



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“OPTIMIZACIÓN EN EL TRATAMIENTO INTEGRAL DE LOS
DERIVADOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS (COMPOST - BIOL) DE LA
MATERIA ORGÁNICA Y DE IMPROPIOS (LIXIVIADOS) EN LA
GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA “EMMAI-
BCP-EP”.**

Tesis de Grado Previo la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: PABLO MIGUEL BARRIGA NOBLE

TUTOR: ING. HANNIBAL BRITO

Riobamba – Ecuador

2015

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “OPTIMIZACIÓN EN EL TRATAMIENTO INTEGRAL DE LOS DERIVADOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS (COMPOST – BIOL) DE LA MATERIA ORGANICA Y DE IMPROPIOS (LIXIVIADOS) EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA “EMMAI-BCP-EP” de responsabilidad del señor Pablo Miguel Barriga Noble ha sido revisado por los Miembros del tribunal de tesis, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Hanníbal Brito
DIRECTOR DE TESIS		
Ing. Mónica Andrade
COLABORADOR DE TESIS		
DOCUMENTALISTA SISBIB ESPOCH

“Yo, **PABLO MIGUEL BARRIGA NOBLE**, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”

Pablo Miguel Barriga Noble

DEDICATORIA

El presente proyecto de tesis dedico a mis padres por darme la vida, la inteligencia, sabiduría, fortaleza necesaria para poder alcanzar una de mis metas propuestas y ser mejor persona. A toda mi familia por su apoyo permanente. A mis amigos por su incondicional apoyo y amistad. A mis maestros politécnicos por todos los conocimientos impartidos y quienes han sido mi guía permanente.

Pablo

AGRADECIMIENTO

Primero y antes que nada, quiero dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Pues están en mi corazón y en mi vida, quiero agradecer a mis padres, ya que con su amor, sus enseñanzas y esfuerzo, han sido la fuente de mi inspiración, por brindarme su apoyo, su comprensión, su tolerancia e infinita paciencia y así llevar adelante mis estudios que ha sido mi meta personal.

A la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de Pallatanga, Cumandá y Bucay “EMMAI-BCP-EP”, quienes me abrieron la puerta para realizar esta investigación, en especial al Ing. Luis Hernández por su valiosa confianza y colaboración en el transcurso de proyecto de tesis..

Un especial agradecimiento al Ing. Hannibal Brito y a la Ing. Mónica Andrade por su colaboración, apoyo brindados y sobre todo por esa gran amistad que me han brindado, también por con sus amplios conocimientos para llegar a la culminación de este proyecto de investigación. Finalmente quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis, con sus altos y bajos y que no necesito nombrar porque tanto ellos como yo sabemos que desde lo más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

Pablo

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

H₂S	Ácido Sulhídrico
HCl	Ácido Clorhídrico
H₂SO₄	Ácido sulfúrico
Adim	Adimensional
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
NH₃	Amoníaco
C	Carbono
CE	Conductividad eléctrica
P	Densidad (kg/m ³)
DAP	Densidad aparente
DR	Densidad real
CO₂	Dióxido de carbono
EMMAI-BCP-EP	Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de Pallatanga, Cumandá y Bucay
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
P	Fósforo
GEI	Gases de efecto invernadero
Gpc	Generación per cápita
°C	Grados Celsius
Gr	Gramo
Hab	Habitantes
NaOH	Hidróxido de sodio
I	Índice de crecimiento anual
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
Kg	Kilogramo
Kg/m²	Kilogramos por metro cuadrado
Kg/m³	Kilogramos por metro cúbico
CH₄	Metano
msnm	Metros sobre el nivel del mar
ms/cm	Milisiemens por centímetro
Min	Minuto
M	Muestra
N°	Número

O₂	Oxígeno
N	Periodo de tiempo (años)
Pa	Población actual (hab)
Pf	Población final (hab)
%C	Porcentaje de carbono
%	Porcentaje de materia orgánica
%N	Porcentaje de nitrógeno
K	Potasio
Ph	Potencial de hidrógeno [H ⁺]
RSU	Residuos sólidos urbanos
SO₄	Sulfatos
UNE-EN	Una Norma Española Estándar Europeo
V	Volumen (m ³)

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE ABREVIATURA	vi
TABLA DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN	xix
SUMMARY	xx
INTRODUCCIÓN	-1-

CAPÍTULO I

1	MARCO TEÓRICO	- 5 -
1.1	Residuos sólidos	- 5 -
1.1.1	Residuos sólidos urbanos	- 6 -
1.1.1.1	<i>Composición de los residuos sólidos urbanos</i>	- 6 -
1.1.1.1.1	<i>Residuos Inorgánicos</i>	- 6 -
1.1.1.1.2	<i>Residuos Orgánicos</i>	- 8 -
1.1.1.2	<i>Impacto ambiental y socioeconómico de los residuos sólidos urbanos</i>	- 8 -
1.1.1.3	<i>Recolección de los RSU</i>	- 9 -
1.1.1.3.1	<i>Recogida selectiva</i>	- 10 -
1.1.1.3.2	<i>Recogida general</i>	- 10 -
1.1.1.4	<i>Tratamiento de los RSU</i>	- 10 -
1.1.1.4.1	<i>Plantas de selección</i>	- 10 -
1.1.1.4.2	<i>Reciclaje y recuperación de materiales</i>	- 10 -
1.1.1.4.3	<i>Compostaje</i>	- 10 -
1.1.1.4.4	<i>Vertido</i>	- 11 -
1.1.1.4.5	<i>Incineración</i>	- 11 -
1.2	Compost	- 11 -

1.2.1	<i>Ventajas del uso del compost</i>	- 12 -
1.2.2	<i>Las materias primas del compost</i>	- 12 -
1.2.3	<i>Fases del compostaje</i>	- 13 -
1.2.3.1	<i>Fase Mesófila</i>	- 14 -
1.2.3.2	<i>Fase Termófila o de Higienización</i>	- 14 -
1.2.3.3	<i>Fase de Enfriamiento o Mesófila II</i>	- 15 -
1.2.3.4	<i>Fase de Maduración</i>	- 15 -
1.2.4	<i>Requerimientos químicos y físicos para el compostaje</i>	- 15 -
1.2.4.1	<i>Oxígeno</i>	- 16 -
1.2.4.2	<i>Aireación</i>	- 16 -
1.2.4.3	<i>Dióxido de Carbono (CO₂)</i>	- 17 -
1.2.4.4	<i>Humedad</i>	- 17 -
1.2.4.5	<i>Temperatura</i>	- 18 -
1.2.4.6	<i>pH</i>	- 20 -
1.2.4.7	<i>Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)</i>	- 21 -
1.2.4.8	<i>Tamaño de partícula</i>	- 22 -
1.2.5	<i>Dinámica de N en la compostera</i>	- 23 -
1.2.6	<i>Higienización e inocuidad</i>	- 24 -
1.2.7	<i>Tamaño de la pila o volumen en compostaje</i>	- 25 -
1.2.8	<i>Sistemas de compostaje</i>	- 27 -
1.2.8.1	<i>Sistemas abiertos</i>	- 28 -
1.2.8.1.1	<i>Pilas estáticas</i>	- 28 -
1.2.8.1.2	<i>Pilas con volteo</i>	- 30 -
1.2.8.2	<i>Sistemas cerrados</i>	- 30 -
1.2.8.2.1	<i>Reactores verticales</i>	- 31 -
1.2.8.2.2	<i>Reactores horizontales</i>	- 31 -
1.2.8.3	<i>Comparativa entre sistemas de compostaje</i>	- 31 -
1.3	<i>Optimización</i>	-33 -
1.3.1	<i>Pilas con volteo sin aireación forzada</i>	- 33 -
1.3.1.1	<i>Formas de la compostera</i>	- 33 -
1.3.1.2	<i>Ventajas y desventajas del volteo</i>	- 35 -
1.3.1.3	<i>Métodos de compostaje</i>	- 36 -
1.3.1.3.1	<i>El Método Indore (totalmente aeróbico)</i>	- 36 -
1.3.1.3.2	<i>Método de Pfeiffer (aeróbico)</i>	- 38 -
1.3.1.3.3	<i>Método de Pain (aeróbico)</i>	- 39 -
1.3.1.4	<i>Características del compost</i>	- 40 -

1.3.1.5	<i>Dosis de aplicación del compost</i>	- 42 -
1.3.2	Método de muestreo del compost	- 42 -
1.3.3	Tamo o cascarilla de arroz	- 43 -
1.3.4	Melaza de caña	- 43 -
1.3.5	Levadura	- 43 -
1.3.6	Biol y lixiviados	- 44 -

CAPITULO II

2	MARCO METODÓLOGICO	- 46 -
2.1	Diagnóstico del área de estudio	- 46 -
2.1.1	<i>Ubicación y extensión</i>	- 46 -
2.1.2	<i>Localización geográfica</i>	- 46 -
2.1.3	<i>Tamaño de la población</i>	- 47 -
2.1.4	<i>Climatología</i>	- 47 -
2.2	Metodología	- 47 -
2.2.1	<i>Determinación de población</i>	- 47 -
2.2.2	<i>Determinación de residuos orgánicos</i>	- 48 -
2.2.3	<i>Muestreo del compost</i>	- 48 -
2.2.3.1	<i>Materiales requeridos para el muestreo</i>	- 48 -
2.2.4	<i>Caracterización del compost</i>	- 49 -
2.2.5	Métodos y Técnicas	- 50 -
2.2.5.1	<i>Métodos</i>	- 50 -
2.2.5.2	<i>Técnicas</i>	- 51 -
2.2.5.2.1	<i>Humedad</i>	- 52 -
2.2.5.2.2	<i>Materia orgánica (MO)</i>	- 53 -
2.2.5.2.3	<i>Contenido en carbono</i>	- 54 -
2.2.5.2.4	<i>Nitrógeno Kjeldahl</i>	- 54 -
2.2.5.2.5	<i>Relación Carbono/Nitrógeno</i>	- 56 -
2.2.5.2.6	<i>Tamaño de la pila</i>	- 58 -
2.2.5.2.7	<i>Mezcla Melaza – Levadura</i>	- 60 -
2.3	Datos experimentales..	- 61 -
2.3.1	Diagnóstico	- 61 -
2.3.2	Datos	- 63 -
2.3.2.1	<i>Datos de monitoreo del compostaje</i>	- 63 -
2.3.2.1.1	<i>Temperatura</i>	- 63 -
2.3.2.1.2	<i>Ph</i>	- 63 -

2.3.2.1.3	<i>Humedad</i>	- 63 -
2.3.2.2	<i>Porcentaje de humedad de los residuos orgánicos</i>	- 65 -
2.3.2.3	<i>Porcentaje de humedad del tamo</i>	- 67 -
2.3.2.4	<i>Porcentaje de Humedad de Compost Final</i>	- 68 -

CAPITULO III

3	MARCO DE RESULTADO,ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO -	70 -
3.1	Cálculos	- 70 -
3.1.1	<i>Proyección de la población</i>	- 70 -
3.1.2	<i>Determinación de residuos orgánicos</i>	- 70 -
3.1.3	<i>Humedad</i>	- 70 -
3.1.4	<i>Relación Carbono/Nitrógeno</i>	- 71 -
3.1.4.1	<i>Pilas con melaza</i>	- 71 -
3.1.4.2	<i>Pila sin melaza</i>	- 72 -
3.1.5	<i>Tamaño de la pila</i>	- 73 -
3.1.5.1	<i>Pila con melaza</i>	- 73 -
3.1.5.1.1	<i>Densidad de los residuos orgánicos</i>	- 74 -
3.1.5.1.2	<i>Volumen a compostar</i>	- 74 -
3.1.5.1.3	<i>Dimensiones de la pila</i>	- 75 -
3.1.5.2	<i>Pila sin melaza</i>	- 75 -
3.1.5.2.1	<i>Densidad de los residuos orgánicos</i>	- 76 -
3.1.5.2.2	<i>Volumen a compostar</i>	- 76 -
3.1.5.2.3	<i>Dimensiones de la pila</i>	- 76 -
3.2	Resultados	- 77 -
3.2.1	<i>Proyección Población</i>	- 81 -
3.2.2	<i>Determinación de Residuos Orgánicos</i>	- 81 -
3.2.3	<i>Humedad</i>	- 81 -
3.2.4	<i>Resultados Pila con Melaza</i>	- 81 -
3.2.5	<i>Resultados Pila sin Melaza</i>	- 81 -
3.2.6	<i>Resultados de monitoreo de los parámetros en el proceso de compostaje</i>	- 81 -
3.2.6.1	<i>Pila 1</i>	- 81 -
3.2.6.2	<i>Pila 2</i>	- 83 -
3.2.6.3	<i>Pila 3</i>	- 86 -
3.2.6.4	<i>Pila 4</i>	- 88 -
3.2.7	<i>Resultados de rendimiento</i>	- 91 -
3.2.8	<i>Resultado final de la caracterización del compost</i>	- 91 -

3.3	Propuesta	- 92 -
3.3.1	<i>Análisis Económico</i>	- 93 -
3.4	Análisis y discusión de resultados	- 94 -
	CONCLUSIONES	- 97 -
	RECOMENDACIONES	- 98 -
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1	FASES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE	- 14 -
FIGURA 2-1	VÍAS DE PÉRDIDAS DE N DE UNA COMPOSTERA.....	- 23 -
FIGURA 3-1	TAMAÑO Y FORMA DE PILA DE COMPOSTAJE.....	- 25 -
FIGURA 4-1	DIMENSIONES DE UNA PILA DE COMPOSTAJE.....	- 26 -
FIGURA 5-1	SISTEMAS DE COMPOSTAJE	- 28 -
FIGURA 6-1	FLUJO DE AIRE CALIENTE INTERIOR DE UNA PILA ESTÁTICA DE COMPOSTA ..	- 29 -
FIGURA 7-1	SISTEMA DE PILA ESTÁTICA CON AIREACIÓN FORZADA POR SUCCIÓN	- 29 -
FIGURA 8-1	PILAS CON VOLTEO	- 30 -
FIGURA 9-1	REACTOR CIRCULAR DE LECHO AGITADO.....	- 31 -
FIGURA 10- 1	POSIBILIDADES ADAPTAR COMPOSTERA CONDICIONES HÚMEDAS Y ÁRIDAS .	- 34 -
FIGURA 11-1	EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN COMPOST EN PILO VS ZANJA	- 35 -
FIGURA 12-1	MÉTODO ÍNDORE.....	- 38 -
FIGURA 13-1	MÉTODO PFEIFFER	- 39 -
FIGURA 14-1	MÉTODO PAIN	- 40 -
FIGURA 15-1	TOMA DE MUESTRA COMPOST.....	- 42 -
FIGURA 1-2	UBICACIÓN DEL CANTÓN CUMANDÁ	- 46 -

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1-1.	PARÁMETROS DE AIREACIÓN.....	- 16 -
TABLA 2-1.	PARÁMETROS DE HUMEDAD ÓPTIMOS.....	- 18 -
TABLA 3-1.	PARÁMETROS DE TEMPERATURA ÓPTIMOS	- 19 -
TABLA 4-1.	PARÁMETROS DE PH ÓPTIMOS.....	- 20 -
TABLA 5-1.	PARÁMETROS DE LA RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO ÓPTIMOS.....	- 21 -
TABLA 6-1.	CONTROL DEL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA	- 22 -
TABLA 7-1.	ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE COMPOSTAJE	- 32 -
TABLA 8-1.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL VOLTEO	- 35 -
TABLA 9-1.	VALORES PROMEDIO DE NUTRIENTES POR TONELADAS DE COMPOST PH Y C/N.....	- 41 -
TABLA 10-1.	NIVEL DE EFICIENCIA DE LOS MATERIALES COMPOSTADOS	- 41 -
TABLA 11-1.	VOLÚMENES DE MATERIAL COMPOSTADO AL INICIO Y AL FINAL /M ³	- 41 -
TABLA 1-2.	POBLACIÓN ACTUAL DEL CANTÓN CUMANDÁ.....	- 47 -
TABLA 2-2.	CARACTERIZACIÓN DEL COMPOST	- 49 -
TABLA 3-2.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS PARA COMPOST ...	- 50 -
TABLA 4-2.	HUMEDAD.....	- 50 -
TABLA 5-2.	MATERIA ORGÁNICA.....	- 50 -
TABLA 6-2.	CONTENIDO DE CARBONO.....	- 50 -
TABLA 7-2.	NITRÓGENO KJELDAHL.....	- 50 -
TABLA 8-2.	RELACIÓN CARBONO / NITRÓGENO	- 50 -
TABLA 9-2.	TAMAÑO PILA	- 50 -
TABLA 10-2.	MELAZA - LEVADURA.....	- 50 -
TABLA 11-2.	CARACTERIZACIÓN INICIAL PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICAS DEL COMPOST ..	- 62 -
TABLA 12-2.	DETERMINACIONES QUÍMICAS DEL TAMO.....	- 62 -
TABLA 13-2.	DETERMINACIONES FÍSICO QUÍMICAS DE LA MELAZA	- 63 -
TABLA 14-2.	TOMA DE DATOS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE	- 64 -
TABLA 15-2.	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS.....	- 65 -
TABLA 16-2.	CONTENIDO DE HUMEDAD DE TAMO	- 67 -
TABLA 17-2.	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL COMPOST FINAL.....	- 68 -
TABLA 1-3.	CALCULO RELACIÓN C/N PILA MELAZA.....	- 84 -
TABLA 2-3.	CALCULO RELACIÓN C/N PILA MELAZA CORNELL.....	- 72 -
TABLA 3-3.	CALCULO RELACIÓN C/N PILA SIN MELAZA.....	- 85 -
TABLA 4-3.	CÁLCULO RELACIÓN C/N PILA SIN MELAZA CORNELL	- 73 -

TABLA 5-3.	RESULTADO POBLACIÓN 2015	- 50 -
TABLA 6-3.	RESULTADO RESIDUOS ORGÁNICOS 2015	- 50 -
TABLA 7-3.	RESULTADO HUMEDAD.....	- 50 -
TABLA 8-3.	RESULTADO RELACIÓN C/N CON MELAZA	- 50 -
TABLA 9-3.	RESULTADO TAMAÑO PILA CON MELAZA.....	- 50 -
TABLA 10-3.	RESULTADO RELACIÓN C/N SIN MELAZA.....	- 50 -
TABLA 11-3.	RESULTADO TAMAÑO PILA SIN MELAZA	- 50 -
TABLA 12-3.	RESULTADOS DE MONITOREO PILA 1	- 81 -
TABLA 13-3.	RESULTADOS DE MONITOREO PILA 2	- 83 -
TABLA 14-3.	RESULTADOS DE MONITOREO PILA 3	- 86 -
TABLA 15-3.	RESULTADOS DE MONITOREO PILA 4	- 88 -
TABLA 16-3.	RESULTADOS DE RENDIMIENTO	- 91 -
TABLA 17-3.	RESULTADOS FINAL DE OPTIMIZACIÓN DEL COMPOST	- 91 -
TABLA 18-3.	COSTO PARA LA PREPARACIÓN DE MICROORGANISMO EMAS POR PILA.....	- 93 -
TABLA 19-3.	COSTO MENSUAL PREPARACIÓN MELAZA- LEVADURAFLEISCHMANN.....	- 94 -
TABLA 20-3.	COSTO DE OPERACIÓN DEL TAMO	- 94 -
TABLA 21-3.	COSTO DE OPERACIÓN DE LA PILA EN LA OPTIMIZACIÓN	- 94 -
TABLA 22-3.	UTILIDAD POR PILA MENSUAL	- 94 -

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1-3.	POBLACIÓN 2015.....	- 79 -
GRÁFICO 2-3.	RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS 2015.....	- 79 -
GRÁFICO 3-3.	CURVA DE SECADO RESIDUOS ORGÁNICOS.....	- 79 -
GRÁFICO 4-3.	CURVA DE SECADO DEL TAMO.....	- 79 -
GRÁFICO 5-3.	CURVA DE SECADO DEL COMPOST.....	- 79 -
GRÁFICO 6-3.	MONITOREO DE TEMPERATURA PILA 1.....	- 82 -
GRÁFICO 7-3.	MONITOREO DE PH PILA 1.....	- 82 -
GRÁFICO 8-3.	MONITOREO DE HUMEDAD PILA 1.....	- 83 -
GRÁFICO 9-3.	MONITOREO DE TEMPERATURA PILA 2.....	- 84 -
GRÁFICO 10-3.	MONITOREO DE PH PILA 2.....	- 85 -
GRÁFICO 11-3.	MONITOREO DE HUMEDAD PILA 2.....	- 85 -
GRÁFICO 12-3.	MONITOREO DE TEMPERATURA PILA 3.....	- 87 -
GRÁFICO 13-3.	MONITOREO DE PH PILA 3.....	- 87 -
GRÁFICO 14-3.	MONITOREO DE HUMEDAD PILA 3.....	- 88 -
GRÁFICO 15-3.	MONITOREO DE TEMPERATURA PILA 4.....	- 89 -
GRÁFICO 16-3.	MONITOREO DE PH PILA 4.....	- 90 -
GRÁFICO 17-3.	MONITOREO DE HUMEDAD PILA 4.....	- 90 -
GRÁFICO 18-3.	RESULTADO DE RENDIMIENTO.....	- 98 -

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1	HUMEDAD.....	- 18 -
ECUACIÓN. 2	pH.....	- 20 -
ECUACIÓN. 3	RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO.....	- 21 -
ECUACIÓN. 4	ECUACIÓN DE CORNELL.....	- 21 -
ECUACIÓN. 5	DIMENSIONES DE LA PILA.....	- 26 -
ECUACIÓN. 6	VOLUMEN DE LA PILA.....	- 27 -
ECUACIÓN. 7	DENSIDAD DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS....	- 27 -
ECUACIÓN. 8	DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN	- 48 -
ECUACIÓN. 9	DETERMINACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS	- 48 -
ECUACIÓN. 10	MATERIA ORGÁNICA.....	- 53 -
ECUACIÓN. 11	CONTENIDO DE CARBONO.....	- 54 -
ECUACIÓN. 12	CONTENIDO DE NITRÓGENO.....	- 54 -

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL COMPOST

ANEXO B. CARACTERIZACIÓN TAMO

ANEXO C. CARACTERIZACIÓN MELAZA

ANEXO D. DENSIDAD DE RESIDUOS ORGÁNICOS

ANEXO E. HUMEDAD DE RESIDUOS ORGÁNICOS

ANEXO F. HUMEDAD DE TAMO

ANEXO G. REPARACIÓN LEVADURA - MELAZA

ANEXO H. FORMACIÓN DE PILAS

ANEXO I. VOLTEO Y MONITOREO

ANEXO J. MUESTRA CARACTERIZACIÓN FINAL

ANEXO K. CARACTERIZACIÓN FINAL DEL COMPOST

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo, optimizar el tratamiento integral de los derivados sólidos y líquidos (compost - biol) de la materia orgánica y de impropios (lixiviados) en la gestión integral de residuos sólidos de la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de Pallatanga, Cumandá y General Antonio Elizalde –Bucay, “EMMAI-BCP-EP”. Se realizó un muestreo del compost que la empresa obtiene; posteriormente, se realizaron las pruebas de caracterización. De esta forma se verificó que el compost realizado por la empresa debía que ser mejorado en algunos parámetros como son pH, relación carbono/nitrógeno y el tiempo que lleva realizar este proceso. También se efectuaron caracterizaciones del tamo y melaza a usarse. Se calculó la cantidad de residuos orgánicos, tamo y melaza que se necesitaron. Se realizó los cálculos oportunos para esta optimización para la población 2015 de 39248,91 habitantes, con generación de residuos orgánicos de 16802,52 kg/ día y se consideró la creación de 4 tipos de pilas diferentes cuyo objetivo fue determinar cuál de estas era la más idónea para estandarizarlo en el proceso del área de compostaje. La pila con mejores características tuvo el tamaño adecuado, la cantidad necesaria de residuos orgánicos, tamo y melaza y con su respectivo monitoreo para que el proceso fuese lo más eficaz posible, así la pila tuvo 900 kg de residuos orgánicos, 100 kg de tamo y 0,2725 kg de melaza, sin uso de plásticos y monitoreo diario adecuado. Finalmente el compost resultante obtuvo 7,6 pH, 24,26 relación carbono/nitrógeno y un tiempo final de 1 mes. Se concluyó que el proceso garantizó un compost de mejor calidad, y se evitó la contaminación del sector por derrame de biol, por lo que se recomienda, implementar este proceso y usar correctamente maquinaria y equipo personal de la empresa.

Palabras claves:

<OPTIMIZACIÓN> <RESIDUOS ÓRGANICOS > <PILA> <POTENCIAL DE
HIDRÓGENO> <RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO> <TIEMPO> <COMPOST
[abono]> <GESTIÓN AMBIENTAL>

SUMMARY

This research is intended to optimize the integral treatment of the solid and liquid derivatives (compost- biol) from organic material and from inappropriate (leaches) in the integral management of solid wastes from the Municipal Public Higiene Enterprise from Pallatanga, Cumandá and General Antonio Elizalde – Bucay, “EMMAI-BCP-EP”. In the aim to carry out this study, a Municipal Public Higiene Enterprise compost sampling and further compost characterization tests were made determining that the Municipal Public Higiene Enterprise compost must be improved in regarding several parameters such as the pH, nitrogen-carbon relation and the time this compost process takes which enables us to characterize the chaff and molasses to be used in the compost process and also to determine the quantity of the organic wastes, chaff and molasses required for that improvement. Thus, the quantity of organic wastes generation were calculated in regarding the population for 2015, which reached a number of 39248,91 inhabitants that produced 16802,52 kg of organic wastes a day which were clasified in four different heaps to determine which of them is the most usefull and made an appropriate compost process standardization which accounted for the parameters such us the amount and size of the heap, the quantity of organic wastes, chaff and molasses. For the compost process monitoring the amount and size of the wastes heap was stablished, so it had 900 kg of organic wastes, 100 kg of chaff and 0,2725 kg of molasses, without the usage of plastics and through a daily monitoring the compost gotten had a 7,6 of pH, a 24,26 of nitrogen-carbon relation and the processing time was 1 month which enabled to improve not the compost quality but also to prevent pollution from spillage of the biol therefore it is advisable to implement this process using the enterprise machines and equipment properly well as the staff required.

Research Key Words:

<Optimization> <Organic wastes> <Heap> < Hydrogen potential> <Nitrogen-Carbon Relation>
<Time> <Compost> <manure> <Environmental Management>

INTRODUCCIÓN

Inquieta a los gobiernos, municipios y a la ciudadanía en general, el problema de la contaminación ambiental, en la cual, los residuos orgánicos al acumularse son fuertemente agresivos y que ocasionan enfermedades al ser humano y daños a los ecosistemas en general, estos pueden ser transformados de diversas formas siendo algunas de estas: abono orgánico, en alimento animal, en biogás o biol, por lo que, se propone que los residuos de este tipo, en lugar de verlos como un problema debemos verlos como una oportunidad para aprovecharlos, y mediante buenas técnicas y procesos generar bienes y recursos útiles y de calidad.

El compost de los residuos orgánicos es una técnica tremendamente antigua en la que se elabora abonos orgánicos (compost), altamente eficientes, a partir de la biodegradación controlada de una composición de residuos animales o vegetales. Esta práctica de reciclaje nos permite devolver al ecosistema los desperdicios generados por la actividad humana, sin causar riesgos de daños al ambiente o al elemento humano. En la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de Pallatanga, Cumandá y General Antonio Elizalde –Bucay, “EMMAI-BCP-EP” se va a realizar una optimización en el área de compostaje de los residuos sólidos orgánicos.

En lo práctico consiste en el apilamiento de los residuos orgánicos de zonas urbanas y rurales, los excrementos de animales, y los residuos de las cosechas generados, para transformarlos en productos más fácilmente manejables y aprovechables, como en abono. En este trabajo de tesis se optó por realizar 4 tipos de pilas para compostar; 2 pilas con residuos orgánicos, tamo y melaza cada una de una tonelada y solo una de ellas con cubierta de plástico.

Y las otras dos pilas de media tonelada cada una, no poseerán la melaza, sin embargo también solo una de ellas tendrá la capa de plástico. Se debe realizo pilas para compostar aptas para las condiciones de la empresa que por la gran cantidad de orgánicos que recibe a diario debe tener el tamaño y las proporciones adecuadas de orgánicos, tamo y melaza con el monitoreo de pH, temperatura y humedad en 28 puntos diferentes para las pilas de una tonelada y de 14 puntos para las pilas de media tonelada.

El compost nos es útil en la regeneración de suelos maltratados porque mejora el intercambio catiónico y elimina patógenos. Para lo que se mejoró la relación carbono/ nitrógeno, el pH, esto en el menor tiempo posible, también se cumplió con los volteos oportunos de las pilas para mantener temperatura, aireación, humedad, pH, etc, dentro del rango ideal. También se redujo

malos olores, se garantizó una esterilización óptima y un control mejor de los lixiviados- biol que se producen en dichas pilas de compostaje.

ANTECEDENTES

La Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de Pallatanga, Cumandá y General Antonio Elizalde (Bucay) “EMMAI-BCP-EP” tiene como competencias administrar y desarrollar un Sistema de Gestión Integral para el barrido, recolección, limpieza, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos.

La EMMAI-BCP-EP asume la responsabilidad del manejo de residuos sólidos el 1 de Enero del 2010, entre sus actividades más apremiantes está la implementación de un modelo de gestión que comprende: la clasificación domiciliaria de residuos en dos fracciones (orgánica e inorgánica), recogida selectiva en horarios establecidos, tratamiento de residuos (reciclaje y reutilización) y disposición final (relleno sanitario) realizando un manejo técnico en el Centro de Gestión Integral orientados al mejoramiento del saneamiento ambiental de los cantones implicados.

El Centro de Gestión se encuentra ubicado en el cantón Cumandá Km 3 ½ vía Buenos Aires en una superficie de 24447 m². La Municipalidad de Pallatanga a través del proyecto FORMIA ha gestionado desde el año 2006 el apoyo técnico para llevar adelante un proyecto de manejo responsable de los residuos sólidos del cantón, gracias a lo cual y con el asesoramiento de Técnicos Españoles tanto del Fondo Extremeño de Cooperación para el Desarrollo FELCODE como de la Fundación Instituto Para el Desarrollo IPADE se identifica que la medida más conveniente tanto desde el punto de vista ambiental como financiero para el manejo de desechos sólidos es llevar adelante el proceso mediante una mancomunidad formada por los cantones de Bucay, Cumandá y Pallatanga.

En el mes de Abril del año 2008 con el apoyo del proyecto FORMIA y la Fundación IPADE, los Municipios acuerdan enfrentar de manera conjunta el problema de manejo de desechos sólidos en los tres cantones atendiendo los objetivos planteados en los Planes de Desarrollo de cada uno de los municipios. En este marco se resuelve solicitar el apoyo de la Fundación IPADE, a través del proyecto FORMIA, para la presentación del proyecto “Mejora del Saneamiento ambiental de los Municipios de Pallatanga, Cumandá, y General Elizalde (Bucay) mediante una mancomunidad

para la gestión de residuos.” ante la convocatoria de subvenciones de AECID (AGENCIA ESPAÑOLA PARA LA COOPERACION Y DESARROLLO), el cual fuera aprobado mediante resolución con el número de registro 08-PR1-434, abriendo las puertas para una solución al manejo de desechos sólidos en los tres cantones.

El mencionado proyecto incluye la recolección, barrido, tratamiento, transporte y disposición final de los residuos sólidos urbanos en los tres cantones; para ello se conforma la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de Pallatanga, Cumandá y General Antonio Elizalde (Bucay) “EMMAI-BCP-EP” empresa creada bajo la aprobación de una ordenanza en cada uno de los Concejos . El centro de gestión integral de residuos sólidos de la EMMAI-BCP-EP, deberá incorporar los siguientes componentes básicos como son el relleno sanitario como forma de disposición final de los desechos sólidos, planta para elaborar abono orgánico o compostaje, planta o área de reciclaje, infraestructura complementaria al relleno sanitario.

JUSTIFICACIÓN

La remediación ambiental es una responsabilidad que deben asumir todas las entidades que provocan impactos ambientales como son los botaderos de basura. La recuperación de estos sitios es esencial para precautelar el buen vivir al que todos y todas tenemos derecho.

Al momento de realizar este proyecto de investigación se pudo evidenciar la falta de un correcto manejo de los residuos orgánicos y de su biol - lixiviado por parte de la “EMMAI-BCP-EP”. Por lo tanto es necesario realizar un proceso de optimización en el compostaje de los Residuos Orgánicos de los tres cantones, optimizando el área de trabajo para el reciclaje de la materia orgánica, reduciendo tiempo, mejorando el proceso y la calidad del compost final, y también un manejo adecuado a los líquidos resultantes de este proceso como es biol - lixiviado.

La formulación de la presente optimización contribuirá a un mejor progreso de la empresa, estableciendo un correcto funcionamiento del área de compostaje devolviendo así la calidad del compost y minimizando el impacto ambiental.

OBJETIVOS

GENERAL

- Optimizar el tratamiento integral de los derivados sólidos y líquidos (compost - biol) de la materia orgánica y de impropios (lixiviados) en la gestión integral de residuos sólidos de la “EMMAI-BCP-EP”.

ESPECÍFICOS

- Plantear un plan para el muestreo adecuado de muestras representativas del compost generado en la “EMMAI-BCP-EP”.
- Caracterizar el estado actual del compost mediante análisis físico – químico.
- Plantear alternativas de viabilidad técnica para el proceso de compostaje en base a los estudios de caracterización realizados.
- Determinar las variables a monitorearse en la optimización del proceso de compostaje.
- Realizar la caracterización del compost después de la optimización del proceso.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Residuos sólidos

Son materiales de desecho que se producen tras la elaboración, transformación o uso de bienes de consumo, que no se presentan en estado gaseoso o líquido. El origen de estos residuos de la mayor parte de ellos es generado en las ciudades, conocidos como residuos sólidos urbanos, que proceden de las actividades domésticas en los domicilios, de los edificios públicos, de la demolición y reparación de edificios.

Y otros que se producen en industrias peligrosas. En cualquier caso, la producción de cantidades enormes de residuos sólidos plantea el problema para su eliminación. Estos materiales no tienen valor económico, o su utilización es muy caro, y por ello se los envía a vertederos. En estos lugares aparecen olores desagradables, plagas, contaminación del agua, del subsuelo, etc. Una alternativa es la incineración con la obtención de energía, pero es necesario un control muy estricto de las sustancias que se producen durante el proceso, por su toxicidad para la salud.

Toda actividad humana produce residuos de los cuales tenemos en mayor porcentaje los de origen agrícolas, seguidos por los del sector minero, energético, y de las diferentes industrias agropecuarias lo que representan un alto índice de contaminación pero las responsables del mayor porcentaje del calentamiento global son los producidos por la sectores de la energía, la minería y las industrias de los diferentes parques industriales.

La proporción de cada tipo de residuo depende de la estructura económica de los países, pero en general se observa una tendencia que hace corresponder a un mayor grado de desarrollo un mayor peso en el conjunto total de la suma de los residuos urbanos y los industriales.

1.1.1 *Residuos sólidos urbanos (RSU)*

A los residuos sólidos urbanos se los clasifica como residuos generados por la actividad humana en comercios, en los hogares, en las oficinas, también ha estos se les incluye a los residuos que tengan una clasificación de no peligrosos generados dentro de los anteriores. También se

considera dentro de este grupo de residuos urbanos a escombros de obras o reparaciones de construcción, muebles, animales muertos y de origen de zonas recreativas.

1.1.1.1 Composición de los residuos sólidos urbanos.

Están compuestos de diversos materiales como ropa, papel periódico, cartón, envases plásticos o de cristal, latas, herramientas muebles, e instrumentos de uso de cocina, restos de comida, de mercado y de jardinería, siendo estos últimos tres gran mayoría dentro de los residuos urbanos. También los residuos de tipo peligroso producidos en los hogares por su alta toxicidad como son: aceites y baterías de vehículos, aparatos electrónicos como son línea blanca, ordenadores y celulares, disolventes, pinturas, lámparas y pilas.

1.1.1.1.1 Residuos Inorgánicos

- Papel.

Un potencial residuo es el papel ya que se lo ha producido desde siempre y en grandes cantidades, representa un impacto ambiental por la excesiva tala de árboles descortezados y destrozados, y posteriormente para hacerlos pasta y blanquearlos se necesita de energía, químicos y de grandes cantidades de agua, fuera de esto el papel tiene un elevado consumo por habitante.

- Vidrio.

El vidrio o cristal ha sido usado por mucho tiempo para fabricar envases a partir de sílice, carbonato cálcico y sódico y también colorantes, los cuales son fundidos en hornos a altas temperaturas 1500 °C y a unos 900 °C se le da su forma, aquí este proceso consume una elevada cantidad de energía y es de un tiempo de degradación demasiado lento.

- Plásticos

Es un material de fabricación a partir de polímeros que le brindan versatilidad, flexibilidad y resistencia, son altamente usados por su fabricación fácil y coste barato. Se obtienen a partir de recursos naturales no renovables como es el petróleo, por lo que lo hace difícil de degradar y perduran por largo tiempo en los distintos vertederos. Los plásticos constituyen 7% en peso de los residuos urbanos aunque pueden llegar al 20% en volumen.

- Acero

Su fabricación es amplia y de gran demanda por su ligereza, su fácil moldeo y reciclado y una buena condición magnética, como se mencionaba se lo fabrica para preservar alimentos como las conservas, el uso en bebida gaseosas y alcohólicas, en el ámbito industrial tenemos pinturas, disolventes, aceites y otro porcentaje en partes de vehículos que se los puede considerar residuos urbanos, todos estos pueden llegar a considerarse un 10% de los RSU.

- Aluminio.

Es un material considerado contaminante, por su difícil degradación y su alto consumo tanto en hogar específicamente en el uso para alimentación y en la industria por resistencia a ser corroído, deformabilidad, ligereza y gran conductividad y sobre todo porque se emplea en su producción elevadas cantidades de energía cerca de 13500 Kwh tonelada.

- Tetra-brik.

Se inició con su fabricación en 1963. Son recipientes contruidos de varios materiales como es cartón, aluminio y una lámina de plástico. Se los utiliza sobretodo en la conservación de alimentos en condiciones óptimas, las fábricas los usan ya que se le puede dar la presentación que desee, son recipientes de degradación demasiado lenta sobre todo por utilizar el aluminio y plástico.

- Otros residuos inorgánicos

Estos residuos se los considera peligrosos, composición variada y merecen un trato especial, si tenemos los fluidos térmicos y los hidráulicos de los frigoríficos mejor conocidos como policlorobifenilos y policlorotrifenilos, también tenemos las pilas tan peligrosas por contener mercurio, zinc, plomo, litio , níquel y cadmio

Muchas de estas son reciclables como es el caso de las de óxido de mercurio, también tenemos las de óxido de palta y níquel, cosa que no ocurre con las alcaninas deben ser llevadas a depósitos especiales. Muchas de estas pueden contaminar fácilmente cerca de dos millones de agua causando un problema de salud.

Los medicamentos muchos de estos antibióticos de amplio espectro son un problema para la vida microbiana del suelo y agua, los aceites sintéticos, semisintéticos y minerales, pinturas, barnices, líquidos de limpieza deben recibir tratamiento específico.

Los aparatos electrónicos como laptops y celulares son de gran problema hoy en día por su consumo sin precedentes y se los considera un peligro ambiental por metales pesados. Los aceites vegetales y animales de origen domiciliario usados para freír alimentos no deben ser eliminados por el sifón ya que imposibilita la depuración de las aguas residuales y dificultan su oxigenación.

Y por último, existen ciertos tipos de residuos que no son considerados peligrosos pero con su acumulación representan un problema, así tenemos los textiles, la madera y los muebles constituyen la última fracción de los RSU.

1.1.1.1.2 Residuos Orgánicos

Los residuos orgánicos son desechos de los alimentos de los domicilios, de mercados y en pequeña fracción los de jardinería, todos estos constituyen una composición química de carbohidratos, grasas, proteínas, etc. Estos llegan a variar ya que pueden proceder de zonas urbanas o rurales.

Su procedencia suele ser vegetal o animal, con un correcto manejo estos residuos orgánicos, se lo puede reciclar y como resultado obtener compost que es excelente abono orgánico para el suelo por su contenido de nutrientes para las plantas. En cambio cuando la basura orgánica no se le da un correcto uso nos genera mal olor, problemas de plagas y si se elabora compost, se enriquecen el sustrato y los cultivos, se reduce basura en los rellenos sanitarios y se ahorra energía.

Los residuos orgánicos nos ayudan a la obtención de biogás ya que al descomponerse generan cantidades considerables de metano. Para causar un menor impacto ambiental se debe clasificar la basura en su origen, separando los inorgánicos de los orgánicos para ser recuperados de manera rápida.

1.1.1.2 Impacto ambiental y socioeconómico de los residuos sólidos urbanos.

Antes de la revolución industrial los residuos urbanos no suponían un problema por la pequeña cantidad en la que se generaban, y solo se los recogía y se los depositaba en los rellenos lo más alejados posible de las zonas pobladas, se esperaba que la acción de microorganismos ayuden a

su desaparición, ya que su composición era en su mayoría materia orgánica y ciertos materiales de tipo natural como son vidrio, cerámicas, tejidos naturales, etc. Y además la falta de aprovechamiento de dichos residuos.

Mientras que hoy en día con una expansión demográfica e industrial y la creación de nuevos modelos económicos, se ha introducido una nueva cultura de consumo cambiando la composición de los residuos una gran demanda de alimentos han provocado que los residuos orgánicos aumenten, al igual de materiales de origen sintético como plásticos, el incremento en la fabricación de metales, celulosa y vidrio, que hoy en día resulta su tratamiento con un alto costo.

Ha surgido un nuevo problema ambiental con la gran cantidad de residuos, se trata de vertidos incontrolados causantes de afecciones hacia la naturaleza, como son la contaminación por lixiviado de aguas superficiales y subterráneas, del suelo, pérdida de lugares naturales por focos de infección, malos olores y la presencia de plagas, también por la aparición de gases de efecto invernadero.

Pues actualmente la explotación insostenible de los recursos renovables y no renovables empiezan a generar estragos en diferentes lugares del planeta como son la desaparición de la biodiversidad, bosques primario y secundarios, el daño a la capa de ozono y el aumento de temperatura del planeta, se comienzan a observar los síntomas claros de colapso ambiental en los ecosistemas y las consecuencias para la vida.

Como respuesta a esta situación se proclamó “se debe cumplir las necesidades de desarrollo y el carácter ambiental de manera equitativa para de esta manera salvaguardar las generaciones presentes y futuras en la conferencia de rio 1992 “Medio Ambiente y Desarrollo”.

De esta forma no degrade la biodiversidad, evitando la contaminación y considerar que muchas materias primas pueden provenir de los residuos que no nos podemos dar el lujo de desaprovechar, así creando nuevas oportunidades de empleo y una oportunidad nada mal para el desarrollo económico.

1.1.1.3 Recolección de los RSU.

Tratar los residuos sólidos urbanos de la manera más adecuada es un problema que en la actualidad los gobiernos descentralizados deben lidiar, este tratamiento a los RSU consta de varias fases:

1.1.1.3.1 Recogida selectiva

Este tipo de recolección para los residuos urbanos pretende separarlos en reciclables y no reciclables desde el origen, es decir desde los hogares debemos ayudar con la separación de los residuos en diferentes bolsas y así en las empresas de recolección de basura en tratamiento a lo diferentes tipos de residuos será más eficaz y ágil. Debemos procurar que las bolsas o contenedores estén en buenas condiciones, evitar su colocación indebida para facilitar una buena higiene.

1.1.1.3.2 Recogida general

Esta manera de recolección de basura donde no se selecciona o se clasifica los diferentes tipos de residuos y no son separados en contenedores específicos, por lo que son llevados a los vertederos directamente o a instalaciones de selección y tratamiento.

1.1.1.4 Tratamiento de los RSU

1.1.1.4.1 Plantas de selección

Son las instalaciones que poseen los vertederos más avanzados o mejor equipados donde se clasifica y separa los diferentes tipos de residuos manualmente o con maquinaria, para más tarde llevar al relleno sanitario los residuos irrecuperables.

1.1.1.4.2 Reciclaje y recuperación de materiales

Este proceso se realiza mediante la separación de los RSU y se recupera cierta parte de los residuos urbanos para una reutilización que evite tala de árboles como es el caso de cartón, papel, telas, tanto el vidrio como el plástico se los reutiliza como materia prima para fabricar envases, botellas, fundas, et y sin mucho gasto de energía.

1.1.1.4.3 Compostaje

Es transformación de residuos orgánicos a compost que se los utiliza como abono para el suelo, estos residuos pueden ser de origen vegetal o animal, como: resto de comida, verduras, frutas, carnes, y restos de jardinería, cabe mencionar que los residuos orgánicos no deben traer

compuestos tóxicos, ya que resultan muy difíciles de remediar y perjudican el proceso de compostaje inhibiendo la actividad microbiana.

1.1.1.4.4 Vertido

Es la manera más comúnmente usada pero no de las mejores, ya que en estos se depositan ya los materiales de desechos que no se pueden recuperar aunque se usen incineradores, siempre tendrán que ser llevados al vertedero.

Por lo que estos deben ser construidos de la mejor manera para evitar en lo posible daños al ambiente. Estos daños ambientales son la contaminación de suelos, de aguas subterráneas ocasionadas por líquidos procedentes del vertedero sin un tratamiento previo, También tenemos la generación de malos olores y de gases explosivos. Por ultimo una vez terminado su tiempo de utilización se debe realizar su cierre de manera responsable.

1.1.1.4.5 Incineración

El incinerar la basura tiene sus ventajas y desventajas, a su favor tiene que al quemar estos residuos obtenemos energía y disminuimos el volumen de los mismos y nos ayuda de forma positiva al llevarlos y depositarlos en los vertederos, en cambio como desventaja se producen gases tóxicos altamente peligrosos para la salud así tenemos las dioxinas. Estos efectos negativos se pueden minimizar con incineradores de alta tecnología pero su uso, mantenimiento son de alto costo y solo se usan para grandes cantidades de basura.

1.2 Compost

El compost es la degradación o descomposición de los residuos de origen vegetal y animal en abono orgánico. En este proceso influyen la humedad, pH y temperatura, todas estas deben ser controladas para una actividad microbiana óptima, para tener un proceso de humificación correcto, bajo condiciones controladas y sin la presencia de suelo.

El compost es el mejor abono, por que ayuda a reducir la erosión, mejora la estructura del suelo, proporciona minerales y la retención de humedad para las plantas. (Suquilanda, 1996, p.190)

1.2.1 Ventajas del uso del compost

Entre las ventajas del uso del compost encontramos las siguientes:

- Aumenta el porcentaje de materia orgánica del suelo. Los mejores suelos contienen más del 5% de materia orgánica, de ahí bajan a 2% a 3% para suelos pobres y llegan hasta menos del 2% para aquellos suelos demasiados pobres.
- Ayuda a la penetración de las raíces, por que mejora la estructura del suelo tanto en la aireación, porosidad y una buena absorción de agua.
- Retarda el proceso de cambio de reacción (pH) y corrige condiciones dañinas del suelo.
- El compost aporta a las plantas la cantidad necesaria de nutrientes para mejorar la salud y crecimiento de las mismas.
- Mejora a casi el doble la retención de humedad, para que las plantas resistan mejor las épocas de sequía.
- Incrementa las propiedades químicas, se mejora los macronutrientes K,N, P, y micronutrientes, para que se realice un intercambio catiónico óptimo para evitar pérdidas de cultivos.
- Ayuda con la actividad microbiana del suelo, como alimento y soporte para microorganismos ya que las plantas necesitan de humus y aportan minerales. (Suquilanda, 1996, pp.190 – 191)

1.2.2 Las materias primas del compost.

Para fabricar un compost de calidad se debe utilizar materia orgánica no contaminada, y estas materias primas por la general deben proceder de:

- Restos urbanos son los residuos procedentes de las cocinas como pueden ser restos de fruta y hortalizas, restos de animales como carnes de res, pollo, etc.
- Restos de cosechas se utilizan por lo general como acolchado. Los restos vegetales más tiernos como hojas, cascaras de frutos, bajos en contenido de carbono pero ricos en nitrógeno

pero los restos vegetales maduros como troncos, ramas, tallos, etc son menos ricos en nitrógeno.

- Restos de poda, césped, de jardinería, malas hierbas, etc.
- Las ramas, troncos de árboles pueden tardar de 6 meses a 2 años en descomponerse, para lo cual se recomienda triturarlos y mezclarlos en cantidades recomendadas con otros materiales.
- Estiércol animal, principalmente de vaca y también se puede utilizar la gallinaza, estiércol de oveja, de caballo, cuy, etc.
- Los minerales aportados por el uso de compost nos sirven para corregir deficiencias que se pueden presentar en suelo muy pobres con los fosfatos naturales, rocas silíceas y ricas en potasio, también tenemos las enmiendas calizas y magnésicas, y oligoelementos.
- En la actualidad también se utilizan plantas marinas, que se están utilizando como materia prima para el compostaje ya que contienen altos niveles de N,C,P, oligoelementos y biocompuestos y es de gran interés en el uso de fertilizante verde en la agricultura.

1.2.3 Fases del compostaje

El compostaje es un proceso de degradación biológica en presencia de oxígeno y en condiciones adecuadas de temperatura, pH y humedad lo que no asegura una transformación de la manera más higiénica de los residuos orgánicos a un material homogéneo que será aprovechado por las plantas.

El compostaje son procesos metabólicos de los microorganismos que aprovechan fuentes de carbono y nitrógeno para luego producir su propia biomasa llamado compost y con desprendimiento de calor, a pesar de que existe menos carbono y nitrógeno en el sustrato, es más estable.

Los microorganismos desprenden calor al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, este calor es medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo que dure el proceso de compostaje.

Y de acuerdo a las temperaturas que se registren en el proceso se puede diferenciar 3 etapas fundamentales en el compostaje, y una más llamada etapa de maduración que puede llegar a ser de duración variable, así tenemos las diferentes fases de compostaje: (Román, 2013, p. 23)

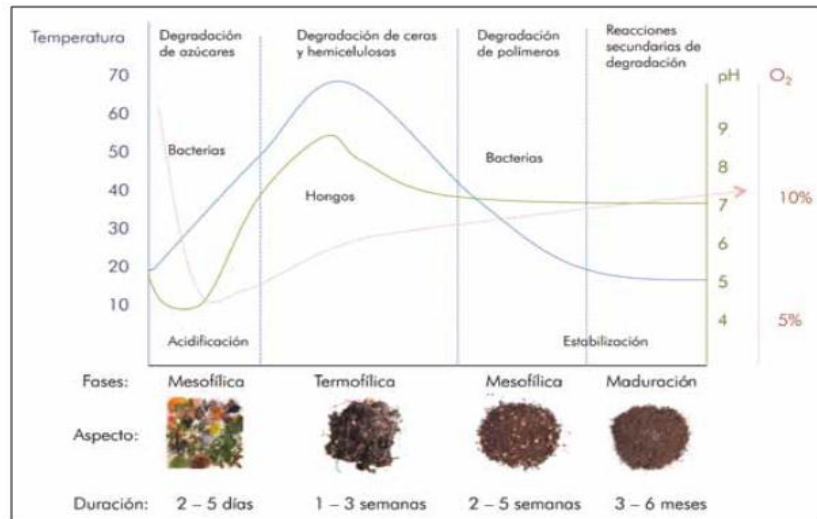


Figura 1-1 Fases del proceso de compostaje
Fuente: ROMÁN, P. 2013.

1.2.3.1 Fase Mesófila

Esta fase comienza con la degradación de los residuos orgánicos a temperatura ambiente y en pocas horas o días puede alcanzar los 45°C, esto debido a la actividad microbiana que utiliza fuentes sencillas de carbono y nitrógeno con liberación de calor. Compuestos solubles como azúcares después de su descomposición produce ácidos orgánicos que por consecuencia baja el pH hasta 4,0 o 4,5. Esta fase mesófila dura aproximadamente de 2 a 8 días. (Román, 2013, p. 23)

1.2.3.2 Fase Termófila o de Higienización

Cuando los residuos orgánicos en proceso de descomposición ya han alcanzado los 45°C y superan esta temperatura los microorganismos mesófilos son reemplazados por microorganismos que resistan mayores temperaturas estos son los llamados termófilos, los cuales pueden degradar o asimilar fuentes más complejas de carbono como la lignina y también la celulosa.

Dichos microorganismos termófilos con los encargados de transformar el nitrógeno presente en la materia orgánica y como resultado libera amoníaco de tal manera el pH dentro este proceso sube, Esta fase puede llegar hasta los 65°C o más, pero a partir de los 60°C tendremos la presencia

de actino bacterias y esporas que ayudan en la descomposición de compuestos de carbono más complejos, ceras, hemicelulosa, esta fase puede durar días e incluso meses, pero esto dependerá del material a compostar, clima y del lugar.

Esta fase es también conocida como fase de esterilización ya que elimina patógenos y contaminantes fecales como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*, es de suma importancia que por encima de los 55°C se eliminen los quistes y huevos de helminto (gusano parásito), esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que vengan acompañando en el material de partida. (Román, 2013, pp. 23-24)

1.2.3.3 Fase de Enfriamiento o Mesófila II

Esta etapa vuelve a descender hasta los 40-45°C debido a que las fuentes de carbono y sobretodo de nitrógeno ya se han agotado casi en su totalidad, al descender a estas temperaturas los microorganismos mesófilos retoman su actividad y el pH desciende un poco aunque por lo general se mantiene alcalino, esta fase se puede llegar a confundir con la de maduración ya que lleva algunas semanas y está a temperatura ambiente. (Román, 2013, p. 24)

1.2.3.4 Fase de Maduración

Durante esta fase se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados que ayudan a la obtención de ácidos húmicos y fúlvicos, estas pueden durar meses a temperatura ambiente. (Román, 2013, p. 24)

1.2.4 Requerimientos químicos y físicos para el compostaje

Este proceso biológico realizado por microorganismos, se deben tener en cuenta factores como la humedad, el oxígeno o aireación, temperatura, pH y la relación C:N. estos afectan su crecimiento y reproducción.

El proceso siempre debe estar bajo vigilancia constante, en el compostaje deben tomarse en cuenta las materias primas a emplearse, métodos utilizados u las condiciones ambientales, además tenemos los parámetros a monitorearse y mantenerse en rangos lo más óptimos posibles:

1.2.4.1 Oxígeno

El proceso de compostaje debe tener un rango de oxigenación que no debe descender del 5%, con un nivel óptimo del 10%, este proceso aerobio debe mantener una aireación para que la respiración microbiana sea la más adecuada, de ahí que en el transcurso de proceso se libere CO₂ al ambiente.

La aireación debe ser mejor controlada en la fase termófila porque es en esta que la tasa de consumo aumenta, así evitamos que los residuos orgánicos que se composten se compacten, cuando la aireación es insuficiente se retendrá humedad y se creará un ambiente anaeróbico y con presencia de malos olores y descenso de la acidez (pH) por la presencia de ácido sulfhídrico y acético y exceso de metano. Pero en cambio, cuando la aireación es excesiva el proceso tiende a eliminar la humedad por evaporación y que la temperatura disminuya, deteniendo la descomposición de la materia. (Román, 2013, pp. 25-26)

1.2.4.2 Aireación

La aeración es muy importante en el aporte de oxígeno, cuando hay porosidad normal la oxigenación es parecida a la composición del aire es decir de un 15 al 20% de oxígeno y una concentración de 0.5 al 5% de CO₂ y con el avance de la degradación el porcentaje de oxígeno disminuye y la de dióxido de carbono aumenta.

La aeración es importante para el crecimiento y la respiración microbiana, es decir ayuda de una manera positiva al metabolismo microbiano y si la concentración baja del 5% el proceso corre el riesgo de volverse anaerobia. (Román, 2013, p. 26)

Tabla 1-1. Parámetros de aireación

% aireación	Problema		Soluciones
<5%	Disminución de aireación	Baja porosidad, evita el escape de humedad, riesgo de volverse ambiente anaerobio	Uso de material que permita el aumento de porosidad y controlar de mejor manera (aumentar) el volteo de proceso.
5% - 15% Rango Ideal			

>15%	Excesiva aireación	Se detiene el compostaje por falta de humedad y disminución de las temperaturas.	Reducir el tamaño de los residuos orgánicos para mejorar la porosidad y mantener un nivel de humedad óptimo para el metabolismo microbiano con material abundante en agua (restos de césped, verdura, frutas)
------	--------------------	--	---

Fuente: ROMÁN, P. 2013.

1.2.4.3 Dióxido de Carbono (CO₂)

Los procesos aerobios son procesos de oxidación que ayudan a descomponer materia orgánica que posea carbono, lo oxida y como resultado de la acción microbiana obtenemos CO₂ o también tenemos producción de gas, y esto es la fuente primordial de las plantas para su fotosíntesis.

Pero por desgracia este proceso de oxidación produce exceso de dióxido de carbono lo que no representa un aumento del efecto invernadero para el planeta, se genera unos 2 a 3 kilos de CO₂ al día por tonelada de materia prima. (Román, 2013, p. 26)

1.2.4.4 Humedad

La humedad es un parámetro a controlar dentro del proceso de compostaje ya que todo ser vivo está vinculado a este, el agua sirve como medio para transportar elementos energéticos (ATP) y de nutrientes dentro de la célula. La humedad en el compostaje dependerá del sistema utilizado para hacer este proceso, dependerá del tamaño de las partículas y la naturaleza de la materia de desecho usado, también dependerá de la fase en la que se encuentre.

La humedad óptima debe rondar el 55% y si disminuyen del 40% la actividad de los microorganismos se reduce o incluso se puede detener por completo. En cambio si la humedad rebasa el 60% afectará la porosidad y evitará la oxigenación. El rango ideal de humedad del material a compostar está entre 45% al 60%. (Román, 2013, p. 27)

Tabla 2-1. Parámetros de humedad óptimos

% humedad	Problema		Soluciones
<45%	Escaza Humedad	La falta de agua ocasiona que la actividad microbiana se detenga	Aumentar materia orgánica con porcentaje de humedad alto o adicionar agua directamente al compostaje.
45% - 60% Rango Ideal			
>60%	Insuficiente Oxigenación	El material se compacta – disminución de porosidad y el proceso se vuelve anaerobio.	Aumentar material seco o de soporte con contenido de carbono alto (paja, tamo, aserrín) y realizar volteos más frecuentes.

Fuente: ROMÁN, P. 2013.

$$\% \text{ humedad} = \frac{((M_1 - M_2) * 100)}{M} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

M₁= peso de la bandeja más muestra húmeda

M₂= peso de la bandeja más muestra seca

M = peso de la muestra

1.2.4.5 Temperatura.

La temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso. El compostaje empieza a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para regresar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente. Es deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido, ya que a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización. (Román, 2013, p. 28)

Tabla 3-1. Parámetros de temperatura óptimos

Temperatura (°C)	Causas Asociadas		Soluciones
Bajas temperaturas (T. ambiente <35°C)	Humedad insuficiente.	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por lo tanto, la temperatura baja	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras)
	Material insuficiente.	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.	Aadir más material a la pila de compostaje.
	Relación Carbono y nitrógeno baja o insuficiente nitrógeno.	Los residuos orgánicos poseen una relación carbono/nitrógeno inicial muy alta por lo que los microorganismos no producen proteínas o enzimas por déficit de nitrógeno.	Se puede poner estiércol de vaca o gallinaza por su alto contenido en nitrógeno.
Altas Temperaturas (>70°C)	Déficit de humedad y bajo ventilación	Con un temperatura muy alto los microorganismos pueden llegar a desactivarse su metabolismo dentro del proceso o incluso llegar a destruirse, como es el caso de los mesófilos ya que su temperatura máxima es de 45 °C y desde la fase de enfriamiento no llegaría a completarse el compostaje.	Se debe realizar más frecuentemente el volteo de las pilas de compost para que la ventilación es mayor y por lo tanto las temperaturas descendan.

Fuente: ROMÁN, P. 2013.

1.2.4.6 pH

En el proceso de compostaje el pH varía dependiendo de la fase en la que se encuentre y de los residuos originales, el rango en promedio de pH de todo el proceso va desde 4,5 hasta máximo 8,5, en la fase mesófila la pH es bajo ya que aquí existe la producción de ácidos orgánicos como consecuencias de la oxidación de carbohidratos o de azúcares simples, luego el pH sube y se estabiliza en valores cercanos al neutro porque en la fase termofílica existe pérdida de amonio y principalmente amoniaco.

Existe grupo distintos en el proceso de compostaje y cada uno tiene un pH que le permite desarrollarse y llevar a cabo la degradación de los residuos orgánicos, gran parte de la actividad microbiana bacteriana esta entre 6,0 – 7,5 y la fúngica es de 5,5 – 8,0. (Román, 2013, p. 29)

Tabla 4-1. Parámetros de pH óptimos

pH	Causas asociadas		Soluciones
<4,5	Ácidos orgánicos en abundancia	Tienden a acidificar el proceso la materia procedente de cocina y mercado por lo general son verduras y frutas con alto contenido de azúcar.	Debemos conseguir una relación carbono/nitrógeno mejor, aumenta material rico en nitrógeno.
4,5 – 8,5 Rango Ideal			
>8,5	Excesiva cantidad nitrógeno	Se origina amoniaco ya que la materia usada tiene gran cantidad de nitrógeno, esto acompañado de altas temperaturas y humedad, la relación carbono/nitrógeno es deficiente.	Anadir materia rica en carbono como restos de poda, aserrín, tamo, etc.

Fuente: ROMÁN, P. 2013.

$$pH = -\log H^+$$

Ec. 2

1.2.4.7 Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)

La relación C:N varía en función del material de partida y se obtiene la relación numérica al dividir el contenido de C (%C total) sobre el contenido de N total (%N total) de los materiales a compostar. Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35:1 a 15:1. (Román, 2013, p. 29)

Tabla 5-1. Parámetros de la relación carbono/nitrógeno óptimos

C:N	Causas asociadas		Soluciones
>35:1	Exceso de carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse.	Adición de material rico en nitrógeno hasta lograr una adecuada relación C:N.
15:1 – 35:1 Rango Ideal			
<15:1	Nitrógeno en exceso	El exceso de nitrógeno en el material de partida ocasiona exceso de calor y da origen a malos olores por el exceso de amoníaco resultante del proceso.	Aumentar residuos orgánicos secos y ricos en carbono como restos de poda, aserrín, tamo, etc.

Fuente: ROMÁN, P. 2013.

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{N_i} * X_i \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

R= relación carbono/nitrógeno de la mezcla (adimensional)

C_i= cantidad de carbono en el material i (%)

N_i= cantidad de nitrógeno en el material i (%)

X_i= fracción del material i (kg)

- **Comparativa con la ecuación de Cornell**

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i (C_i(100-M_i))}{\sum_{i=1}^n Q_i (N_i(100-M_i))} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

R= relación carbono/nitrógeno de la mezcla (adimensional)

C_i= cantidad de carbono en el material i (%)

N_i= cantidad de nitrógeno en el material i (%)

Q_i= masa del material húmedo i (kg)

M_i= contenido de humedad del material i (%)

n= número total de materiales mezclados (adimensional)

1.2.4.8 Tamaño de partícula.

El tamaño de las partículas está relacionada directamente con la actividad microbiana ya que esta facilita la degradación, para comenzar el compostaje el tamaño debe de 5 a 20 cm pero mientras más pequeño sea el tamaño será mejor el acceso al sustrato, también se relaciona con la aireación – oxigenación y la pérdida de humedad, con la densidad la cual debe ser entre 150 a 250 kg/m³ y con el avance del proceso este puede llegar a una densidad 600 a 700 kg/m³. (Román, 2013, p. 30)

Tabla 6-1. Control del tamaño de la partícula

Tamaño de las partículas	Problemas asociadas		Soluciones
Mayor a 30 cm	Déficit de aireación	Cuando el tamaño de la partícula demasiado es demasiado grande existirá perdidas de temperatura por aireación excesiva lo que disminuirá e incluso detendrá el proceso.	Triturar la materia orgánica de una tamaño entre 10 – 20 cm
5 – 30 cm Rango Ideal			
Menor a 5 cm	Excesiva compactación	Cuando las partículas de los residuos orgánicos son demasiado pequeño se dará una compactación excesiva causando la falta de	Homogenizar la materia orgánica con volteos y con materia

		oxigenación haciendo el proceso anaerobio.	estructurante de mayor tamaño.
--	--	--	--------------------------------

Fuente: ROMÁN, P. 2013.

1.2.5 Dinámica de N en la compostera

Una parte del N en el material original es mineralizada durante el compostaje. Mientras al inicio predomina amonio entre las formas minerales de N, hacia el final del compostaje aumenta la fracción de nitrato. Cierta porción del N mineral es incorporado nuevamente a compuestos orgánicos, sea como parte de la masa microbiana o de sustancias húmicas.

El nitrógeno puede perderse durante el compostaje por cuatro vías. Las pérdidas suman entre aproximadamente 15 y 30% del N total, pero en algunos casos extremos pueden llegar a más de 50%.

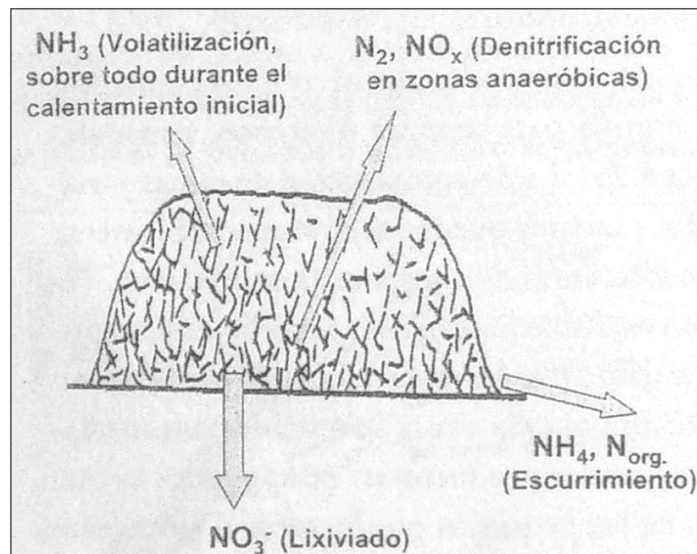


Figura 2-1 Vías de pérdidas de N de una compostera

Fuente: BENZING, A. 2001.

El grosor de las flechas simboliza tendencias generales de la importancia del respectivo proceso, pero cuando, la compostera se seca y vuelve a humedecerse varias veces en condiciones de temperaturas altas, las pérdidas por volatilización de NH₃ pueden ser más importantes que el lixiviado de NO₃⁻.

Durante el compostaje, el carbono orgánico se transforma en CO₂. Suele perderse más C que N, razón por la cual se estrecha la relación C/N. Es decir, son cuatro factores los que determinan la disponibilidad de N en el compost: el contenido de N y la relación C/N en el material original, las pérdidas de N y la modificación de la relación C/N.

La relación C/N óptima para el compostaje es de entre 30 y 50. Se sabe menos sobre la relación C/P, pero probablemente una relación entre 100 y 200 es adecuada. Con estos niveles, los microorganismos poseerán, por un lado, suficiente C como fuente de energía, y por otro, suficiente N y P como elementos esenciales para su propio organismo.

Ensayos señalan las posibilidades de reducir las pérdidas de amonio de un compost de estiércol, al ofrecer fuentes adicionales de C y P a los organismos. Cuando gran parte del C se encuentra en forma de lignina, polifenoles u otros compuestos difícilmente degradables para los microorganismos, como en aserrín o el follaje de ciertos árboles, la descomposición se puede acelerar con ayuda de materiales que contengan C en forma de celulosa, almidón, azúcares, etc. (Benzing, 2001, pp. 234-235)

1.2.6 Higieneización e inocuidad.

La higienización en el proceso del compostaje se da en la fase termófila, porque en esta existe las altas temperaturas que se necesitan para eliminar parásitos y bacterias patógenas que hayan venido en los residuos orgánicos, existe la posibilidad que en las fases siguientes ocurra una recontaminación por el uso de palas o bobcat utilizados en el volteo de dos o más pilas de compost o también cuando se agregue residuos frescos ya en las fases terminales del compostaje.

Otro factor de la higienización del compost es que al producto final no contengan sulfatos y tampoco amoníaco ya que son tóxicos para las plantas, además con una humedad excesiva en compost final podría contener ácidos sulfhídrico y dióxido de nitrógeno nada favorable para la actividad microbiana del suelo y como efecto colateral e inevitable tenemos el metano que se le atribuye impacto negativo para el ambiente.

Para un compost de calidad se ha establecido que no posea patógenos y muchos menos metales pesados, en cuanto a los patógenos tenemos bacterias patógenas como *Salmonella* spp. y *Escherichia coli*, así como *Listeria monocytogenes*, y huevos de parásitos, pero sobretodo que no exista presencia alguna de materia fecal humana, ya que estos pueden contaminar productos

alimenticos como vegetales y frutas especialmente en hortaliza de tallo corto y plantas de frutas que estén próximos al contacto con la tierra.

Otro punto a ser tomado muy en cuenta, es el de tener mucho cuidado de que el compost no contenga metales pesados, teniendo en cuenta que estos no pueden ser destruidos ni descompuestos, y son fáciles de absorben por las plantas y en adelante la cadena trófica seria contaminada, es decir que estos metales pesados al no poder ser transformados serian asimilados posteriormente por los animales y el ser humano.

Otros factores a ser controlados son los hidrocarburos, el uso de agua contaminada o de agua sumamente clorada y las personas que manipulan el compost. En conclusión para higienizar y garantizar la inocuidad del producto final debemos tomar en cuenta la temperatura, el tiempo, el número de volteos, la porosidad y aireación, tamaño de la partícula, los insumos utilizados como son las palas (bobcat) y agua.

También influyen la manera de construir la pila, su tamaño y peso, el lugar donde se realiza el compostaje, el uso de implemento de protección personal y de equipos como pHmetro, termómetros, higrómetros, etc que nos ayuden a controlar los parámetros dentro del compostaje. (Román, 2013, pp. 32-33)

1.2.7 Tamaño de la pila o volumen en compostaje

Existen muchas maneras de construir las pilas de compostaje ya sea como su nombre lo indica “pilas” pero también tenemos en cajas, abiertas o cerradas.



Figura 3-1 Tamaño y forma de pila de compostaje
Fuente: ROMÁN, P. 2013.

Para este caso utilizaremos el proceso de compostaje en pilas, en la cual la forma y dimensiones de la pila son características fundamentales en este proceso, demos tomar en cuenta el alto de la

pila, el largo y el ancho de su base, para de esta manera tener aireación, relación carbono nitrógeno y porcentaje de humedad óptimos que faciliten la actividad microbiana, el tamaño de la pila también conserva el calor.

Por lo general las dimensiones que nos ayuden con las tareas de volteo, la temperatura generada por los microorganismos y la cantidad de residuos orgánicos que se desea tratar. Siendo estas medidas aproximadas 1,5 a 3 metros de ancho, 1,5 a 2 metros de alto y en cuanto a su longitud o largo esto dependerá como ya lo habíamos dicho, de la cantidad que usemos inicialmente. (Román, 2013, p. 30-31)

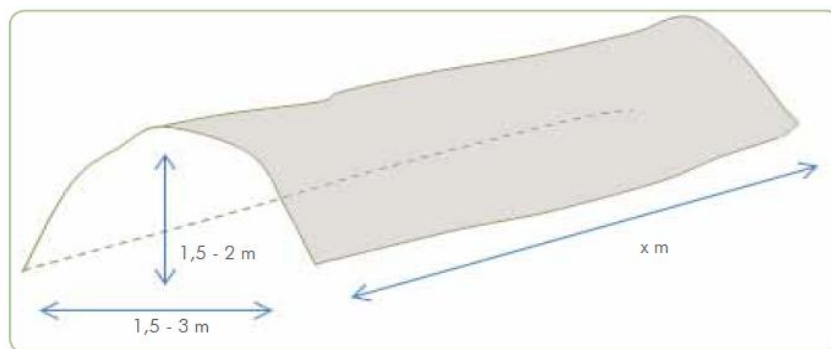


Figura 4-1 Dimensiones de una pila de compostaje
Fuente: ROMÁN, P. 2013.

Se debe tener en cuenta que después de realizar la pila con sus respectivas dimensiones, esta disminuirá por pérdidas de biol, del nitrógeno como amoníaco y carbono como CO₂

Para lo cual necesitamos usar la siguiente ecuación.

$$V = x * y * z \qquad \text{Ec. 5}$$

Donde:

V= volumen de la pila (m³)

x= ancho de la pila (m)

y= alto de la pila (m)

z= largo de la pila (m)

No olvidemos que necesitamos saber el volumen de la pila a realizar

$$V = \frac{m}{\rho} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

V= volumen de la pila (m³)

m= masa de residuos orgánicos

ρ= densidad de los residuos orgánicos

Y por consecuencia se necesita saber la densidad de los residuos orgánicos a usar

$$\rho = \frac{m_1}{V_1} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

ρ= densidad de los residuos orgánicos

m₁= masa pesada de residuos orgánicos

V₁= volumen ocupado de residuos orgánicos dentro de un recipiente

1.2.8 Sistemas de compostaje

Existen algunos sistemas de compostaje que se pueden realizar, esto con el afán de mejorar el control o monitoreo de los parámetros para obtener compost de calidad desde el punto de vista sanitario y como abono orgánico.

Para reducir costo de operación, energía y espacio, y garantizando la seguridad higiénica para el operario, del proceso y del compost como producto final. Estos sistemas se clasifican por lo general en dos grandes grupos como los abiertos y los cerrados, que a continuación explicaremos:

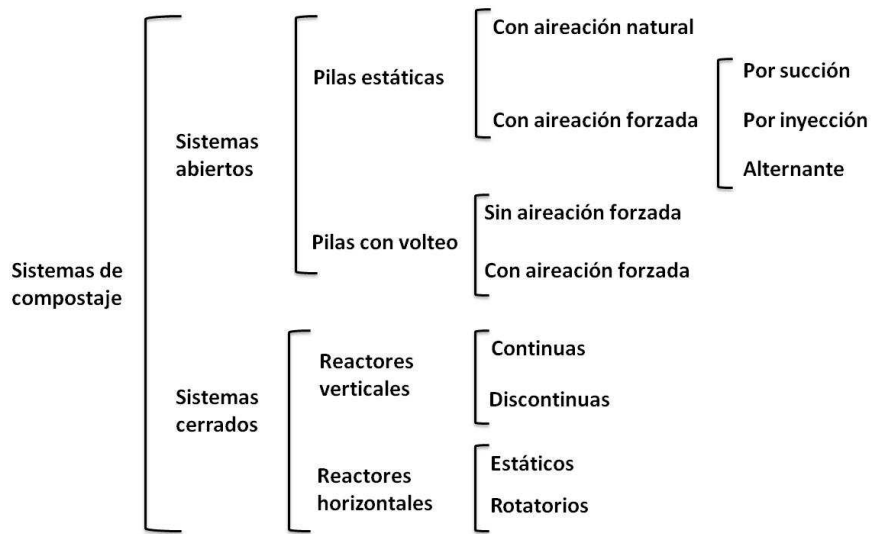


Figura 5-1 Sistemas de compostaje

Fuente: SÁNDOVAL, J. Fundamentos teóricos del compostaje

1.2.8.1 *Sistemas abiertos*

Estos sistemas son los más usados para este proceso, se los disponen en forma de hileras o en pilas, al aire libre o dentro de naves, en estos intervienen volteos de la pila a mano, de manera mecánica y también por aireación forzada teniendo en cuenta que en esta última se tendría el bajo control los niveles de oxígeno, temperatura y humedad.

1.2.8.1.1 *Pilas estáticas*

Es el más antiguo sistema de compostaje en realizarse, consta de pilas de tamaño muy pequeño 1,5 metros de alto y 2 a 3 metros de ancho con una porosidad muy alta y no se realizan volteos, la aireación es natural por lo que es un proceso lento; cómo podemos ver en la Figura 6 el flujo de aire caliente en el interior de la pila.

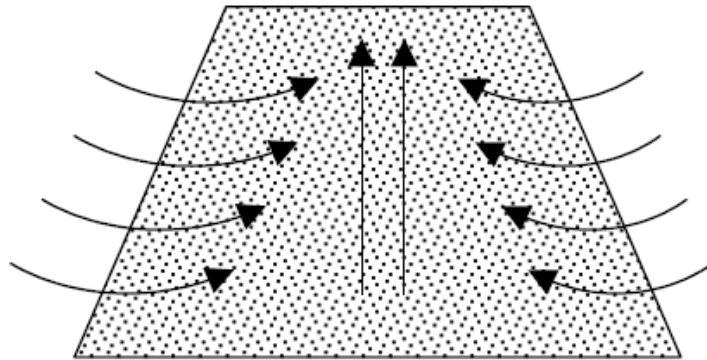


Figura 6-1 Flujo de aire caliente en el interior de una pila estática de composta
Fuente: SÁNDOVAL, J. Fundamentos teóricos del compostaje

La existir una porosidad alta la concentración de oxígeno es tan alta como la del aire atmosférico aproximadamente 18 al 20 % tanto el interior de la pila como en su parte externa, en la fase termófila se debe garantizar una descomposición aerobia con al menos 6% de oxígeno en su interior (profundidad 60 cm).

Pero para el caso de que este sistema de compostaje de pilas no sea tan efectivas se puede recurrir a las de aireación forzada, las cuales se realiza con ventilación mediante tuberías perforadas, las cuales están conectadas a un ventilador o bomba de aire que asegura la entrada de aire y la salida de dióxido de carbono.

Este sistema de compostaje se puede realizar volteos para homogenizar la materia y después se realiza la aireación forzada (por succión - inyección), se lo realiza bajo cobertizo para evitar una humedad excesiva, como se puede observar en la figura 7. En estos sistemas alternantes (succión-inyección) existe en primer lugar una succión que ayuda con las emisiones de olores y que las temperaturas se eleven higienizando el proceso, luego de una reducción de patógenos se puede volver a inyectar aire y se continúa con el proceso.

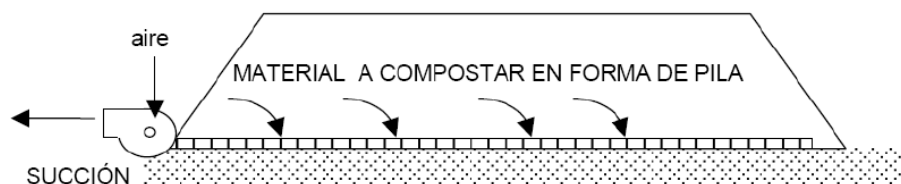


Figura 7-1 Sistema de pila estática con aireación forzada por succión
Fuente: SÁNDOVAL, J. Fundamentos teóricos del compostaje

1.2.8.1.2 Pilas con volteo

Es sistema es lento, utiliza de un mayor espacio físico y debe ser volteada periódicamente para oxigenar los residuos y que no se presenten problema de higienización, La altura de estas pilas puede ser mayores que las estáticas.

Para realizar los volteos se debe tomar en cuenta temperatura, la cantidad de agua retenida, del material estructurante, la densidad y el clima. Así se renueva de manera constante los niveles de oxígeno en el interior de la pila. El volteo se lo realiza manualmente (pala) o con ayuda de maquinaria (bobcat).



Figura 8-1 Pilas con volteo

Fuente: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal>

1.2.8.2 Sistemas cerrados

Los sistemas cerrados (reactores) en su mayoría son de grandes tamaños y capacidades siendo casi exclusivos para el tratamiento de grandes cantidades de residuos sólidos orgánicos por sus elevados costos de construcción. El compostaje en los reactores se realiza en un período de 3 a 15 días, posterior a ello el material es puesto en pilas para su descomposición final o estabilización.

Estos sistemas tienen la ventaja de tener un mayor control del proceso de compostaje, son independientes en gran medida de los factores ambientales y requieren pequeñas superficies de terreno para el tratamiento de los residuos, lo que es ideal para el tratamiento de los residuos orgánicos de hogares principalmente en zonas densamente pobladas.

1.2.8.2.1 Reactores verticales.

Estos son reactores continuos o semicontinuos de gran tamaño que por lo general tienen de altura de 4 a 10 metros; en los primeros el material es alimentado constantemente, mientras que en los segundos, los residuos a compostar se alimentan una sola vez hasta que termina el ciclo de compostaje.

Los reactores de tipo continuo pueden constar de un cilindro cerrado, aislado térmicamente, con un sistema de aireación y extracción del material; mientras el producto de compost finalizado sale, entre materia fresca. El tiempo que por lo general tarda es de unos 15 días aproximadamente, posterior a ello se pasa a un parque de maduración. El inconveniente de estos reactores es su alto costo de instalación y mantenimiento.

En la Figura 9 se muestra un reactor vertical circular, al cual se introduce residuos orgánicos frescos, y el encargado de voltearlo es un brazo giratorio para que permanezca homogenizado y el tiempo de residencia en este reactor es de 10 días, para luego de esto seguir con la fase de maduración.

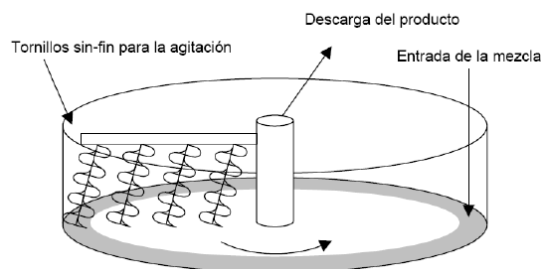


Figura 9-1 Reactor circular de lecho agitado
Fuente: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal>

1.2.8.2.2 Reactores horizontales.

Este tipo de reactores presenta características similares a los reactores verticales.

1.2.8.3 Comparativa entre sistemas de compostaje

La Tabla 7, es un estudio comparativo de los sistemas de compostaje entre los abiertos y los cerrados, su manejo dependerá de muchos factores entre los cuales podemos señalar el clima de

la región, el control del proceso (malos olores, generación de microorganismos, entre otros), tamaño de la superficie del terreno disponible, cantidad de residuos que requieren ser tratados, rapidez para el tratamiento, costo, entre otros.

Cuando se piensa en el compostaje, principalmente en zonas densamente los sistemas abiertos de compostaje no son una opción debido a que son lugares donde el espacio reducido es una limitante, se requiere de un control adecuado del proceso de compostaje (para minimizar la generación de olores, organismos perjudiciales, entre otros) y que los factores climáticos no lo afecten.

Tabla 7-1. Estudio comparativo entre los sistemas de compostaje abiertos y cerrados

Elementos de comparación	Sistemas abiertos	Sistemas cerrados
Consumo Energético	Bajo a medio	Medio a elevado
Mano de obra	Depende de la instalación	Más calificada
Sistema	Discontinuo/semicontinuo	Semicontinuo/Continuo
Olores	Si no existe aireación llegan a tener dificultades	Aireación controlada
Costos de explotación	Variables según estructurales	Elevados
Superficie	Área amplia	Área pequeña
Tecnología	Sencilla	Avanzada
Duración del proceso	Semanas - meses	De 3 a 15 días
Inversión	Baja a moderada	Elevada a muy elevada

Fuente: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal>

1.3 Optimización el tratamiento integral de los derivados sólidos y líquidos (compost - biol) de la materia orgánica y de impropios (lixiviados) en la gestión integral de residuos sólidos.

1.3.1 Pilas con volteo sin aireación forzada.

Este tipo de pila de composta se caracteriza por algunos criterios a ser tomados en cuenta para la ubicación de una compostera son:

- No muy cerca de la vivienda
- Protección del viento por arboles
- A la sombra
- Acceso a agua de riego
- Mínimo 25 m de pozos de agua potable
- Facilidad de transporte, tanto de residuos hacia la compostera, como del compost a los terrenos

Si es que el transporte constituye un problema, puede ser más razonable formar varias composteras de menor tamaño cerca de cada parcela, en vez de una sola grande. Por otro lado, contar con un solo sitio central de compostaje tiene la ventaja de poder mezclar los diferentes materiales, por ejemplo residuos provenientes de cultivos y contar al mismo tiempo con compost de diferente madurez.

Es recomendable reunir los materiales por separado, para después proceder a mezclarlos en la compostera en una sola jornada. Si los desechos se añaden diariamente a la compostera, hasta llegar a la altura pretendida, no se logra el deseado incremento de temperatura. La descomposición desigual en las diferentes capas provocará pérdidas de nutrientes y problemas en la utilización.

1.3.1.1 Formas de la compostera

Existen diferentes posibilidades de adaptar la compostera a las condiciones climáticas del lugar.

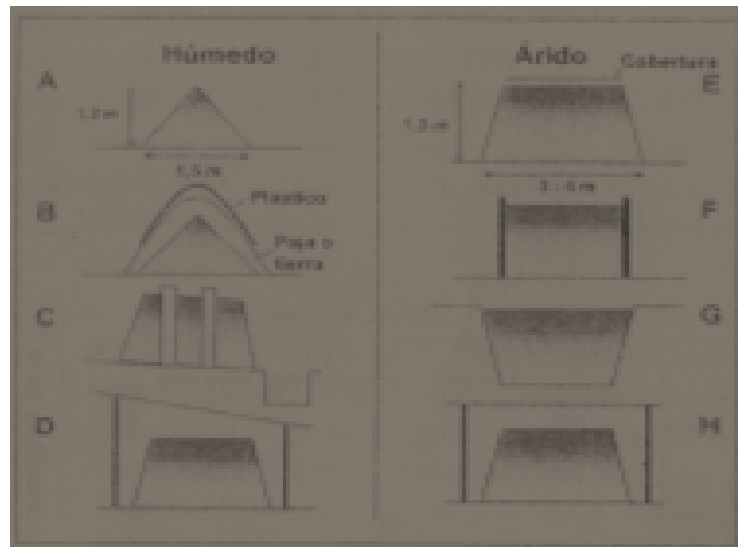


Figura 10- 1 Posibilidades adaptar compostera condiciones húmedas y áridas
Fuente: BENZING, A. 2001.

A) En condiciones de mucha precipitación conviene formar pilos puntiagudos y pequeños, donde el agua escurre por los lados y existe suficiente aireación. (B) Cobertura de la compostera con una capa de paja y/o plástico (ved texto). (C) »Chimeneas« de caña guadúa, tubos de plástico o palos para fomentar la aireación; piso firme (hormigón o tierra compactada) e inclinado para recoger el agua excesiva con nutrientes lixiviados en un tanque. (D) Techo para protegerla compostera de la lluvia.

(E) En condiciones áridas es mejor formar pilos más anchos y altos. Una cobertura adicional con paja, tierra, plástico, papel periódico u otros materiales disminuye la evaporación. (F) Paredes de madera, ladrillo o adobe facilitan la formación de composteras altas, reduciendo al mismo tiempo la evaporación lateral (G) Compostaje en zanja para conservar la humedad. (H) Ramada para reducir la evaporación. (Benzing, 2001, p. 237)

La compostera no debe cubrirse con plástico, sino solamente con materiales orgánicos que permiten la aireación. Después, la parte superior puede cubrirse con plástico, permitiendo la aireación en la parte baja. Remover la compostera lleva a una aireación, lo que provoca un aumento de la actividad microbiana, y en consecuencia también de la temperatura, acelerando de esta manera todo el proceso con los efectos de la remoción e irrigación de compost sobre la dinámica de C y N.

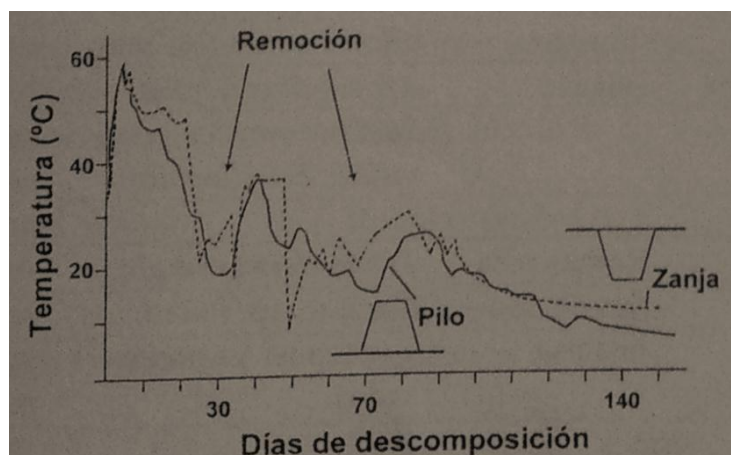


Figura 11-1 Evolución de la temperatura en compost en pila vs zanja
Fuente: BENZING, A. 2001.

1.3.1.2 Ventajas y desventajas del volteo

Tabla 8-1. Ventajas y desventajas del volteo

Ventajas	Desventajas
Aceleración de la descomposición	Alto requerimiento de mano de obra
Se logra mantener una temperatura alta durante más tiempo, lo que mejora el efecto higiénico	Pérdida de amoníaco durante la remoción
También el material en las capas exteriores de la compostera se puede someter al calor en su interior, para lograr los efectos higiénicos	Potenciales riesgos para la salud de los trabajadores por polvo, mico toxinas y sustancias alergénicas
Se pueden enfriar zonas en el interior donde se ha	
producido un sobrecalentamiento	
Mezcla de materiales cuya descomposición ya está	
avanzada, con otros todavía intactos	

Fuente: BENZING, A. 2001.

1.3.1.3 Métodos de compostaje

A continuación se muestran tres métodos para elaboración de compost sobre nivel del suelo. Los métodos en referencia responden a los nombres de INDORE, PAIN y PFEIFFER.

Materiales necesarios para la elaboración del compost:

- a. Fuente de materia carbonada (rica en: celulosa, lignina, azúcares) Aserrín de. Madera, zarzales (ramas y hojas verdes de arbustos), caña de maíz, malezas secas obtenidas de las deshierbas, paja de cereales (trigo, cebada, avena, arroz), basuras urbanas, desechos de cocina.
- b. Fuente de materia nitrogenada: Estiércoles (de vaca, cerdo, oveja, llama, cabra, caballo, conejo, cuy, aves), sangre, hierba tierna.
- c. Fuente de materia mineral: Cal agrícola, roca fosfórica Ceniza vegetal, tierra común, agua.

Al hacer las mezclas que se compostarán es necesario tener en cuenta la relación carbono/nitrógeno (C/N) de los materiales que se tienen a disposición en la finca. La relación carbono/nitrógeno es una relación en la que el carbono es siempre mayor que el nitrógeno. Para hacer el compost se necesita cualquier mezcla que promedie 30: 1, es decir 30 partes de carbono, por una de nitrógeno, en peso, no en volumen.

d. Herramientas manuales de labranza

Barras, palas, rastrillos, machetes, 1 carretilla, 1 regadera o una manguera, 4 estacas de 0,60 m de largo, 1 piola de nylon. (Suquilanda, 1996, Pp.191 – 192).

1.3.1.3.1 El Método Indore (totalmente aeróbico).

Es uno de los métodos más conocidos para la elaboración de compost denominándose de esta manera porque se originó en el estado hindú de Indore Darbar. Para la elaboración de este método se procede de la siguiente manera:

Demarcación del terreno

- Para la demarcación del área donde se implementará una compostera, se utilizarán 4 estacas y 1 piola.
- Si la compostera se elaborará en pequeñas fincas, las dimensiones recomendadas deben ser las siguientes: ancho: 1,20 metros, largo: de 2 hasta 10 metros, alto: 1,00 metro.

- Si la compostera tiene el carácter de industrial, las dimensiones recomendadas deben ser las siguientes: ancho: 1,20-1,50 metros, largo: de 5 a 20 metros, alto: entre 1,20-1,50 metros
- Dentro del espacio donde se fabricará la compostera, coloque en el suelo cada 1,50 m. una estaca de 1,40 m. de alto por 10 cm de diámetro, pero sin afirmarla a fin de poder extraerla al día siguiente de haber elaborado la compostera (esto facilitará la entrada de aire a la mezcla de materiales de la compostera).

Construcción de la compostera:

- Afloje el área demarcada a una profundidad de 0,20 m, utilizando una barra o un azadón, con el fin de activar la biología del suelo que se encuentra en dicha área.
- Coloque en la base una capa aproximadamente de 2,5 cm de alto de caña de maíz, bagazo u otro material grueso para ayudar a una oxigenación correcta y la evacuación de biol
- Aplique una capa de 20 cm de alto de leguminosas, maleza, restos de poda, hierba seca y fresca y poner agua hasta saturación.
- Se adiciona una capa de 10 cm de alto de estiércol vaca, gallinaza o bovino.
- Coloque una mezcla de 2,5 cm de alto hecha en partes iguales de cal, tierra, roca fosfórica o ceniza vegetal.
- Repita la operación desde el numeral 3, hasta completar 1 metro de altura.
- Al concluir la fabricación de la compostera, para guardar humedad y temperatura así como para evitar la volatilización del elemento nitrógeno o el lavado de otros elementos nutritivos, cubra el montón que se ha formado con cualquiera de estos materiales: paja, hoja de plátano, banano, sacos de yute o una lámina de plástico.
- Al día siguiente de fabricada la compostera remueva los palos que colocó a fin de que por allí también circule aire.

Manejo de la compostera:

- Mantenga la compostera siempre húmeda y tapada para activar el proceso de descomposición de los materiales y evitar el lavado o volatilización de los elementos nutritivos presentes en los materiales órgano-minerales que se composten.
- Controle la temperatura para saber si el material se está descomponiendo, por lo general la temperatura inicial es de 20- 25 grados centígrados, la que puede subir hasta 70-80 grados, para luego descender, volver a subir y bajar definitivamente a 20 ó 25 grados que fue la temperatura inicial, cuando ya se ha completado el proceso de descomposición de los materiales, lo cual ocurre entre 3 a 4 meses.

- Remueva el montón 1 vez cada mes, procurando que los materiales que están en la parte externa del montón se pongan en cada removimiento hacia el centro para que la descomposición se realice de manera integral.
- Para activar el proceso de descomposición de la compostera, se puede aplicar “purín” al montón cada 15 días. Con una regadera aplique 2 litros de purín por cada metro de compostera. (Suquilanda, 1996, Pp.192 – 194)

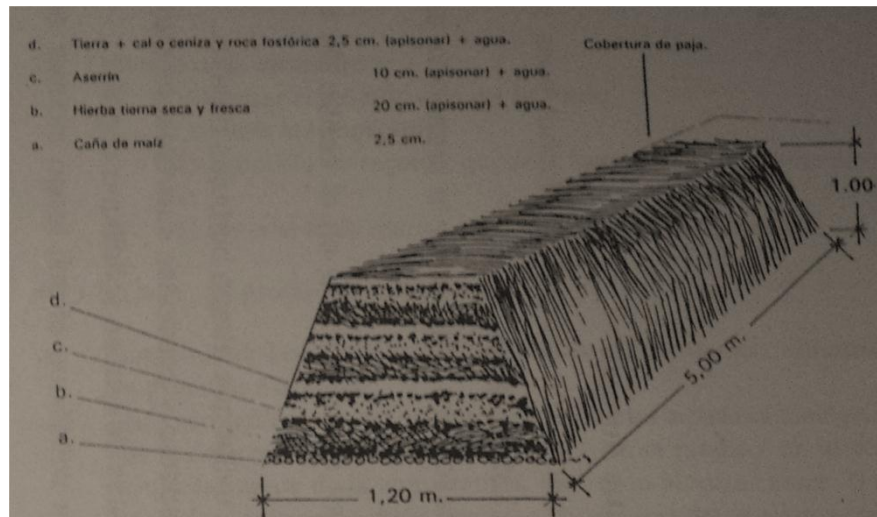


Figura 12-1 Método Indore

Fuente: SUQUILANDA, M. 2006.

1.3.1.3.2 Método de Pfeiffer (aeróbico)

Demarcación del terreno

Par la elaboración de este método se procede de la siguiente manera:

Para elaborar la pila debemos enmarcar el espacio a utilizar con la ayuda de una piola y 4 estacas, debe tener las siguientes dimensiones: ancho: 1,20 m, largo: entre 2 a 10 m. y alto: 1 m.

Construcción de la compostera:

- Coloque una capa de 2,5 cm de alto de caña de maíz.
- Adicione una capa de 20 cm de alto de hierba verde y seca, compacte de ser necesario y aumente agua hasta saturación.
- Coloque una capa de 10 cm de aserrín, apisonar y aumente agua hasta saturación.
- Coloque una mezcla de 2,5 cm de alto hecha en partes iguales de cal, tierra, roca fosfórica o ceniza vegetal, y de ser necesario aumente agua.
- Repita la operación desde el literal b. hasta alcanzar la altura de 1 m.

Manejo de la compostera

Actúe como en el caso anterior, con la única diferencia de que solo debe efectuar un solo removimiento del material. El material estará descompuesto a partir del 4 mes. (Suquilanda, 1996, Pp.194 – 196)

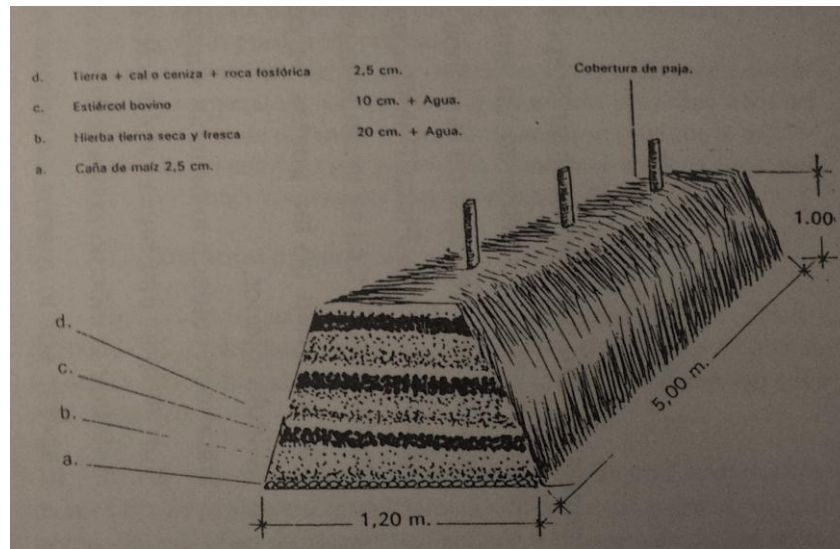


Figura 13-1 Método Pfeiffer
Fuente: SUQUILANDA, M. 1996.

1.3.1.3.3 Método de Pain (aeróbico).

Demarcación del terreno

Par la elaboración de este método se procede de la siguiente manera:

Para elaborar la pila debemos enmarcar el espacio a utilizar con la ayuda de una piola y 4 estacas, las dimensiones son las mismas de los métodos anteriormente mencionados.

Construcción de la compostera:

- Coloque una capa de zarzales (hojas y ramas secas, cama de establo) 15 cm. Apisone el material y aplique agua hasta saturación.
- Coloque una capa de ramas verdes de chilca picada: 15 cm. Apisone el material y aplique agua hasta saturación.
- Coloque una capa de tierra mezclada con cal o ceniza vegetal y roca fosfórica, apisone el material y aplique agua hasta saturación.

- Repita la operación desde el literal a. hasta alcanzar la altura de 1 m.

Manejo de la compostera:

- Mantenga el montón siempre húmedo
- Controle la temperatura
- Este modelo no requiere que se le haga ningún removimiento
- El material tarda entre 4 a 4,5 meses en descomponerse. (Suquilanda, 1996, Pp.196 – 197)

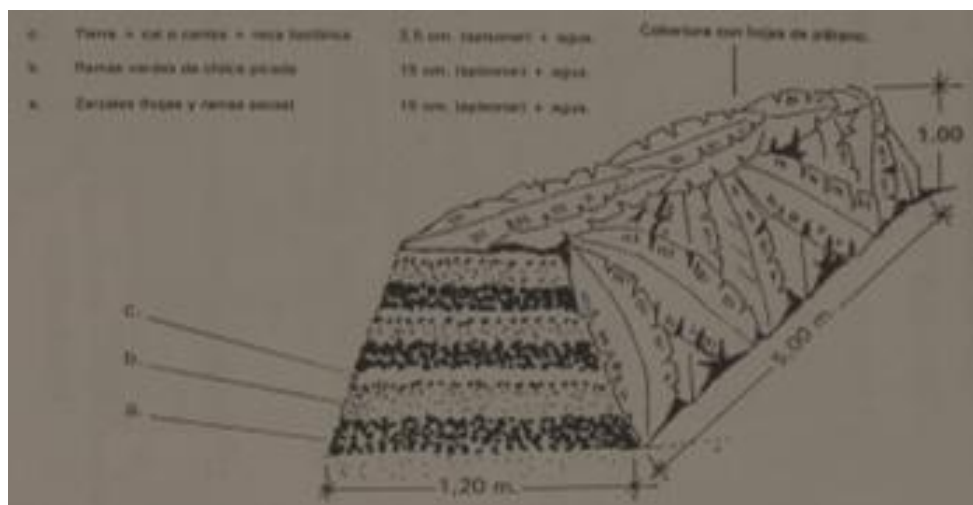


Figura 14-1 Método Pain
Fuente: SUQUILANDA, M. 1996.

1.3.1.4 Características del compost

Las características químicas del compost dependen de la calidad y cantidad de los materiales utilizados, como de las condiciones ambientales que se dieron durante el proceso de descomposición y el manejo dado a las composteras (Modelos).

En la Tabla se puede observar los valores promedio de nutrientes obtenidos en la composteras experimentadas por FUNDAGRO, pH y relación C: N. (Suquilanda, 1996, Pp.197)

Tabla 9-1. Valores promedio de nutrientes por toneladas de compost pH y relación c/n

Modelo	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	pH	Relación C/N
Indore	14	30	5	40	7,3	16/1
Pain	6	29	25	35	7,7	15/1
Pfeifer	4	30	30	42	7,6	8/1

Fuente: SUQUILANDA, M. 1996.

Tabla 10-1. Nivel de eficiencia de los materiales compostados

Modelo	Desechos compostados / kg	Desechos obtenidos / kg	Eficiencia x c/1,000 kg/ %
Indore	14,000	1,75	40
Preifer	13,000	1,95	30
Pain	12,000	2,00	30

Fuente: SUQUILANDA, M. 1996.

Tabla 11-1. Volúmenes de material compostado al inicio del proceso y volumen tonelada del compost al final del proceso/ m³

Modelo	Volumen al inicio del proceso/ m³	Volumen por tonelada compost/ m³
Indore	12,48	1,75
Preifer	12,48	1,95
Pain	12,48	2,00

Fuente: SUQUILANDA, M. 1996.

1.3.1.5 Dosis de aplicación del compost

En cultivos hortícolas se pueden aplicar entre 4 a 8 toneladas de compost por hectárea. La aplicación puede hacerse antes de la siembra con la última rastrada o en el momento del aporque de las plantas en forma manteada. En almácigos.-se puede utilizar una dosis de 1 Kg. /m².

Para frutales (café, cacao, banano).- Se puede aplicar entre 2-5kg de compost por planta la primera aplicación se hace al momento de la siembra, colocando compost al fondo de cada hoyo, para luego colocar la planta. Posteriormente se pueden hacer aplicaciones de compost en dosis de 2 a 4 Kg. /planta. (Suquilanda, 1996, Pp.199 – 200)

1.3.2 Método de muestreo del compost

Las muestras de compost terminado se tomarán una vez terminado el proceso de maduración del producto. Para ello, el productor o el propio laboratorio que realizara los análisis deberán tomar una muestra representativa desde los lugares de acopio del producto.

Para productos comercializados a granel, se debe tomar submuestras por cada metro lineal de la pila de compost desde la superficie hasta una profundidad deseada, las submuestras se mezclan, se homogenizan y de ahí se toma una muestra para su análisis. Luego esta muestra se deberá introducir en una bolsa plástica cerrada.

Para productos embolsados o ensacados, se debe elegir 3 unidades al azar, luego se deben mezclar y homogenizar para tomar una muestra. Finalmente se debe enviar la muestra en no más de 12 horas al laboratorio reconocido por la autoridad competente.

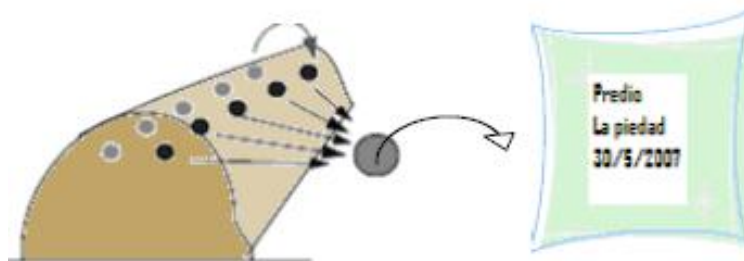


Figura 15-1 Toma de muestra compost

Fuente:<http://www.lombricultura.cl>

1.3.3 Tamo o cascarilla de arroz

Estas sustancias favorecen en alto grado a la fermentación de los abonos por el contenido de calorías que proporcionan a los microorganismos y por la presencia de vitaminas que el afrecho de arroz aporta como: nitrógeno, fósforo, potasio calcio y magnesio. En caso de no disponer del afrecho de arroz puede sustituirse por concentrado para cerdos de engorde.

La cascarilla de arroz mejora la estructura física del abono orgánico, facilita la aireación, la absorción de la humedad, la filtración de nutrientes en el suelo, incrementa la actividad macro y microbiológica del abono y de la tierra y, además, estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas.

La cascarilla de arroz es una fuente rica en sílice lo que proporciona a los vegetales mayor resistencia contra el ataque de plagas de insectos y enfermedades; la cascarilla carbonizada aporta, principalmente, fósforo y potasio y mejora la acidez de los suelos.

La cascarilla de arroz, puede alcanzar, en muchos casos, hasta una tercera parte del total de los componentes de los abonos orgánicos. En caso de no contar con este producto puede sustituirse con cascarilla de café, paja, abonos verdes o residuos de cosecha de granos básicos u hortalizas (Mosquera, 2010, p.8)

1.3.4 Melaza de caña

La melaza es la principal fuente de energía de los microorganismos que participan en la fermentación del abono orgánico lo que favorece a la actividad microbiológica. La melaza es rica en potasio, calcio, magnesio y contiene micronutrientes, principalmente boro. (Mosquera, 2010, p.9)

1.3.5 Levadura

La levadura se la usa a manera de catalizador para el proceso de compostaje, por lo general las cepas más utilizadas *Saccharomyces cerevisiae*, estas realizan fermentación alcohólica a partir de azúcares, de la cebada, de maíz o de trigo, en la industria panificadora se utiliza para aumentar la masa. Son fuente de proteínas cerca del 50%, niacina y vitamina B.

Se lo utiliza para realizar bebidas alcohólicas como sidra, vino y cerveza, en el caso de vino muchas de las levaduras son propias de los viñedos, una sola célula de levadura puede llegar a fermentar bajo condiciones óptimas glucosa equivalente a su peso en tan solo una hora.

Como consecuencia de la fermentación ocasionada por la levadura se obtiene etanol y dióxido de carbono lo que nos afectaría en la acidez y contenido de humedad de la pila y gas de efecto invernadero. (Mosquera, 2010, p.9)

1.3.6 Biol y lixiviados

Es un fertilizante y un muy buen abono orgánico líquido que ayuda en el enraizamiento y fortalecimiento de las plantas ornamentales, de bosques y sobretodo de plantas para alimentación y den buenos frutos: frutas, verduras, hortalizas, etc. Se elabora fermentando diferentes clases de estiércol en un bidón durante un tiempo de tres meses máximo, también es un subproducto del proceso de compostaje de residuos orgánicos.

Funciones del biol

El biol aumenta el vigor y vitalidad de las plantas, nutre y reaviva la actividad microbiana del suelo, Se lo utiliza también como plaguicida para proteger las plantas de plagas y enfermedades, para alejar a insectos el biol debe ser preparados o solamente se le adiciona plantas que tengan olores amargos y fuertes como ejemplo tenemos ajo, cebolla, ají, etc; así evitaremos el uso de pesticidas químicos.

Un litro de biol puro se debe diluir en 15-20 litros de agua para cargar una fumigadora. Este preparado sirve como abono foliar para 300 metros lineales de cultivo y se aplica solamente en hojas y tallos, no en flores ni frutos.

Se puede usar biol puro cuando se quiere aplicar directamente al suelo. En este caso el suelo debe estar previamente regado. Un litro alcanza para 10 metros lineales de cultivo y debe depositárselo solo alrededor de la planta.

Ventajas:

- Se aumenta un 30% la capacidad productiva de los sembríos, cosa que no ocurre con fertilizantes químicos.
- Es un abono orgánico producido de costo bajo y no contamina el suelo, agua y aire, no daña los microorganismo del suelo y tampoco a las plantas.

- El biol tiene la facilidad para fabricarse en cualquier clases de terreno de sembríos agrícolas que van desde el nivel del mar hasta 3600 metros sobre el nivel del mar o dependiendo de las temperaturas y de la cantidad de oxígeno en el ambiente. (Mosquera, 2010, p.10)

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Diagnóstico del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el Cantón Cumandá, Provincia de Chimborazo.

2.1.1 Ubicación y extensión

El cantón Cumandá se encuentra en la Provincia de Chimborazo. Tiene una extensión de 158,7 km², y cuenta con 12922 habitantes. Su densidad poblacional es de 81,42 hab/km².

2.1.2 Localización geográfica

Limita al Norte con el cantón Gral. Antonio Elizalde (provincia del Guayas), el cantón Chillanes de la provincia de Bolívar y con el cantón Alausí de la provincia de Chimborazo, al Sur con Alausí y el cantón Cañar (Provincia de Cañar), al Este con Alausí y al Oeste con el cantón de Cañar y los cantones El Triunfo y Crnl. Marcelino Maridueña de la provincia del Guayas. La altitud varía desde los 300 a los 2000 msnm. (Perfil Territorial Cumandá, 2011, p.3)

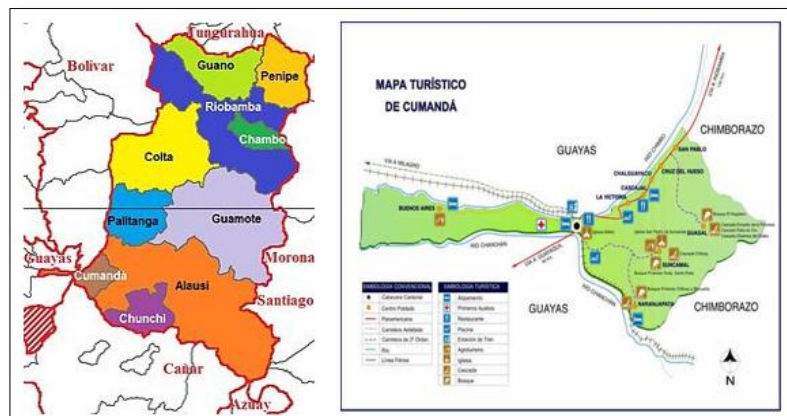


Figura 1-2 Ubicación del Cantón Cumandá

Fuente: Instituto Geográfico Militar

2.1.3 *Tamaño de la población*

Tabla 1-2. Población actual del Cantón Cumandá

HOMBRES	MUJERES	TOTAL	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL
6343	6579	12922	3,54 %

Fuente: INEC, CENSO 2010

2.1.4 *Climatología*

Según el Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT) 2011, el cantón Cumandá tiene una variedad de microclimas, en la zona alta donde se encuentra la microcuenca del Río San Pablo, además de los recintos Huagal, Copalillo y Sacramento, la temperatura oscila entre 18°C a 20 °C. (Zona de vida Bosque seco Montano Bajo bs. MB).

En la microcuenca del río Chaguayaco, los recintos de Naranjapata, Bucte, Chilicay, Santa Rosa, Suncamal, Huallanag, Miraflores, Cruz del Hueso, Chaguayacu y Cascajal, la temperatura se encuentra en el rango de los 20°C a 22°C.(zona de vida Bosque húmedo Premontano bh. PM).

En el sector del Río Blanco, los recintos Hda. Chilicay, Santa Rosa, La Argentina, San Vicente, Reservas de Cumandá, San Jacinto, El Guayabo, La Victoria, Cumandá y Buenos Aires, la temperatura fluctúa entre los 22°C y 24°C. (Zona de vida Bosque muy húmedo Premontano bmh. PM). La zona baja del Cantón Cumandá, en el sector de la Isla, la temperatura se presenta entre 24°C y 26°C (zona de vida Bosque húmedo Tropical bh. t). (Perfil Territorial Cumandá, 2011, p.4)

2.2 **METODOLOGÍA.**

2.2.1 *Determinación de población*

El cálculo de la población para el año 2015, se ha realizado empleando la siguiente ecuación:

$$Pf = Pa (1 + i)^n \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

Pf: población 2015

Pa: población 2010 (INEC)

i: índice de crecimiento anual (INEC)

n: periodo de tiempo (año futuro – año actual)

2.2.2 Determinación de residuos orgánicos

El cálculo de la cantidad de residuos orgánicos para el año 2015, se ha realizado empleando la siguiente ecuación:

$$Rs = Pf * gpc^* \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

Rs: generación de residuos orgánicos 2015

Pf: población 2015

gpc: generación per cápita * (datos de los tres cantones otorgado por la “EMMAI-BCP-EP”)

2.2.3 Muestreo del compost

Se obtuvo una muestra representativa de la pila de compost tomando varias submuestras, se tomó 12 submuestras a lo largo de todo el camellón, a una distancia de 1 metro una de otra, en ambos lados de ella (6 cada lado) y de diferentes profundidades.

Posteriormente se mezcló y homogenizó para obtener una muestra representativa de aproximadamente 1 kg, fue rotulada y se la envió al Laboratorio de Medio Ambiente - UNACH

2.2.3.1 Materiales requeridos para el muestreo

- Pala
- Mascarilla
- Guantes de látex
- Bolsas plásticas
- Lápiz indeleble
- Mandil

2.2.4 Caracterización del compost

Para efectuar las pruebas de caracterización, nos basamos en parámetros físicos-químicos determinados en bibliografía de compost.

Tabla 2-2. Caracterización del compost

Parámetro	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	15:1 – 35:1
Humedad	30% - 40%
Tamaño de partícula	<1,6 cm
pH	6,5 – 8,5
Temperatura	Temperatura ambiente
Densidad	<700 kg/m ³
Materia Orgánica (Base seca)	>20%
Nitrógeno Total (Base seca)	~1%
Nitrógeno	1,0 – 1,8
Fósforo	0,8 – 1,0
Potasio	0,3 - 1,0
Calcio	1,0
Magnesio	0,9 – 1,0
Manganeso	0,5
Zinc	3,0 – 4,0
Hierro	2,5

Fuente: <http://www.ops.org.uy/pdf/compost.pdf>

Las pruebas de caracterización se enviaron al Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo. Las técnicas de análisis aplicadas por el laboratorio se basan en Métodos Estandarizados UNE EN.

Tabla 3-2. Técnicas de análisis de parámetros físico-químicos para compost

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO ANÁLISIS
Humedad	%	UNE-EN 13040
pH	-	UNE-EN 13040
Conductividad eléctrica	mS/m	UNE-EN 13038
Materia orgánica	%	UNE-EN 13039
Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)	%	UNE-EN 13040
Densidad aparente compactada	g/L	UNE-EN 13040
A asimilables en H ₂ O (NH ₄ ; NO ₃ ; P, Mg, K, Ca)	mg/L-mg/Kg	UNE-EN 13652
A asimilables en Cl ₂ Ca + DTPA (NH ₄ ; NO ₃ ; P, Mg, K.)	mg/L-mg/Kg	UNE-EN 13651
P, Ca y K totales	mg/L- mg/kg	UNE-EN 13650
Metales pesados totales	mg/L-mg/Kg	UNE-EN 13650

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

2.2.5 Métodos y Técnicas

2.2.5.1 Métodos

Se realizó este proyecto de investigación, se considerara tres tipos de métodos: inductivo, deductivo y experimental, ya que es de suma importancia conocer los sucesos que se presentan en la optimización en el compostaje de residuos orgánicos y, con los cuales se facilitará el estudio y desarrollo de la investigación.

- *INDUCTIVO*

Es aquel que va de lo particular a lo general, lo cual permitirá conocer las características presentes del compost que la empresa de aseo integral posee hasta el momento. Al conocer dicha determinación inicial mediante análisis, será posible concluir de forma adecuada; para esto es necesario realizar diferentes procesos de compostaje de los residuos orgánicos de manera meticulosa con el fin de adquirir resultados claros.

- *DEDUCTIVO*

Este método nos permite analizar de lo general a lo particular; nos permite deducir los efectos que produce el mal manejo de los residuos orgánicos hacia la población y el medio ambiente; además, contribuirá en la búsqueda de posibles soluciones dentro de los cuales tenemos el proceso de compostaje de los residuos orgánicos.

2.2.5.2 Técnicas

2.2.5.2.1 Humedad

Tabla 4-2. Humedad

Parámetro	Método	Materiales	Procedimiento	Reporte de resultados
HUMEDAD	Este método para determinar la cantidad de agua que posee una muestra se basa en la pérdida de peso de la muestra por calentamiento en un secador eléctrico de bandejas, refiriendo su peso al peso total de la muestra y expresada en porcentaje.	<ul style="list-style-type: none"> • Secador Eléctrico de bandejas • Balanza 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarar la balanza y pesar las bandejas vacías • Pesar cada bandeja con la muestra bien mezclada • Encender el secador eléctrico de bandejas a 75°C • Introducir las 4 bandejas • Cada 15 minutos, sacar las bandejas y esperar que alcance temperatura ambiente • Pesar en la balanza • Volver a colocar cada bandeja con su respectiva muestra en el secador eléctrico nuevamente por 15 minutos • Sacar del secador eléctrico, enfriar nuevamente y pesar • Continuar con este proceso hasta peso constante 	<p>La humedad se expresa en porcentaje:</p> $\% \text{ humedad} = \frac{((M_1 - M_2) * 100)}{M} \quad \text{Ec. 2}$ <p>Donde:</p> <p>M₁= peso de la bandeja más muestra húmeda</p> <p>M₂= peso de la bandeja más muestra seca</p> <p>M = peso de la muestra</p>

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

2.2.5.2.2 *Materia Orgánica (MO)*

Tabla 5-2. Materia Orgánica

Parámetro	Método	Materiales	Procedimiento	Reporte de resultados
MATERIA ORGÁNICA (MO)	La determinación del porcentaje de materia orgánica total se realiza por gravimetría indirecta en la que se mide la pérdida de peso a causa de la combustión de la materia orgánica, a temperaturas entre 470 y 560°C, siguiendo el procedimiento que se detalla a continuación (US Department of Agriculture and Council, 2001)	<ul style="list-style-type: none"> • Capsula de porcelana • Mufla • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Introducir las cápsulas de porcelana (de 20 mL de capacidad) en la mufla a 550°C durante media hora. Transcurrido este tiempo, sacar y dejar enfriar sobre una superficie adecuada durante unos minutos. A continuación, introducir las en el desecador y dejar que se enfríen completamente antes de tararlas (T). • Pesar en una balanza analítica (con precisión $\pm 0,0001\text{g}$) aproximadamente 1,5 g de muestra seca y molida dentro de la cápsula de porcelana previamente tarada (P0). • Introducir la muestra en la mufla y realizar una rampa de temperatura hasta 550°C. Permitir la combustión de la muestra a 550°C durante 2h y entonces lentamente disminuir la temperatura a 200°C. • Retirar las muestras de cenizas de la mufla, dejarlas enfriar brevemente sobre una superficie adecuada e introducir las en el desecador. Cuando se extraen, se dejan enfriar. Una vez completamente frías, se pesan con precisión ($\pm 0,0001\text{g}$) (Pf). • Determinar la cantidad de materia orgánica (%MO) de la muestra según indica: 	$\% MO = \frac{P0 - Pf}{P0 - T} * 100 \quad \text{Ec. 10}$ <p>Donde:</p> <p>%MO = porcentaje de materia orgánica P0 = peso inicial Pf = peso final T = peso de la capsula</p>

Fuente: BENZING, A. 2001.

2.2.5.2.3 Contenido en carbono

Tabla 6-2. Contenido de carbono

Parámetro	Método	Materiales	Procedimiento	Reporte de resultados
CARBONO	Debido a la complejidad del análisis del carbono, el contenido de carbono de las muestras se ha estimado en base al contenido en materia orgánica de la muestra y considerando que para la mayoría de materiales el contenido en carbono se encuentra entre el 45% y el 60% de la fracción orgánica. Se ha determinado a partir de la siguiente ecuación tal como indica Haug (1993).			$\% C = \frac{\% MO}{1,8} \quad \text{Ec. 11}$ <p>Donde:</p> <p>%C = Porcentaje de carbono</p> <p>%MO = Porcentaje de materia orgánica</p>

Fuente: BENZING, A. 2001.

-54-

2.2.5.2.4 Nitrógeno Kjeldahl

Tabla 7-2. Nitrógeno Kjeldahl

Parámetro	Método	Materiales	Procedimiento	Reporte de resultados
NITROGENO	El nitrógeno kjeldahl se ha determinado siguiendo un procedimiento adaptado del método propuesto por el	<ul style="list-style-type: none"> Erlenmeyer Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar con una precisión de $\pm 0,01$g entre 0,350-0,500 g de muestra seca y triturada. Hacer un pequeño paquete con papel de filtro o papel de fumar sin la parte engomada e introducirlo 	$\% N - Kjeldahl = \frac{V_1 - V_0 * N * 1,4}{P} \quad \text{Ec. 12}$

	<p>fabricante del equipo utilizado (Pro-Nitro I, Selecta). Este método consta de tres pasos:</p> <p>Digestión de la muestra. Con este proceso se transforma todo el nitrógeno orgánico a su forma amoniacal. Este cambio se consigue atacando la muestra con ácido sulfúrico concentrado, a una temperatura elevada y en presencia de un catalizador</p> <p>Destilación. El $N-NH_4^+$ de una alícuota se desplaza a NH_3 añadiendo un exceso de base y se destila recogiendo en un volumen, conocido y en exceso, de ácido bórico de concentración también conocida.</p> <p>Valoración. La diferencia entre los equivalentes de ácido inicialmente presentes y los que quedan después de la</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tubo de digestión Kjeldahl 100 mL • Papel filtro • H_2SO_4 • Hidróxido de sodio • Ácido bórico • Ácido clorhídrico 0,25N 	<p>en un tubo de digestión Kjeldahl de 100 mL. Añadir poco a poco 25 mL de ácido sulfúrico concentrado, moviendo el tubo y asegurando que el ácido moje toda la muestra. A continuación, añadir una pastilla de catalizador Kjeldahl a cada tubo de digestión. Hacer una prueba en blanco introduciendo en el tubo el papel de filtro y el catalizador.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Digerir los tubos Kjeldahl en un digestor, durante 1,5 h a una temperatura de 420°C. La muestra se digiere hasta que la solución sea transparente, con una cierta tonalidad verdosa, momento en el cual se da por acabada la digestión. Sacar los tubos Kjeldahl del bloque digestor y dejar enfriar. Añadir un volumen de agua aproximadamente de 4 veces el volumen de H_2SO_4 y dejar enfriar de nuevo a temperatura ambiente. • Para la destilación se utiliza un aparato de destilación sencilla por arrastre de vapor. Se coloca el tubo con la disolución digerida en el aparato de destilación y se añade NaOH (35 %) en exceso. • A la salida del refrigerante se coloca un erlenmeyer con 100 mL de ácido bórico al 4% con indicador mixto. • La destilación se dará por finalizada a los 15-20 min después de caer la primera gota de destilado o hasta recoger un volumen de 250 mL. Se puede 	<p>Donde:</p> <p>V_1 = volumen de HCl consumido en la valoración (mL)</p> <p>V_0 = volumen de HCl consumido en la valoración del blanco (mL)</p> <p>P = peso de la muestra (g)</p> <p>N = normalidad del HCl utilizado en la valoración</p>
--	---	--	---	---

	<p>destilación serán los equivalentes de ácido neutralizados por el amoníaco, es decir, los equivalentes de amoníaco procedentes tanto del N-orgánico como del N-NH⁺₄ ya existentes en la muestra. Por diferencia con el N-NH⁺₄ de la muestra se obtiene la cantidad de N-orgánico presente en la muestra.</p>		<p>comprobar dejando caer una gota de destilado sobre papel indicador de pH. Si el destilado tiene un pH básico, el proceso de destilación todavía no ha finalizado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En la valoración como ácido recolector se usa un ácido débil, el ácido bórico, y se valora entonces el borato amónico, sal básica que se ha formado, con un ácido fuerte (HCl 0,25 N) (según la cantidad de borato amónico formado en la muestra se puede utilizar HCl más diluido) y un indicador de zona ácida. <p>Valorar hasta el virado completo de verde a violeta.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el porcentaje de nitrógeno Kjeldahl 	
--	--	--	---	--

Fuente: BENZING, A. 2001.

2.2.5.2.5 Relación Carbono/Nitrógeno

Tabla 8-2. Relación Carbono/Nitrógeno

Parámetro	Método	Materiales	Procedimiento	Reporte de resultados
RELACION CARBONO/NITROGENO	Para lograr un proceso de compostaje adecuado es necesario mantener la relación carbono/nitrógeno (C/N) de la mezcla de residuos que se va compostar en			La relación carbono/nitrógeno se expresa adimensional:

los niveles apropiados, para ello es necesario conocer la relación C/N de cada material que son utilizados en el compostaje, y con la ayuda de la siguiente Ecuación se comprueba si se cumple con los valores convenientes de las propiedades.

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{N_i} * X_i \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

R= relación carbono/nitrógeno de la mezcla (adimensional)

C_i= cantidad de carbono en el material i (%)

N_i= cantidad de nitrógeno en el material i (%)

X_i= fracción del material i (kg)

- **Comparativa con la ecuación de Cornell**

Ingredient	%H2O	Weight	%Carbon	%Nitrogen	C/N Ratio
1	M ₁	Q ₁	C ₁	N ₁	
2	M ₂	Q ₂	C ₂	N ₂	
3	M ₃	Q ₃	C ₃	N ₃	
					R

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i (C_i(100-M_i))}{\sum_{i=1}^n Q_i (N_i(100-M_i))} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

R= relación carbono/nitrógeno de la mezcla (adimensional)

C_i= cantidad de carbono en el material i (%)

N_i= cantidad de nitrógeno en el material i (%)

				<p>Q_i= masa del material húmedo i (kg)</p> <p>M_i= contenido de humedad del material i (%)</p> <p>n= número total de materiales mezclados (adimensional)</p>
--	--	--	--	---

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

Fuente: <http://compost.css.cornell.edu/calc/2.html>

2.2.5.2.6 Tamaño de la pila

Tabla 9-2. Tamaño de la pila

Parámetro	Método	Materiales	Procedimiento	Reporte de resultados
TAMANO DE LA PILA	En el compostaje en pilas, el tamaño de la pila, en especial la altura, afecta directamente al contenido de humedad, de oxígeno y la temperatura. Pilas de baja altura y de base ancha, a pesar de tener buena humedad inicial y buena relación C: N, hacen que el calor generado por	<ul style="list-style-type: none"> • Metro • Balanza digital • Cubeta • Estacas 	<ul style="list-style-type: none"> • En primer lugar se debe obtener la densidad de los residuos orgánicos, con la ayuda de la balanza digital obtenemos el peso total de los residuos orgánicos, la persona y la cubeta. • Posteriormente restamos tanto el peso del individuo y de la cubeta, para solo quedarnos con el peso de los orgánicos y lo dividimos para el volumen de la cubeta. 	$V = x * y * z$ <p>Ec. 5</p> <p>Donde:</p> <p>V= volumen de la pila (m³)</p> <p>x= ancho de la pila (m)</p> <p>y= alto de la pila (m)</p> <p>z= largo de la pila (m)</p>

	<p>los microorganismos se pierda fácilmente. El tamaño de una pila viene definido por la cantidad de material a compostar y el área disponible para realizar el proceso. Normalmente, se hacen pilas de entre 1,5 y 2 metros de alto para facilitar las tareas de volteo, y de un ancho de entre 1,5 y 3 metros. La longitud de la pila dependerá del área y del manejo.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Una vez obtenida la densidad de los residuos orgánicos, procedemos a sacar el volumen de la pila, dividimos la masa de orgánicos a compostar para la densidad de los mismos. • Ya obtenido el volumen de la pila de residuos para compostar, únicamente, se da dimensiones tanto al ancho como para el alto, y se despeja y se obtiene el valor de la longitud de la pila. 	<p>Volumen de la pila</p> $V = \frac{m}{\rho} \quad \text{Ec. 6}$ <p>Donde:</p> <p>V= volumen de la pila (m³) m= masa de residuos orgánicos ρ= densidad de los residuos orgánicos</p> <p>Densidad de residuos orgánicos</p> $\rho = \frac{m_1}{V_1} \quad \text{Ec. 7}$ <p>Donde:</p> <p>ρ= densidad de los residuos orgánicos m₁= masa pesada de residuos orgánicos V₁= volumen ocupado de residuos orgánicos dentro de un recipiente</p>
--	--	--	---	---

Fuente: ROMÁN, P. 2013.

2.2.5.2.7 Mezcla Melaza – Levadura

Tabla10-2. Melaza - Levadura

Parámetro	Método	Materiales	Procedimiento	Reporte de resultados
Mezcla Melaza – Levadura	La melaza es un derivado de la caña de azúcar, se usa principalmente como suplemento energético por su alto contenido de azúcares y su bajo costo y la levadura se usa para aumentar la carga microbiana en el proceso de compostaje.	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Melaza • Levadura 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomamos 1 litro de Melaza Valdez y adicionamos 3 litros de agua • Mezclamos hasta homogenizar • Posteriormente adicionamos 500 gramos de Levadura Fleischmann, mezclamos hasta que se haya disuelto totalmente • Se deja en reposo esta solución madre durante 7 a 10 días. • Ya de esta solución madre se utiliza 1 litro por cada tonelada a compostar. 	

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

2.3 DATOS EXPERIMENTALES

2.3.1 Diagnóstico

El suministro de residuos orgánicos a la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de Pallatanga, Cumandá y Bucay “EMMAI-BCP-EP”, proviene de los cantones Bucay, Cumandá y Pallatanga. Los cuales son utilizados en el proceso de compostaje que la empresa realiza desde ya hace un tiempo atrás.

Este proceso de compostaje se encuentra sin el adecuado control, es decir no posee un procedimiento correcto, también por no poseer el espacio adecuado para esta actividad y al no contar con recursos económicos suficientes las instalaciones se han visto deterioradas e incluso ciertas áreas y equipos de la empresas ya han dejado de funcionar.

El área para compostaje se realiza en dos hangares, el primero y más grande es al cual llegan los residuos orgánicos en camiones de basura y se realiza el seudo-procedimiento de compostaje, el segundo hangar está destinado al almacenaje del compost. Existe un tercer hangar que por falta de recursos no se ha finalizado su construcción.

El primer hangar destinado al compostaje no abastece la demanda de espacio para la cantidad de residuos orgánicos provenientes de los tres cantones, viéndose obligada la empresa a amontonar de manera excesiva dichos residuos y en ciertas ocasiones llegar a colapsar todo el hangar, también como efecto colateral los lixiviados – biol se desbordan del perímetro del hangar llegando hasta los terrenos aledaños causando molestias a pobladores de los alrededores.

Existe inconvenientes al no poder realizar el volteo de manera correcta por causa del excesivo amontonamiento lo cual causa un muy desagradable olor a putrefacción, el cual atrae a animales carroñeros. En el desarrollo de la investigación, se realizó el proceso de compostaje correcto y se realizó la medición del pH, humedad, temperatura durante el tiempo para producir el compost y también realizando volteos oportunos de acuerdo a las temperaturas registradas.

Y aplicando al inicio del compostaje una mezcla de levadura con melaza y repetir la mezcla de ser necesario. Al realizar la caracterización inicial del compost se tomó en cuenta análisis físico – químico para conocer el estado actual del compost producido por la empresa.

Tabla 11-2. Caracterización inicial de parámetros físicos químicas del compost

Parámetro	Unidad	Resultado
Textura		Franco Luminoso
Estructura		Granular
Porosidad	(%)	80
Densidad Aparente (DAP)	g/cm ³	0,88
Densidad Real (DR)	g/cm ³	1,12
pH	Und.	8,45
Conductividad Eléctrica (CE)	mS/cm	4,87
Nitrógeno (N)	(%)	1,44
Fosforo (P)	(%)	2,46
Potasio (K)	(%)	2,43
Carbono (C)	(%)	24,4
Materia Orgánica	(%)	36,2

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2015

Parámetro	Unidad	Resultado
Relación Carbono/Nitrógeno	Adim	16,94
Tiempo	meses	4 - 5

Fuente: "EMMAI-BCP-EP", 2015

Tabla 12-2. Determinaciones químicas del tamo

Parámetro	Unidad	Resultado
Carbono	(%)	31,4

Nitrógeno	(%)	0,26
-----------	-----	------

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2015

Tabla 13-2. Determinaciones físico químicas de la melaza

Parámetro	Unidad	Resultado
Carbono	(%)	4,96
Nitrógeno	(%)	0,57
Densidad	gr/cm ³	1,09

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2015

2.3.2 Datos

2.3.2.1 Datos de monitoreo del compostaje

Los datos fueron obtenidos diariamente durante 31 días de 11:00 a 13:00.

2.3.2.1.1 Temperatura

Las mediciones de la temperatura se realizaron in situ, con un termómetro de mercurio de 150°C.

2.3.2.1.2 pH

Las mediciones del pH se realizaron in situ, con un pH metro de suelo de medición directa.

2.3.2.1.3 Humedad

Las mediciones de humedad se realizaron in situ, con un higrómetro de suelo de medición directa.

Tabla 14-2. Toma de datos del proceso de compostaje

DIA	PILA 1			PILA 2			PILA 3			PILA 4		
	TEMPERATURA	pH	HUMEDAD	TEMPERATURA	pH	HUMEDAD	TEMPERATURA	pH	HUMEDAD	TEMPERATURA	pH	HUMEDAD
1	35,86	5,11	10	36,5	5,64	10	34,79	5,19	10	35,14	5,21	10
3	46,14	4,97	10	49,04	5,71	10	47,5	5,41	10	45,36	5,68	10
4*	46,46	5,42	10	52,5	5,63	10	49,21	5,94	10	51,07	6,07	10
5	51,71	5,12	10	56,32	5,54	10	52,71	5,5	10	58,43	5,89	10
6*	59,04	5,29	10	60,93	5,68	10	53	5,97	10	59,43	6,05	10
7	58,57	5,88	10	60,07	6,51	10	61,14	6,85	10	54,57	6,89	10
8*	64,75	6,68	10	65,57	7	10	64,21	6,78	10	62,71	6,84	10
10*	65,11	6,84	10	63,04	6,79	10	66,29	6,68	10	56,71	6,39	10
11*	66,93	7	10	65,96	6,9	10	65,07	6,94	10	59,21	6,73	10
12*	65,54	7,14	10	64,96	6,95	10	66,21	7,56	10	64,21	7,68	10
14*	62,75	5,82	9,93	59,71	6,36	9,75	59,36	6,79	9,64	55,5	6,72	10
15	59,11	6,41	9,86	56,54	6,52	9,6	52	6,63	9,79	50,64	6,76	10
17*	51,25	7,08	9,82	51,54	7,36	8,52	51,14	7,3	9,71	42,86	6,94	10
19*	47	7,18	8,77	44	7	8,93	48,14	7,11	9,57	43,79	7,18	9,57
21*	43,5	7,39	9,38	45,82	7	9,07	44,21	7,07	9	41,14	7,21	9,25
24*	45,29	7,59	9,04	42,71	7,45	8,89	41,86	7,43	8,93	39,71	7,36	9,64
26*	39,71	7,36	7,95	38,18	7,48	7,88	37,14	7,46	7,64	37	7,57	8,93
28*	35,96	7,63	7,86	35,32	7,59	7,79	32,29	7,54	6,79	32,21	7,5	8,57
31	32,14	7,75	6,86	31,61	7,7	6,82	31,14	7,71	6	31,64	7,75	6,93

*= volteo de las pilas

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

2.3.2.2 Porcentaje de humedad de los residuos orgánicos

Tabla 15-2. Contenido de humedad de los residuos orgánicos

<i>peso bandeja (gr)</i>	1025,3	1035,8	1030	1032,3
<i>Tiempo (min)</i>	<i>peso bandeja 1 + muestra (gr)</i>	<i>peso bandeja 2 + muestra (gr)</i>	<i>peso bandeja 3 + muestra (gr)</i>	<i>peso bandeja 4 + muestra (gr)</i>
0	2092,3	2185,4	1981,6	2022,1
15	2067,9	2164,2	1963,6	1988,5
30	2040,1	2139,9	1940	1960,5
45	2015,4	2118,1	1921,1	1933,2
60	1997,9	2100,6	1902,3	1907,8
75	1973,8	2078,2	1880,4	1882,7
90	1952,7	2055,9	1861,9	1856,5
105	1930	2030,5	1838,1	1830,1
120	1908,6	2006,1	1818,9	1803,8
135	1880,5	1983,4	1800,9	1776,6
150	1861,1	1966,4	1784,3	1756,3
165	1838,4	1946,6	1765,1	1729,9
180	1813,9	1923,5	1741,3	1698,9
195	1788,7	1899,3	1720,8	1676,4
210	1764,9	1875	1703,6	1650
225	1740,9	1852,5	1685,5	1622,8
240	1715,7	1828,8	1668,8	1597,7
255	1691,7	1804,9	1649,6	1571,9
270	1666,1	1787	1631,5	1545,7
285	1639,6	1767,5	1614,3	1525,4
300	1616,3	1746,7	1597,6	1502,3
315	1584,1	1724,5	1578,5	1472,1
330	1561,7	1704	1554,1	1450,8
345	1537,4	1680,6	1534,1	1427,6
360	1515,5	1659,9	1516,1	1406,5
375	1484,3	1625,6	1485,9	1375,4
390	1465	1610	1471,4	1355,1
405	1449,8	1590	1458,1	1339,8
420	1428,1	1568,9	1439,2	1319,3
435	1413,2	1551,9	1422	1305,8
450	1401,1	1538,5	1409,7	1291,9
465	1383,1	1520,3	1393,6	1278,1
480	1371,3	1504,7	1380	1268,1
495	1349,7	1480,9	1357,2	1252,1
510	1338,6	1468,8	1347	1241,9
525	1325,1	1451,2	1330,9	1232
540	1308,7	1430	1312,4	1221,7
555	1292,6	1411,9	1297,2	1212,3

570	1275,8	1390	1279,4	1204,6
585	1258,4	1363,8	1267,6	1199,6
600				
615	1220,5	1332,6	1236,8	1186,6
630				
645	1198,9	1292,2	1204,9	1177,6
660				
675	1188,4	1254,2	1185,9	1176
690				
705	1182,6	1228,4	1171,9	1174,6
720				
735	1177,2	1214,4	1165,2	1173,5
750				
765	1177	1204,6	1161,9	1172,9
780				
795	1176,9	1202	1160,9	1172,7
810				
825	1175,1	1200,8	1160,4	1172,1
840				
855	1175,1	1200,4	1160	1171,7
870				
885	1175,1	1200	1159,9	1171,7
900				
915	1175,1	1200	1159,9	1171,7

Peso Inicial sin bandeja	1067	1149,6	951,6	989,8
Peso Final sin bandeja	149,8	164,2	129,9	139,4
Materia Seca	149,8	164,2	129,9	139,4
Agua	917,2	985,4	821,7	850,4
Porcentaje M.Seca	14,04	14,28	13,65	14,08
Porcentaje Agua	85,96	85,72	86,35	85,92
Porcentaje Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Promedio	
Porcentaje M.Seca	14,01
Porcentaje Agua	85,99
Porcentaje Total	100,00

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

2.3.2.3 Porcentaje de humedad del tamo

Tabla 16-2. Contenido de humedad de tamo

<i>peso bandeja (gr)</i>	1010,5	1003,6	1015,3	1011
<i>Tiempo (min)</i>	<i>1 peso bandeja + muestra (gr)</i>	<i>2 peso bandeja + muestra (gr)</i>	<i>3 peso bandeja + muestra (gr)</i>	<i>4 peso bandeja + muestra (gr)</i>
0	1272,5	1249,2	1258,9	1317,1
10	1245,1	1225	1240	1290,5
20	1232	1214,3	1230,8	1277,5
30	1214	1198,5	1216	1260,5
40	1202,5	1188	1207,5	1249,5
50	1190,1	1178,6	1197,4	1239,6
60	1179	1169,1	1189,3	1228,9
70	1165,5	1158,6	1178,3	1214,3
80	1153	1136,5	1148	1176,2
90	1148,2	1132,1	1145,7	1172
100	1146,5	1132	1144,5	1171
110				
120				
130	1143	1128,1	1141,4	1166,5
140				
150				
160	1143	1127,5	1140,4	1166,6
170				
180				
190	1143	1127,1	1140	1166,4
200				
210	-	-	-	-
220	1143	1127,1	1140	1166,2
230				
240				
250	1143	1127,1	1140	1166,6
260	-	-	-	-
270				
280	1143	1127,1	1139,8	1165,5
290				
300				
310	1143	1127,1	1139,7	1165,5
320				
330				
340	1143	1127	1139,7	1165,4

Peso Inicial sin bandeja	262	245,6	243,6	306,1
Peso Final sin bandeja	132,5	123,4	124,4	154,4
Materia Seca	132,5	123,4	124,4	154,4
Agua	129,5	122,2	119,2	151,7
Porcentaje M.Seca	50,57	50,24	51,07	50,44
Porcentaje Agua	49,43	49,76	48,93	49,56
Porcentaje Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Promedio	
Porcentaje M.Seca	50,58
Porcentaje Agua	49,42
Porcentaje Total	100,00

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

2.3.2.4 Porcentaje de Humedad de Compost Final

Tabla 17-2. Contenido de humedad del compost final

peso bandeja (gr)	1029,2	1024	1035,4	1030,2
Tiempo (min)	1 peso bandeja + muestra (gr)	2 peso bandeja + muestra (gr)	3 peso bandeja + muestra (gr)	4 peso bandeja + muestra (gr)
0	1528,7	1595,7	1613,6	1692,5
15				
30	1462,4	1541,3	1569,7	1627,4
45				
60	1429,7	1513,5	1538,7	1588,5
75				
90	1407,8	1486,6	1500	1549,2
105				
120	1384	1439,1	1454,5	1508,7
135				
150	1379	1426,7	1443,2	1499,2
165				
180	1374,2	1419,6	1435,8	1487,5
195				
210	1374,1	1418,7	1432,7	1485,4
225				
240	1373,8	1418	1431,8	1484,9
255				
270	1373,8	1417,8	1431,7	1484,7
285				
300	1373,9	1417,7	1431,7	1484,7

315	-	-	-	
330	1373,9	1417,8	1431,7	1484,7

Peso Inicial sin bandeja	499,5	571,7	578,2	662,3
Peso Final sin bandeja	344,6	393,8	396,3	454,5
Materia Seca	344,6	393,8	396,3	454,5
Agua	154,9	177,9	181,9	207,8
Porcentaje M.Seca	68,99	68,88	68,54	68,62
Porcentaje Agua	31,01	31,12	31,46	31,38
Porcentaje Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Promedio	
Porcentaje M.Seca	68,76
Porcentaje Agua	31,24
Porcentaje Total	100,00

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

CAPITULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Cálculos

3.1.1 Proyección de la población

El cálculo de la proyección de la población para el año en curso de los tres cantones se ha realizado empleando la Ec. 8:

- *Cumandá*

$$Pf = P_a (1 + i)^n$$

$$Pf = 12922 (1 + 0,0354)^5$$

$$Pf = \mathbf{15376,96 hab} = Pf_c$$

3.1.2 Determinación de residuos orgánicos

Con la Ec. 9 calculamos los residuos orgánicos generados:

- *Cumandá*

$$Rs_o = Pf * gpc$$

$$Rs_o = 15376,96 hab * 0,41 Kg/hab/día$$

$$Rs_o = \mathbf{6304,55 \frac{kg}{día}} = Rs_c$$

3.1.3 Humedad

Con la Ec. 1 con que cual determinamos la humedad de los residuos orgánicos, y cuyos valores están establecidos en la TABLA. 8-2:

- *Residuos Orgánicos*

$$\% \text{ humedad} = \frac{((M_1 - M_2) * 100)}{M}$$

$$\% \text{ humedad} = \frac{((2092,3 - 1175,1) * 100)}{1067}$$

$$\% \text{ humedad} = 85,96$$

3.1.4 Relación Carbono/Nitrógeno

3.1.4.1 Pilas con melaza

Tabla 1-3. Cálculo Relación C/N Pila melaza

No.	TIPO DE RESIDUOS	CANTIDAD (Tn)	%	FRACCIÓN	C (%)	N (%)	C/N	
1	ORGÁNICO	0,9	89,975	0,89975	40,1	2,5	16,04	14,43206
2	FIBRA	0,1	9,9972	0,09997	31,4	0,26	120,77	12,07363
3	MELAZA	0,0002725	0,0272	0,00027	4,96	0,57	8,70	0,002370
TOTAL		1,0002725	100	1				

RELACIÓN C/N MEZCLA

26,50807

Realizado por: Miguel Barriga, 2015

La relación C/N para pilas con melaza se la calcula con la Ec. 3:

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{N_i} * X_i$$

$$R = \frac{C_1}{N_1} * X_1 + \frac{C_2}{N_2} * X_2 + \frac{C_3}{N_3} * X_3$$

$$R = \frac{40,1}{2,5} * 0,89975 + \frac{31,4}{0,26} * 0,09997 + \frac{4,96}{0,57} * 0,00027$$

$$R = 26,50807$$

- **Comparativa con ecuación de Cornell**

Se determina la relación C/N de Cornell con la Ec. 4:

Tabla 2-3. Cálculo relación c/n pila melaza Cornell

Ingredient	% H2O	Weight	% Carbon	% Nitrogen	C/N Ratio
Organicos	85.92	900	40.1	2.5	
Tamo	49.42	100	31.4	0.26	
Melaza	25	0.2725	4.96	0.57	
				Result:	20.21011419

Realizado por: Miguel Barriga, 2015

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i (C_i(100 - M_i))}{\sum_{i=1}^n Q_i (N_i(100 - M_i))}$$

$$R = \frac{Q_1 (C_1(100 - M_1))}{Q_1 (N_1(100 - M_1))} + \frac{Q_2 (C_2(100 - M_2))}{Q_2 (N_2(100 - M_2))} + \frac{Q_3 (C_3(100 - M_3))}{Q_3 (N_3(100 - M_3))}$$

$$R = \frac{900(40,1(100 - 85,92))}{900 (2,5(100 - 85,92))} + \frac{100 (31,4(100 - 49,42))}{100 (0,26(100 - 49,42))} + \frac{0,2725(4,96 (100 - 25))}{0,2725(0,57 (100 - 25))}$$

$$R = 20,21011419$$

3.1.4.2 Pila sin melaza

Tabla 3-3. Cálculo Relación C/N Pila sin melaza

No.	TIPO DE RESIDUOS	CANTIDAD (Tn)	%	FRACCIÓN	C (%)	N (%)	C/N	
1	ORGÁNICOS	0,45	90,00	0,900	40,1	2,5	16,04	14,4360
2	FIBRA	0,05	10,00	0,100	31,4	0,26	120,77	12,0769
TOTAL		0,5	100	1				

RELACIÓN C/N MEZCLA

26,51292

Realizado por: Miguel Barriga, 2015

Mediante la Ec. 3, se obtiene la relación C/N de pilas sin melaza:

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{N_i} * X_i$$

$$R = \frac{C_1}{N_1} * X_1 + \frac{C_2}{N_2} * X_2$$

$$R = \frac{40,1}{2,5} * 0,9 + \frac{31,4}{0,26} * 0,1$$

$$R = 26,51292$$

- **Comparativa con ecuación de Cornell**

La comparativa de la relación C/N de Cornell se obtiene con la Ec. 4:

Tabla 4-3. Cálculo relación c/n pila sin melaza Cornell

Ingredient	% H2O	Weight	% Carbon	% Nitrogen	C/N Ratio
Organicos	85.92	900	40.1	2.5	
Tamo	49.42	100	31.4	0.26	
Melaza	0	0	0	0	
				Result:	20.214177386

Realizado por: Miguel Barriga, 2015

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i (C_i(100 - M_i))}{\sum_{i=1}^n Q_i (N_i(100 - M_i))}$$

$$R = \frac{Q_1 (C_1(100 - M_1))}{Q_1 (N_1(100 - M_1))} + \frac{Q_2 (C_2(100 - M_2))}{Q_2 (N_2(100 - M_2))}$$

$$R = \frac{900(40,1(100 - 85,92))}{900 (2,5(100 - 85,92))} + \frac{100 (31,4(100 - 49,42))}{100 (0,26(100 - 49,42))}$$

$$R = 20,2141774$$

3.1.5 Tamaño de la pila

3.1.5.1 Pila con melaza

Peso (kg):

- Individuo= a = 53,82 kg

- Individuo y cubeta= b =54,27 kg
- Individuo, cubeta y residuos orgánicos= c = 57,27 kg
- Cubeta= d
- Cubeta y residuos orgánicos = e
- residuos orgánicos = m₁ = f

$$b - a = d$$

(Individuo y cubeta) - Individuo = cubeta

$$54,27 \text{ kg} - 53,82 \text{ kg} = 0,45 \text{ kg} = d$$

$$c - a = e$$

(Individuo, cubeta y residuos orgánicos) – Individuo = cubeta y residuos orgánicos

$$57,27 \text{ kg} - 53,82 \text{ kg} = 3,45 \text{ kg} = e$$

$$e - d = f$$

(Cubeta y residuos orgánicos) – cubeta = f = m₁

$$3,45 \text{ kg} - 0,45 \text{ kg} = 3 \text{ kg} = m_1$$

3.1.5.1.1 Densidad de los residuos orgánicos.

Calculamos la densidad de los residuos orgánicos con la Ec. 7:

- Masa de basura (m₁) = 3 kg
- Volumen conocido (V₁) = 0,012 m³

$$\rho = \frac{m_1}{V_1}$$

$$\rho = \frac{3 \text{ kg}}{0,012 \text{ m}^3}$$

$$\rho = \frac{250 \text{ kg}}{\text{m}^3}$$

3.1.5.1.2 Volumen a compostar

Mediante la Ec. 6 se obtiene el volumen a compostar, sabiendo que la masa conocida de residuos orgánicos y tamo es igual a 1000 kg.

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{1000 \text{ kg}}{\frac{250 \text{ kg}}{m^3}}$$

$$V = 4 \text{ m}^3$$

3.1.5.1.3 Dimensiones de la pila

Las dimensiones de la pila se calculan con la Ec. 5:

- Ancho conocido de la pila (x) = 1,5 m
- Alto conocido de la pila (y) = 1 m

$$V = x * y * z$$

$$z = \frac{V}{x * y}$$

$$z = \frac{4 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m} * 1 \text{ m}}$$

$$z = 2,67 \text{ m}$$

3.1.5.2 Pila sin melaza

Peso (kg):

- Individuo= a = 53,82 kg
- Individuo y cubeta= b =54,27 kg
- Individuo, cubeta y residuos orgánicos= c = 57,27 kg
- Cubeta= d
- Cubeta y residuos orgánicos = e
- residuos orgánicos = m₁ = f

$$b - a = d$$

(Individuo y cubeta) - Individuo = cubeta

$$54,27 \text{ kg} - 53,82 \text{ kg} = 0,45 \text{ kg} = d$$

$$c - a = e$$

(Individuo, cubeta y residuos orgánicos) – Individuo = cubeta y residuos orgánicos

$$57,27 \text{ kg} - 53,82 \text{ kg} = 3,45 \text{ kg} = e$$

$$e - d = f$$

$$(\text{Cubeta y residuos orgánicos}) - \text{cubeta} = f = m_1$$

$$3,45 \text{ kg} - 0,45 \text{ kg} = 3 \text{ kg} = m_1$$

3.1.5.2.1 Densidad de los residuos orgánicos.

Se obtiene la densidad de los residuos orgánicos mediante la Ec. 7:

- Masa de basura (m_1) = 3 kg
- Volumen conocido (V_1) = 0,012 m³

$$\rho = \frac{m_1}{V_1}$$

$$\rho = \frac{3 \text{ kg}}{0,012 \text{ m}^3}$$

$$\rho = \frac{250 \text{ kg}}{\text{m}^3}$$

3.1.5.2.2 Volumen a compostar

Se determina el volumen a compostar con la ayuda de la Ec. 6, sabiendo que la masa conocida de residuos orgánicos y tamo es igual a 500 kg:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{500 \text{ kg}}{\frac{250 \text{ kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 2 \text{ m}^3$$

3.1.5.2.3 Dimensiones de la pila

Se calcula con la Ec. 5 las dimensiones de la pila:

- Ancho conocido de la pila (x) = 1,5 m
- Alto conocido de la pila (y) = 0,7 m

$$V = x * y * z$$

$$z = \frac{V}{x * y}$$

$$z = \frac{2 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m} * 0,7 \text{ m}}$$

$$z = 1,90 \text{ m}$$

3.2 Resultados

3.2.1 Proyección de población.

Tabla 5-3. Resultado Población 2015

CANTÓN	POBLACIÓN (hab)
Cumandá	15376,96
Bucay	11888,51
Pallatanga	11983,44
Total	39248,91

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

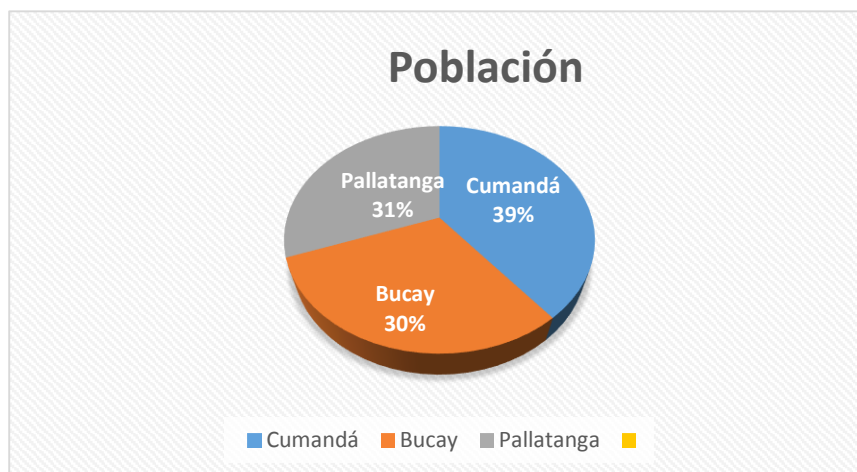


Grafico 1-3. Población en 2015

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

3.2.2 Determinación de residuos orgánicos.

Tabla 6-3. Resultado Residuos Orgánicos 2015

CANTÓN	POBLACIÓN (kg/día)
Cumandá	6304,55
Bucay	5944,26
Pallatanga	4553,71
Total	16802,52

Realizado por: Pablo Barriga, 2015



Gráfico 2-3. Residuos Orgánicos Generados 2015

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

3.2.3 Humedad

Tabla 7-3. Resultado Humedad

COMPONENTES	HUMEDAD (%)
Residuos Orgánicos	85,96
Tamo	49,43
Compost Final	31,12

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

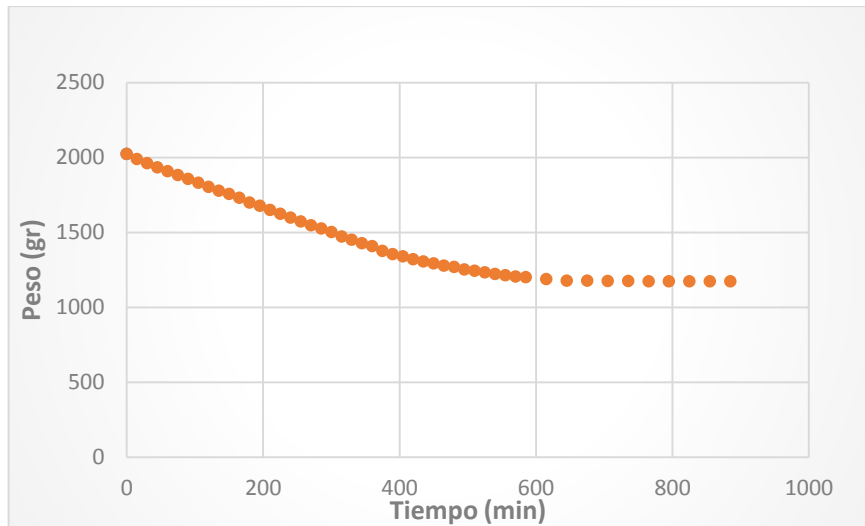


Gráfico 3-3. Curva de secado residuos orgánicos
 Realizado por: Pablo Barriga, 2015

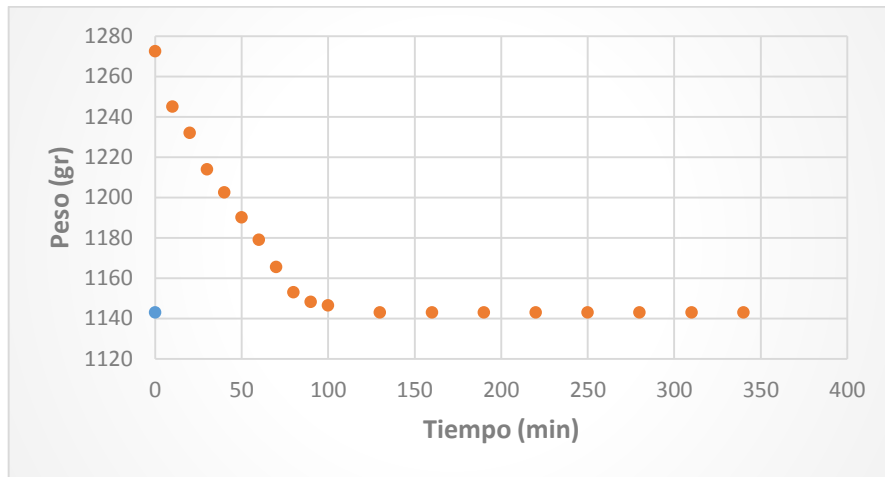


Gráfico 4-3. Curva de secado del tamo
 Realizado por: Pablo Barriga, 2015

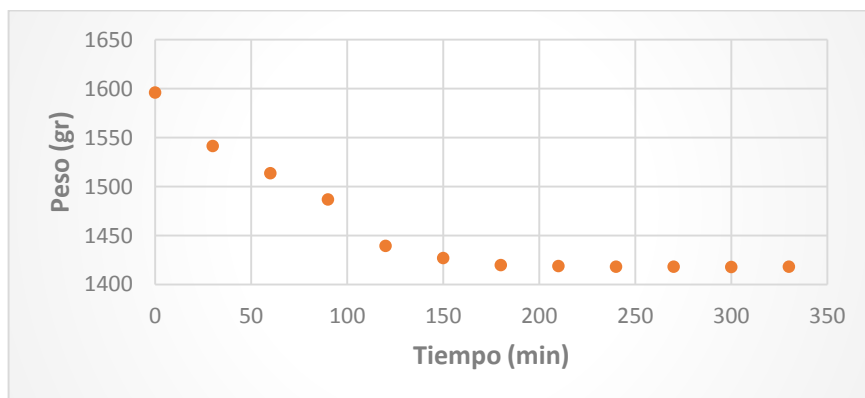


Gráfico 5-3. Curva de secado del compost
 Realizado por: Pablo Barriga, 2015

3.2.4 *Resultados de pilas con melaza*

3.2.4.1 *Resultados relación Carbono/Nitrógeno*

Tabla 8-3. Resultado Relación C/N con melaza

Pila tonelada	
Orgánicos	900 kg
Tamo	100 kg
Melaza	0,2725 kg
RELACIÓN C/N	26,50807
Cornal C/N	20,210114

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

3.2.4.2 *Resultados Tamaño de Pila*

Tabla 9-3. Resultado Tamaño pila con melaza

Pila tonelada	
Densidad Orgánicos	250 kg/m ³
Volumen	4 m ³
ANCHO	1,5 m
ALTO	1 m
LARGO	2,67 m

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

3.2.5 *Resultados de pilas sin melaza*

3.2.5.1 *Resultados relación Carbono/Nitrógeno*

Tabla 10-3. Resultado Relación C/N sin melaza

Pila media tonelada	
Orgánicos	900 kg
Tamo	100 kg
RELACIÓN C/N	26,5129
Cornal C/N	20,21417

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

3.2.5.2 *Resultados Tamaño de Pila*

Tabla 11-3. Resultado Tamaño pila sin Melaza

Pila media tonelada	
Densidad Orgánicos	250 kg/m ³

Volumen	2 m ³
ANCHO	1,5 m
ALTO	0,7 m
LARGO	1,9 m

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

3.2.6 Resultados de monitoreo de los parámetros en el proceso de compostaje

3.2.6.1 Pila 1

Melaza y plástico

Tabla 12-3. Resultados de monitoreo pila 1

DIA	TEMPERATURA	pH	HUMEDAD	FASE	PUNTO DE CONTROL
1	35,86	5,11	10	mesófila	
3	46,14	4,97	10	mesófila	
4	46,46	5,42	10	mesófila	volteo/homogenización
5	51,71	5,12	10	termófila	
6	59,04	5,29	10	termófila	volteo/homogenización
7	58,57	5,88	10	termófila	
8	64,75	6,68	10	termófila	volteo/ temp.crítica
10	65,11	6,84	10	termófila	volteo/temp.crítica
11	66,93	7	10	termófila	volteo/temp.crítica
12	65,54	7,14	10	termófila	volteo/temp.crítica
14	62,75	5,82	9,93	termófila	volteo/acidificación
15	59,11	6,41	9,86	termófila	
17	51,25	7,08	9,82	termófila	volteo/homogenización
19	47	7,18	8,77	termófila	volteo/homogenización
21	43,5	7,39	9,38	enfriamiento	volteo/homogenización
24	45,29	7,59	9,04	enfriamiento	volteo/homogenización
26	39,71	7,36	7,95	enfriamiento	volteo/homogenización
28	35,96	7,63	7,86	enfriamiento	volteo/homogenización
31	32,14	7,75	6,86	maduración	

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Temperatura

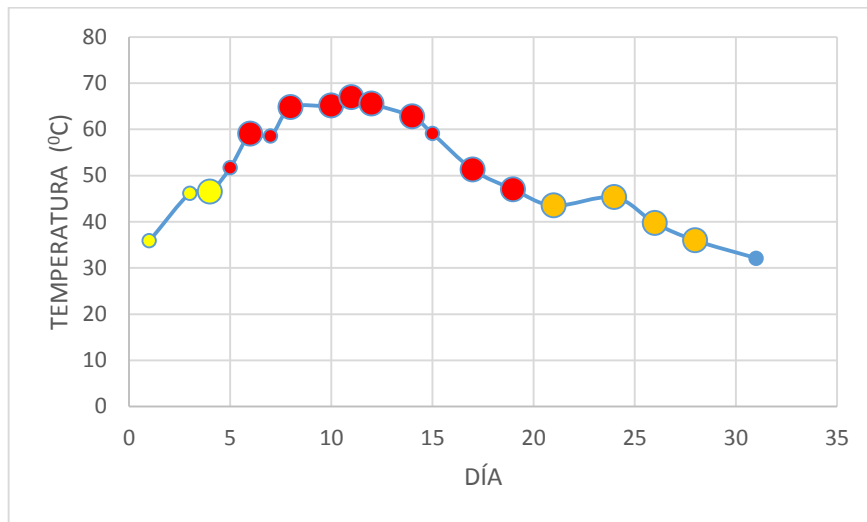


Gráfico 6-3. Monitoreo de temperatura pila 1

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Ausencia de volteo – fase Mesófila
- Presencia de volteo – fase Mesófila
- Ausencia de volteo – fase termófila
- Presencia de volteo – fase termófila
- Ausencia de volteo – fase enfriamiento
- Presencia de volteo – fase enfriamiento
- Ausencia de volteo – fase maduración

- pH

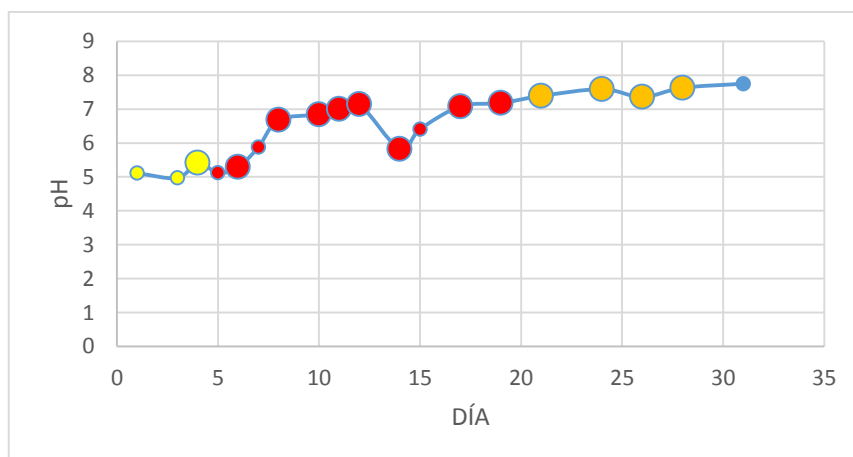


Gráfico 7-3. Monitoreo de pH pila 1

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Ausencia de volteo – fase Mesófila
- Presencia de volteo – fase Mesófila
- Ausencia de volteo – fase termófila
- Presencia de volteo – fase termófila
- Ausencia de volteo – fase enfriamiento
- Presencia de volteo – fase enfriamiento
- Ausencia de volteo – fase maduración

• Humedad

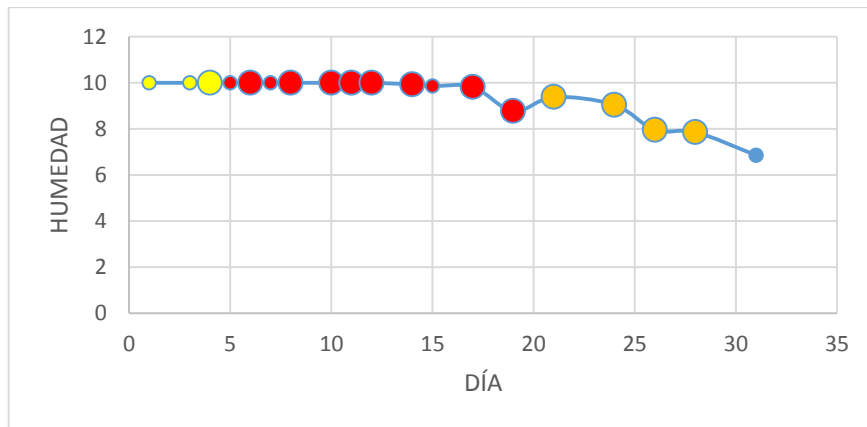


Gráfico 8-3. Monitoreo de humedad pila 1

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Ausencia de volteo – fase Mesófila
- Presencia de volteo – fase Mesófila
- Ausencia de volteo – fase termófila
- Presencia de volteo – fase termófila
- Ausencia de volteo – fase enfriamiento
- Presencia de volteo – fase enfriamiento
- Ausencia de volteo – fase maduración

3.2.6.2 Pila 2

Melaza y sin plástico

Tabla 13-3. Resultados de monitoreo pila 2

DIA	TEMPERATURA	pH	HUMEDAD	FASE	PUNTO DE CONTROL
1	36,5	5,64	10	mesófila	
3	49,04	5,71	10	termófila	
4	52,5	5,63	10	termófila	volteo/homogenización
5	56,32	5,54	10	termófila	
6	60,93	5,68	10	termófila	volteo/homogenización
7	60,07	6,51	10	termófila	

8	65,57	7	10	termófila	volteo/ temp.crítica
10	63,04	6,79	10	termófila	volteo/temp.crítica
11	65,96	6,9	10	termófila	volteo/temp.crítica
12	64,96	6,95	10	termófila	volteo/temp.crítica
14	59,71	6,36	9,75	termófila	volteo/acidificación
15	56,54	6,52	9,6	termófila	
17	51,54	7,36	8,52	termófila	volteo/homogenización
19	44	7	8,93	enfriamiento	volteo/homogenización
21	45,82	7	9,07	enfriamiento	volteo/homogenización
24	42,71	7,45	8,89	enfriamiento	volteo/homogenización
26	38,18	7,48	7,88	enfriamiento	volteo/homogenización
28	35,32	7,59	7,79	enfriamiento	volteo/homogenización
31	31,61	7,7	6,82	maduración	

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Temperatura

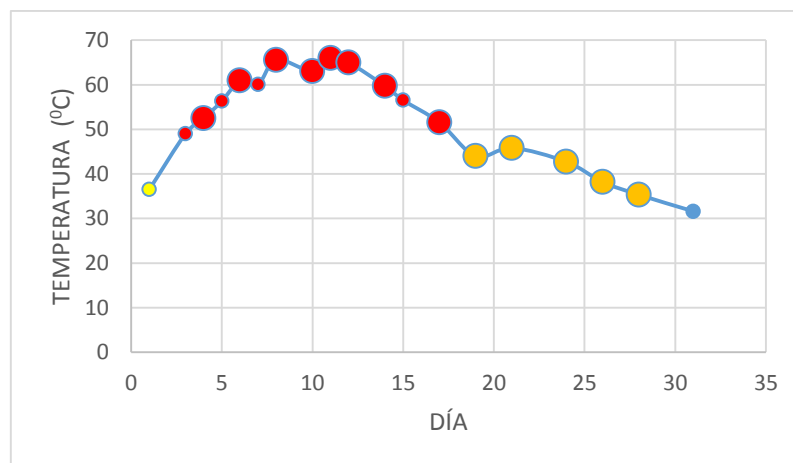


Gráfico 9-3. Monitoreo de temperatura pila 2

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Ausencia de volteo – fase Mesófila
- Presencia de volteo – fase Mesófila
- Ausencia de volteo – fase termófila
- Presencia de volteo – fase termófila
- Ausencia de volteo – fase enfriamiento
- Presencia de volteo – fase enfriamiento
- Ausencia de volteo – fase maduración

- pH

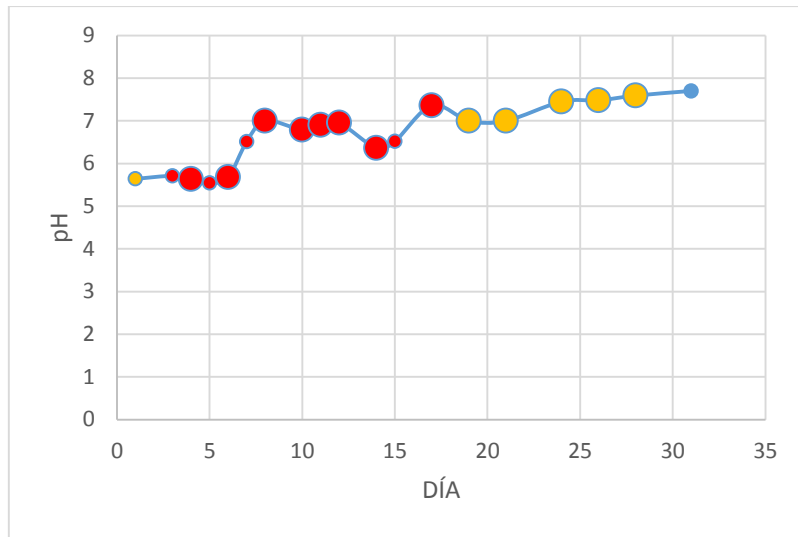


Gráfico 10-3. Monitoreo de pH pila 2

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Ausencia de volteo – fase Mesófila
- Presencia de volteo – fase Mesófila
- Ausencia de volteo – fase termófila
- Presencia de volteo – fase termófila
- Ausencia de volteo – fase enfriamiento
- Presencia de volteo – fase enfriamiento
- Ausencia de volteo – fase maduración

- Humedad

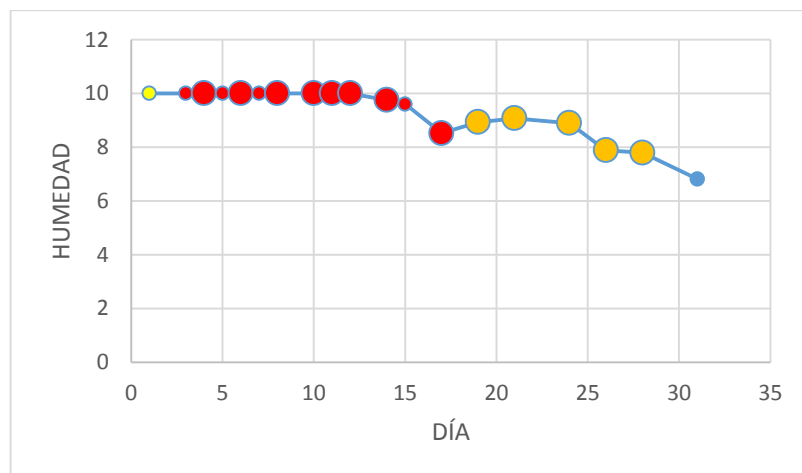









Gráfico 11-3. Monitoreo de humedad pila 2

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

-  Ausencia de volteo – fase Mesófila
-  Presencia de volteo – fase Mesófila
-  Ausencia de volteo – fase termófila
-  Presencia de volteo – fase termófila
-  Ausencia de volteo – fase enfriamiento
-  Presencia de volteo – fase enfriamiento
-  Ausencia de volteo – fase maduración

3.2.6.3 Pila 3

Sin melaza y con plástico

Tabla 14-3. Resultados de monitoreo pila 3

DIA	TEMPERATURA	pH	HUMEDAD	FASE	PUNTO DE CONTROL
1	34,79	5,19	10	mesófila	
3	47,5	5,41	10	mesófila	
4	49,21	5,94	10	termófila	volteo/homogenización
5	52,71	5,5	10	termófila	
6	53	5,97	10	termófila	volteo/homogenización
7	61,14	6,85	10	termófila	
8	64,21	6,78	10	termófila	volteo/ temp.crítica
10	66,29	6,68	10	termófila	volteo/temp.crítica
11	65,07	6,94	10	termófila	volteo/temp.crítica
12	66,21	7,56	10	termófila	volteo/temp.crítica
14	59,36	6,79	9,64	termófila	volteo/acidificación
15	52	6,63	9,79	termófila	
17	51,14	7,3	9,71	termófila	volteo/homogenización
19	48,14	7,11	9,57	termófila	volteo/homogenización
21	44,21	7,07	9	enfriamiento	volteo/homogenización
24	41,86	7,43	8,93	enfriamiento	volteo/homogenización
26	37,14	7,46	7,64	enfriamiento	volteo/homogenización
28	32,29	7,54	6,79	enfriamiento	volteo/homogenización
31	31,14	7,71	6	maduración	

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Temperatura

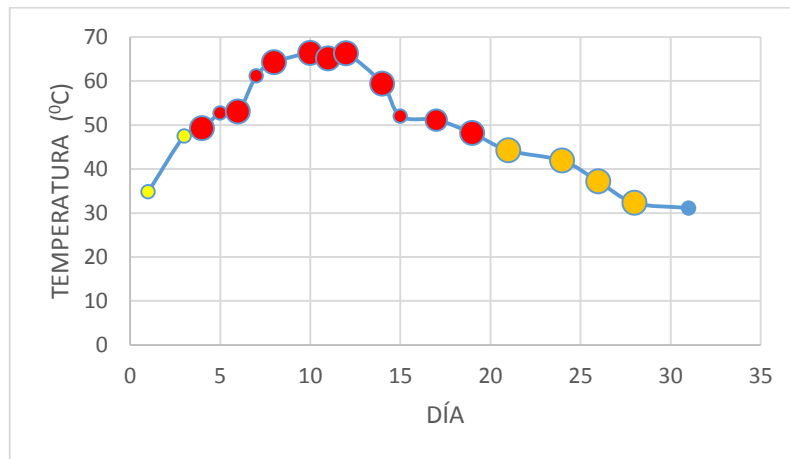


Gráfico 12-3. Monitoreo de temperatura pila 3

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Ausencia de volteo – fase Mesófila
- Presencia de volteo – fase Mesófila
- Ausencia de volteo – fase termófila
- Presencia de volteo – fase termófila
- Ausencia de volteo – fase enfriamiento
- Presencia de volteo – fase enfriamiento
- Ausencia de volteo – fase maduración

- pH

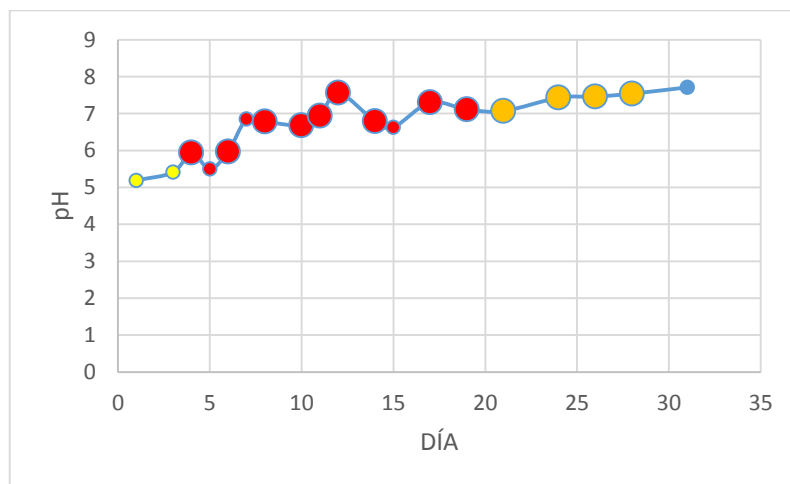


Gráfico 13-3. Monitoreo de pH pila 3

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Ausencia de volteo – fase Mesófila
- Presencia de volteo – fase Mesófila

- Ausencia de volteo – fase termófila
- Presencia de volteo – fase termófila
- Ausencia de volteo – fase enfriamiento
- Presencia de volteo – fase enfriamiento
- Ausencia de volteo – fase maduración

- Humedad

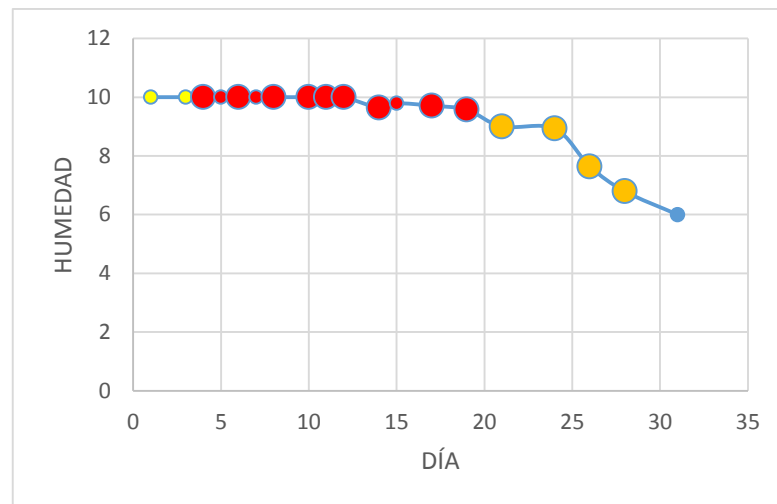


Gráfico 14-3. Monitoreo de humedad pila 3
Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Ausencia de volteo – fase Mesófila
- Presencia de volteo – fase Mesófila
- Ausencia de volteo – fase termófila
- Presencia de volteo – fase termófila
- Ausencia de volteo – fase enfriamiento
- Presencia de volteo – fase enfriamiento
- Ausencia de volteo – fase maduración

3.2.6.4 Pila 4

Sin melaza y sin plástico

Tabla 15-3. Resultados de monitoreo pila 4

DIA	TEMPERATURA	pH	HUMEDAD	FASE	PUNTO DE CONTROL
1	35,14	5,21	10	mesófila	
3	45,36	5,68	10	mesófila	
4	51,07	6,07	10	termófila	volteo/homogenización
5	58,43	5,89	10	termófila	

6	59,43	6,05	10	termófila	volteo/homogenización
7	54,57	6,89	10	termófila	
8	62,71	6,84	10	termófila	volteo/ temp.crítica
10	56,71	6,39	10	termófila	volteo/temp.crítica
11	59,21	6,73	10	termófila	volteo/temp.crítica
12	64,21	7,68	10	termófila	volteo/temp.crítica
14	55,5	6,72	10	termófila	volteo/acidificación
15	50,64	6,76	10	termófila	
17	42,86	6,94	10	enfriamiento	volteo/homogenización
19	43,79	7,18	9,57	enfriamiento	volteo/homogenización
21	41,14	7,21	9,25	enfriamiento	volteo/homogenización
24	39,71	7,36	9,64	enfriamiento	volteo/homogenización
26	37	7,57	8,93	enfriamiento	volteo/homogenización
28	32,21	7,5	8,57	enfriamiento	volteo/homogenización
31	31,64	7,75	6,93	maduración	

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Temperatura

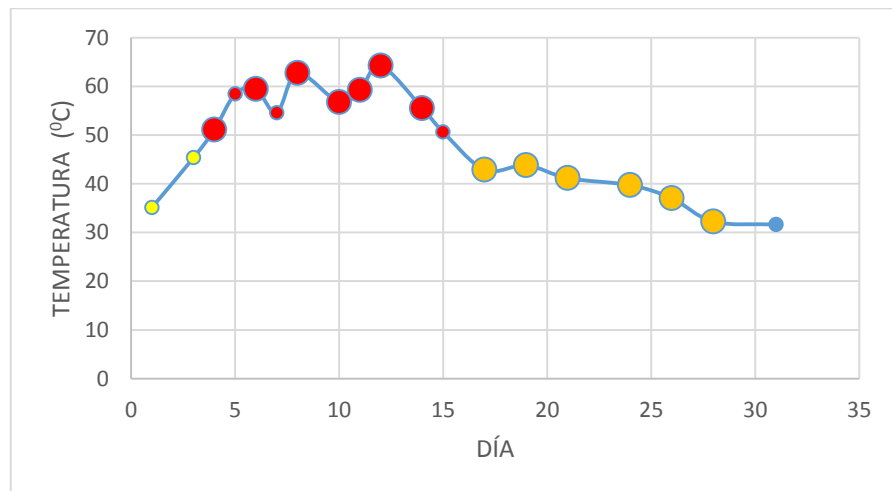


Gráfico 15-3. Monitoreo de temperatura pila 4

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Ausencia de volteo – fase Mesófila
- Presencia de volteo – fase Mesófila
- Ausencia de volteo – fase termófila
- Presencia de volteo – fase termófila
- Ausencia de volteo – fase enfriamiento
- Presencia de volteo – fase enfriamiento
- Ausencia de volteo – fase maduración

- pH

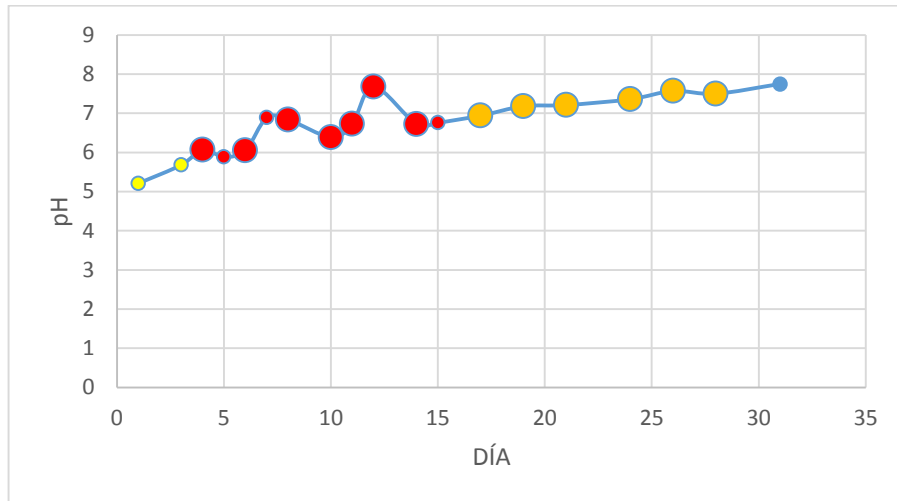


Gráfico 16-3. Monitoreo de pH pila 4

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Ausencia de volteo – fase Mesófila
- Presencia de volteo – fase Mesófila
- Ausencia de volteo – fase termófila
- Presencia de volteo – fase termófila
- Ausencia de volteo – fase enfriamiento
- Presencia de volteo – fase enfriamiento
- Ausencia de volteo – fase maduración

- Humedad

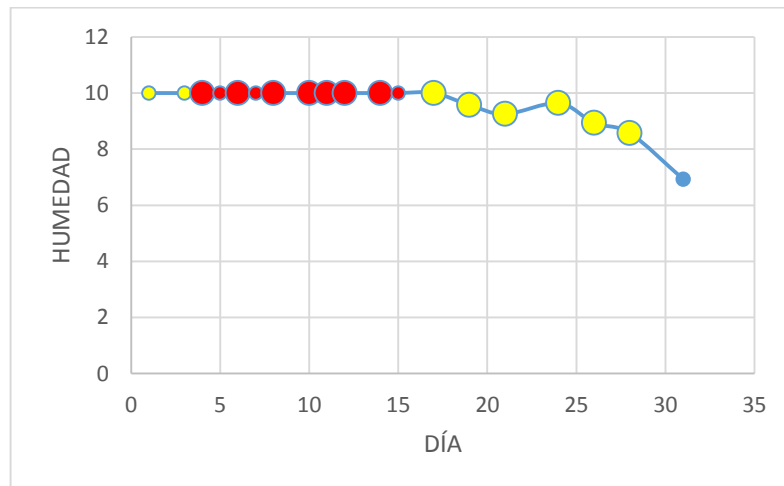


Gráfico 1-3. Monitoreo de humedad pila 4

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

- Ausencia de volteo – fase Mesófila
- Presencia de volteo – fase Mesófila
- Ausencia de volteo – fase termófila
- Presencia de volteo – fase termófila

- Ausencia de volteo – fase enfriamiento
- Presencia de volteo – fase enfriamiento
- Ausencia de volteo – fase maduración

3.2.7 Resultados de rendimiento

Tabla 16-3. Resultados de rendimiento

	Cantidad a compostar	Cantidad obtenida	Rendimiento
EMMAI-BCP-EP	1 tonelada R.S.O	150 kg compost	15%
OPTIMIZACIÓN	1 tonelada R.S.O	270 kg compost	27%

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

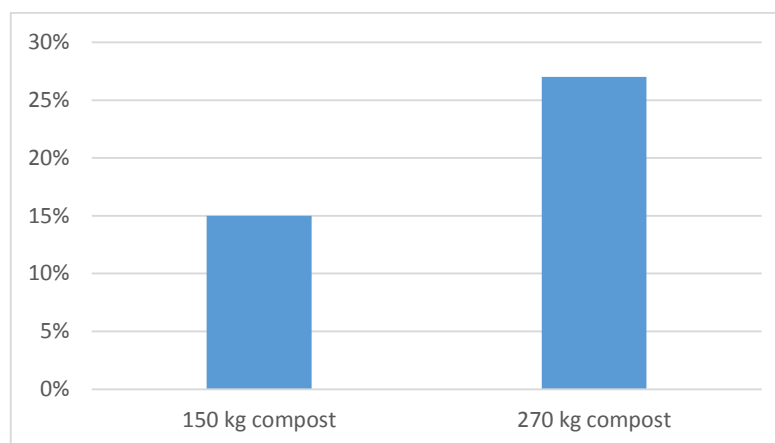


Gráfico 18-3. Resultados de rendimiento

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

3.2.8 Resultado final de la caracterización del compost

Tabla 17-3. Resultados final de optimización del compost

Parámetro	Unidad	Resultado	
		<i>Pila 1 - 2 (Melaza)</i>	<i>Pila 3-4 (sin Melaza)</i>
Textura		Franco Limoso	Franco Limoso
Estructura		Granular	Granular
Porosidad	(%)	78	82
Densidad Aparente (DAP)	g/cm ³	0,86	0,9
Densidad Real (DR)	g/cm ³	1,09	1,13
pH	Und.	7,6	7,71
Conductividad Eléctrica (CE)	mS/cm	4,7	4,89

Nitrógeno (N)	(%)	1,22	1,1
Fosforo (P)	(%)	2,4	2,38
Potasio (K)	(%)	2,37	2,3
Carbono (C)	(%)	29,6	26,2
Materia Orgánica	(%)	40,02	37,9

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

Parámetro	Unidad	Resultado	
		<i>Pila 1 - 2 (Melaza)</i>	<i>Pila 3-4 (sin Melaza)</i>
Relación Carbono/Nitrógeno	Adim	24,26	23,82
Tiempo	meses	1	1

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

3.3 PROPUESTA

Los residuos orgánicos que se generan en los cantones Bucay, Cumandá y Pallatanga son llevados a las instalaciones de la “EMMAI-BCP-EP” ubicado en el cantón Cumandá; requieren un proceso de compostaje adecuado, por lo cual primero se efectuó un proceso de muestreo del compost producido por la empresa, se tomó 8 submuestras a una distancia de 1 metro de manera lineal, para luego homogenizar todas y obtener una muestra representativa de todo el compost.

La muestra fue llevada al laboratorio de la manera más adecuada e inmediata, para que al realizar los análisis físicos – químicos pertinentes sus características sean las mismas que cuando se tomó la muestra, por lo que es fundamental implementar un proceso de compostaje más eficiente, dicho proceso consta de lo siguiente:

En primer lugar vamos a realizar 4 pilas para el compostaje las cuales serán de características diferentes, esto gracias a datos de carbono y nitrógeno de los residuos orgánicos(C: 40,1% y N: 2,5%), tamo(C: 31,4% y N: 0,26%) y melaza(C: 4,96% y N: 0,57%)

Para la pila 1, tomando en cuenta los datos anteriormente establecidos, esta pila poseerán 900 kg de residuos orgánicos, 100 kg de tamo y 0,2725 kg de melaza, con un volumen de 4 m³ la cual tendrá las siguientes dimensiones 1 m de altura, 1,5 m de ancho, 2,67 m de largo y se le adicionara un recubrimiento de plástico a toda la pila, cabe recalcar que la melaza esta diluida en 20 litros con el propósito de una buena aspersión.

Para la pila 2 tiene las características de la pila 1 con la única diferencia de que en esta omitimos el plástico. Para la pila 3 se la realizó sin melaza por lo que contiene 450 kg de residuos orgánicos, 50 kg de tamo con un volumen de 2 m³ y dimensiones de 0,70 m de alto, 1,5 m de ancho y 1,90 m de largo, para esta pila si se utiliza recubrimiento de plástico.

Y por último la pila número 4, la cual posee las características de la pila 3 a excepción del recubrimiento de plástico. Todas las pilas están diseñadas por una primera y única capa de bagazo de caña a manera de cama que ayuda a la oxigenación de las pilas, de ahí se coloca capa de residuos orgánicos y encima una capa de tamo, así repetidamente estas dos capas hasta alcanzar las dimensiones deseadas para cada una y con la cantidad adecuada de cada componente a usar.

Los parámetros a controlarse son pH, humedad y temperatura; con la ayuda del monitoreo constante de estos tres parámetros especialmente de la temperatura, podremos saber en qué fase de compostaje se encuentra cada pila y poder realizar los volteos necesarios.

La optimización en el área de compostaje que se propone, permitirá disminuir el tiempo de compostaje y el biol que con la ayuda del tamo se podrá mantener dentro del hangar y así evitar el riego del mismo en la inmediaciones de la empresa y de tal manera mejorar el proceso y la calidad del compost, garantizando un mejor manejo dentro de la empresa y reducir el impacto al ambiente que ocasiona en la actualidad.

3.3.1 *Análisis Económico*

Tabla 18-3. Costo para la preparación de microorganismo emas por pila

Precio unitario para la preparación	12 litros solución madre de microorganismos (EMAs)	\$ 24
	4 litros de leche	
	4 litros de melaza	
	4 litros de yogurt simple	
	2 kilos de torta de soya	
	Aumentar agua hasta 200 litros (aspersión)	\$ 6
Precio total para la preparación		\$ 30
Precio de preparación para cada pila	20 litros/tonelada	\$ 3,00

Realizado por: "EMMAI-BCP-EP"

Tabla 19-3. Costo mensual por pila para la preparación melaza- levadura fleischmann

Precio unitario para la preparación	1 litro de melaza	\$ 1,00
	500 gramos de levadura Fleischmann	\$ 2,70
	3 litros de agua	\$ 1,80
	Aumentar agua hasta 80 litros (aspersión)	\$ 2,00
Precio total para la preparación		\$ 7,50
Precio de preparación para cada pila	20 litros/tonelada	\$ 1,88

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

Tabla 20-3. Costo de operación del tamo

Costo tonelada	\$ 20
Costo por pila	\$ 2

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

Tabla 21-3. Costo de operación de la pila en la optimización

Costo Operación melaza - levadura	\$ 1,88
Costo Operación tamo	\$ 2
TOTAL	\$ 3,88

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

Tabla 22-3. Utilidad por pila mensual

	Tonelada R.S.O	Compost obtenido (kg)	Compost obtenido (lb)	Numero Saquillo (25lb)	Valor venta saquillo	Valor total	Utilidad
EMMAI-BCP-EP	\$ 3,00	150 kg compost	330,70	13,23	\$ 4	\$ 52,92	\$ 49,92
OPTIMIZACIÓN	\$ 3,88	270 kg compost	595,25	23,81	\$ 4*	\$ 95,24	\$ 91,36

Realizado por: Pablo Barriga, 2015

3.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los valores iniciales en la prueba de caracterización permite determinar las condiciones en la que se encuentra el compost, con lo cual, se identificó los parámetros que se deben llevar al rango ideal; estos datos son el pH, relación carbono/nitrógeno, tiempo y sus valores son: 8,45 de pH, 16,94 de relación carbono/nitrógeno y de 4-5 meses de tiempo de compostaje.

El objetivo es optimizar los parámetros ya antes mencionados, para mejorar la calidad del abono orgánico que se produce; debido a que, un pH debe ser la más neutro posible ya que este define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación.

Con respecto al tiempo se debe minimizar, debido a que, los residuos orgánicos son receptados en grandes cantidades mientras que el espacio físico es limitado teniendo como consecuencia que el biol – lixiviado se derrama en los alrededores del hangar de compostaje. Y la relación carbono/nitrógeno se utiliza estudios de fertilidad del suelo y sabiendo que los microorganismos necesitan concentración carbono alto y relativamente poco nitrógeno para vivir.

De acuerdo a las 4 pilas realizadas, las pilas 3 y 4 que carecen de melaza resultaron igual de rápidas que las pilas que poseían melaza, pero esto solo debido a que, eran de menor tamaño; lo que para la empresa no es factible por la gran cantidad de residuos orgánicos receptados, en cambio las pilas 1 y 2 son tan eficientes en velocidad de compostaje gracias al uso de melaza – levadura lo que nos beneficia debido a que se puede tratar mayor cantidad de residuos orgánicos a compostar.

En cuanto al uso de plástico en las pilas 1 y 3, nos resultados perjudicial ya que impide la correcta aireación interrumpiendo la degradación de los residuos orgánicos, además de impedir el aumento de temperatura retrasando la esterilización del material en la fase termófila y como consecuencia se presenta una capa superficial de moho.

En estos procedimientos también se empleó tamo, el cual resulta beneficioso en cuanto a porosidad debido a que aporta a obtener una buena aireación, además de una excelente retención del biol – lixiviado. Al realizar una comparación, la pila más eficiente para el proceso de

compostaje es la numero 2, porque se puede tratar una mayor cantidad de residuos orgánicos y con un tiempo máximo de 31 días con la ayuda de tamo, con la solución formada por melaza – levadura y sin la presencia de plástico.

Además que con este nuevo proceso de compostaje aplicado se obtuvo un compost final con una humedad 31,24%. Los valores finales que se obtienen mediante este proceso de optimización de compostaje son 7,60 de pH que es el resultado de la perdida controlada de amoniaco mediante los volteos realizados, con adición de tamo que tiene alta concentración de carbono se logró 24,26 de relación Carbono/Nitrógeno.

Y 1 mes de tiempo de compostaje ya que se utilizó melaza que ayudó a acelerar el proceso de compostaje por la alta cantidad azucars que posee; es así que los parámetros antes mencionados ya se encuentran en rango ideal, y de esta forma se cumplió los objetivos planteados inicialmente.

CONCLUSIONES

- Se realizó el plan de muestreo, el cual constó en la toma 12 submuestras, cada una a un metro de distancia y a diferente profundidad, de manera lineal a lo largo de todo el hangar de almacenamiento, para luego homogenizarlas y tomar una muestra representativa de 1 kg aproximadamente, etiquetada con hora, fecha, lugar y enviada de manera inmediata al laboratorio.
- Con las pruebas de caracterización iniciales, el compost de la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de Pallatanga, Cumandá y Bucay “EMMAI-BCP-EP”, tiene parámetros próximos a salirse del rango ideal, estos son: 8,45 de pH, 16,94 de relación carbono/nitrógeno y de 4-5 meses de tiempo de compostaje.
- Se estandarizó el proceso de compostaje, con la pila 2 de una tonelada, que posee 900 kg de residuos orgánicos, 100 kg de tamo, mezcla melaza- levadura (0,2725 kg melaza) y sin uso de capa de plástico. El tamo mejora la humedad - aireación, y carbono significativamente. Y la melaza funciona como catalizador para acelerar la descomposición de los residuos orgánicos y disminuir el tiempo de compostaje.
- Las variables que se monitorearon para volteos necesarios en el compostaje son: temperatura que va desde temperatura ambiente hasta los 65,96°C, pH desde los 5,64 hasta los 7,6 y la humedad iniciando con un valor de 10 y finalizando en 3,12 (31,24%).
- Al optimizar el proceso de compostaje se ha obtenido compost de mejor calidad con los parámetros dentro del rango ideal: 7,60 de pH, 24,26 de relación Carbono/Nitrógeno y 1 mes de tiempo de compostaje.

RECOMENDACIONES

- Aplicar el estudio realizado para mejorar el proceso de compostaje, puesto que en la actualidad es evidente el deterioro de esta área de la empresa, con lo cual se mejorara el proceso y la calidad del compost.
- Que la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de Pallatanga, Cumandá y Bucay “EMMAI-BCP-EP” adquiera los equipos necesarios para el correcto monitoreo, los cuales son: pH metro, higrómetro y termómetro, que indicaran la necesidad de efectuar volteos oportunos en el transcurso del proceso de compostaje.
- Realizar capacitaciones periódicas a todo el personal para que adquieran nuevos conocimientos e implanten estos en el área de compostaje.
- Utilizar equipos de protección personal para evitar posibles accidentes con los residuos orgánicos y en todo el transcurso del proceso de compostaje.
- Encementar la superficie del hangar de compostaje con un borde de 1 metro de ancho que rodee todo el perímetro, con una inclinación hacia el interior aproximadamente 30 grados, con el objetivo de evitar el desborde del biol hacia la tierra adyacente.
- Evacuar oportunamente la cisterna de los lixiviados procedentes del área del relleno sanitario y la cisterna del biol del área de compostaje, en camiones cisternas para darles el tratamiento adecuado, evitando el desborde de las mismas y como consecuencia la contaminación de aguas subterráneas, esteros y de los terrenos contiguos.
- Almacenar bajo techo el tamo para evitar que capte excesiva humedad por motivo de las lluvias, con el propósito de que el proceso del compostaje no se vea afectado y por ende la relación carbono/nitrógeno.
- Dar un buen mantenimiento a los vehículos de la empresa, como son los camiones de basura, la volqueta y bobcat para evitar daños mecánicos que retrasen las labores de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

BENZING, A., *Agricultura Orgánica fundamentos para la región andina*, Alemania, Editado en Quito, 2001, Pp. 231-240.

CALIDAD DEL COMPOST, [en línea], 2000, pp. 8-10. [Consulta: 8 junio 2015]. Disponible en: <http://www.lombricultura.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/biblioteca/normas/Norma%20calidad%20COMPOST.pdf>.

CEDIA, *Perfil Territorial Bucay*, [en línea], 2011, p. 3. [Consulta: 15 junio 2015]. Disponible en: <http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/843/1/Perfil%20Territorial%20BUCAY.pdf>

CEDIA, *Perfil Territorial Cumandá*, [en línea], 2011, pp. 3-7. [Consulta: 15 junio 2015]. Disponible en: <http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/843/1/Perfil%20Territorial%20CUMANDA.pdf>.

CEDIA, *Perfil Territorial Pallatanga*, [en línea], 2011, pp. 15-16. [Consulta: 15 junio 2015]. Disponible en: <http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/843/1/Perfil%20Territorial%20PALLATANGA.pdf>

CLEAN UP WORLD, *Residuos Orgánicos*, [en línea], Australia, pp. 1-2. [Consulta: 21 mayo 2015]. Disponible en: http://www.cleanuptheworld.org/PDF/es/organic-waste_residuos-org-nicos_s.pdf

INFOAGRO, *El Compostaje (1ª parte)*, [en línea], [Consulta: 24 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm>

INFORME SOBRE ANÁLISIS DE MUESTRA COMPOST METODOS PARA ENSAYOS, [en línea], p.3, [Consulta: 29 mayo 2015]. Disponible en:

https://www.usc.es/plands/secciones/datos_plan/eixe2/xestion_residuos/xestion_nonperigosos/compost/compost_pdf/INFORMEUSC.pdf.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS, *Censo poblacional 2010*, [en línea], 2010, [Consulta: 26 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

JUNTA DE ANDALUCIA, *Sistemas y técnicas para el compostaje*, [en línea], pp. 1-7. [Consulta: 5 junio 2015]. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galerias/galeriaDescargas/cap/produccion-ecologica/sistemas_y_tecnicas_para_el_compostaje.pdf.

LOS RESIDUOS URBANOS Y SU PROBLEMÁTICA, [en línea], p. 1. [Consulta: 6 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.uned.es/biblioteca/rsu/pagina1.htm>

MANUAL DE COMPOSTAJE EN CASA, [en línea], Barcelona, 2000, p. 37. [Consulta: 21 mayo 2015]. Disponible en: <http://mie.esab.upc.es/ms/formacio/Produccio%20Agricola%20Ecologica/biblio/Manual%20compostaje%20en%20casa.pdf>.

MOSQUERA, B. *Abonos Orgánicos, Protegen el suelo y Garantizan alimentación sana*, [en línea], 2010, pp. 8-10. [Consulta: 11 junio 2015]. Disponible en: http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf.

REVISTA AMBIENTUM, *Generación de residuos sólidos*, [en línea], 2003, [Consulta: 06 junio 2015]. Disponible en: https://www.ambientum.com/revista/2003_05/RESIDUOS.htm

ROMÁN. P., *Manual del compostaje del agricultor*, Santiago de Chile, 2013, Pp 22-59

SUQUILANDA. M., *Agricultura Orgánica*, Ecuador, Editorial UPS, Segunda Edición, 1996, Pp.172 - 213.

TECNUM, *Residuos Sólidos Urbanos*, [en línea], 1998, [Consulta: 6 mayo 2015]. Disponible en: <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/13Residu/110ReSolUrb.htm>

WORDPRESS, *Etapas del proceso de compostaje*, [blog], 2009, [Consulta: 25 mayo 2015].
Disponible en:<https://proyectogestionderesiduos.wordpress.com/2009/12/15/etapas-del-proceso-de-compostaje/>

ANEXOS

ANEXO A. CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL COMPOST


LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES


INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Pablo Barriga **INFORME N°:** 002 - 15
N° SE: 002 -15

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH.

DIRECCIÓN: Rio Upano y Pasaje 2 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 26 - 01 - 15

TELÉFONO: 0992907057 **FECHA DE INFORME:** 02 - 02 - 15

NÚMERO DE MUESTRAS: 1

TIPO DE MUESTRA: Compost EMMAI-BCP-EP

IDENTIFICACIÓN: Compost **MS - 002-14**

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Código	Textura	Estructura	Porosidad (%)	Densidad Aparente (DAP)	Densidad Real (DR)
MS-002-14	Franco limoso	Granular	80	0.88 (g/cm3)	1.12 (g/cm3)

Código	pH	Conductividad Eléctrica (CE)	Nitrógeno (N) (%)	Fósforo (P) (%)	Potasio (K) (%)	Carbono (C) (%)	Materia Orgánica (%)
MS-002-14	8.45 Ligeramente básico	4.87 mS/cm	1.44	2.46	2.43	24.4	36.2

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
Dr. Juan Carlos Lara R.


 Dr. Juan Carlos Lara R.
 TÉCNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



FMC2101-01

Página 1 del

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Caracterización inicial físico-química	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA BARRIGA PABLO	1	1:1	16/09/15

ANEXO B. CARACTERIZACIÓN TAMO


LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES


INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Pablo Barriga **INFORME N°:** 004 – 15
N° SE: 004 –15

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH.

DIRECCIÓN: Rio Upano y Pasaje 2 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 25 – 02 – 15
FECHA DE INFORME: 03 – 03 – 15

TELÉFONO: 0992907057

NÚMERO DE MUESTRAS: 2

TIPO DE MUESTRA: Compost EMMAI-BCP-EP


IDENTIFICACIÓN: Compost **MS – 003-15**
 Tamo **MS – 004 -15**

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Código	Nitrógeno (N) (%)	Carbono (C) (%)
MS-003-15	1,29	22,7
MS-004-15	0,26	31,4

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
Dr. Juan Carlos Lara R.


 Dr. Juan Carlos Lara R.
 TÉCNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



FMC2101-01

Página 1 de 1

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Caracterización tamo	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA BARRIGA PABLO	2	1:1	16/09/15

ANEXO C. CARACTERIZACIÓN MELAZA


LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES


INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Pablo Barriga **INFORME N°:** 005 – 15
N° SE: 005 –15

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH.

DIRECCIÓN: Rio Upano y Pasaje 2 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 23 – 04 – 15

TELÉFONO: 0992907057 **FECHA DE INFORME:** 29 – 04 – 15

NÚMERO DE MUESTRAS: 1

TIPO DE MUESTRA: Melaza de Caña

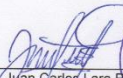

IDENTIFICACIÓN: Melaza MS – 005-15

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Código	Carbono (C) (mg/Kg)	Nitrógeno (N) (mg/Kg)	Densidad (g/cm3)
MS-005-15	4.96	0.57	1.09 (g/cm3)

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
Dr. Juan Carlos Lara R.
Dr. Mario Ruiz

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

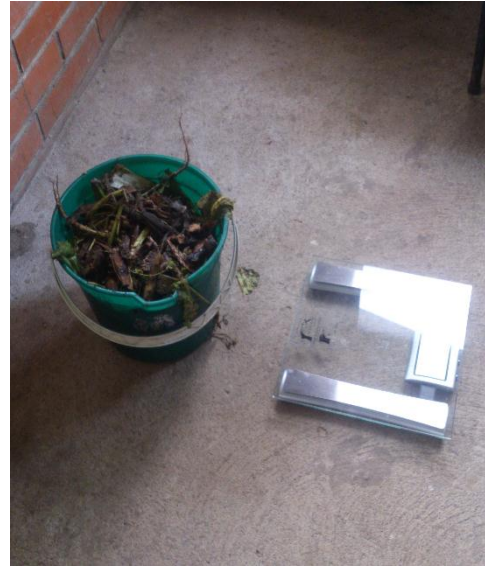
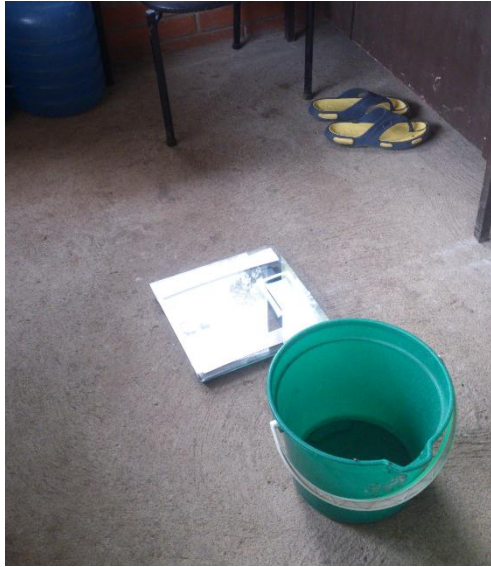
-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1 FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
a) Caracterización melaza	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA BARRIGA PABLO	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	3	1:1	16/09/15		

ANEXO D. DENSIDAD DE RESIDUOS ORGÁNICOS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA BARRIGA PABLO	4	1:1	16/09/15

ANEXO E. HUMEDAD DE RESIDUOS ORGÁNICOS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Trituración	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS			
b) Distribución en bandejas		ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA			
c) Residuos orgánicos secos		BARRIGA PABLO	5	1:1	16/09/15

ANEXO F. HUMEDAD DE TAMO

a)



b)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Distribución en bandejas	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA BARRIGA PABLO	6	1:1	16/09/15
b) Tamo seco					

ANEXO G. PREPARACIÓN LEVADURA - MELAZA

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Levadura	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA BARRIGA PABLO			
b) Melaza					
c) Solución					
			7	1:1	16/09/15

ANEXO H. FORMACIÓN DE PILAS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Llegada Residuos orgánicos	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar	FACULTAD DE CIENCIAS	8	1:1	16/09/15
b) Bagazo	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA			
c) colchón		BARRIGA PABLO			

d)



e)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
d) Más residuos orgánicos	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA BARRIGA PABLO	9	1:1	16/09/15
e) Formación demás pilas					

f)



g)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
f) Pilas terminadas	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA BARRIGA PABLO	10	1:1	16/09/15

ANEXO I. VOLTEO Y MONITOREO

a)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
f) Volteo	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input checked="" type="checkbox"/> g) Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA BARRIGA PABLO	11	1:1	16/09/15



b)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
b) Monitoreo	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA BARRIGA PABLO	12	1:1	16/09/15

e)



ANEXO J. MUESTRA CARACTERIZACIÓN FINAL

a)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a)Muestra final	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA BARRIGA PABLO	13	1:1	16/09/15

ANEXO K. CARACTERIZACIÓN FINAL DEL COMPOST


LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES


INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Pablo Barriga **INFORME N°:** 017- 15
N° SE: 017-15

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH.

DIRECCIÓN: Rio Upano y Pasaje 2 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 23-07-15
TELÉFONO: 0992907057 **FECHA DE INFORME:** 29-07-15

NÚMERO DE MUESTRAS: 2
TIPO DE MUESTRA: Compost

IDENTIFICACIÓN: 1-2 Melaza MS-019-15
 3-4 Sin melaza MS-020-15

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Código	Textura	Estructura	Porosidad (%)	Densidad Aparente (DAP)	Densidad Real (DR)
MS-019-15	Franco limoso	Granular	78	0.86 (g/cm3)	1.09 (g/cm3)

Código	pH	Conductividad Eléctrica (CE)	Nitrógeno (N) (%)	Fósforo (P) (%)	Potasio (K) (%)	Carbono (C) (%)	Materia Orgánica (%)
MS-019-15	7.60	4.70 mS/cm	1.22	2.40	2.37	29.6	40.02

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

Página 1 de 2

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 1/2 vía a Guano Bloque Administrativo.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Caracterización final físico-química	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA BARRIGA PABLO	14	1:1	16/09/15



Código	Textura	Estructura	Porosidad (%)	Densidad Aparente (DAP)	Densidad Real (DR)
MS-020-15	Franco limoso	Granular	82	0.90 (g/cm ³)	1.13 (g/cm ³)

Código	pH	Conductividad Eléctrica (CE)	Nitrógeno (N) (%)	Fósforo (P) (%)	Potasio (K) (%)	Carbono (C) (%)	Materia Orgánica (%)
MS-020-15	7.71	4.89 mS/cm	1.10	2.38	2.30	26.2	37.9

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
Dr. Juan Carlos Lara R.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 2 de 2

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 1/2 vía a Guano Bloque Administrativo.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	COMPOSTAJE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Caracterización final físico-química	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA BARRIGA PABLO	15	1:1	16/09/15