiedades químicas:

- Aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste.
- Aumentan la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que se aumenta la fertilidad.
- Proporciona cantidades generosas de nutrientes especialmente de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, hierro, que se van liberando lentamente, facilitando el aprovechamiento por las plantas y estimulando su ciclo vegetativo.

- Los abonos orgánicos (compost) forman complejos que retienen los macro y micronutrientes, evitando su pérdida por lixiviación; además, incrementan la retención de la humedad en el suelo, lo que le confiere resistencia a la sequía.
- Mejora las características químicas del suelo, dado que la materia orgánica puede retener hasta 10 veces más nutrientes que las arcillas.

Propiedades biológicas

- Favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios.
- Proporciona energía para los microorganismos renovando y aumentando la “vida” del suelo al promover la proliferación de micro y macroorganismos útiles para la actividad biológica y la disponibilidad de elementos minerales, mejorando gradualmente la fertilidad del suelo.

Desventajas según Dalzell, (1991)

- Plantea que el mayor porcentaje de desechos orgánicos procedentes de comunidades humanas y animales están contaminados en alguna medida con gérmenes patógenos que pueden causar infecciones en el hombre, los animales y plantas.
- Los residuos orgánicos fácilmente biodegradables atraen vectores de enfermedades y pueden ser causa de malos olores y facilitar la diseminación de semillas de malas hierbas.
- Es un proceso que requiere de tiempo, conocimientos, y técnicas para el normal desarrollo del sistema en condiciones óptimas sin causar problemas.

1.3.3. Definición de Términos

Actinomicetos: Grupo de bacterias Gram positivas. La mayoría presentes en la tierra, cumplen importante rol en la descomposición de materia orgánica, tales como la celulosa y quitina.

Análisis de varianza: Es un método para comparar dos o más medias de “n” grupos analizando la varianza de los datos tanto entre “n” grupos como entre ellos.

Basidiomicetos: División del reino Fungi que incluye los hongos que producen basidios con basidiosporas.

Celulosa: Biomolécula orgánica más abundante ya que forma la mayor parte de la biomasa terrestre. Se encuentra en la pared de las células vegetales, y fue descubierta en 1838.

Coefficiente de Determinación: Es una ecuación que obtiene elevando al cuadrado el coeficiente de correlación. Se representa simbólicamente como r^2 y puede tomar valores entre 0 y 1. Mide la proximidad del ajuste de la ecuación de regresión de la muestra a los valores observados de la variable dependiente.

Coefficiente de variación: La relación entre el tamaño de la media y la variabilidad de la variable. A mayor valor del coeficiente de variación mayor heterogeneidad de los valores de la variable; y a menor C.V., mayor homogeneidad en los valores de la variable.

Desaminacion: Reacción química que causa la ruptura de un grupo amino. Esta reacción es muy importante a nivel biológico en la degradación de los aminoácidos.

Desnitrificación biológica: Reacción de respiración anaeróbica, en la que se elimina el nitrato (NO_3) convirtiéndolo en los compuestos anteriores. Las bacterias desnitrificadoras son autótrofas aeróbicas o heterótrofas que pueden transformarse para tener un crecimiento anaeróbico cuando se usa el nitrato como aceptador de electrones (Bitton 1994).

Desviación Estándar: Conocida también como desviación típica, es una medida de dispersión que se obtiene como la raíz cuadrada de la varianza.

Diseño Experimental: El diseño experimental es el arreglo de las unidades experimentales utilizado para controlar el error experimental, a la vez que acomoda los tratamientos. El logro de la máxima información, precisión y exactitud en los resultados, junto con el uso más eficiente de los recursos existentes, es un principio a seguir en la elección del diseño adecuado del experimento.

Efecto citopatogenico: Cambios morfológicos en una célula cultivada causados por daño citopático.

Error experimental: Es un error estadístico e indica que se origina por la variación que no está bajo control.

Género *Phytophthora*: Género de protistas de la clase Oomycetes que ocasionan plagas en las plantas. Principalmente patógenos de dicotiledóneas y son relativamente específicas de las plantas que parasitan. Varias especies son patógenas de plantas de considerable importancia económica.

Grados de Libertad: Es un estadístico calculado en base a "n" datos, se refiere al número de cantidades independientes que se necesitan en su cálculo, menos el número de restricciones que ligan a las observaciones y al estadístico, simbólicamente se representa gl.

Hemicelulosa: Heteropolisacárido, forma parte de las paredes de las células vegetales, recubriendo la superficie de las fibras de celulosa y permitiendo el enlace de pectina.

Lignina: Polímero presente en las paredes celulares de organismos del reino Plantae y también en las Dinophytas del reino Chromalveolata. La lignina se encarga de engrosar el tallo.

Lignocelulosa: (celulosa, hemicelulosa y lignina). Principal componente de la pared celular de las plantas, esta biomasa producida por la fotosíntesis

Mesófilo: Organismo que tiene una temperatura óptima de crecimiento de entre 15 y 35 °C.

Método “indore”: Creado por Sir Albert Howard, proceso para producir humus a partir de restos vegetales y animales. Principios fundamentales: la mezcla de restos vegetales y residuos animales con una base para neutralizar la acidez, y el tratamiento del material para que los microorganismos responsables del proceso estuvieran en las condiciones más adecuadas. El sistema se realiza en mesetas o en zanjas (dependiendo de la climatología de la zona) durante tres meses con dos volteos y riego periódico.

Mucilago: Sustancia vegetal viscosa, coagulable al alcohol. También es una solución acuosa espesa de una goma o dextrina utilizada para suspender sustancias insolubles y para aumentar la viscosidad.

Mucorales: Orden más grande y mejor estudiado de los fungi Zygomycetes. Se multiplican por esporas inmóviles diseminadas por la acción del viento. Pueden originarse en el interior de los esporangios o en el exterior de las hifas.

Prueba de Duncan: Es un instrumento utilizado para realizar la comparación de rangos múltiples de medias. Este procedimiento se basa en la noción se basa en un rango estandarizado.

Termófilo: Organismos vivos que pueden soportar condiciones extremas de temperatura relativamente altas, por encima de los 45°C.

Varianza: Conocida también como variancia, es una medida de dispersión de la información. Se obtiene como el promedio de los cuadrados de las desviaciones de los valores de la variable respecto de su media aritmética.

1.4. Variables

1.4.1. Variable Independiente

X = Dosis de estiércol fresco de ganado vacuno

Indicador

- Cantidad de estiércol fresco en Kg.

1.4.2. Variable Dependiente

Y = Producción de compost a partir de la cáscara de “cacao”
(*Theobroma cacao L.*)

Indicadores

- Concentración de nutrientes (N, P, K; relación de C:N)
- pH

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis Nula

H₀ = La aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno no influye significativamente en la producción de compost a partir de la cáscara de “cacao”
(*Theobroma cacao L.*)

1.5.2. Hipótesis Alterna

H₁ = La aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno influye significativamente en la producción de compost a partir de la cáscara de “cacao”
(*Theobroma cacao L.*)

Capítulo II: Marco Metodológico

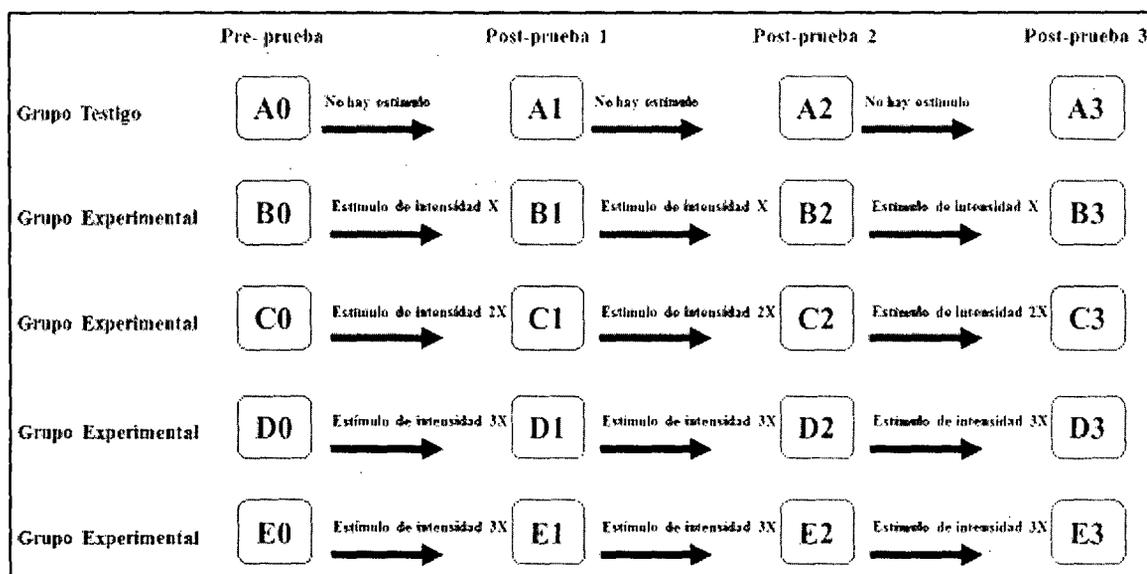
2.1. Tipo de investigación

De acuerdo a la orientación; Aplicada, la presente investigación pretende recopilar información básica necesaria para futuras investigaciones, procurando aportar alternativas de solución a problemas prácticos en el tratamiento de los residuos orgánicos que se generan en la actividad de la industria cacaotera.

De acuerdo a la orientación; Explicativa, los datos obtenidos mediante la observación de los fenómenos condicionados durante el tiempo de experimentación, se interpretan en los resultados a través de los gráficos elaborados.

2.2. Diseño de Investigación

Para esta investigación se ha utilizado un diseño experimental de **Estímulo Creciente**. Este diseño experimental es una variación del diseño clásico, en la que se usan varios grupos idénticos que servirán de grupos experimentales. La variable “estímulo” es aplicada en magnitudes diferentes a cada grupo, uno de los cuales, el testigo por antonomasia, no recibe estímulo alguno. Es un diseño frecuentemente utilizado en estudios experimentales. Este diseño confiere mayor validez y confiabilidad al estudio, porque permite establecer variaciones concomitantes expresables, la mayor parte de veces, en fórmulas matemáticas. (Bocanegra, 1999)



2.3. Población y Muestra

2.3.1. Población

Conformada por 3 000 Kg aproximadamente de cáscaras fresca de “cacao”, residuo orgánico generado en una hectárea de cultivo cacaotero de una plantación con 6 años de establecimiento en el distrito de Soritor, Valle del Alto Mayo, Moyobamba, Región San Martín.

2.3.2. Muestra

Conformado por 150 Kg aproximadamente de cáscara fresca de cacao obtenido dentro de la hectárea en evaluación en la finca de estudio en el Valle del Alto Mayo, Moyobamba, Región San Martín.

2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

2.4.1. Trabajo de Campo

Previamente a la experimentación, se identificó áreas de cultivo cacaotero en el Valle del Alto Mayo, encontrando fincas cercanas a la ciudad de Moyobamba, en la localidad de Marona, Yantaló y Soritor.

En la observación de estas fincas se reconoció que cuentan con áreas de cultivo cacaotero de entre 2 a 5 ha cuyas plantaciones aun no superan los 8 años. Se ha podido observar gran cantidad de residuos orgánicos dispersados por toda el área de cultivo, lo que evidencia que no realizan prácticas de compostaje o algún otro método de reutilización de los residuos que generan. (Ver Foto 8.)

Luego se identificó establos ganaderos en las cercanías de las fincas visitadas, donde se recolectó el estiércol utilizado en la experimentación. Estos lugares cuentan con importantes cantidades de este material, los propietarios de estos establecimientos se limitan a limpiar el área de descanso de los animales y formar altas pilas en donde se espera su descomposición natural. (Ver Foto 9.)

La ejecución del experimento se llevó a cabo en áreas verdes de la Facultad de Ecología, en la ciudad de Moyobamba, habiendo hecho limpieza de malezas y demarcación de los espacios. (Ver Foto 10.)

2.4.1.1. Método del Sándwich o Capas Apiladas

Se trata de colocar capas apiladas una tras otra alternando los materiales a usar previamente pesados.

Teniendo en cuenta lo mencionado se elaboró las pilas composteras haciendo uso de una tabla de control de materiales para verificar el orden y dosis de acuerdo al tratamiento (Ver Gráfico 10.) (Ver Foto 11.)

Mediante el cronograma de actividades establecido se recolecta la información de los indicadores para evaluar la evolución. En el caso de pH cada 5 días (Ver Gráfico 11.) (Ver Foto 11.) y en el caso de N, P, K y relación C:N cada 25 días. (Ver Gráfico 12.)

2.4.2. Trabajo de Laboratorio

La recolección de datos de los indicadores N, P, K y relación C:N se ha realizado en los ambientes del Laboratorio de Análisis de Suelos Agrícolas de la Oficina de Coordinación del proyecto Especial Alto Mayo en el distrito de Nueva Cajamarca.

Cada muestra ha debido ser procesada correctamente para su respectivo análisis (secado, molienda y tamizado) teniendo en cuenta la fecha de ingreso al laboratorio y las etiquetas correspondientes a su tratamiento y repetición. (Ver Foto 12.)

En el análisis de cada muestra se han utilizado los siguientes métodos:

2.4.2.1. Análisis de Nitrógeno – Método Micro Kjeldahl (Ver Foto 13.)

- Haciendo uso de la balanza electrónica se pesan 0.10 gr de cada muestra. Se añaden 0.10 gr de Sulfato de Selenio (SeS_2 , catalizador) y se coloca en un balón Kjeldahl; a esto se añade luego 3 ml de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4).
- Se coloca los balones en el Digestor Micro Kjeldahl y se procesa durante 20 minutos, hasta que el contenido se torne un color claro o verde, se deja enfriar y se añade 10 ml de agua desionizada.
- Luego de haber dejado reposar por 10 min se extrae 10 ml de cada muestra y se coloca en el Destilador Kejdahl, seguidamente adicionamos 10 ml de Hidróxido de Sodio (NaOH) a 6 N conteniendo Fenolftaleína.
- Se deja destilar durante 5 min, teniendo en cuenta la formación de la primera gota en las paredes del destilador. Se recibe el destilado en un vaso de precipitación conteniendo 10 ml de Ácido Bórico (H_3BO_3).
- Luego titular con Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) a 0.020 N, teniendo en cuenta el viraje de color desde azul a rojo. Anotamos el gasto y se procede a calcular.

2.4.2.2. Análisis de Fósforo Disponible – Método Olsen (Ver Foto 14.)

- En la balanza electrónica se pesan 2 gr de cada muestra depositados en viales. Es necesario ser lo más preciso en este procedimiento para garantizar mayor exactitud en los resultados.
- Se añaden 20 ml de solución Extractante de Olsen (NaHCO_3 0,5 M, pH 8,5) y se dispone los viales en una bandeja para colocar en el agitador múltiple. Se deja agitar durante 15 minutos a 50 rpm.
- Se prepara otros viales adaptados con papel filtro y se vacía la solución obtenida. Se espera hasta que toda la solución haya pasado por el filtro.
- Disponemos nuevos viales y se extrae 3 ml de la solución de cada muestra, se añade 10 ml de solución de color o Solución B. Se analiza en el Espectrofotómetro. Se anota los resultados para realizar los cálculos.

2.4.2.3. Análisis de Potasio Total – Método Acetato de Amonio 1 N, pH 7

(Ver Foto 15.)

- En la balanza electrónica se pesan 2.5 gr de cada muestra y se colocan en viales de plástico respectivamente.
- Se añaden 25 ml de Acetato de Amonio ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) y se dispone los viales en una bandeja para colocar en el agitador múltiple. Se deja agitar durante 15 minutos a 50 rpm.
- Se prepara otros viales plásticos adaptados con papel filtro y se vacía la solución obtenida. Se espera hasta que toda la solución haya pasado por el filtro.
- Disponemos nuevos viales y se extrae 2 ml de la solución de cada muestra, se añade 18 ml de Agua Desionizada. Se analiza la observancia en el Fotómetro.

2.4.2.4. Análisis de Carbono Orgánico – Método Walkley – Black (Ver Foto 16.)

- Usando la balanza electrónica se pesan 0.10 gr de cada muestra y se colocan en un matraz de Erlen Mayer respectivamente.
- Se añaden 10 ml de Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$) + 5 ml de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4); y se deja reposar durante 15 min.
- Luego agregar 40 ml de Agua Desionizada + 5 ml de Ácido Ortofosfórico (H_3PO_4) + 4 gotas de Ferroína (indicador).
- Luego valorar con Sulfato Ferroso ($FeSO_4$) al 0.5 N, tomar en cuenta el viraje de color de verde brillante a rojo vino.
- Anotar el gasto. Y mediante la multiplicación con un factor universal de 1.724 obtenemos el porcentaje de materia orgánica. (Ver resultados en anexos)

2.4.2.5. Determinación de Materia Orgánica – Método por Calcinación

- Haciendo uso de la balanza electrónica se pesan en primer lugar el recipiente de cerámica en el que se va a depositar la muestra, seguidamente agregamos 2.00 gr de cada muestra. Se toma nota del peso en total.
- Seguidamente se introduce los crisoles de cerámica en el interior de la mufla, aseguramos de cerrar bien la compuerta y se calibra en 400°C, se deja calcinar durante 4 horas.
- Transcurridas las 4 horas, se apaga la Mufla y se deja enfriar, para luego pesar los crisoles conteniendo las cenizas y efectuar las diferencias. (Ver resultados en anexos)

2.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Los datos fueron tomados durante 75 días, la evaluación del pH cada 5 días, mientras que el análisis de laboratorio de N, P, K y relación C:N cada 25 días. Los trabajos de laboratorio fueron realizados en el Laboratorio de análisis de suelos agrícolas de la Oficina de coordinación Nueva Cajamarca del Proyecto Especial Alto Mayo.

Obtenido los datos y realizado los análisis, éstos fueron organizados y procesados en forma manual y electrónica construyendo tablas, cuadros y gráficos estadísticos. Esta información se encuentra en los resultados y anexos del presente estudio. Se ha utilizado el programa SPSS 17, para el análisis de varianza y sus pruebas de significancia.

2.5.1. Características de los Grupos y Tratamientos.

Los tratamientos fueron distribuidos en el área experimental 45 m² con las características que se detallan a continuación:

Tc: 6 Kg de cáscara de cacao + 0 Kg de estiércol de ganado fresco

T1: 6 Kg de cáscara de cacao + 2 Kg de estiércol de ganado fresco

T2: 6 Kg de cáscara de cacao + 4 Kg de estiércol de ganado fresco

T3: 6 Kg de cáscara de cacao + 6 Kg de estiércol de ganado fresco

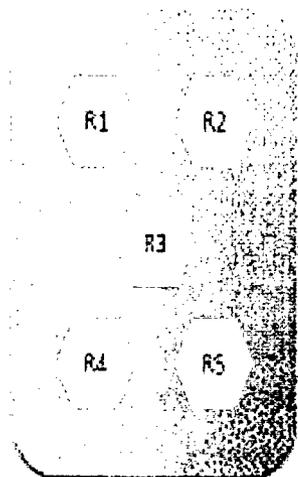
T4: 6 Kg de cáscara de cacao + 8 Kg de estiércol de ganado fresco

La medida del área para cada tratamiento fue homogénea, limitada con bloques de concreto y dentro de cada área se instalaron las repeticiones de manera sistemática y equidistante una de otra.

Seguido con la ayuda de pintura y pincel se rotuló en las paredes el código de tratamiento y la ubicación dentro de ella de cada repetición.

(Ver Foto 17.)

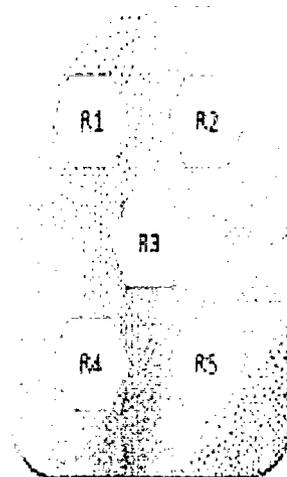
Tc



En cada repetición

6 Kg de C.C.
+
0 Kg de E.G.

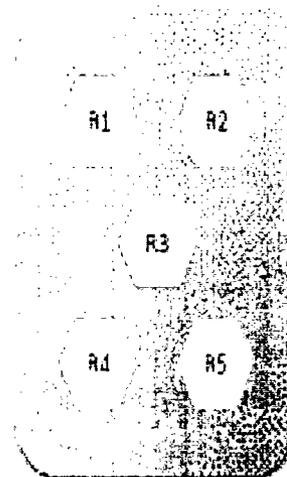
T1



En cada repetición

6 Kg de C.C.
+
2 Kg de E.G.

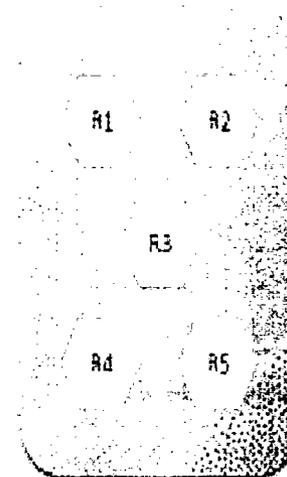
T2



En cada repetición

6 Kg de C.C.
+
4 Kg de E.G.

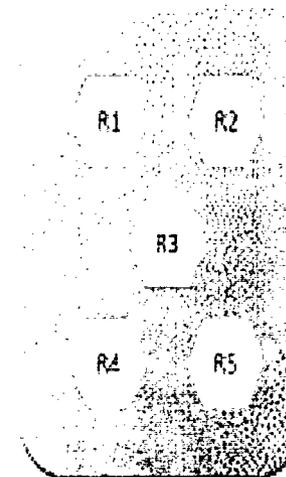
T3



En cada repetición

6 Kg de C.C.
+
6 Kg de E.G.

T4



En cada repetición

6 Kg de C.C.
+
8 Kg de E.G.

C.C. = Cáscaras de cacao

E.G. = Estiércol de ganado

Capítulo III: Resultados

3.1. Comportamiento del Nitrógeno en el compost

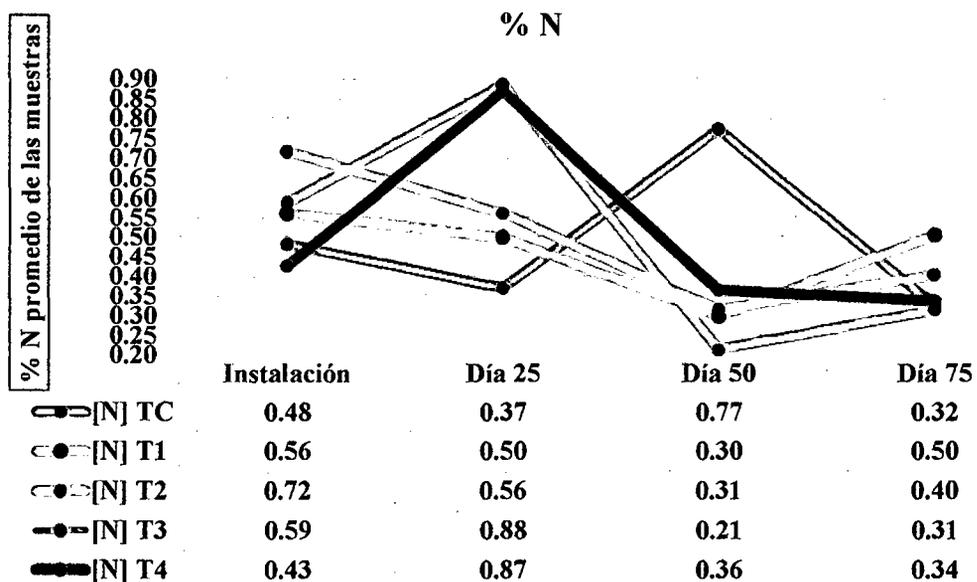
3.1.1. Determinación de la concentración de Nitrógeno en el compost. Cuadro 1.

BLOQUES	TRATAMIENTOS				
	Tc	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
I	0.48	0.56	0.72	0.59	0.43
II	0.37	0.50	0.56	0.88	0.87
III	0.77	0.30	0.31	0.21	0.36
IV	0.32	0.50	0.40	0.31	0.34
Σ	1.94	1.86	1.99	1.99	2.00
PROMEDIO	0.49	0.47	0.50	0.50	0.50

Interpretación:

Según los resultados mostrados en el cuadro 1, los tratamientos 2, 3 y 4 producen igual concentración promedio de Nitrógeno. Respecto al tiempo de permanencia en el compostero se observa que la mayor concentración de nitrógeno se produce al 25avo. día.

3.1.2. Evolución de la concentración de Nitrógeno en el compost. Gráfico 16.



El incremento de la concentración de N se debe a que a pesar de amonio presente, el Nitrógeno fundamental tiene naturaleza orgánica. Además, este se va “concentrando” con el tiempo debido sobre todo a que las pilas se reducen en tamaño por la pérdida de materia orgánica fruto de su biodegradación.

3.1.3. Análisis de varianza para la concentración de Nitrógeno. Tabla 4.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO
Tratamientos	4	0.003	0.301	0.022	3.26
Bloques	3	0.246	0.082	2.079	3.49
Error	12	0.473	0.039		
Total	19	0.722			

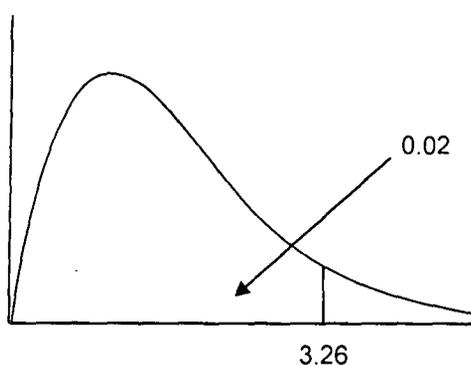
COEFICIENTE DE VARIACIÓN:

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{SCT} = \frac{\sqrt{0.039}}{1.96} = 10\%$$

Lo cual indica que los resultados estadísticos son confiables.

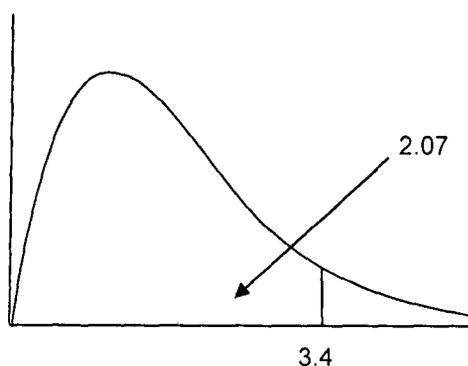
COEFICIENTE DE DETERMINACION:

$R^2 = 1 - \frac{SCE}{SCT} = 0.35$, significa que el 35% de la concentración de Nitrógeno es explicado por la acción de los tratamientos y por el tiempo que estuvieron expuestas las mezclas en las composteras.



TRATAMIENTOS:

Se puede observar que **no existe diferencia significativa** entre los tratamientos respecto a la concentración de Nitrógeno en el compost.



BLOQUES:

Se puede observar que **no existe diferencia significativa** entre los tiempos de permanencia de la mezcla en el compostero respecto a la concentración de Nitrógeno.

3.1.4. Prueba de Duncan para determinar el tratamiento óptimo en cuanto a la concentración de Nitrógeno en el compost

AES (D)	3.08	3.23	3.33	3.36
S _x = 0.099				
ALS(D)	0.30	0.32	0.33	0.33

	TRATAMIENTOS				
	T ₁ : 0.47	T _C : 0.49	T ₂ : 0.50	T ₄ : 0.50	T ₅ : 0.50
T ₁ : 0.47	---	0.02	0.03	0.03	0.03
T _C : 0.49	---	---	0.01	0.01	0.01
T ₂ : 0.50	---	---	---	0.00	0.00
T ₄ : 0.50	---	---	---	---	0.00
T ₅ : 0.50	---	---	---	---	---
ALS(D)		0.30	0.32	0.33	0.33

Interpretación:

Según los resultados de la prueba de comparación de Duncan, con un nivel de confianza del 95% se puede demostrar que **no existe tratamiento óptimo**; es decir, cualquiera de los 5 tratamientos producen concentraciones iguales de Nitrógeno en el compost.

Durante el compostaje se produce una pérdida continuada de nitrógeno que en algunos casos es bastante importante. Estas pérdidas se deben al incremento de la temperatura, el pH, el sistema de manejo (volteos) y una excesiva oxigenación de las pilas, entre otros factores. El contenido de nitrógeno en el compost primordial sobre todo si el objeto final es obtener un buen producto de interés agrícola, de ahí la importancia de reducir sus pérdidas durante el proceso.

3.2. Comportamiento del Fósforo en el compost

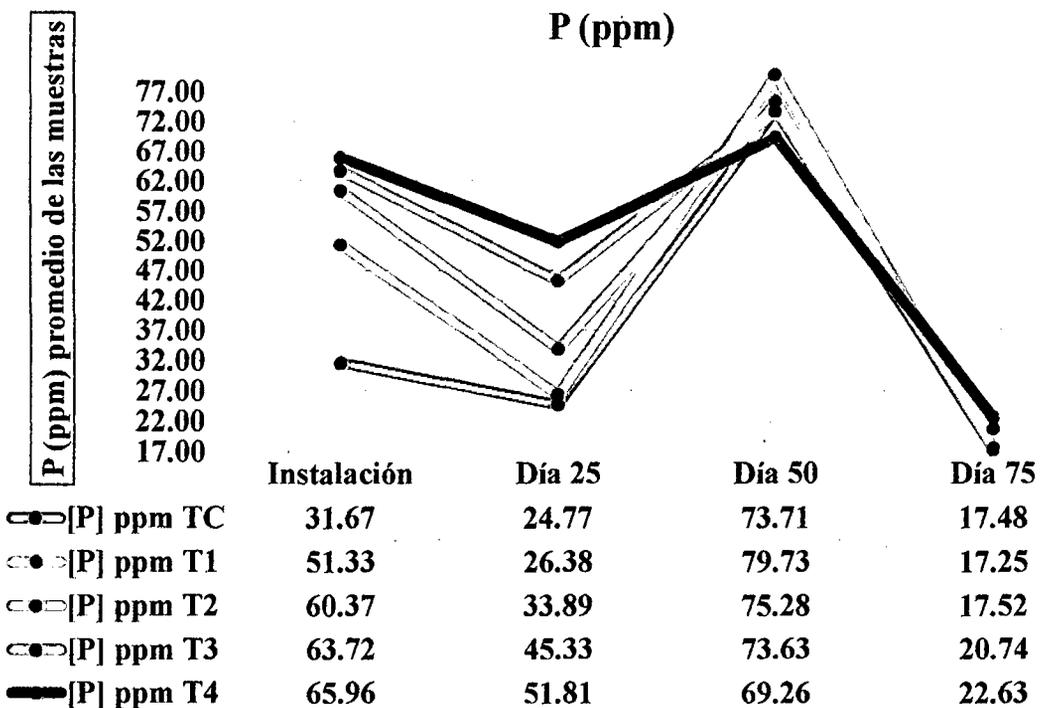
3.2.1. Determinación de la concentración de Fósforo en el compost. Cuadro 2.

BLOQUES	TRATAMIENTOS				
	T _c	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
I	31.67	51.33	60.37	63.72	65.96
II	24.77	26.38	33.89	45.33	51.81
III	73.71	79.73	75.28	73.63	69.26
IV	17.48	17.25	17.52	20.74	22.63
Σ	147.63	174.69	187.06	203.42	209.66
PROMEDIO	36.91	43.67	46.77	50.86	52.42

Interpretación:

Según los resultados mostrados en el cuadro 2, el tratamiento 4 produce la mayor concentración promedio de Fósforo. Respecto al tiempo de permanencia en la compostera se observa que la mayor concentración de Fósforo se produce al 50avo. día.

3.2.2. Evolución de la concentración de Fósforo en el compost. Gráfico 17.



3.2.3. Análisis de varianza para la concentración de Fósforo. Tabla 5.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO
Tratamientos	4	613.29	153.32	2.28	3.26
Bloques	3	8449.98	2816.66	41.82	3.49
Error	12	808.20	67.35		
Total	19	9871.47			

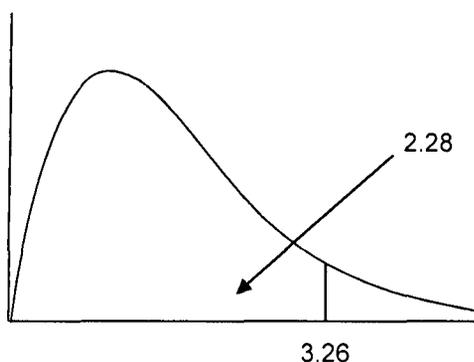
COEFICIENTE DE VARIACIÓN:

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{SCT} = \frac{\sqrt{67.35}}{184.49} = 4.4 \%$$

Lo cual indica que los resultados estadísticos son confiables.

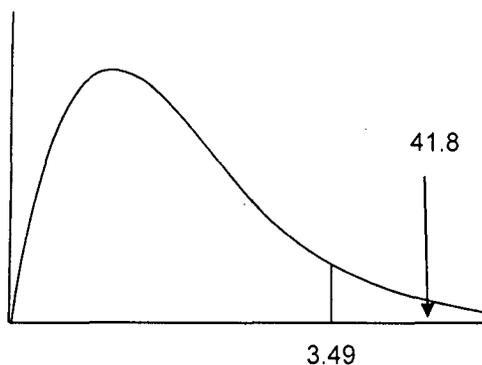
COEFICIENTE DE DETERMINACION:

$R^2 = 1 - \frac{SCE}{SCT} = 0.92$, significa que el 92% de la concentración de fósforo es explicado por la acción de los tratamientos y por el tiempo que estuvieron expuestas las mezclas en las composteras.



TRATAMIENTOS:

Se puede observar **que no existe diferencia significativa** entre los tratamientos respecto a la concentración de Fósforo en el compost.



BLOQUES:

Se puede observar que **existe diferencia significativa** entre los tiempos de permanencia de la mezcla en el compostero respecto a la concentración de Fósforo.

3.2.4. Prueba de Duncan para determinar el tratamiento óptimo en cuanto a la concentración de Fósforo en el compost

AES (D)	3.08	3.23	3.33	3.36
S _x = 4.1				
ALS(D)	12.63	13.24	13.65	13.78

	TRATAMIENTOS				
	T _c : 36.91	T ₁ : 43.67	T ₂ : 46.77	T ₃ : 50.86	T ₄ : 52.42
T _c : 36.91	---	6.76	9.86	13.95*	15.51*
T ₁ : 43.67	---	---	3.1	7.19	8.75
T ₂ : 46.77	---	---	---	4.09	5.65
T ₃ : 50.86	---	---	---	---	1.56
T ₄ : 52.42	---	---	---	---	---
ALS(D)		12.63	13.24	13.65	13.78

Interpretación:

Según los resultados de la prueba de comparación de Duncan, con un nivel de confianza del 95% se puede demostrar que el **tratamiento 4 es el más óptimo** para obtener una mayor concentración de Fósforo en el compost.

3.3. Comportamiento del Potasio en el compost

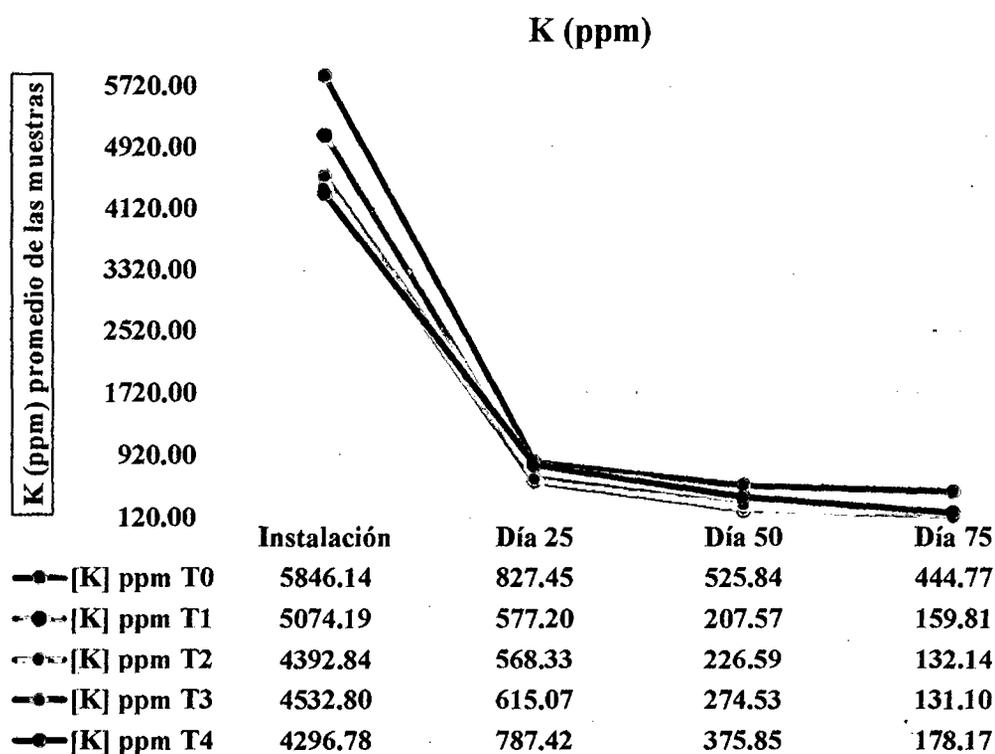
3.3.1. Determinación de la concentración de Potasio en el compost. Cuadro 3.

BLOQUES	TRATAMIENTOS				
	T _c	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
I	5846.14	5074.19	4392.84	4532.80	4296.78
II	827.45	577.20	568.33	615.07	787.42
III	525.84	207.57	226.59	274.53	375.85
IV	444.77	159.81	132.14	131.10	178.17
Σ	7644.2	6018.77	5319.9	5553.5	5638.22
PROMEDIO	1911.05	1504.69	1329.98	1388.38	1409.56

Interpretación:

Según los resultados mostrados en el cuadro 3, el tratamiento control produce la mayor concentración promedio de potasio. Respecto al tiempo de permanencia en el compostero se observa que la mayor concentración de potasio se produjo al inicio del experimento.

3.3.2. Evolución de la concentración de Potasio en el compost. Gráfico 18.



3.3.3. Análisis de varianza para la concentración de Potasio. Tabla 6.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO
Tratamientos	4	872608.16	218152.04	2.66	3.26
Bloques	3	74065424.74	24688474.9	301.21	3.49
Error	12	983559.55	81963.30		
Total	19	75921592.45			

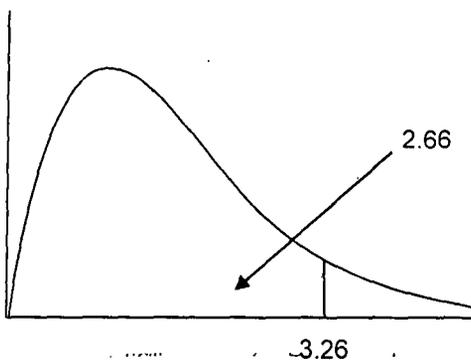
COEFICIENTE DE VARIACIÓN:

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{SCT} = \frac{\sqrt{81963.30}}{6034.92} = 4.7 \%$$

Lo cual indica que los resultados estadísticos son confiables.

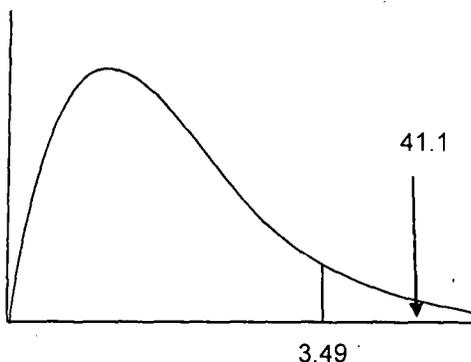
COEFICIENTE DE DETERMINACION:

$R^2 = 1 - \frac{SCE}{SCT} = 0.99$, significa que el 99% de la concentración de Potasio es explicado por la acción de los tratamientos y por el tiempo que estuvieron expuestas las mezclas en las composteras.



TRATAMIENTOS:

Se puede observar que **no existe diferencia significativa** entre los tratamientos respecto a la concentración de Potasio en el compost



BLOQUES:

Se puede observar que **existe diferencia significativa** entre los tiempos de permanencia de la mezcla en el compostero respecto a la concentración de Potasio.

3.3.4. Prueba de Duncan para determinar el tratamiento óptimo en cuanto a la concentración de Potasio en el compost

AES (D)	3.08	3.23	3.33	3.36
S _x = 143.15				
ALS(D)	440.90	462.37	476.69	480.98

	TRATAMIENTOS				
	T ₂ :	T ₃ :	T ₄ :	T ₁ :	T _c :
	1329.98	1388.38	1409.56	1504.69	1911.05
T ₂ : 1329.98	---	58.4	79.58	174.71	581.07*
T ₃ : 1388.38	---	---	21.18	116.31	522.67
T ₄ : 1409.56	---	---	---	95.13	501.49
T ₁ : 1504.69	---	---	---	---	406.36
T _c : 1911.05	---	---	---	---	---
ALS(D)		440.90	462.37	476.69	480.98

Interpretación:

Según los resultados de la prueba de comparación de Duncan, con un nivel de confianza del 95 % se puede demostrar que el **tratamiento óptimo es el testigo**; es decir, la mayor concentración de Potasio en el compost se obtuvo al iniciar el experimento.

3.4. Comportamiento de la relación Carbono/Nitrógeno en el compost

3.4.1. Determinación de la concentración de la relación C: N en el compost.

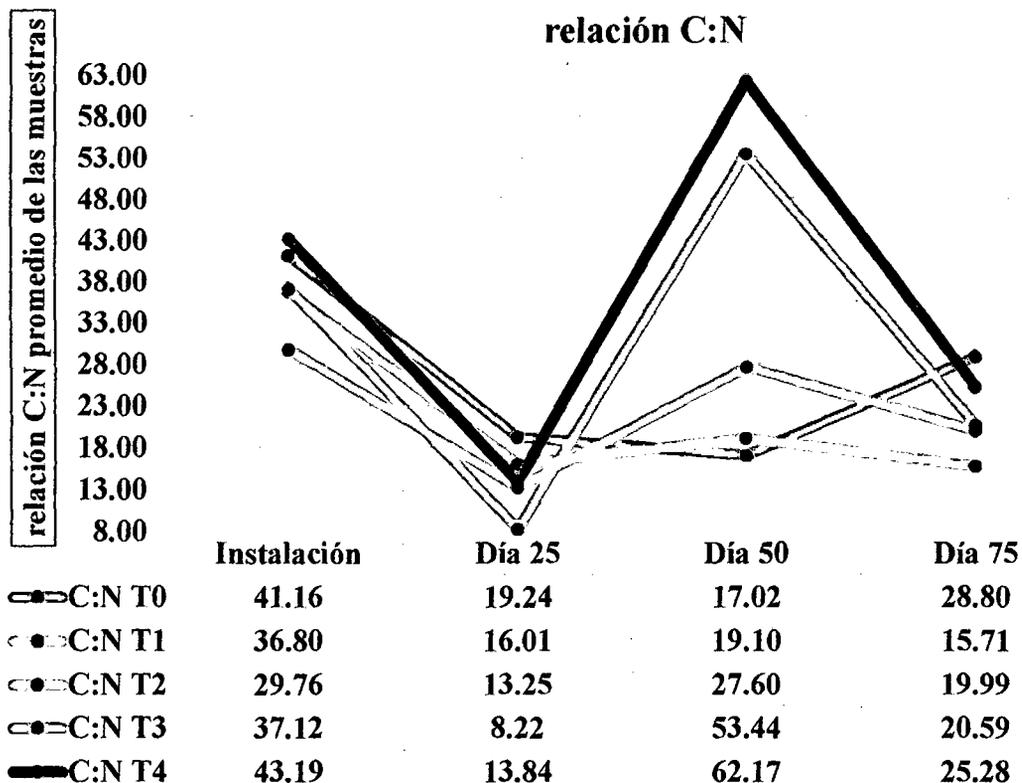
Cuadro 4.

BLOQUES	TRATAMIENTOS				
	Tc	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
I	41.16	36.80	29.76	37.12	43.19
II	19.24	16.01	13.25	8.22	13.84
III	17.02	19.10	27.60	53.44	62.17
IV	28.80	15.71	19.99	20.59	25.28
Σ	106.22	87.62	90.51	119.37	144.48
PROMEDIO	26.56	21.91	22.65	29.84	36.12

Interpretación:

Según los resultados mostrados en el cuadro 5, el tratamiento 4 produce la mayor concentración promedio en cuanto a la relación C:N. Respecto al tiempo de permanencia en el compostero se observa que la mayor concentración de potasio se produjo al inicio del experimento.

3.4.2. Evolución de la relación C: N en el compost. Gráfico 19.



3.4.3. Análisis de varianza para la concentración de la relación C:N. Tabla 7.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO
Tratamientos	4	541.90	135.47	1.13	3.26
Bloques	3	1903.86	634.62	5.30	3.49
Error	12	1437.70	119.81		
Total	19	3883.46			

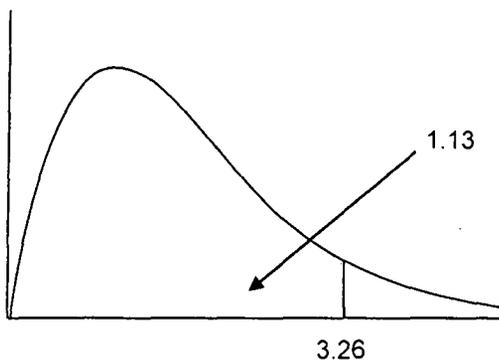
COEFICIENTE DE VARIACIÓN:

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{SCT} = \frac{\sqrt{119.81}}{109.66} = 9.9 \%$$

Lo cual indica que los resultados estadísticos son confiables.

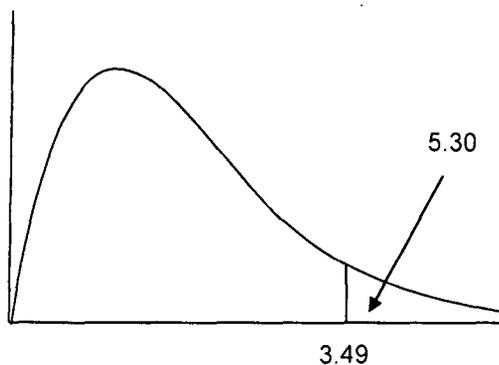
COEFICIENTE DE DETERMINACION:

$R^2 = 1 - \frac{SCE}{SCT} = 0.63$, significa que el 63% de la concentración de la relación C:N es explicado por la acción de los tratamientos y por el tiempo que estuvieron expuestas las mezclas en las composteras.



TRATAMIENTOS:

Se puede observar que **no existe diferencia significativa** entre los tratamientos respecto a la concentración de la relación C:N



BLOQUES:

Se puede observar que **existe diferencia significativa** entre los tiempos de permanencia de la mezcla en el compostero respecto a la concentración de la relación C:N.

3.4.4. Prueba de Duncan para determinar el tratamiento óptimo en cuanto a la concentración de la relación C:N en el compost

AES (D)	3.08	3.23	3.33	3.36
$S_x = 5.47$				
ALS(D)	16.85	17.67	18.22	18.38

	TRATAMIENTOS				
	T ₁ : 21.91	T ₂ : 22.65	T _C : 26.56	T ₃ : 29.84	T ₄ : 36.12
T ₁ : 21.91	---	0.74	4.65	7.93	14.21
T ₂ : 22.65	---	---	3.91	7.19	13.47
T _C : 26.56	---	---	---	3.28	9.56
T ₃ : 29.84	---	---	---	---	6.28
T ₄ : 36.12	---	---	---	---	---
ALS(D)		16.85	17.67	18.22	18.38

Interpretación:

Según los resultados de la prueba de comparación de Duncan, con un nivel de confianza del 95% se puede demostrar que **no existe tratamiento óptimo**; es decir, cualquiera de los 5 tratamientos producen concentraciones iguales en cuanto a la relación C:N en el compost.

3.5. Comportamiento del nivel de pH en el compost

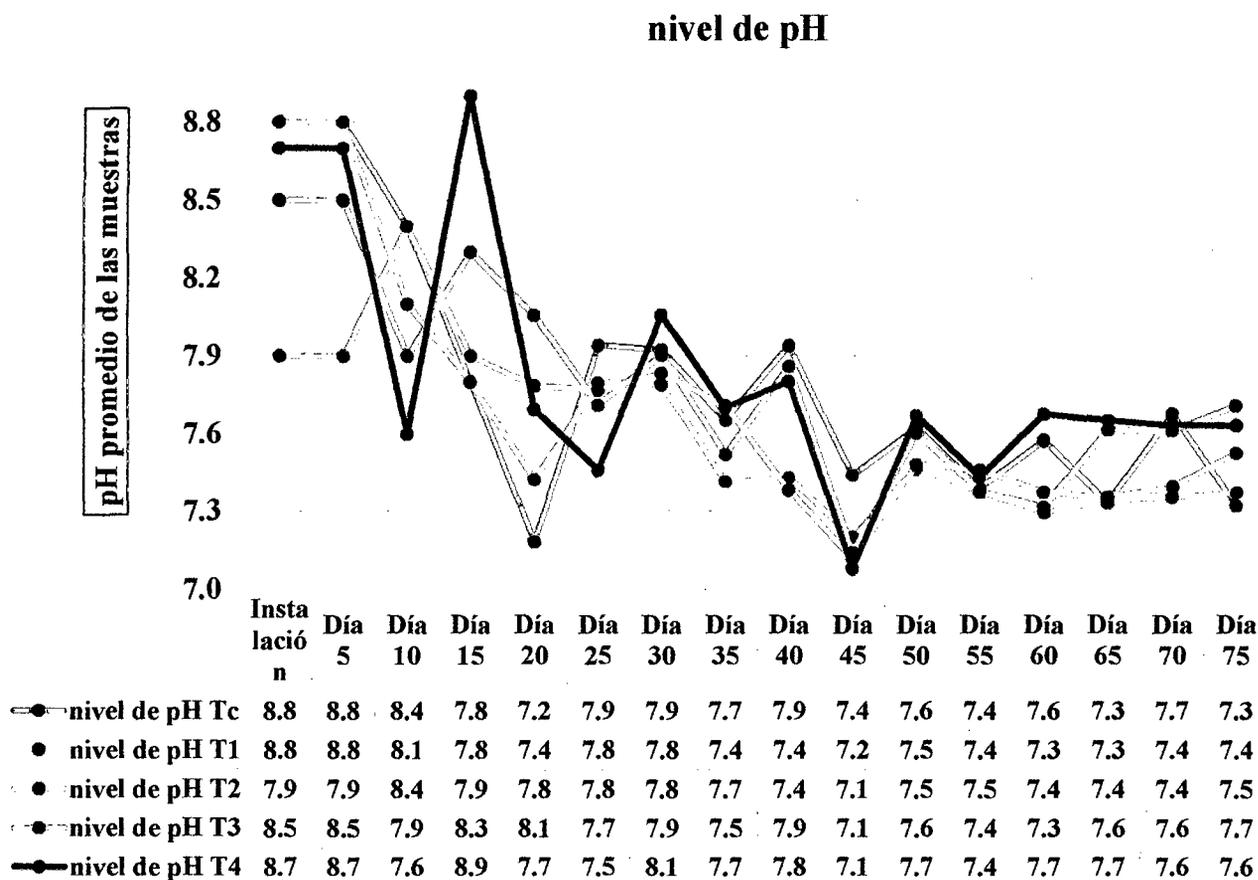
3.5.1. Determinación de la concentración del nivel de pH en el compost. Cuadro 5.

BLOQUES	TRATAMIENTOS				
	Tc	T1	T2	T3	T4
I	8.80	8.80	7.90	8.50	8.70
II	8.80	8.80	7.90	8.50	8.70
III	8.40	8.10	8.40	7.90	7.60
IV	7.80	7.80	7.90	8.30	8.90
V	7.18	7.42	7.79	8.06	7.69
VI	7.94	7.80	7.77	7.71	7.46
VII	7.93	7.79	7.83	7.90	8.06
VIII	7.65	7.42	7.71	7.52	7.70
IX	7.94	7.43	7.38	7.86	7.80
X	7.44	7.20	7.12	7.14	7.08
XI	7.63	7.47	7.48	7.60	7.67
XII	7.39	7.37	7.46	7.38	7.43
XIII	7.58	7.30	7.37	7.32	7.68
XIV	7.33	7.34	7.35	7.62	7.65
XV	7.68	7.35	7.39	7.61	7.63
XVI	7.32	7.37	7.53	7.71	7.63
Σ	124.81	122.76	122.28	124.63	125.38
PROMEDIO	7.80	7.67	7.64	7.79	7.84

Interpretación:

Según los resultados mostrados en el cuadro 5, en el **tratamiento 4 se produce la mayor concentración promedio de pH**. Respecto al tiempo de permanencia en el compostero se observa que la mayor concentración de pH se produjo al inicio del experimento.

3.5.2. Evolución del nivel de pH en el compost. Gráfico 20.



Se aprecia que en la fase inicial o mesófila existe una disminución del pH debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica poco estable, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos. Este descenso del pH puede ser más pronunciada en condiciones anaeróbicas, ya que formarían más cantidad de ácidos orgánicos.

En la segunda fase se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. Y ya en la tercera fase el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón.

3.5.3. Análisis de varianza del nivel de pH. Tabla 8.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO
Tratamientos	4	0.47	0.12	1.97	2.53
Bloques	15	11.56	0.77	13.06	1.84
Error	60	3.54	0.06		
Total	79	15.56			

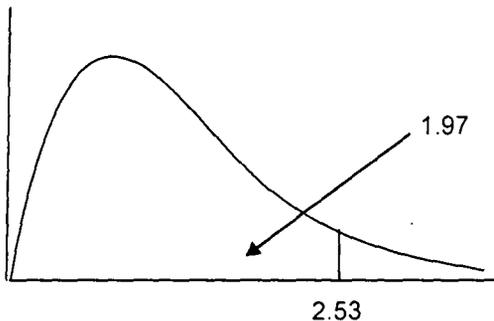
COEFICIENTE DE VARIACIÓN:

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{SCT} = \frac{\sqrt{0.06}}{123.98} = 0.20 \%$$

Lo cual indica que los resultados estadísticos son confiables.

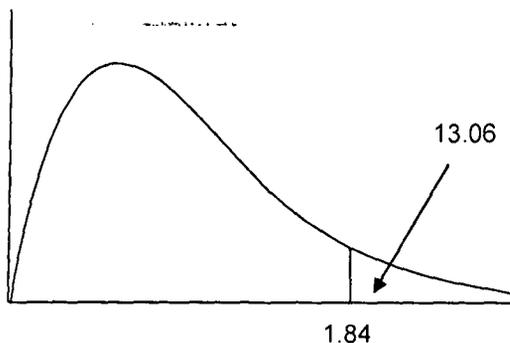
COEFICIENTE DE DETERMINACION:

$R^2 = 1 - \frac{SCE}{SCT} = 0.77$, significa que el 77% de la concentración de pH es explicado por la acción de los tratamientos y por el tiempo que estuvieron expuestas las mezclas en las composteras.



TRATAMIENTOS:

Se puede observar que **no existe diferencia significativa** entre los tratamientos respecto al nivel de pH en el compost.



BLOQUES:

Se puede observar que **existe diferencia significativa** entre los tiempos de permanencia de la mezcla en el compostero, respecto al nivel de pH.

3.5.4. Prueba de Duncan para determinar el tratamiento óptimo en cuanto al nivel de pH en el compost

AES (D)	2.89	2.98	3.08	3.14
$S_x = 0.06$				
ALS(D)	0.18	0.18	0.19	0.19

	TRATAMIENTOS				
	T ₂ : 7.64	T ₁ : 7.67	T ₃ : 7.79	T _C : 7.80	T ₄ : 7.84
T ₂ : 7.64	---	003	0.15	0.16	0.20*
T ₁ : 7.67	---	---	0.12	0.13	0.17
T ₃ : 7.79	---	---	---	0.01	0.05
T _C : 7.80	---	---	---	---	0.04
T ₄ : 7.84	---	---	---	---	---
ALS(D)		0.18	0.18	0.19	0.19

Interpretación:

Según los resultados de la prueba de comparación de Duncan, con un nivel de confianza del 95% se puede demostrar que el **tratamiento 4 es óptimo** para obtener un pH **neutro** óptimo en el compost.

3.6. Discusiones

3.6.1. Determinación de la concentración de nutrientes (N, P, K, relación C:N)

Durante la experimentación que los tratamientos con dosis de estiércol elevaron su contenido de nitrógeno en el 25avo. día en la que ciertamente se pudo identificar ciertos olores a causa de las reacciones que ocurrían en su interior. Del mismo modo los investigadores Avendaño, (2003) y Sztern y Pravia, (1999) mencionan; “cuando el nitrógeno se encuentra en exceso, este se pierde como amoníaco gaseoso causando olores indeseables en el mismo compost, ya que hay una producción de cadaverina y putrescina causantes de este fenómeno por desaminación, en contraste al haber poco nitrógeno se reduce la población microbiana y al mismo tiempo la velocidad de compostaje.

Girón, C. *et al.*, (2001) en su trabajo de investigación “Efecto de diferentes residuos vegetales en la compostación de cáscaras de cacao” concluye lo siguiente: Los resultados de la evaluación química de las diferentes muestras orgánicas procedentes del cultivo de cacao y otros, materiales residuales en forma individual y mezcladas antes de iniciar el proceso de compostación, presenta valores altos de la relación C/N en los residuos de cacao tanto en las cáscaras como en las hojas y en los residuos de pseudotallo de plátano, en comparación con el estiércol de bovino y el árnica. Estos análisis indican que la compostación de los residuos de cacao en forma individual sería muy lenta y deficiente debido a la alta relación C/N. Esta teoría se ha podido comprobar en este trabajo en donde efectivamente la relación C/N se encuentra en mayor concentración al inicio y en el día 50 de la experimentación, además teniendo en cuenta que ambos materiales utilizados individualmente cuentan con una relación C/N elevada, sin embargo en combinación aceleran el proceso de compostaje y logran la relación C/N óptimo requerido para un buen producto final.

3.6.2. Análisis del cambio en los niveles de pH en las diferentes muestras

En el presente trabajo se realizaron periodos de volteo cada 5 días, lo que garantizó una adecuada aireación y la aparición de microorganismos como gusanos de tierra, insectos, entre otros; logrando estabilizar en un pH neutro a partir del día 35 aproximadamente. Asimismo Suler *et al.*, (1977) establecieron una relación entre los cambios de pH y la aireación de la mezcla, concluyendo que un compostaje con la aireación adecuada conduce a productos finales con un pH entre 7 y 8; valores más bajos del pH son indicativos de fenómenos anaeróbicos y de que el material aún no está maduro.

Posteriormente estos mismos autores estudiaron las relaciones pH- aireación- microorganismos existentes en el proceso, y dedujeron que la degradación orgánica se inhibe a pH bajos, por lo que si el pH se mantiene por encima de 7,5 durante el proceso es síntoma de una buena descomposición.

3.6.3. Comparación de la viabilidad de la descomposición de la cáscara del

***Theobroma cacao L.* sin y con diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno respecto a la evaluación de los parámetros estudiados.**

A través del experimento realizado se ha demostrado que la descomposición de materiales lignocelulósicos como la cáscara de cacao ha sido más efectivo en presencia del estiércol de ganado que contiene microorganismos eficientes, los cuales aceleran el proceso de descomposición en un tiempo de adecuado obteniendo un producto final estable en la composición de nutrientes, con un pH neutro; para ser utilizado como abono de cultivos, entre otros. Salazar *et al.*, (2003) determinaron que el estiércol de ganado tiene potencial para ser fertilizados como abono orgánico en invernaderos considerando aspectos fitosanitarios, disponibilidad de nutrientes (principalmente nitrógeno) malezas presentes en estiércol solarizado y no solarizado.

3.7. Conclusiones

- La aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno en la producción de compost a partir de la cáscara 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 del Potasio el tratamiento óptimo es el que no contiene estiércol de ganado con un nivel promedio de 1 911,05 ppm. En cuanto a la relación Carbono/ Nitrógeno tampoco existe un tratamiento óptimo.
- En cuanto al pH el tratamiento con 8Kg 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.
- La concentración promedio final de Nitrógeno fue de 0,49 en el tratamiento sin aplicación de estiércol. mientras que los tratamientos con 4, 6 y 8 Kg con 0,50. Asimismo se observa que la mayor concentración de Nitrógeno se produce el 25avo. día.
- En relación al Fósforo se observa que el nivel de ppm se incrementa de acuerdo a la cantidad de dosis de estiércol, teniendo que el tratamiento sin aplicación de estiércol con 36.91 ppm en promedio final y el tratamiento con 8 Kg de estiércol con 52,42 ppm y que la mayor concentración se produce en al 50avo. día.
- En cuanto al Potasio sin embargo el tratamiento sin aplicación en el promedio final cuenta con 1 911,05 ppm respecto a los demás tratamientos, y el tratamiento con 2 Kg de estiércol de ganado con 1 504,69 ppm es el de mayor concentración dentro de los tratamientos con aplicación de estiércol.
- La relación C/N no ha demostrado gran variabilidad entre los tratamientos ya que el tratamiento sin estiércol de ganado en su promedio final de concentración cuenta con 26,56 y el tratamiento con aplicación de 8 Kg de estiércol con 36,12, produciendo una mayor concentración al inicio del experimento con respecto al tiempo de permanencia.

- Los niveles de pH al inicio del experimento mostraron niveles de 8,4 valor que se considera básico y en relación al tiempo de permanencia este ha ido variando, alcanzando estabilidad neutra a partir del 25avo. día hasta el 75avo. día.
- Por tal sentido, el presente trabajo pretende aprovechar los microorganismos eficientes presentes en el estiércol de ganado vacuno para la descomposición de la cáscara de cacao, aplicando diferentes dosis de esta a una misma cantidad de residuos de cacao. Esta técnica pretende encontrar una solución a la acumulación de grandes cantidades de restos de cacao en las fincas, que causan diversos daños al medio ambiente, así como también un uso inteligente al estiércol de ganado vacuno que se obtiene de los establos ganaderos que muchas veces no recibe un tratamiento adecuado y ocasiona daños al suelo.

3.8. Recomendaciones

Las comunidades deben saber que el impacto de la práctica del compostaje en el medio ambiente es sumamente positivo, pues mientras por un lado se evita arrojarlo al río y se aprovecha como abono natural para las plantas, se reduce el gasto en el transporte hasta rellenos sanitarios, con el consiguiente ahorro en el uso de combustibles fósiles, como el petróleo y la gasolina.

La práctica del compostaje es una tecnología sencilla y económica que los propios pobladores pueden desarrollar y aprovechar en la forma de abono orgánico y/o sustrato fertilizante para sus diversos cultivos y mejora de la calidad de los suelos.

Se recomienda esta actividad porque permite restablecer la vida del suelo favoreciendo el crecimiento microbiano a través de una mayor oxigenación y dar una mayor estabilidad al sistema suelo.

Se recomienda realizar el presente tipo de investigación haciendo uso de diseños de experimentación randomizado para reducir el margen de error de la experimentación.

En próximas investigaciones se debe tomar en cuenta las barreras artificiales en el área de trabajo y analizar cómo influye en el proceso.

Realizar experimentos similares haciendo uso de diferentes tipos de estiércol y/o la aplicación del estiércol de ganado en otro tipo de residuos orgánicos.

Asimismo se recomienda a los investigadores tomar en cuenta el parámetro de la Temperatura en todo el proceso de compostaje, y verificar el calibrado correcto de los instrumentos de medición.

Referencias Bibliográficas

Avendaño, A. *et al.*, (2011). *Diagnóstico de cacao en México*. (1ra 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 dietaria a partir de cascarrilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao L.* de una industria chocolatera colombiana*. (Tesis para optar título profesional) Universidad Tecnológica de Pereira. Escuela de Química. Colombia.

Bajaña, R., (1998). *Efecto de un suelo salino sódico del valle geográfico del río Cauca sobre algunas propiedades químicas del sustrato cachaza carbonilla en condiciones de invernadero*. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

Batista, L. (2009). *Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana*. CEDAF. In Guía Técnica, editorial Ingráfica C. por A. Santo Domingo, República Dominicana.

Barazarte, H.; *et al.*; (2008). *La cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*): una posible fuente comercial de pectinas*. Universidad Central de Venezuela. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Caracas, Venezuela.

Bocanegra, D., F. (1999). *Bases metodológicas de la investigación científica*. (1ra. Ed.) Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

Bongcam, V., E. (2003). *Guía para compostaje y manejo de suelos*. Convenio Andrés Bello CAB, serie ciencia y tecnología, Bogotá, Colombia.

Borrero, C., (2008). *Proyecto de elaboración de abonos orgánicos*. Institución Educativa La Torre Gómez del Municipio del El Retorno. Guaviare, Colombia.

Brandjes, P., J.; *et al.*, (1996). *Environmental impact of animal manure management. Livestock and the environment? Finding a balance*. International Agriculture Centre, Wageningen (the Netherlands).

Bruzon, L., I. (1994). *Evolución de las propiedades físicas y químicas de Mezclas cachaza – carbonilla*. Trabajo de grado (Ingeniería Agrícola), Universidad Nacional de Colombia – Universidad del Valle, Palmira.

Castellanos D., *et al.*, (2007). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de cacao chocolate en Colombia Bogotá, productividad, competitividad y biogestión*. Grupo de investigación y desarrollo en gestión. Ministerio de agricultura, Universidad Nacional de Colombia, Instituto para el desarrollo de la ciencia y la tecnología "Francisco José de Caldas" COLCIENCIAS.

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.

Chacón De R, I; *et al.*, (2011). *Descripción morfológica de frutos y semillas del cacao Criollo Porcelana (*Theobroma cacao L.*) en el Sur del Lago de Maracaibo*. Rev. Fac. Agron. (LUZ). Venezuela.

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.

Collazos, P., *et al.*, (1998). *Residuos sólidos*. Acodal (5 ed.), Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.

Corbit, R., A. (2003). *Manual de referencia de Ingeniería Medioambiental*. BrageMcGRAW-Hill interamericana de España, S.A.U., Madrid.

Costa, F.; *et al.*, (1991). *Residuos orgánicos urbanos: Manejo y utilización*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia, España.

Cubero, F., D. (1994). *Manual de manejo y conservación de suelos y Aguas*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Euned, (2 Ed.), San José, Costa Rica.

Dalzell, H., W. (1991). *Manejo del suelo: producción y uso del composte*. En: FAO, (Ed.), *Ambientes tropicales y subtropicales*, Roma, Italia.

Delfin, I; *et al.*, (2003). *Biodegradación de residuos urbanos lignocelulosicos por *Pleurotus**. Revista internacional de contaminación ambiental.

Del Val, A., *et al.*, (1997). *La materia orgánica de la basura y el compost*. Producciones generales de comunicación, S.L. (3 Ed.), El libro del reciclaje: manual para la recuperación y el aprovechamiento de las basuras. Barcelona.

Diorio, L; *et al.*, (2003). *Actividad en enzimática y degradación de diferentes tipos de residuos orgánicos por *Saccobolus saccoboloides* (Fungi, Ascomycotina)*. Revista Iberoamericana Micología

Field, Y., L.; *et al.*, (1996). *Ingeniería agrícola*. Región V de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos.

García, R., Á. (2000). *El compostaje como una tecnología de tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y biosólidos*. Univalle, Biocidad, Emcali, Cabasa, (Ed.), Santiago de Cali, Colombia.

Girón, C.; *et al.*, (2001). *Efecto de diferentes residuos vegetales en la compostación de cáscara de cacao*. Agronomía tropical.

Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). 2007. *Análisis y descripción de la cadena de valor de cacao en la región San Martín*. Rev. Informativa. Perú.

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.

Horak, E., (1968). *Sinopsis Generum Paneolus Agaricalium*. Beitr. Zur kryptogamenflora der Schweizer 13.

Jaimes S., Y.; *et al.*, (2010). *Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en monilia (*moniliophthora roreri*)*. CORPOICA. Colombia.

Kiehl, E., J. (1998). *Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto*, (Ed.), São Paulo, Brasil.

Kolmans, E.; *et al.*, (1996). *Nutrición y abonamiento orgánico*. En: Simas, (Ed.), Manual de Agricultura Ecológica: una Introducción a los principios y su aplicación. Managua, Nicaragua.

Labrador, J., (2001). *La materia orgánica en los agrosistemas*. Ediciones mundi prensa, (2da. Ed.), Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España.

Lincoff, G. H. (1981). *Field guide to North American mushrooms*. Knopf Inc. Nueva York, EE. UU.

López, C. (2013). *“Elaboración de compost a partir de cascarilla e cacao”*- 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.

Martínez-Almela, J.; *et al.*, (2001). *Aplicaciones del compost producido a partir de la fracción sólida del proceso de tratamiento integral de purines SELCO-Ecopurin® en la restauración ecológica*. Revista Científica de Porcicultura Anaporc.

Mariño, 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.

Mazzarino, M., J. *et al.*, (2005). *Aprovechamiento Integral de Residuos orgánicos en el n.o. De Patagonia. Grupo de Suelos del CRUB*, Universidad Nacional Comahue, (Ed.), Quintral, Bariloche, Argentina.

Mejía, F., L.; *et al.*, (2002). *Abono Orgánico; Manejo y uso en el cultivo de cacao*. CORPOICA. Bucaramanga. Colombia.

Mojica, P., A.; *et al.*, (2006). *Características del cultivo del cacao en Santander Bucaramanga*. Centro Regional de Estudios Económicos. Colombia.

Mostacero, L., J.; *et al.*, (2002). *Taxonomía de las fanerógamas útiles en el Perú*. UNALM. CONCYTEC. Perú.

Olivares S., J. (2007). *Elaboración del chocolate, una técnica dulce y ecológica Técnica Industrial*. Revista Semanal

Opazo G, M. (1991). *Manual para tratamiento integral de basuras: Producción de abono orgánico (compost) a partir de desechos sólidos domésticos*. Fondo rotatorio Editorial Tecnología Apropiaada y Participación Comunitaria, Enda América Latina, Fedevivenda, Dimensión Educativa, (Ed.), Bogota, Colombia.

Padrón, G., G.; *et al.*, (2004). *Efecto de la cáscara de cacao en la obtención de espumas de poliuretano para uso hortícola. Propiedades físicas y de biodegradabilidad*. Rev. Soc. Quím. Méx.

Prakash, H.; *et al.*, (2011). *Farm and Forestry Production and Marketing Profile for CACAO (Theobroma cacao)*. University of Hawai'i at Manoa.

Restrepo, J., (1996). *Abonos Orgánicos Fermentados. Experiencias de Agricultores en Centroamérica y Brasil, Cedeco- OIT*. (1ra. ed.), San José, Costa Rica.

Röben, E. (2002). *Manual de Compostaje Para Municipios. DED.*, (1ra. Ed.), Loja, Ecuador.

Salcedo, E. (1998). *El composteo.: Una alternativa con actualidad y futuro.* Artículo informativo. Guadalajara, México.

Soto, G.; *et al.*, (2003). *Indicadores químicos de calidad de Abonos Orgánicos.* En: Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica CIA, CATIE, (1ra. Ed.), *Abonos Orgánicos: Principios, aplicaciones e impacto en la Agricultura*, San José, Costa Rica.

Sylvia, D.; *et al.*, (2005). *Principles and application of soil microbiology.* Prentice hall, New Jersey, USA.

Sztern, D., *et al.*, (1999). *Organización Panamericana de la Salud. Manual para la elaboración de compost: bases conceptuales y procedimientos.* Rev. Informativa. Uruguay.

Tchobanoglous, G.; *et al.*, (1994). *Gestión integral de Residuos sólidos.* Mc Graw Hill Interamericana de España, s. a. Madrid.

Vieira, M., J.; *et al.*, (2000). *Manual del Capacitador. Manejo Integrado De la Fertilidad del suelo en zonas de Ladera, Proyecto CENTA- FAO Holanda, (Ed.), El Salvador.*

Referencias Virtuales

Cueva, A. (2013). *Producción orgánica en la pequeña agricultura peruana: caso café cacao san Martín liderando comercio orgánico*. Facultad de Ciencias Agrarias – UNSM – T. Recuperado de: <http://www.unsm.edu.pe/articulos.php?idarticulo=34>

García, L. *et al.*, (2005). *La industria alimentaria, estimulantes. Proceso de elaboración del chocolate*. Recuperado de:

<http://ben.upc.es/documents/eso/aliments/HTML/estimulantes-5.html>

Proceso de la elaboración de chocolate. (2014). Food-Info.net is an initiative of Wageningen University, The Netherlands. Recuperado de: <http://www.food-info.net/es/qa/qa-fp41.htm>

Mercado Mundial del Cacao. UNITED CACAO. (2015). Recuperado de: <http://www.unitedcacao.com/index.php/es/corporate-profile-es/global-cocoa-market-es>

COMERCIO DEL CACAO. 4to. Naturales. (2010). Recuperado de: <http://4tonatgeocafecacao.blogspot.com>

Perú: Segundo exportador mundial de cacao. UNMSM. (2015). Recuperado de: <http://econiassolidarias.unmsm.edu.pe/?q=noticia/segundo-exportador-mundial-de-cacao>

MANEJO DE ESTIERCOL. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de:

<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Tech/20ManMgn.htm>

Compostaje y lombricultura. San Vicente del Raspeig. Corazón Verde. 1996. Alicante, España, Jose Antonio Marina (Ed.). Recuperado de:

http://www.corazonverde.org/ecologia/formacion/jardineria_ecologica/queeselcompost.htm

Anexos

Índice de fotos

Figura 1. Árbol de *Theobroma cacao* L.



Fuente: autor

Figura 2. Hojas de *Theobroma cacao* L.



Fuente: autor

Figura 3. Tallo de *Theobroma cacao* L.



Fuente: autor

Figura 4. Flor de *Theobroma cacao* L.



Fuente: autor

Figura 5. Fruto de *Theobroma cacao* L.



Fuente: autor

Figura 6. Semillas de *Theobroma cacao* L.



Fuente: autor

Foto 7. Cáscaras de *Theobroma cacao* L. arrojadas a los cultivos de



cacao.

Fuente: autor

Foto 8. Fincas productoras de cacao en los alrededores de Moyobamba



Fuente: autor

Foto 9. Establos ganaderos en los alrededores de Moyobamba



Fuente: autor

Foto 10. Áreas verdes de la Facultad de Ecología



Fuente: autor

Foto 11. Elaboración de las pilas composteras



Fuente: autor

Foto 11. Recolección de datos para indicador pH



Fuente: autor

Foto 13. Análisis de Nitrógeno, Método Micro Kjeldhal



Fuente: autor

Foto 12. Recolección y preparación de muestras para análisis de laboratorio



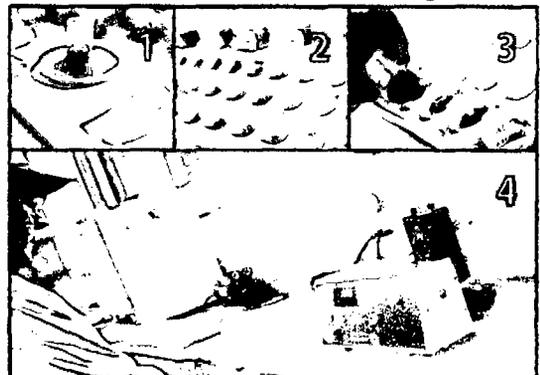
Fuente: autor

Foto 14. Análisis de Fósforo Disponible, Método Olsen



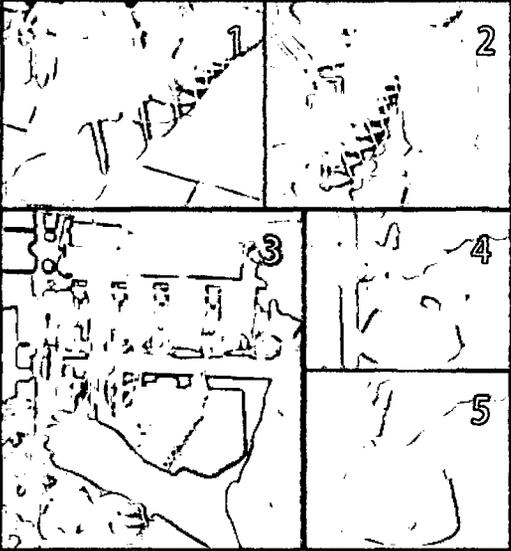
Fuente: autor

Foto 15. Análisis de Potasio Total, Método Acetato de Amonio 1 N, pH 7



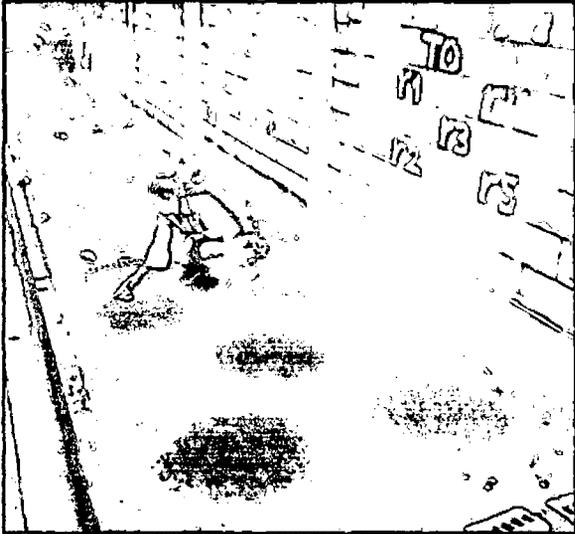
Fuente: autor

Foto 16. Análisis de Carbono Orgánico,
Método Método Walkley - Black



Fuente: autor

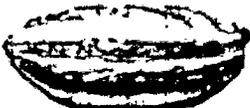
Foto 17. Características de los
Tratamientos en el área de
experimentación



Fuente: autor

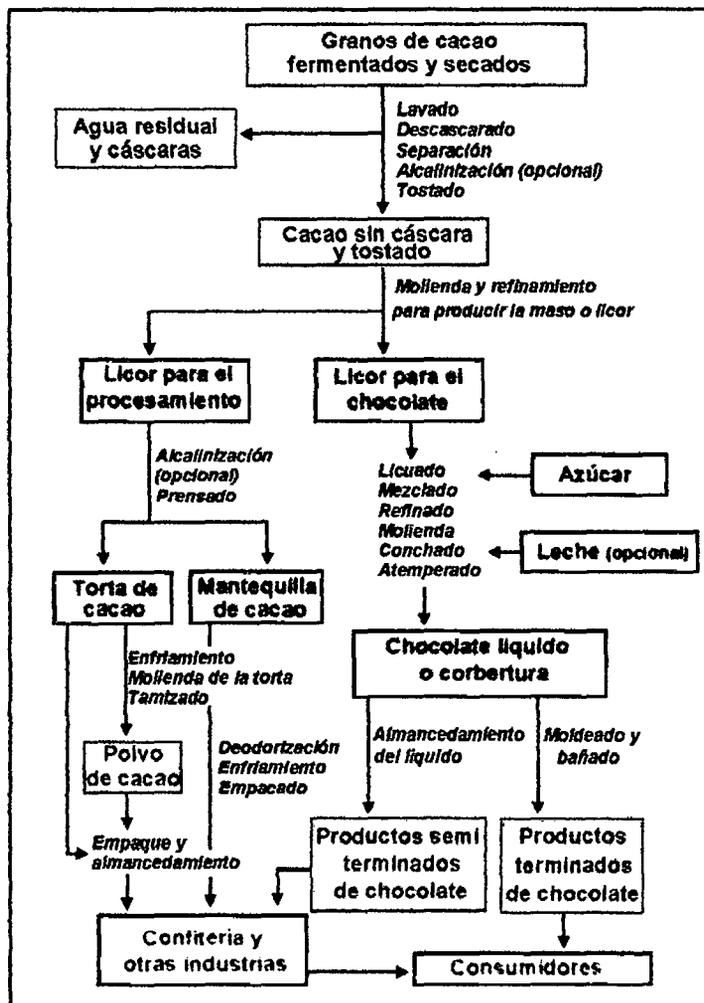
Índice de gráficos

Gráfico 1. Variedades comunes de cacao

<p>CRIOLLO (nativo)</p>		<ul style="list-style-type: none"> -Cáscara delgada y tierna. -Son los más apreciados. -Producido en: América, zona del Caribe, Índico e Indonesia.
<p>ORDINARIO (forastero)</p>		<ul style="list-style-type: none"> -Cáscara gruesa y dura. Resistente y poco aromático. -Son los más producidos. -Producido en: África.
<p>HÍBRIDO (Trinitario)</p>		<ul style="list-style-type: none"> -Presentan características de los dos anteriores. -Originario de la isla de Trinidad.

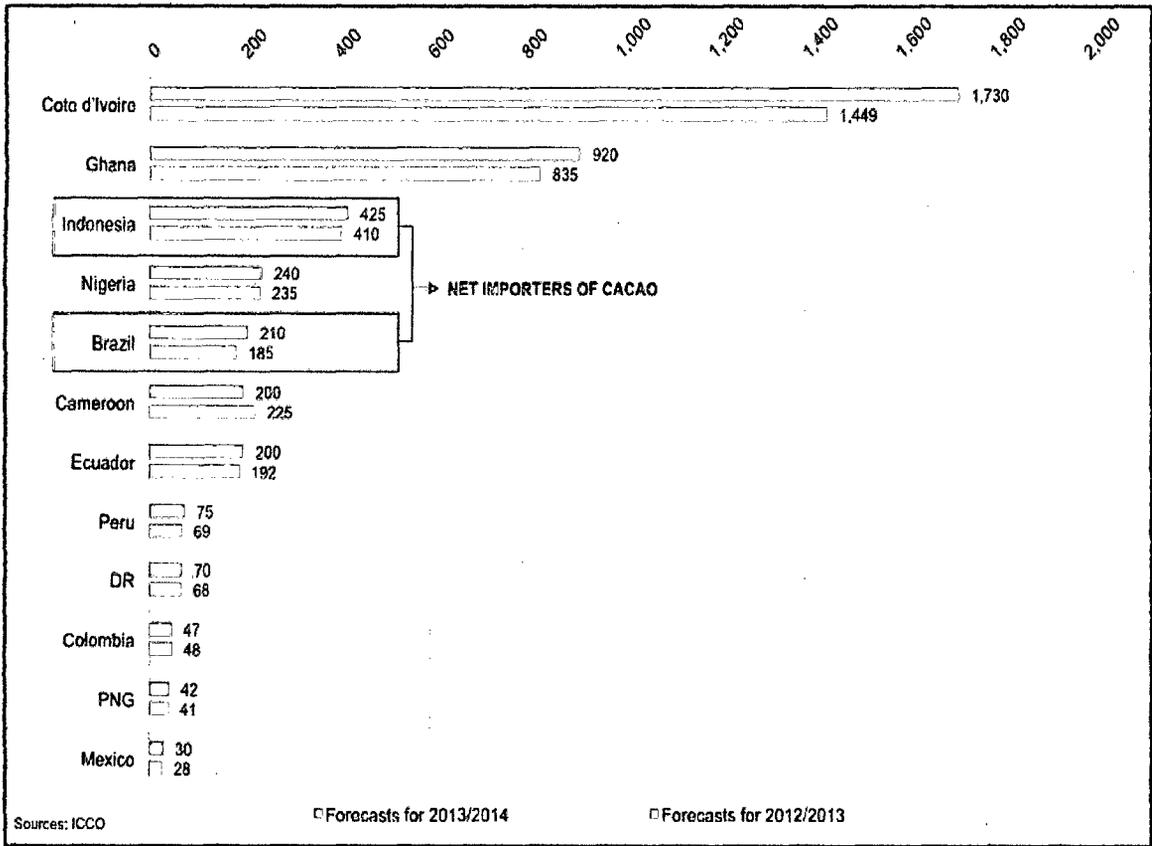
Fuente: <http://ben.upc.es/documents/eso/alimentos/HTML/estimulantes-5.html>

Gráfico 2. Diagrama de producción de los derivados del cacao



Fuente: <http://www.food-info.net/es/qa/qa-fp41.htm>
Food-Info.net is an initiative of Wageningen University, The Netherlands

Gráfico 3. Principales productores de cacao en toneladas



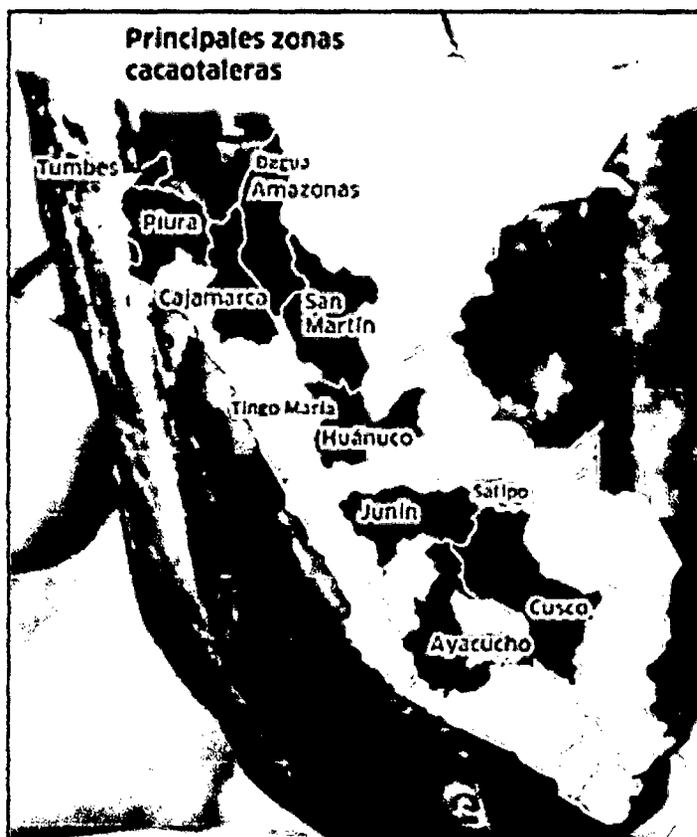
Fuente: <http://www.unitedcacao.com/index.php/es/corporate-profile-es/global-cocoa-market-es>
 UNITED CACAO. Mercado Mundial del Cacao

Gráfico 4. Distribución mundial de países productores de cacao



Fuente: <http://4tonatgeocafecacao.blogspot.com>
 4to. Naturales. COMERCIO DEL CACAO.

Gráfico 5. Distribución nacional de productores de cacao



Fuente: <http://economiassolidarias.unmsm.edu.pe/?q=noticia/segundo-exportador-mundial-de-cacao>

Perú: Segundo exportador mundial de cacao

Gráfico 6. Producción de cacao en la región San Martín

**PRODUCCION DEL CACAO EN
SAN MARTIN - 2010**

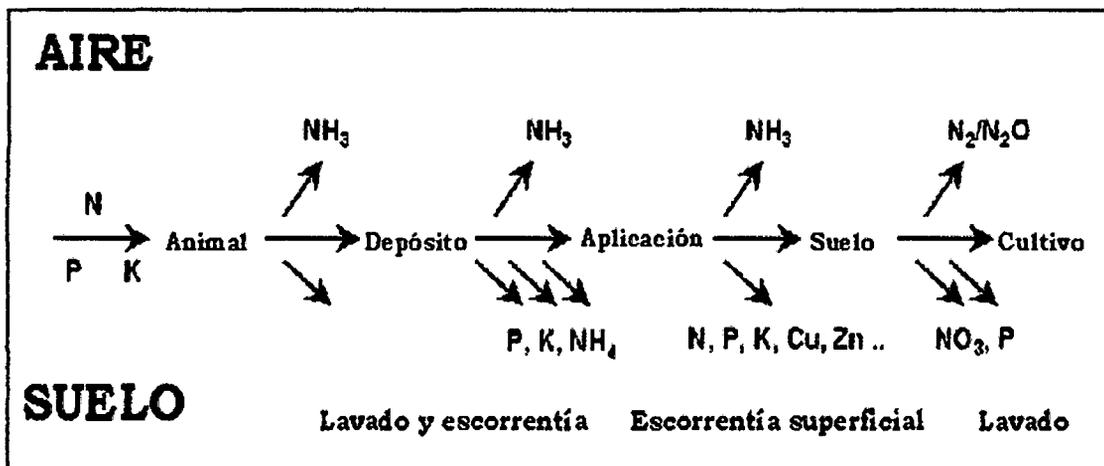
PROVINCIAS	Hectáreas En Verde	Hectáreas cosechadas	Producción TM	Hectáreas Nuevas	Rdto promedio kg/ha
Rioja	223	208	164	2	787
Moyobamba	369	246	213	58	867
Lamas	3462	2873	2454	397	854
San Martín	2545	2315	1876	488	811
Dorado	1284	1150	1012	63	880
Picota	561	403	299	29	742
Bellavista	1688	1237	1111	329	899
Huallaga	4522	2685	2032	597	757
M. Cáceres	7424	6287	5612	972	893
Tocache	9469	7138	6226	2197	872
TOTAL	31547	24543	21000	5132	836

Fuente: MINAG- San Martín

Brecha tecnológica: 14 %

Fuente: MINAG – San Martín

Gráfico 7. Posibles pérdidas de nutrientes del estiércol entre la excreción y la absorción por los cultivos

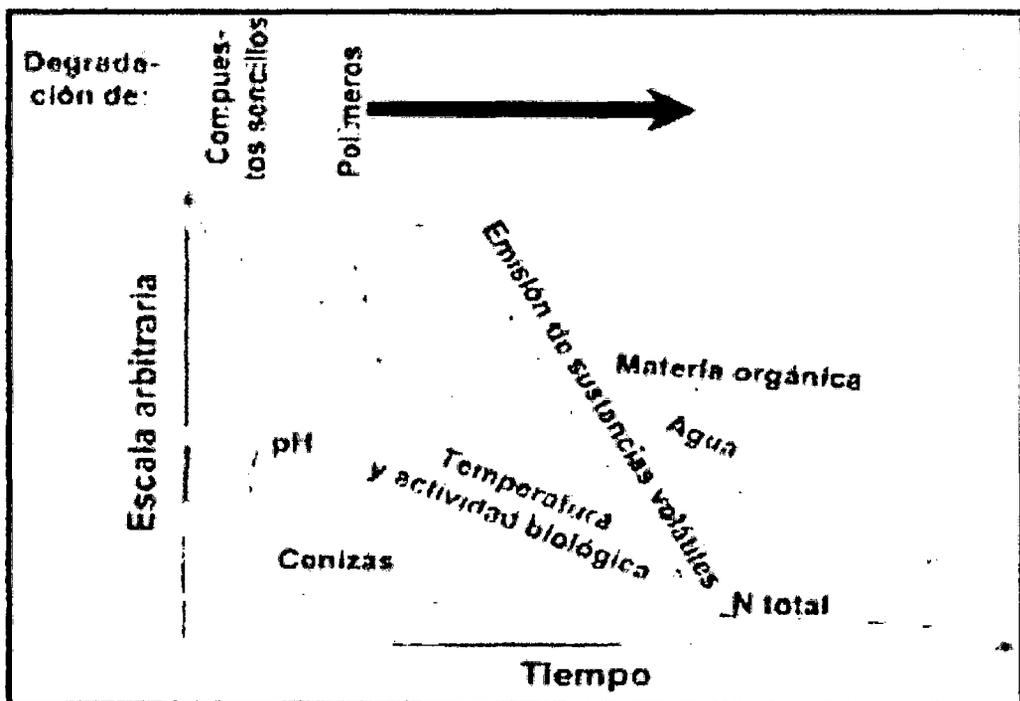


Fuente: Manejo de Estiércol.

<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Tech/20ManMgn.htm>

Rediagramado a partir de Brandjes et al., 1996.

Gráfico 8. Proceso y evolución del compostaje



Fuente: Mustin, 1987 y Day et al, 1998; citado por Soto, 2003

T_x				
30 KG DE CÁSCARA DE CACAO + X_x KG DE ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO				
6 KG DE CC + X ₁ KG DE EG R1	6 KG DE CC + X ₂ KG DE EG R2	6 KG DE CC + X ₃ KG DE EG R3	6 KG DE CC + X ₄ KG DE EG R4	6 KG DE CC + X ₅ KG DE EG R5
1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>
X ₁ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₂ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₃ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₄ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₅ KG DE EG <input type="checkbox"/>
1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>
X ₁ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₂ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₃ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₄ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₅ KG DE EG <input type="checkbox"/>
1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>
X ₁ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₂ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₃ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₄ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₅ KG DE EG <input type="checkbox"/>
1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>	1.5 KG DE CC <input type="checkbox"/>
X ₁ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₂ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₃ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₄ KG DE EG <input type="checkbox"/>	X ₅ KG DE EG <input type="checkbox"/>

T: Tratamiento R: Repetición CC: Cáscara de Cacao EG: Estiércol de Ganado

Gráfico 9. Tabla de Control de materiales

Gráfico 10. Evaluación de Indicador pH

EVALUACIÓN DE INDICADORES																	
pH		Día 0	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Día 30	Día 35	Día 40	Día 45	Día 50	Día 55	Día 60	Día 65	Día 70	Día 75
Tiempo		/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Fecha		/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
T1	R1																
	R2																
	R3																
	R4																
	R5																
T2	R1																
	R2																
	R3																
	R4																
	R5																
T3	R1																
	R2																
	R3																
	R4																
	R5																
T4	R1																
	R2																
	R3																
	R4																
	R5																
T5	R1																
	R2																
	R3																
	R4																
	R5																

Fuente: autor

Gráfico 11. Evaluación de Indicadores N,P,K y relación C:N

EVALUACIÓN DE INDICADORES																	
Tiempo		Día 0				Día 25				Día 50				Día 75			
Fecha		/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
		N	P	K	C:N	N	P	K	C:N	N	P	K	C:N	N	P	K	C:N
T1	R1																
	R2																
	R3																
	R4																
	R5																
T2	R1																
	R2																
	R3																
	R4																
	R5																
T3	R1																
	R2																
	R3																
	R4																
	R5																
T4	R1																
	R2																
	R3																
	R4																
	R5																
T5	R1																
	R2																
	R3																
	R4																
	R5																

Fuente: autor

RESULTADO DE NITROGENO EN MATERIAS ORGANICAS COMPOSTADAS

NOMBRE : MARIA ISABEL ORTIZ VARGAS
PROCEDENCIA : Muestras de compost en base de cáscaras de cacao
FECHA DE INGRESO : Varias

PROFUNDIDAD :
FECHA DE REPORTE : 06-ago-15
CULTIVO : Tesis
ATENCION : Boleta de Venta N° 001-0002185 del 16 de Junio 2015

ANALISIS 1 DIA 0 03/02/2015

MUESTRA	% N	C : N
TO R1	0.34	51.07
TO R2	0.50	42.56
TO R3	0.67	29.02
TO R4	0.45	43.53
TO R5	0.45	39.61
T1 R1	0.45	44.40
T1 R2	0.62	30.71
T1 R3	0.67	26.99
T1 R4	0.67	30.18
T1 R5	0.39	51.73
T2 R1	0.62	32.92
T2 R2	0.73	24.64
T2 R3	0.39	50.74
T2 R4	0.95	20.28
T2 R5	0.90	20.24
T3 R1	0.67	30.76
T3 R2	0.50	41.40
T3 R3	0.90	20.46
T3 R4	0.48	39.74
T3 R5	0.39	53.23
T4 R1	0.42	39.93
T4 R2	0.48	38.92
T4 R3	0.42	50.14
T4 R4	0.36	48.21
T4 R5	0.45	38.74

ANALISIS 2 DIA 25 02/02/2015

MUESTRA	% N	C : N
TO R1	0.20	32.83
TO R2	0.31	21.53
TO R3	0.39	13.43
TO R4	0.31	20.26
TO R5	0.64	8.18
T1 R1	0.31	20.26
T1 R2	0.73	15.54
T1 R3	0.48	9.42
T1 R4	0.48	21.30
T1 R5	0.50	13.54
T2 R1	0.64	10.30
T2 R2	0.28	12.54
T2 R3	0.62	12.03
T2 R4	0.73	19.29
T2 R5	0.53	12.10
T3 R1	0.67	10.45
T3 R2	0.76	6.19
T3 R3	1.18	6.96
T3 R4	0.95	7.17
T3 R5	0.87	10.33
T4 R1	0.95	19.05
T4 R2	0.98	10.94
T4 R3	0.84	14.16
T4 R4	0.64	13.02
T4 R5	0.92	12.03

ANALISIS 3 DIA 50 30/03/2015

MUESTRA	% N	C : N
TO R1	0.78	18.96
TO R2	0.42	21.14
TO R3	1.18	7.39
TO R4	1.09	9.55
TO R5	0.39	28.07
T1 R1	0.42	11.49
T1 R2	0.39	11.82
T1 R3	0.34	10.34
T1 R4	0.14	30.34
T1 R5	0.20	31.52
T2 R1	0.28	21.37
T2 R2	0.31	23.82
T2 R3	0.17	42.52
T2 R4	0.39	23.64
T2 R5	0.42	26.66
T3 R1	0.36	24.40
T3 R2	0.28	34.47
T3 R3	0.14	74.46
T3 R4	0.17	52.86
T3 R5	0.11	81.01
T4 R1	0.17	74.69
T4 R2	0.11	115.49
T4 R3	0.62	20.06
T4 R4	0.14	84.11
T4 R5	0.78	16.50

ANALISIS 4 DIA 75 23/04/2015

MUESTRA	% N	C : N
TO R1	0.14	55.71
TO R2	0.31	31.66
TO R3	0.50	16.25
TO R4	0.39	17.41
TO R5	0.28	22.98
T1 R1	0.62	13.30
T1 R2	0.39	16.91
T1 R3	0.45	14.80
T1 R4	0.50	15.09
T1 R5	0.56	18.46
T2 R1	0.39	19.40
T2 R2	0.45	17.41
T2 R3	0.45	16.54
T2 R4	0.28	24.38
T2 R5	0.45	22.20
T3 R1	0.28	20.20
T3 R2	0.34	20.31
T3 R3	0.28	22.98
T3 R4	0.34	17.41
T3 R5	0.34	22.05
T4 R1	0.22	37.43
T4 R2	0.39	17.91
T4 R3	0.22	36.56
T4 R4	0.39	14.92
T4 R5	0.45	19.59

Metodología:

Porcentaje de Nitrogeno Total : Kjeldahl (1883)
 Relación carbono : nitrógeno : CFO / Nitrógeno (Kjeldahl)



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





Gleador Ruiz Flores
 Laboratorista de Suelos

Gráfico 11. Resultados de análisis de laboratorio de Nitrógeno y relación Carbono/Nitrógeno

RESULTADO DE ELEMENTOS TOTALES EN MATERIAS ORGANICAS COMPOSTADAS

NOMBRE : MARIA ISABEL ORTIZ VARGAS
PROCEDENCIA : Muestras de compost en base de cáscaras de cacao
FECHA DE INGRESO : Varias

PROFUNDIDAD :
FECHA DE REPORTE : 06-ago-15
CULTIVO : Tesis
ATENCION : Boleta de Venta N° 001-0002185 del 16 de Junio 2015

ANALISIS 1 DIA 0 30/01/2015

MUESTRA	P (ppm)	K (ppm)
TO R1	35.93	5,261.23
TO R2	32.55	5,512.52
TO R3	26.88	5,646.12
TO R4	32.91	5,741.55
TO R5	30.08	7,069.26
T1 R1	50.99	4,930.42
T1 R2	49.61	4,965.41
T1 R3	55.27	4,834.99
T1 R4	48.88	5,646.12
T1 R5	51.90	4,994.04
T2 R1	57.75	4,653.68
T2 R2	59.98	4,453.28
T2 R3	60.04	4,246.52
T2 R4	64.74	4,466.00
T2 R5	59.37	4,144.73
T3 R1	58.47	5,254.87
T3 R2	62.87	4,453.28
T3 R3	64.68	4,383.30
T3 R4	63.53	4,491.45
T3 R5	69.08	4,081.11
T4 R1	64.86	4,236.98
T4 R2	64.13	4,443.74
T4 R3	62.09	4,103.38
T4 R4	67.99	4,310.14
T4 R5	70.70	4,389.66

ANALISIS 2 DIA 25 24/02/2015

MUESTRA	P (ppm)	K (ppm)
TO R1	24.57	866.52
TO R2	26.54	837.75
TO R3	23.94	1,067.87
TO R4	20.62	657.98
TO R5	28.15	707.12
T1 R1	33.18	699.93
T1 R2	24.93	666.37
T1 R3	23.94	517.75
T1 R4	20.44	510.56
T1 R5	29.41	491.39
T2 R1	44.11	691.54
T2 R2	26.99	402.70
T2 R3	24.03	532.13
T2 R4	40.26	735.88
T2 R5	34.07	479.40
T3 R1	39.72	556.10
T3 R2	33.36	494.98
T3 R3	52.54	594.46
T3 R4	41.25	638.80
T3 R5	59.81	791.01
T4 R1	66.08	822.17
T4 R2	43.94	847.34
T4 R3	51.65	788.61
T4 R4	37.48	654.38
T4 R5	59.90	824.57

ANALISIS 3 DIA 50 23/03/2015

MUESTRA	P (ppm)	K (ppm)
TO R1	74.26	506.56
TO R2	71.39	543.63
TO R3	73.41	609.11
TO R4	74.52	448.49
TO R5	75.00	521.39
T1 R1	77.55	205.10
T1 R2	84.67	210.04
T1 R3	79.84	175.44
T1 R4	79.52	247.10
T1 R5	77.07	200.15
T2 R1	85.26	154.44
T2 R2	55.92	179.15
T2 R3	81.17	206.33
T2 R4	78.30	383.01
T2 R5	75.74	210.04
T3 R1	75.69	243.40
T3 R2	77.13	208.80
T3 R3	71.65	307.64
T3 R4	72.77	213.75
T3 R5	70.91	399.07
T4 R1	74.95	386.72
T4 R2	70.59	389.19
T4 R3	73.99	345.95
T4 R4	72.13	381.78
T4 R5	54.64	375.60

ANALISIS 4 DIA 75 20/04/2015

MUESTRA	P (ppm)	K (ppm)
TO R1	15.94	517.17
TO R2	17.48	694.30
TO R3	18.62	431.84
TO R4	17.48	268.93
TO R5	17.88	311.60
T1 R1	14.74	166.79
T1 R2	17.08	170.67
T1 R3	17.13	156.44
T1 R4	17.82	148.69
T1 R5	19.48	156.44
T2 R1	15.36	151.27
T2 R2	17.02	137.05
T2 R3	17.08	122.83
T2 R4	17.02	112.48
T2 R5	21.13	137.05
T3 R1	18.39	115.07
T3 R2	20.56	128.00
T3 R3	20.05	124.12
T3 R4	23.30	126.71
T3 R5	21.42	161.62
T4 R1	24.10	162.91
T4 R2	24.96	165.49
T4 R3	21.70	210.75
T4 R4	22.62	160.32
T4 R5	19.76	191.35

Metodología:

Fósforo Total en ppm : Ólsen Modificado (Hunter, 1977)
Potasio Total en ppm : Fotometría de Llama (Pratt, 1965)



VºBº Ing. Carlos Egoavili De la Cruz

C.I.P. N° 32743





Gleoder Ruiz Flores
Laboratorista de Suelos

PERÚ

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS - ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA
Av. Cajamarca Norte N° 1151 Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca
Provincia de Raja. San Martín. Teléfono 556443



Inclusiva y Solidaria

RESULTADO DE CARBONO OXIDABLE EN MATERIAS ORGANICAS COMPOSTADAS

NOMBRE : MARIA ISABEL ORTIZ VARGAS
PROCEDENCIA : Muestras de compost en base de cáscaras de cacao
FECHA DE INGRESO : Varias

PROFUNDIDAD :
FECHA DE REPORTE : 06-ago-15
CULTIVO : Tesis
ATENCION : Boleta de Venta N° 001-0002185 del 16 de Junio 2015

ANALISIS 1 DIA 0 03/02/2015

MUESTRA	% C.F.O.	% M.O.F.O.
T0 R1	17.16	29.58
T0 R2	21.45	36.98
T0 R3	19.50	33.52
T0 R4	19.50	33.62
T0 R5	17.75	30.59
T1 R1	19.89	34.29
T1 R2	18.92	31.61
T1 R3	18.14	31.26
T1 R4	20.28	34.96
T1 R5	20.28	34.96
T2 R1	20.28	34.96
T2 R2	17.94	30.93
T2 R3	19.89	34.29
T2 R4	19.31	33.28
T2 R5	18.14	31.26
T3 R1	20.67	35.64
T3 R2	20.87	35.97
T3 R3	18.33	31.60
T3 R4	18.92	32.61
T3 R5	20.87	35.97
T4 R1	16.77	28.91
T4 R2	18.53	31.94
T4 R3	21.06	36.31
T4 R4	17.55	30.26
T4 R5	17.36	29.92

ANALISIS 2 DIA 25 02/02/2015

MUESTRA	% C.F.O.	% M.O.F.O.
T0 R1	6.44	11.09
T0 R2	6.63	11.43
T0 R3	5.27	9.08
T0 R4	6.24	10.76
T0 R5	5.27	9.08
T1 R1	6.24	10.76
T1 R2	11.31	19.50
T1 R3	4.49	7.73
T1 R4	10.14	17.48
T1 R5	6.83	11.77
T2 R1	6.63	11.43
T2 R2	3.51	6.05
T2 R3	7.41	12.77
T2 R4	14.04	24.20
T2 R5	6.44	11.09
T3 R1	7.02	12.10
T3 R2	4.68	8.07
T3 R3	8.19	14.12
T3 R4	6.83	11.77
T3 R5	8.97	15.46
T4 R1	18.14	31.26
T4 R2	10.73	18.49
T4 R3	11.90	20.51
T4 R4	8.39	14.46
T4 R5	11.12	19.16

ANALISIS 3 DIA 50 30/03/2015

MUESTRA	% C.F.O.	% M.O.F.O.
T0 R1	14.86	25.63
T0 R2	8.88	15.31
T0 R3	8.69	14.98
T0 R4	10.42	17.97
T0 R5	11.00	18.97
T1 R1	4.83	8.32
T1 R2	4.63	7.99
T1 R3	3.47	5.99
T1 R4	4.25	7.32
T1 R5	6.18	10.65
T2 R1	5.98	10.32
T2 R2	7.34	12.65
T2 R3	7.14	12.31
T2 R4	9.27	15.98
T2 R5	11.20	19.30
T3 R1	8.88	15.31
T3 R2	9.65	16.64
T3 R3	10.42	17.97
T3 R4	8.88	15.31
T3 R5	9.07	15.64
T4 R1	12.55	21.63
T4 R2	12.93	22.30
T4 R3	12.36	21.30
T4 R4	11.78	20.30
T4 R5	12.93	22.30

ANALISIS 4 DIA 75 23/04/2015

MUESTRA	% C.F.O.	% M.O.F.O.
T0 R1	7.80	13.45
T0 R2	9.75	16.81
T0 R3	8.19	14.12
T0 R4	6.83	11.77
T0 R5	6.44	11.09
T1 R1	8.19	14.12
T1 R2	6.63	11.43
T1 R3	6.63	11.43
T1 R4	7.61	13.11
T1 R5	10.34	17.82
T2 R1	7.61	13.11
T2 R2	7.80	13.45
T2 R3	7.41	12.77
T2 R4	6.83	11.77
T2 R5	9.95	17.15
T3 R1	5.66	9.75
T3 R2	6.83	11.77
T3 R3	6.44	11.09
T3 R4	5.85	10.09
T3 R5	7.41	12.77
T4 R1	8.39	14.46
T4 R2	7.02	12.10
T4 R3	8.19	14.12
T4 R4	5.85	10.09
T4 R5	8.78	15.13

Metodología

Carbono Fácilmente Oxidable (C.F.O.)
M.O. Fácilmente Oxidable (M.O.F.O.)

Walkley & Black (1934)
CFO x 1.774 (Tabataba, 1996)

VºBº Ing. Carlos Egoavil De la Cruz



Gleoder Ruiz Flores
LABORATORIO DE SUELOS

Gráfico 13. Resultados de análisis de laboratorio de Carbono

RESULTADO DE CARBONO TOTAL EN MATERIAS ORGANICAS COMPOSTADAS

NOMBRE : MARIA ISABEL ORTIZ VARGAS
PROCEDENCIA : Muestras de compost en base de cáscaras de cacao
FECHA DE INGRESO : Varias

PROFUNDIDAD :
FECHA DE REPORTE : 06-ago-15
CULTIVO : Tesis
ATENCION : Boleta de Venta N° 001-0002185 del 16 de Junio 2015

ANALISIS 1 DIA 0 30/01/2015

MUESTRA	% M.O.T.	% C.O.T.
TO R1	80.50	46.69
TO R2	87.00	50.46
TO R3	88.00	51.04
TO R4	89.00	51.62
TO R5	89.50	51.91
T1 R1	76.00	44.08
T1 R2	76.00	44.08
T1 R3	75.50	43.79
T1 R4	72.00	41.76
T1 R5	73.00	42.34
T2 R1	80.00	46.40
T2 R2	74.00	42.92
T2 R3	76.00	44.08
T2 R4	73.50	42.63
T2 R5	72.00	41.76
T3 R1	73.50	42.63
T3 R2	77.50	44.95
T3 R3	69.00	40.02
T3 R4	71.50	41.47
T3 R5	69.00	40.02
T4 R1	63.00	36.54
T4 R2	76.00	44.08
T4 R3	74.50	43.21
T4 R4	64.00	37.12
T4 R5	61.50	35.67

ANALISIS 2 DIA 25 24/02/2015

MUESTRA	% M.O.T.	% C.O.T.
TO R1	24.00	13.92
TO R2	26.50	15.37
TO R3	27.50	15.95
TO R4	21.50	12.47
TO R5	20.00	11.60
T1 R1	24.00	13.92
T1 R2	30.50	17.69
T1 R3	20.50	11.89
T1 R4	16.50	9.57
T1 R5	23.50	13.63
T2 R1	31.00	17.98
T2 R2	15.50	8.99
T2 R3	30.50	17.69
T2 R4	32.50	18.85
T2 R5	15.00	8.70
T3 R1	29.00	16.82
T3 R2	18.50	10.73
T3 R3	32.00	18.56
T3 R4	30.00	17.40
T3 R5	31.50	18.27
T4 R1	44.50	25.81
T4 R2	38.00	22.04
T4 R3	33.50	19.43
T4 R4	18.50	10.73
T4 R5	29.00	16.82

ANALISIS 3 DIA 50 23/03/2015

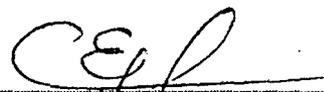
MUESTRA	% M.O.T.	% C.O.T.
TO R1	30.50	17.69
TO R2	36.00	20.88
TO R3	32.00	18.56
TO R4	34.00	19.72
TO R5	34.50	20.01
T1 R1	14.00	8.12
T1 R2	18.00	10.44
T1 R3	14.00	8.12
T1 R4	17.50	10.15
T1 R5	18.00	10.44
T2 R1	16.00	9.28
T2 R2	19.00	11.02
T2 R3	16.00	9.28
T2 R4	24.50	14.21
T2 R5	35.00	20.30
T3 R1	24.50	14.21
T3 R2	20.00	11.60
T3 R3	30.00	17.40
T3 R4	23.50	13.63
T3 R5	28.50	16.53
T4 R1	42.00	24.36
T4 R2	47.50	27.55
T4 R3	37.00	21.46
T4 R4	36.00	20.88
T4 R5	40.50	23.49

ANALISIS 4 DIA 75 20/04/2015

MUESTRA	% M.O.T.	% C.O.T.
TO R1	27.00	15.66
TO R2	40.00	23.20
TO R3	42.00	24.36
TO R4	29.50	17.11
TO R5	24.50	14.21
T1 R1	27.50	15.95
T1 R2	24.00	13.92
T1 R3	29.50	17.11
T1 R4	33.00	19.14
T1 R5	36.00	20.88
T2 R1	29.00	16.82
T2 R2	-11.00	-6.38
T2 R3	33.50	19.43
T2 R4	31.00	17.98
T2 R5	44.00	25.52
T3 R1	25.50	14.79
T3 R2	29.00	16.82
T3 R3	25.50	14.79
T3 R4	27.00	15.66
T3 R5	27.50	15.95
T4 R1	32.50	18.85
T4 R2	28.50	16.53
T4 R3	28.50	16.53
T4 R4	22.50	13.05
T4 R5	31.50	18.27

Metodología:

Materia Orgánica Total (M.O.T.) : Calcincación 250 °C x 4 horas (Schulte & Hopkins, 1996)
Carbono Orgánico Total (C.O.T.) : M.O.T. / 1.724 (Abella & Zimmer, 2007)


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



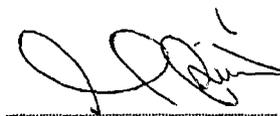

Gleoder Ruiz Flores
Laboratorista de Suelos

Gráfico 14. Resultados de análisis de laboratorio de Materia orgánica