



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE COMPOST
OBTENIDO A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
ORGÁNICOS GENERADOS EN LA ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO (ESPOCH)”**

**Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

AUTOR: VALENCIA COFRE WASHINGTON SANTIAGO
TUTOR: DRA. JANNETH JARA SAMANIEGO

Riobamba – Ecuador

2016

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE COMPOST OBTENIDO A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO (ESPOCH)**, de responsabilidad del señor egresado Washington Santiago Valencia Cofre, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dra. Janneth Jara Samaniego
**DIRECTORA DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Hanníbal Brito M
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Washington Santiago Valencia Cofre, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Washington Santiago Valencia Cofre

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen por derramar sus bendiciones sobre mí, por ser mi fuerza espiritual, por saber guiarme por el buen camino, y darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se me presentaban.

A mis padres Angel y María por ser mis grandes ejemplos de vida, por estar siempre a mi lado brindándome sus apoyos y consejos, porque me han ofrecido amor incondicional y la calidez de una familia unida a la cual amo.

A mi hijo Mickell Fernando por ser mi orgullo y motivación, por ser ese icono de alegría y lucha ante las adversidades que se presentan, y por quien día a día lucho para superarme y progresar como mejor persona.

Wacho

AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso y la Virgen, por ser mi fuente, mi sustento, los que me han dado la capacidad, la valentía y la fortaleza para que este sueño se hiciera realidad.

Agradezco a mis padres, Angel y María por el apoyo y amor que siempre me han brindado, los amo.

A mis hermanas, por todos esos ánimos y ayuda para que se hiciera realidad este logro.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir buenos y malos momentos conmigo.

Un agradecimiento de manera muy especial a la Dra. Janneth Jara y al Ing. Hannibal Brito, por su valiosa colaboración para que esta investigación se desarrolle de la mejor manera.

Wacho

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1 Residuos de origen urbano	6
1.1.1 Problemática de los residuos sólidos	6
1.1.2 Clasificación de los residuos sólidos	7
1.1.3 Residuos sólidos orgánicos.....	10
1.1.4 Marco Legal.....	15
1.2 Compostaje.....	18
1.2.1 Definición y etapas del proceso	18
1.2.2 Manejo del proceso de compostaje.....	20
1.2.3 Sistemas de compostaje	22
1.2.4 Calidad del compost	24
1.2.5 Aplicación del compost	27
CAPÍTULO II	
2 MARCO METODOLÓGICO	29
2.1 TIPO DE MUESTREO	29
2.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
2.2.1 Levantamiento de información de campo.....	29
2.2.2 Técnicas.....	42
2.3 INSTRUMENTOS Y MATERIALES.....	42
2.4 DATOS EXPERIMENTALES	45

CAPÍTULO III

3	MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	46
3.1	CÁLCULOS.....	46
3.2	RESULTADOS.....	48
3.2.1	Cuantificación de los residuos sólidos generados en la ESPOCH destinados a vertedero	48
3.2.2	Clasificación y cuantificación de los residuos sólidos generados en la ESPOCH destinados a vertedero	49
3.2.3	Cuantificar los RSO procedentes de bares y comedor de la ESPOCH.....	50
3.2.4	Elaboración y caracterización de compost a partir de RSO de la ESPOCH.....	51
3.3	DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	54
3.3.1	Clasificación y cuantificación de los residuos sólidos generados en la ESPOCH destinados a vertedero.	54
3.3.2	Cuantificar los RSO procedentes de bares y comedor de la ESPOCH.....	55
3.3.3	Elaboración y caracterización del compost obtenido a partir de los RSO generados en la ESPOCH.....	55
	CONCLUSIONES	64
	RECOMENDACIONES	65
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Agrocalidad	Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro
ATP	Adenosín Trifosfato
C	Carbono
C/N	Relación Carbono/Nitrógeno
Ca(OH)₂	Hidróxido de Calcio
Ce	Cenizas
CE	Conductividad Eléctrica
cm	Centímetros
CO₂	Dióxido de Carbono
COOTAD	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EECCA	Europa del Este, Cáucaso y Asia Central
EPA	Environmental Protection Agency
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
FADE	Facultad de Administración de Empresas
g	Gramos
h	Horas
HCl	Ácido Clorhídrico
IG	Índice de Germinación
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kg	Kilogramos
mL	Mililitros
mm	Milímetros
MO	Materia Orgánica

N	Nitrógeno
NaOH	Hidróxido de Sodio
NH₃	Amoniaco
OMS	Organización Mundial de la Salud
ppm	Partes por millón
rpm	Revoluciones por minuto
RS	Residuos Sólidos
RSO	Residuos Sólidos Orgánicos
RSST	Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SUMA	Sistema Único de Manejo Ambiental
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente
%	Porcentaje
H	Porcentaje de Humedad
MO	Porcentaje de Materia Orgánica
°C	Grados Celcius
T	Temperatura
µm	Micrómetro
µS	Microsiemens

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1–1: Fases del proceso de compostaje.	19
Figura 1–2: Mapa de la ESPOCH.....	30
Figura 2–2: Pesaje de plástico suave.	31
Figura 3–2: Pesaje de cartón.....	31
Figura 4–2: Recolección de RSO en bares.	32
Figura 5–2: Pesaje de RSO en comedor politécnico.	33
Figura 6–2: Mapa del Centro de Interpretación Ambiental Ricpamba.....	34
Figura 7–2: Preparación del lugar experimental.....	34
Figura 8–2: Cálculo de la relación C/N.	35
Figura 9–2: Triturado de palma ornamental.	36
Figura 10–2: Formación de pila experimental.....	36
Figura 11–2: Toma de datos de humedad y temperatura.....	37
Figura 12–2: Pesaje de muestras representativas.	37
Figura 13–2: Pesaje de material final (secado y molido).	38
Figura 14–2: Toma de datos (temperatura).	39
Figura 15–2: Volteo de pila experimental.	39
Figura 16–2: Etapa de maduración de pila experimental.	40
Figura 17–2: Tamizado de producto final.	40
Figura 18–2: Traslado de producto final.	41
Figura 19–2: Análisis de pH y CE.....	41
Figura 20–2: Índice de germinación.....	42

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1-3: Tipos de RS generados en la ESPOCH.	54
Gráfico 2-3: Cuantificación de RSO en bares de las facultades de la ESPOCH.....	55
Gráfico 3-3: Curva de secado.....	56
Gráfico 4-3: Variación de temperatura en el proceso de compostaje.....	57
Gráfico 5-3: Datos de CE.....	59
Gráfico 6-3: Datos de MO.	60
Gráfico 7-3: Datos de pH.....	61
Gráfico 8-3: Resultados de índice de germinación	62
Gráfico 9-3: Rendimiento del proceso de compostaje	63

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1-1: Composición de los RS Municipales en países de América Latina.....	10
Tabla 2-1: Marco legal para residuos sólidos.	15
Tabla 3-1: Cuadro comparativo entre los sistemas de compostaje	23
Tabla 4-1: Categorías de madurez para compost	25
Tabla 5-1: Fracciones estándar del compost	26
Tabla 6-1: Efectos del compost sobre el suelo.....	27
Tabla 1-2: Instrumentos y materiales para la clasificación y cuantificación de residuos sólidos de la ESPOCH.....	43
Tabla 2-2: Instrumentos y materiales para realizar el proceso de compostaje.....	43
Tabla 3-2: Residuos utilizados en la pila de compostaje experimental.....	45
Tabla 1-3: Resultados de la generación de residuos en la ESPOCH destinados al vertedero..	48
Tabla 2-3: Cuantificación de componentes destinados a vertedero	49
Tabla 3-3: Residuos sólidos orgánicos mes de octubre de 2014.....	50
Tabla 4-3: Residuos sólidos orgánicos mes de noviembre de 2014.....	51
Tabla 5-3: Residuos sólidos orgánicos mes de abril de 2015	51
Tabla 6-3: Caracterización materiales iniciales.	52
Tabla 7-3: Parámetros controlados durante el proceso de compostaje	52
Tabla 8-3: Índice de germinación	53
Tabla 9-3: Rendimiento del proceso de compostaje	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Técnicas

Anexo B: Peso promedio del secado de RSO

Anexo C: Temperatura promedio durante el proceso de compostaje

Anexo D: Temperatura y humedad relativa ambiental tomadas del centro meteorológico ubicado en la ESPOCH

Anexo E: Datos de fitotoxicidad

Anexo F: Datos del Centro Meteorológico de la ESPOCH

Anexo G: Análisis físicos-químicos de los residuos de kikuyo

Anexo H: Análisis físicos-químicos de los residuos de palma

Anexo I: Análisis físicos-químicos de los residuos de la ESPOCH

Anexo J: Análisis físicos-químicos de la muestra inicial

Anexo K: Análisis físicos-químicos de la muestra final

Anexo L: Equipos utilizados durante el proceso

Anexo M: Residuos generados en la ESPOCH

Anexo N: Cuarteo de los RSO de la ESPOCH

Anexo O: Secado de materiales iniciales

Anexo P: Determinación de materia orgánica

Anexo Q: Análisis físico-químicas, químicas y biológicas

RESUMEN

La presente investigación fue elaborar y caracterizar el compost obtenido a partir de los Residuos Sólidos Orgánicos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Para armar la pila experimental se muestreó y se analizó los materiales iniciales (Residuos Sólidos Orgánicos de bares y comedor de la ESPOCH, kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y palma ornamental (*Phoenix canariensis*)) para determinar la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) y lograr que el proceso de compostaje se desarrolle en condiciones favorables. La pila se formó con una proporción en peso de Residuos Sólidos Orgánicos, kikuyo, y palma ornamental de 5:2:2 (Residuos Sólidos Orgánicos 555,56 Kg; kikuyo 222,22 Kg y palma ornamental 222,22 Kg). Cada semana, a lo largo del proceso se tomó datos de humedad y temperatura, volteando de forma manual cuando la temperatura se encontraba muy alta (70 °C) o muy baja (25 °C) aproximadamente; en cada volteo se tomó muestras representativas para realizar los respectivos análisis físico-químicos (pH, Conductividad Eléctrica), químicos (materia orgánica, nitrógeno, sustancias húmicas, fósforo y potasio) y biológicos (Índice de Germinación). Estos análisis se realizaron en el laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH y en los laboratorios de Agrocalidad de la ciudad de Quito. El resultado obtenido del producto final fue de 409,5 Kg de compost, correspondiente al 49,95% del rendimiento del proceso y de los parámetros más importantes fueron: relación C/N (12,51), Materia Orgánica (40,99%) e Índice de Germinación (92,41%). Se concluyó que todos los parámetros están dentro de los valores reportados en literatura relacionada y el compost obtenido es de buena calidad para ser comercializado y utilizado con fines agrícolas. Se recomienda dar seguimiento a este trabajo de investigación a la Dirección de Mantenimiento y Desarrollo Físico de la ESPOCH, enfocándose principalmente a un manejo adecuado de los residuos sólidos.

Palabras claves: <COMPOST [ABONO ORGÁNICO]> <RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS> <KIKUYO [*Pennisetum clandestinum*]> <PALMA ORNAMENTAL [*Phoenix canariensis*]> <CARACTERIZACIÓN> <COMPOSTAJE> <ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO [ESPOCH]>

SUMMARY

This research was conducted in order to prepare and characterise compost coming from the organic solid waste generated at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). In order to set the experimental pile, the initial materials were analysed and sampled (solid organic waste coming from the campus cafés and the lunch area located at ESPOCH, kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) and palm (*phoenix canariensis*)). To determine the carbon/nitrogen (C/N) relationship and make possible the composting process takes place in favourable conditions. The pile was formed with a proportion of organic solid waste, kikuyu, and ornamental palms of 5:2:2 (555.56 kg solid organic waste; kikuyu 222.22 kg and ornamental palm 222.22 kg) in weight. Every week, during the whole process, both, data from humidity and temperature were taken by turning the pile manually when the temperature was very high (70°C) or very low (reaching 25°C); in each turning movement, representative samples were taken for the respective physical-chemical analysis (pH, electrical conductivity), chemical (organic matter, nitrogen, humic substances, phosphorus and potassium) and biological (germination rate). These analyses were carried out at the laboratory of technical analysis of the faculty of Sciences from ESPOCH as well as the Agrocalidad laboratories belonging to Quito city. The final result coming from the final product was 409.5 kg of compost, corresponding to 49.95% yield of the process also, the most important parameters were: C/N (12.51), organic matter (40.99%) and germination rate (92.41%). It was concluded that all parameters are into the values reported in the literature inherent and the compost gathered has a good quality to be marketed and used for agricultural purposes. It is recommended that the Maintenance and Physical Development Direction from ESPOCH, monitor this research by focusing mainly on the proper management of solid waste.

KEYWORDS: <compost (organic fertilizer)> <Solid waste organic> <Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*)> <ornamental palm (*phoenix canariensis*)> <characterization> <composting> <Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)>

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas que existen a nivel nacional e internacional es la inadecuada gestión de los residuos sólidos, ya sean orgánicos o inorgánicos; esto se debe a varios factores: falta de educación ambiental, crecimiento poblacional, poca o nula responsabilidad e interés que tiene cada persona respecto al cuidado del medio ambiente.

Por lo mencionado anteriormente, es preciso buscar soluciones que no supongan una disminución en la calidad de vida y que a la vez garanticen el uso de los recursos naturales para las futuras generaciones.

En Ecuador, al igual que en la mayoría de países en vías de desarrollo, la materia orgánica es el componente predominante y por su naturaleza es la que contribuye a la generación de lixiviados, malos olores, emisión de gases de efecto invernadero y presencia de vectores que afectan la salud de la población de la zona de influencia.

Uno de los mejores métodos para tratar la basura orgánica y darle un valor agregado es el compostaje. Éste ayuda a reducir la cantidad de basura que termina en los vertederos, es decir, es una manera de usar residuos (restos de cosecha, excremento de animales y residuos urbanos) y descomponerlos para obtener un excelente abono para ser usado en agricultura ya que provee nutrientes al suelo, mejorando su estructura, reduciendo la erosión y ayudando a retener agua. Además permite disminuir el uso de fertilizantes inorgánicos.

El compostaje es un proceso biooxidativo, aeróbico y controlado, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos que actúan sobre la materia orgánica sólida heterogénea, dando al final como productos del proceso dióxido de carbono, agua, así como una materia orgánica estabilizada conocida como compost, libre de fitotoxinas y semillas de malas hierbas y que puede ser empleada en agricultura sin que provoque efectos adversos.

El objetivo general de la presente investigación fue elaborar y caracterizar el compost obtenido a partir de los residuos orgánicos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, procedentes de los bares y principalmente del comedor en mezcla con kikuyo y poda de palma ornamental. Como objetivos específicos se planteó la clasificación y cuantificación de los residuos sólidos generados en la ESPOCH y la cuantificación de los residuos sólidos orgánicos procedentes de bares y del comedor institucional.

El proceso de compostaje se realizó en el Parque Temático Agroambiental Ricpamba ubicado en la ciudad de Riobamba.

Los resultados de los análisis realizados en los laboratorios de Agrocalidad y de la Facultad de Ciencias indican que el compost obtenido es de calidad y se encuentra dentro de los parámetros establecidos por organismos nacionales e internacionales.

ANTECEDENTES

Las universidades, como todas las instituciones educativas, son lugares en donde se generan una gran cantidad de desechos debido a las múltiples actividades que en ellas se desarrollan.

Lamentablemente la ESPOCH carece de un sistema de gestión de residuos sólidos que permita una disposición final adecuada y el tratamiento y valorización correctos de dichos residuos que garanticen la protección del ambiente, provocando una contaminación visual y paisajística.

El vertido en espacios baldíos y la incineración, en lugar del reciclaje, siguen siendo las prácticas predominantes en la disposición de residuos generados dentro de la institución.

Como media, aproximadamente más del 85% de los residuos generados en la ESPOCH son recolectados y depositados en recipientes sin una clasificación previa y posteriormente son llevados en un pequeño camión adaptados para estos fines al botadero de Porlón de la ciudad de Riobamba. Alrededor del 15% son incinerados en espacios baldíos.

En la institución se permite el ingreso de recicladores que recogen principalmente cartón y papel de las oficinas para ser comercializados en centros de acopio.

Una investigación anterior determinó que existe un 85% de residuos orgánicos (3452,3 Kg/semana), 15% (514,839 Kg/semana) de inorgánicos, un índice de producción per cápita (PPC) de 0.0035 Kg/personas*día, y un incremento de residuos de 5% anuales. (Coro, 2008)

Ante esta realidad la presente investigación pretende tratar los distintos residuos orgánicos generados en los bares y en el comedor institucional que actualmente son depositados en el vertedero a cielo abierto de Porlón. El tratamiento escogido es el compostaje por ser un proceso relativamente fácil y con una tecnología accesible. Además, se pretende conocer la composición y cantidad de residuos que terminan en el vertedero.

JUSTIFICACIÓN

La ESPOCH, al ser una institución educativa de prestigio, no sólo tiene la obligación de entregar a la sociedad profesionales que ayuden a solucionar problemas, sino que tiene el compromiso de formar ciudadanos ambientalmente educados y dispuestos a incorporar estrategias y modelos de gestión para el aprovechamiento no sólo de los recursos sino también de los desechos que se generan.

En este contexto, el compostaje es una alternativa segura, sostenible y rentable para reciclar residuos orgánicos. De esta manera se reduciría la contaminación del aire producida por malos olores, la contaminación del suelo y del agua debida a la generación de lixiviados, la presencia de vectores que provocan enfermedades y el deterioro del paisaje ocasionado por la acumulación de basura. A más de esto, se lograría obtener un producto que puede ser utilizado como un abono orgánico (compost) apto para su uso en las zonas verdes de los predios institucionales.

La utilización agrícola de compost es la opción de gestión de RSU más rentable sobre los medios tradicionales, como el vertido o la incineración, ya que permite el reciclaje de potenciales nutrientes para plantas (Bundela et al., 2010). Además, mejorar la gestión de residuos conduce a la reducción del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (sobre todo metano) de los vertederos no controlados en los países en desarrollo. (Friedrich y Trois 2011)

Este proyecto tiene el auspicio de la Comisión Ambiental de la institución, pues se considera que es vital asumir el reto de gestionar, tratar y valorizar nuestros propios residuos. Para ello se cuenta con laboratorios para la caracterización de la materia orgánica de partida y final y lo más importante, recurso humano preparado y comprometido para lograr una universidad más sostenible y respetuosa con la naturaleza.

Finalmente se pretende promover un uso sostenible de los recursos naturales y el reciclaje de la basura producida, contribuyendo a la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y con ello a la mitigación del cambio climático.

OBJETIVOS

GENERAL

Elaborar y caracterizar el compost obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y determinar su posible aplicación en suelos agrícolas.

ESPECÍFICOS

- ✚ Clasificar los residuos sólidos generados en la ESPOCH destinados a vertedero cuantificando todos sus componentes.
- ✚ Cuantificar los residuos sólidos orgánicos procedentes de bares y comedor de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- ✚ Determinar las características físico-químicas, químicas y biológicas del compost obtenido.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Residuos de origen urbano

1.1.1 Problemática de los residuos sólidos

Los problemas ambientales ocasionados por el manejo inadecuado de los Residuos Sólidos (RS) se deben especialmente a la falta de educación e interés de la población para realizar la separación en la fuente y dar a estos residuos un aprovechamiento apropiado como materia prima para la elaboración de nuevos productos.

Esto ha provocado impactos ambientales negativos importantes, debido principalmente al crecimiento poblacional, lo que conlleva a un mayor consumismo.

Los problemas por la presencia de residuos sólidos municipales empezaron a evidenciarse a partir de los años 70. Los impactos perjudiciales sobre la salud y el medio ambiente, generados especialmente por la falta de responsabilidad de las instituciones generadoras de residuos, autoridades municipales y sus operadores de aseo han ocurrido principalmente en el proceso de disposición final.

El mundo produce alrededor de 1,6 mil millones de toneladas de residuos sólidos por año, la generación y gestión inadecuada de estos residuos está considerado como uno de los principales problemas ambientales asociados a las emisiones de metano y dióxido de carbono, las emisiones de los olores de los vertederos y el daño del agua y la calidad del aire en la superficie. (Valderrama, 2013 p. 12)

A nivel mundial, el problema se da por el desarrollo de las grandes industrias que generan residuos altamente peligrosos, que contaminan ríos, tierras, atmósfera, etc. A continuación se mencionan los orígenes de la problemática de los residuos sólidos:

- ✚ Crecimiento de la población mundial.
- ✚ Tendencia a la concentración de la población en las metrópolis.
- ✚ Generalización en el uso de envases para todo tipo de productos.
- ✚ Temprana obsolescencia de diversos equipos, aparatos y artículos.

1.1.2 Clasificación de los residuos sólidos

1.1.2.1 Según su composición

Orgánicos

Son residuos de origen biológico, que son biodegradables, como vegetales y animales que se encuentran representados por los desechos alimenticios, cáscaras de fruta o huevos, restos de vegetales, huesos, jardinería, etc., y que pueden ser reutilizados.

Inorgánicos

Son aquellos cuyo origen no es orgánico, por lo tanto no son degradados o desdoblados naturalmente, o si bien esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta, como por ejemplo plástico, metales, caucho, lana, etc.

1.1.2.2 Según el lugar en que se genera

Reciclables o recuperables

Son los que se seleccionan de la basura y que se pueden vender a las diferentes industrias que los utilizan como materia prima, reincorporándolos así al ciclo del consumo, como por ejemplo: cartón, metal, papel, plástico, trapo, vidrio.

No recuperables nocivos

Son aquellos desechos que surgen de hospitales, clínicas, centros de salud, sanatorios, etc., y que son peligrosos.

Inertes

Son aquellos que se les puede utilizar como materiales de relleno así tenemos tierra, piedras, cascajo, etc.

Transformables

Son aquellos capaces de ser convertidos en productos inocuos, inofensivos y utilizables, como los residuos alimenticios, de parques y jardines, agrícolas e industriales de naturaleza orgánica.

1.1.2.3 Por su estado

Se define a un residuo según su estado físico en el que se encuentre, por lo tanto tenemos tres tipos de residuos desde esta perspectiva y son sólidos, líquidos y gaseosos, como observación es importante acotar que el alcance real de esta clasificación se establece en conocimientos únicamente descriptivos, o como se lo efectúa en la práctica, según la forma de manejo a la que esté ligado.

1.1.2.4 Por su origen

Residuos Institucionales

Se entiende que son aquellos residuos cuya fuente de generación son establecimientos educativos, entidades públicas, edificaciones destinadas a oficinas, cárceles, centros religiosos, establecimientos militares, entre otros.

Residuos Municipales

La generación de estos residuos se modifica según los principios culturales coligados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, impulso tecnológico y esquemas de calidad de vida de la población; se entienden a los residuos que son creados por cualquier servicio propuesto por la Municipalidad, por ejemplo barridos de calles, plazas, mercados, residuos de basuras municipales, etc.

Los sectores de más altos ingresos producen mayores volúmenes per cápita de los residuos, y éstos tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población.

Residuos Industriales

Sustancias tóxicas que generan las industrias y que causan daño al ambiente y al cuerpo humano; donde la cantidad de residuos que se produce está dada en función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados, envases y embalajes del proceso, etc.

Residuos Hospitalarios

Estos residuos se generan por acción de curaciones, intervenciones quirúrgicas, laboratorios de análisis, estos desechos están considerados como patógenos y posteriormente se dará un tratamiento especial que va desde la recolección hasta su disposición final, establecido en base a Normas de Salud que están vigentes y también a aquellas que consigne el Ministerio de Ambiente.

A nivel de hospitales los residuos son regularmente esterilizados, la constitución de estos residuos hospitalarios varía desde el residuo tipo residencial y comercial, a residuos de tipo médico conteniendo sustancias peligrosas.

1.1.2.5 Por tipo de manejo

Residuo peligroso

Son aquellos residuos que se consideran peligrosos por tener propiedades naturales que presentan riesgos para la salud y el medio ambiente como son toxicidad, inflamabilidad, reactividad química, corrosividad, reactividad, explosividad, entre otros.

Residuo inerte

Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente. (Jaramillo, et al., 2008a: p. 27)

1.1.3 Residuos sólidos orgánicos

1.1.3.1 Generación de residuos sólidos orgánicos

Según el informe *El medio ambiente en Europa: tercera evaluación (2003)*, la cantidad total de residuos municipales que se recoge es cada vez mayor en un gran número de los países europeos. En Europa se generan cada año más de 3000 millones de toneladas de residuos. Esto equivale a 3,8 toneladas por persona en Europa Occidental, 4,4 toneladas por persona en Europa Central y Oriental y 6,3 toneladas en los países de EECCA (Europa del Este, Cáucaso y Asia Central). (Jaramillo, et al., 2008b: p. 31)

La generación de residuos municipales varía considerablemente entre países, desde los 685 Kg per cápita (Islandia) a los 105 Kg per cápita (Uzbekistán). Esto representa aproximadamente un 14% de los residuos totales recogidos en Europa. De acuerdo a la composición de los mismos, el porcentaje en peso de la fracción orgánica en países subdesarrollados es del 40% al 55% y en países desarrollados del 58% al 80,20%. (Jaramillo, et al., 2008c: p. 31)

En la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, la cantidad de materia orgánica presente en los residuos sólidos urbanos supera el 50% del total generado. De los cuales aproximadamente el 2% recibe tratamiento adecuado para su aprovechamiento; el resto es confinado en vertederos o rellenos sanitarios; otro porcentaje es dispuesto inadecuadamente en botaderos o es destinado a la alimentación de cerdos, sin un debido control y procesamiento sanitario. (Jaramillo, et al., 2008d: p. 31)

Tabla 1-1: Composición de los RS Municipales en países de América Latina

Nº	PAÍS	% EN PESO DE MATERIA ORGÁNICA
1	México	43
2	Costa Rica	58
3	El Salvador	42
4	Perú	50
5	Chile	49
6	Guatemala	63,3
7	Colombia	52,3
8	Uruguay	56
9	Bolivia	59,5

Tabla 1-1: Continuación

10	Ecuador	71,4
11	Paraguay	56,6
12	Argentina	53,2
13	Trinidad y Tobago	27

Fuente: Jaramillo, et al., 2008

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

1.1.3.2 Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos

Se entiende como aprovechamiento al conjunto de fases continuas de un proceso, siendo la materia inicial un residuo, comprendiendo que el procesamiento tiene como objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto aprovechable, reintegrándose así al ciclo económico y con valor comercial.

El aprovechamiento de los residuos generados trae como secuela la minimización de la basura, favoreciendo la conservación y reduciendo la demanda de recursos naturales, el consumo de energía, salvaguardando los sitios donde se realiza la disposición final, disminuyendo sus costos y la contaminación ambiental.

El aprovechamiento se debe efectuar siempre y cuando sea económicamente factible, técnicamente elaborable y ambientalmente beneficioso.

A continuación se describen los tipos de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos.

Alimentación animal

Los pobladores, especialmente en las zonas rurales, separan los residuos orgánicos que generan en sus hogares, para la alimentación de animales, en su mayoría porcinos.

Los residuos orgánicos tienen un alto contenido de humedad lo que implica dificultades para el almacenamiento, el consumo debe ser rápido con el fin de evitar problemas de fermentación o descomposición del mismo. Para incorporar el producto orgánico como complemento importante en la alimentación animal, es necesaria una correcta planificación en la que se tenga en cuenta: de qué productos se dispone, en qué cantidades y en qué períodos de tiempo. (Jaramillo, et al., 2008e: p. 35)

Compostaje

Es un proceso biológico, degradativo, bioxidativo, exotérmico, y que es controlado y realizado por microorganismos benéficos, en donde éstos descomponen biológicamente y mineralizan un sustrato orgánico, con presencia de humedad, a temperatura adecuada y en condiciones aeróbicas, logrando un producto final estable homogéneo denominado compost, libre de patógenos y estabilizado físico-químicamente.

Lombricultura

La lombricultura es el cultivo o desarrollo de poblaciones de cualquier especie doméstica de lombrices, es una biotecnología limpia, de bajo coste, fácil de aplicar y al alcance de cualquier familia o trabajador del ámbito agro-industrial que apetezca valorizar su residuo orgánico biodegradable para transformarlo en abono (humus) y proteínas (lombrices).

Se trata de una técnica que cría lombrices en cautiverio, en donde éstas pueden crecer en espacios reducidos obteniendo una rápida y masiva producción, en el cual para su alimentación utilizan materiales biodegradables de origen agrícola, pecuario, industrial y casero.

Las heces de la lombriz (humus) son ricas en nutrientes, ya que contienen cinco veces más nitratos que el suelo, 11 veces más potasio y, lo que es más importante, 7 veces más fósforo intercambiable y 3 veces más magnesio intercambiable, lo que favorece notablemente la asimilación de los nutrientes por las plantas. (Jaramillo, et al., 2008f: p. 43)

Biocombustibles

El biocombustible es cualquier clase de combustible líquido, sólido o gaseoso, procedente de la biomasa (materia orgánica de origen animal o vegetal.)

Son alcoholes, éteres, ésteres y otros compuestos químicos, elaborados a partir de biomasa, como las plantas herbáceas y leñosas, residuos de agricultura y actividad forestal, y una gran cantidad de desechos industriales, como los desperdicios de la industria alimenticia.

Tienen diferentes usos, como por ejemplo, pueden ser empleados en el transporte o calefacción. Éstos pueden ser elaborados a partir de productos agrícolas y forestales, así como de la proporción biodegradable de desperdicios industriales y municipales.

Los biocombustibles comprenden:

- ✚ Bioetanol (alcohol carburante)
- ✚ Metanol
- ✚ Biodiesel
- ✚ Diésel fabricado mediante el proceso químico de Fischer-Tropsch
- ✚ Combustibles gaseosos, como metano o hidrógeno.

El término biomasa hace referencia a toda materia que puede obtenerse a través de fotosíntesis. La mayoría de las especies vegetales utilizan la energía solar para crear azúcares, partiendo de sustancias simples como el agua y el dióxido de carbono, almacenando esta energía en forma de moléculas de glucosa, almidón, aceite, etc. (Stratta, 2000 p. 3)

Entre los beneficios ambientales de los biocombustibles sostenemos principalmente que son biodegradables, el 85% se degrada en aproximadamente 28 días.

Bocashi

El Bocashi es un término japonés que significa “materia orgánica fermentada”, ha sido empleado como abono orgánico por los agricultores japoneses desde hace ya muchos años.

Su labor primordial radica en el mejoramiento de por lo menos una propiedad, bien podría ser física (porosidad: mayor capacidad de retener el agua y reducción del agua), química (menor pérdida y mayor disponibilidad de nutrientes) o biológica del suelo (mejor equilibrio biológico y disminución de plagas y enfermedades).

Su uso estimula e incrementa la proporción de microorganismos en el suelo, así como mejora sus características físicas y suple a las plantas con nutrimentos.

El Bocashi se distingue tanto por los ingredientes empleados, como por el proceso de fermentación utilizado, el cual se fundamenta en una fermentación láctica, realizada a una temperatura regular de unos 50 °C.

La virtud de no llegar a temperaturas mayores a los 50 °C, es suministrar al suelo los microorganismos que de manera natural se localizan en él y son los que posibilitan al suelo regenerarse y crear un cambio simbiótico con las plantas.

Biofertilizantes

Los biofertilizantes son insumos formulados con unos o varios microorganismos, los cuales, de una manera u otra, suministran o acrecientan la disponibilidad de nutrientes cuando se aplican a los cultivos.

Los microorganismos empleados en los biofertilizantes son organizados dentro de dos grupos:

El primer grupo comprende microorganismos que poseen la cualidad de sintetizar sustancias que impulsan el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al stress por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas, por parte de la planta.

El segundo grupo comprende microorganismos que son capaces de reducir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos.

Existen microorganismos que pueden estar en los dos grupos, que además de promover el crecimiento de la planta, inhiba los efectos de microorganismos patógenos.

El empleo de biofertilizantes es uno de los fundamentos más apreciados que puede manejar la agricultura ecológica. En los sistemas productivos es una opción viable para alcanzar un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, ya que posibilita una productividad a bajo coste, no contamina el ambiente y persevera la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad.

Biofermentos

Son abonos líquidos, que se adquieren mediante la biofermentación en un medio líquido de estiércoles de animales, principalmente vacuno, hojas de plantas y frutas con estimulantes como: leche, suero, melaza, jugo de caña, jugo de frutas o levaduras, obedeciendo del tipo de biofermento a elaborar. Se utiliza como abono foliar.

Por el proceso de biofermentación, los abonos orgánicos además de nutrientes aportan vitaminas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, antibióticos y una gran riqueza microbiana que contribuye a equilibrar dinámicamente el suelo y la planta, haciéndose ésta resistente a insectos dañinos y a enfermedades. (Picado, et al., 2005a)

Un biofermento es una estructura orgánica que posibilita el intercambio de sales nutritivas y complejos moleculares que fortalecen el equilibrio nutricional de los vegetales, pero para que este fenómeno se constituya, es indispensable que se precisen los conceptos de calidad requeridos para el efecto, pues al contar con materia prima en las condiciones óptimas, se asegura la efectividad de los preparados y por ende de sus efectos colaterales.

Los biofermentos pueden conseguir reducir o sustituir los abonos químicos de alta solubilidad; posibilitando al productor reducir su dependencia de insumos externos.

En síntesis se podría manifestar que se fundamentan en una estrategia para aprovechar el estiércol de los animales, los cuales están sujetos a un proceso de fermentación anaeróbico y dan como producto un fertilizante foliar que contiene principios hormonales vegetales (auxinas y giberelinas).

1.1.4 Marco Legal

En Ecuador existe un conjunto de leyes, normas y reglamentos, que incluyen desde acuerdos ministeriales u ordenanzas hasta la Constitución Política del Estado, que todos juntos conforman el marco jurídico del sector de los residuos sólidos.

Tabla 2-1: Marco legal para residuos sólidos.

MARCO LEGAL	ARTÍCULO
Constitución de la República del Ecuador (R.O. No. 449, 2008/10/20)	1; 3 Numeral 4, 5, 7 y 8; 10; 14; 15; 30; 31; 32; 66; 71; 72; 73; 74; 83; 263; 264 Numeral 1, 2, 3, 4; 275; 277 Numeral 1; 278 Numeral 2; 395 Numeral 1, 2, 3; 396; 397 Numeral 1, 2, 3, 4, 5, 6; 398; 399; 408; 409; 411; 413; 414 y 415
Plan Nacional del Buen Vivir 2013 - 2017 (R. No. CNP-002-2013, 2013/06/24)	Numeral 6. Objetivos nacionales para el buen vivir; Objetivos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
Políticas Nacionales de Residuos Sólidos	32; 33
Ley Orgánica de Salud (Ley 67, Suplemento R.O. 423, 2006/12/22)	1; 3; 6; 11; 95; 96; 97; 98; 100; 104; 117; 118
Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (R.O. Suplemento 418, 2004/09/10)	1; 6; 10; 11; 13; 14; 15 y 92
Ley de Gestión Ambiental (R.O. Suplemento 418, 2004/09/10)	1; 2; 5; 7; 8; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23 Literal a, b, c; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46 Literal a, b

Tabla 2–1: Continuación

Ley de Patrimonio Cultural (R.O. 465, 2004/11/19)	9; 15; 16; 17; 18; 19; 20 ; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30
Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (R.O. 305, 2014/08/06)	1; 2; 3; 4; 12; 13; 14; 21; 22; 23; 24; 27; 32; 36; 37; 38; 39; 57; 58; 59; 60; 61; 64; 65; 66; 67; 68; 69; 71 Literal a, b, c, d, e, f, g, h, i; 74; 79 Literal a, b, c, d, e, f, g; 80; 81; 84 Literal a, b, c, d, e, f, g, h, i; 86 Literal a, b, c, d; 94; 96; 135; 136; 137; 139; 140; 142; 145; 148; 149; 150; 151 Literal a, b, c; 152; 153; 154; 155; 156; 157; 158; 159;
Ley Reformatoria al Código Penal (2011/03/18)	437 Literal a, b, c, d, e; 607 Literal a, b, c
Ley Orgánica del Servicio Público (2010/10/06)	4
Ley Orgánica de Salud (Ley N°64, R.O.S. 423, 2006/12/22)	1; 3; 6; 11; 95; 96; 97; 98; 100; 104; 117; 118
Ley de Empresas Públicas (Ley s/n, R.O.S. 48, 2009/10/16)	4; 17; 225
Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre Codificación 2004-017 R.O. N°418; septiembre 10 de 2004	1; 2; 3; 4; 5 Literal a, b, c, d, e, f, g, h, i, j; 6 Literal a, b, c, d, e, f, g ; 7; 8; 9; 10;12;13;16;23; 24; 29 Literal a, b, c, d, e, f, g, h, i, j; 50; 51 Literal a, b, c, d, e, f; 52; 54; 55;56;57;58; 59; 60; 61; 62; 64; 71; 72; 75;80;89
Ley del Régimen Municipal	3; 5; 12
Ley de Defensa Contra Incendios R.O 815; del 19 abril 1979 actual	1; 2; 3; 4;5; 6; 7 Literal a, b, c ; 8; 11; 20;22; 27; 50; 51; 54; 55; 64; 68; 71
Codificación de la Ley de Aguas, No. 16 (R.O. 339, 2004/05/20)	1; 20; 22
COOTAD (R.O. 2010/10/15)	7; 54 Literal k; 55; 57 literal a; 87 literal a; 84 literal k; 116; 136; 137; 263 Competencia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 264 Competencia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14; 267 Competencia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 277
Ministerio de Ambiente. Acuerdo No. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria Año II - N° 316 Quito, lunes 4 de mayo de 2015.	Capítulo VI, 47, Sección 1. 55, 56,57,58, 59, Parágrafo I, 60,61, Parágrafo II, 62, Parágrafo III, 63, 64, 65, Parágrafo IV, 66, 67,68, Parágrafo V, 69,70,71,72, Parágrafo VI, 73, Parágrafo VII, 74, Parágrafo VIII, 75,76,77.
Acuerdo Ministerial No. 052 reforma al Acuerdo No. 031 de 17 de mayo de 2013. Acuerdo Ministerial No. 031 R.O.705 de 17 mayo 2012.	5; 6; 7
Acuerdo Ministerial 142 (R.O. 856, 2012/12/21)	1; 2 y 3

Tabla 2–1: Continuación

Acuerdo Ministerial 026 (R.O. Suplemento 334, 2008/05/12)	1; 2; 3; 4; 92
Reglamento de Aplicación a la Ley de Aguas (R.O. EE-1, 2003/03/20)	89; 90; 91
Acuerdo Ministerial 066 Instructivo al Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social (R.O. 36, 2013/07/15)	1; 2; 3; 4 Numeral 1, 2, 3; 5; 6; 7; 8; 9 Numeral 1, 2, 3, 4, 5; 10; 11; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30
Reglamento de Aplicación de los mecanismos de participación social establecidos en la Ley de gestión ambiental (D.E. 1040, 2008/04/22)	6; 7; 8 Literal a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k; 10; 16 Literal a, b, c
Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (RSST), Decreto 2393	46; 48; 175
Reglamento del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA) de 3516 Ambiente R.O. No. 725 diciembre 16 de 2002 rectificación suplemento R.O. de 31 de marzo del 2003	1; 3; 20; 32; 35; 37
Reglamento de Aplicación a la Ley de Aguas (R.O. EE-1, 2003/03/20)	89; 90; 91
Reglamento General de la Ley de Patrimonio Cultural, Reglamento de Seguridad Salud para la Construcción y Obras Públicas	26;27; 30; 39
Ordenanza Municipal para el Manejo Integral de Desechos Sólidos en el Cantón Riobamba 021-2011.	7; 12; 14; 18; 20; 21; 24; 25
Código del Trabajo (Reforma 2012/09/26)	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 347; 348; 349; 350; 351; 359; 410; 412 Numeral 3, 6, 7; 430
Código penal del Ecuador	437 Literal A, B, C D, E, K
Código Civil (Codificación 010, Registro Oficial Suplemento 46 de 24 de junio del 2005).	1; 2; 3; 7; 8
Código de la Salud ley No. 67	1; 2;3;11;15
Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental Ley 67 R.O. Suplemento 423 de 22 de diciembre de 2006	12 Literal a, b, c; 41

Tabla 2–1: Continuación

<p>Norma INEN 2841: 2014, Gestión Ambiental. Estandarización de colores para Recipientes de Depósito y Almacenamiento Temporal de Residuos Sólidos. Requisitos</p>	<p>Esta norma establece los colores para los recipientes de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos con el fin de fomentar la separación en la fuente de generación y la recolección selectiva.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Objeto 2. Campo de Aplicación 3. Referencias Normativas 4. Términos y Definiciones 5. Requisitos 6. Código de Colores
<p>Norma INEN 3864 (2013/09/27)</p>	<p>ÍTEM 1; 2; 3; 4; 5; 6</p>
<p>Norma INEN 2266: 2010 (Primera Revisión): Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos</p>	
<p>Productos Químicos Industriales Peligrosos. Etiquetado de Precaución. Requisitos (Norma INEN 2288, 2000/07/11)</p>	<p>ÍTEM 1; 2; 3; 4; 5; 6</p>

Fuente: Brito H, 2015.

Realizado por: Santiago Valencia, 2015.

1.2 Compostaje

1.2.1 Definición y etapas del proceso

El compostaje es un tratamiento de degradación biooxidativo que es controlado y elaborado por microorganismos benéficos que, en presencia de humedad, a temperatura apropiada y bajo condiciones aeróbicas, emplean los nutrientes que están incluidos en el material a transformar hasta adquirir un producto homogéneo denominado compost, libre de patógenos y estabilizado físico-químicamente. (Restrepo, et al., 2004)

Una abundante variedad de microorganismos mesófilos y termófilos constituyen las poblaciones mixtas que degradan la materia orgánica, siendo las más significativas las bacterias *Actinomycetes* y hongos filamentosos.

Durante el proceso de compostaje, se lleva a cabo una compleja sucesión de poblaciones microbianas capaces de degradar o descomponer la materia orgánica. (Laich)

Las poblaciones y las comunidades microbianas varían continuamente en función de la evolución de la temperatura, el pH, la disponibilidad de nutrientes, la concentración de oxígeno, el contenido de agua, la acumulación de compuestos inhibitorios, etc. (Laich)

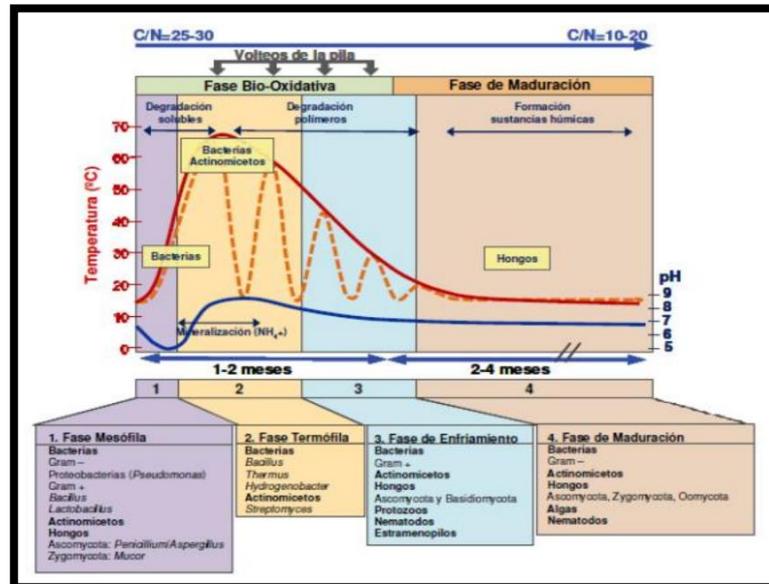


Figura 1-1: Fases del proceso de compostaje.
Fuente: Galea, 2013

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro etapas que son:

FASE MESÓFILA

La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos se multiplican de forma acelerada. Como efecto de la descomposición, la temperatura se incrementa y se originan ácidos orgánicos que bajan el pH.

FASE TERMÓFILA

Es cuando se consigue temperaturas superiores a 40 °C, en donde los microorganismos termófilos, o sea aquellos que trabajan a temperaturas altas, transforman el nitrógeno en amoníaco y el pH de la compostera aumenta. A los 60°C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.

FASE DE ENFRIAMIENTO

Cuando la temperatura baja, reaparecen los microorganismos que reinvasan la compostera y descomponen la celulosa. Al bajar la temperatura a menos de 40 °C los mismos organismos de la primera etapa reinician su actividad y la acidez (pH) del medio desciende ligeramente. (Picado, et al., 2005b: p. 20)

FASE DE MADURACIÓN

Es una etapa que puede durar dos o más meses a temperaturas próximas a la ambiente, mientras los cuales se originan reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

1.2.2 Manejo del proceso de compostaje

A continuación se detallan los parámetros más importantes en el proceso de compostaje.

1.2.2.1 Relación C/N

El carbono y el nitrógeno son los dos elementos fundamentales de la materia orgánica, por ello para lograr un compost de buena calidad es fundamental que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Esta relación depende del tipo de componentes que se empleen y sus proporciones.

Los que poseen tejido leñoso y son fibrosos y secos, se descomponen lentamente y son más ricos en carbono. Los verdes, frescos y los que se descomponen rápido, son más ricos en nitrógeno, incluidas las plantas leguminosas. Los estiércoles abarcan ambos elementos y otros más.

Lo conveniente es no emplear demasiado de un mismo material, sino mezclar residuos que sean de origen vegetal con los de origen animal.

La relación debe mantenerse entre 25 a 35 partes de carbono por 1 parte de nitrógeno. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica; si es muy baja no afecta al proceso de compostaje, pero se pierde nitrógeno en forma de amoníaco. (Picado, et al., 2005c: p. 22)

1.2.2.2 Mezcla/Revuelta y Movimiento

Al principio del proceso de compostaje, el cuerpo de desechos posee poros de varias dimensiones que son dispersadas de forma heterogénea. El aire (venido de aireación natural o artificial) pasa por las aperturas más grandes. Por consecuencia, pueden sobrevenir condiciones anaeróbicas en zonas con alta densidad y poros pequeños. La biodegradación anaeróbica no es recomendable en una planta de compostaje, por la emanación de olores fuertes.

Se requiere mezclar, voltear y mover los desechos con regularidad para impedir la putrefacción anaeróbica. En plantas semi-mecanizadas, la mezcla, volteo y el movimiento de componentes se efectúa con ayuda de cargadores; en plantas manejadas totalmente a mano, ese trabajo se efectúa con palas.

Una circulación suficiente del aire puede asegurarse si existe una dispersión homogénea del cuerpo de basura. Por eso, la mezcla, volteo y el movimiento del material son indispensables en el compostaje. Un impacto positivo adyacente de esta operación es que la temperatura es homogenizada dentro del cuerpo de material. Eso es bueno para lograr una higienización suficiente.

En plantas en que la mezcla y volteo del material es ejecutada con máquinas cargadoras, automáticas o por obreros con palas, el material se mueve conforme el desarrollo del proceso de compostaje de la entrada a la salida del área de compostaje. Si el compostaje se efectúa con montones (pilas) triangulares, el material es trasladado de la primera pila (desechos en bruto) a la segunda, después de un cierto tiempo (en general: una o dos semana), al tercero etc., hasta el último (compost maduro).

1.2.2.3 Aireación

Para garantizar una aireación buena, hay que añadir un porcentaje de material grueso. Los materiales gruesos deben adicionarse fundamentalmente para estructurar la basura cuando la densidad de los desechos es demasiado alta y, por efecto, no se ejecuta una libre circulación del aire. En general, el abastecimiento de material grueso se puede efectuar con la fracción gruesa del compost listo.

La aireación del material puede realizarse con presión o succión. Para plantas pequeñas de compostaje, es suficiente la mezcla y volteo del material para asegurar la aireación. En caso que se forme un compostaje en pilas, la tubería para la aireación se añade habitualmente en el suelo del área de fermentación. Para plantas abiertas es preferible la aireación con succión para evitar una propagación de emisiones olfatorias.

En plantas en el que no hay aireación artificial, el volumen de las pilas o de las celdas de compostaje está limitado. Para impedir que acontezcan condiciones anaeróbicas, se aconseja no construir pilas más altas de 1.5 m, con un corte de triángulo simétrico.

1.2.2.4 Humedad o riego

Se requiere una humedad entre 40 - 60 % (contenido de agua del material) para certificar una biodegradación óptima. Si está excesivamente seco el material, se detiene el proceso de biodegradación; si es excesivamente húmedo, puede ocurrir una putrefacción anaeróbica incontrolada.

El humedecimiento se puede ejecutar manual o mecánicamente. El fundamento es el mismo para los dos sistemas (abiertos y cerrados). Se humedece el material con regadora manual o con aspersor situado sobre las pilas o lechos de material. En zonas con escasa lluvia, se puede dejar abierta la planta de compostaje para que la lluvia actúe como riego natural.

En plantas cubiertas, se puede recolectar el agua de los desagües de lluvia para sustituir parcialmente o totalmente el agua fresca. Se sugiere ese sistema para zonas donde llueve mucho para proteger el material de la abundancia del agua sin desaprovechar este recurso.

1.2.3 Sistemas de compostaje

1.2.3.1 Sistemas abiertos

Estos sistemas son los métodos tradicionales de compostaje. Los sustratos a compostar se organizan en montones o pilas que pueden estar al aire libre. La aireación de la masa puede ejecutarse por volteo mecánico de la pila o mediante ventilación forzada. Esta última tiene la ventaja de permitir el control del nivel de oxígeno, así como de la humedad y de la temperatura.

Además este sistema conlleva pequeños costes y necesidades mínimas de área, evitándose los inconvenientes del volteo de las pilas. Los sistemas más utilizados son los siguientes:

- a) Compostaje en pilas estáticas con aireación natural
- b) Compostaje en pilas estáticas con ventilación forzada
- c) Compostaje en pilas por volteo.

1.2.3.2 *Sistemas cerrados*

Estos sistemas, bien los podríamos nominar industrializados, puestos en marcha por entidades públicas o privadas, habitualmente se manipulan para compostar residuos de ciudades de tamaño medio o grande.

En estos sistemas, la etapa inicial de fermentación se ejecuta en reactores que pueden ser de dos tipos: horizontales o verticales, entre tanto que la etapa final de maduración se ejecuta al aire libre o en naves abiertas. Son sistemas desarrollados para reducir las superficies de compostaje y conseguir un mejor control de los parámetros y controlar los olores de la manera más adecuada.

Si bien estos sistemas demandan costes de instalación superiores a los anteriores, presentan la ventaja de ser más rápidos y por tanto demandar menos espacio.

Tabla 3-1: Cuadro comparativo entre los sistemas de compostaje

Nº	ELEMENTO DE COMPARACIÓN	TAMAÑO EN SISTEMAS ABIERTOS	TAMAÑO EN SISTEMAS CERRADOS
1	Superficie	Grande	Reducida
2	Clima	Temperaturas no extremas	Variable y frío
3	Sustrato	Todos, pero con agentes estructurantes	Principalmente aquellos con elevada humedad
4	Tecnología	Relativamente sencilla. Sistemas de aireación Dos opciones: aireación forzada y volteo	Relativamente sofisticada Sistemas de aireación: múltiples opciones
5	Sistema	Discontinuo a semi-continuo	Semi-continuo a continuo
6	Inversiones	De baja a moderada	De elevadas a muy elevadas

Tabla 3-1: Continuación

7	Costes de explotación	Variable. Elevada en el caso de utilización de agentes estructurantes	Elevado
8	Consumo energético	Bajo a medio	Medio a elevado
9	Mano de obra	Variable, según la instalación: mano de obra no especializada + formación + 1 técnico	Obrero especializado + técnico
10	Duración	Fermentación: semanas Maduración: meses	Fermentación: 3 a 15 días Maduración: meses
11	Tamaño	Todos: pequeñas producciones: <12 TMS/día ≥300 TMS/día	Limitado: -70 TMS/día -73 TMS/día
12	Olores	Problema si: -no hay suficiente aireación -volteos alargados en el tiempo	Se puede controlar según el sistema de aireación.

Fuente: NEGRO, et al.

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

1.2.4 Calidad del compost

1.2.4.1 Estabilidad

La estabilidad se puntualiza en términos de biodisponibilidad de la materia orgánica, aludiendo a su grado de descomposición.

La estabilidad detalla las condiciones en las que se halla el material y es una propiedad objetiva y relativamente sencilla de medir y cuantificar.

En base a la medida de la estabilidad del compost se han planteado diferentes métodos fundamentados en propiedades físicas, químicas y biológicas. A continuación se presentan algunos de los más empleados:

- ✚ Métodos físicos: temperatura de la pila, oxígeno, olor y color, densidad óptica de los extractos.
- ✚ Métodos químicos: contenido en materia orgánica, relación carbono - nitrógeno (C/N), demanda química de oxígeno (DQO), contenido en polisacáridos, concentración en sustancias húmicas, etc.
- ✚ Métodos biológicos: índice respirométrico, medido como consumo de oxígeno o producción de CO₂, generación de calor, actividades enzimáticas, contenido de ATP, ensayos de germinación y crecimiento de las plantas, etc.

1.2.4.2 Madurez

Una medida significativa es la madurez del compost. Es muy fundamental que esté maduro para que no incluya materias fitotóxicas. La madurez es un parámetro que evidencia si se ha concluido el proceso de biodegradación y de higienización del compost. Los grados de madurez se exponen a continuación:

Tabla 4-1: Categorías de madurez para compost

Nº	GRADO DE MADUREZ	TEMPERATURA OBTENIDA EN EL EXPERIMENTO DE AUTOCALENTAMIENTO °C	CATEGORÍA DE PRODUCTO
1	I	>60	Materia cruda (basura)
2	II	50 – 60	Compost tierno
3	III	40 – 50	Compost tierno
4	IV	30 – 40	Compost maduro
5	V	< 30	Compost maduro

Fuente: Röben, 2002

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Se debe alcanzar el grado de madurez IV, de preferencia V, en la planta de compostaje previamente de que se venda el compost. Si se comercializa compost tierno, el producto incluye aún gérmenes patógenos o fitotóxicos y puede ocasionar daños tanto a la salud de la persona que lo manipula como al suelo o a las plantas en que se emplea.

Índice de germinación

El índice de germinación (IG), es una variable que integra los diferentes grados de fitotoxicidad, constituye un indicador más firme para detallar el potencial fitotóxico de un material orgánico. Este índice admitiría evaluar el grado de madurez requerido para los Residuos Sólidos Orgánicos (RSO) compostados.

A través de pruebas de germinación se puede evaluar el efecto de la adición de lodo a suelos agrícolas, pues estos ensayos son indicadores confiables de la madurez del biosólido para ser aplicado al suelo. (Celis, et al., 2006)

Diversos autores determinan el índice de germinación (IG), integrando el porcentaje relativo de germinación y el crecimiento relativo de raíces. Esto permite establecer tres niveles de fitotoxicidad: severa, moderada y baja o nula. (Varnero M., et al., 2007)

1.2.4.3 Clasificación en fracciones

Se clasifica el compost preparado en fracciones con diferentes diámetros de partículas. Las fracciones estándar se presentan a continuación:

Tabla 5-1: Fracciones estándar del compost

Nº	FRACCIÓN	DIÁMETRO DE LAS PARTÍCULAS	APLICACIONES DEL COMPOST
1	Compost fino	< 12 mm	Abono, mejoramiento del suelo
2	Compost mediano	12 – 25 mm	Abono, mejoramiento del suelo, material de filtros biológicos
3	Compost grueso	>25 mm	Material de estructura para mejoramiento del suelo, material de estructura para compostaje, material de cobertura del relleno sanitario, material de relleno para trabajos de construcción o de arquitectura de paisaje.

Fuente: Röben, 2002

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

1.2.5 Aplicación del compost

1.2.5.1 Uso del compost como abono orgánico

Son varios los beneficios del compost: Es un acondicionador y recuperador de suelos por su alto contenido orgánico, sirve como fuente de nutrición natural para las plantas, conserva la humedad del suelo, propicia el desarrollo de los microorganismos benéficos, que a su vez ayudan a controlar las plagas y enfermedades de las raíces, aumenta las propiedades físicas del suelo como textura, estructura y porosidad, es más económico, se logra producir fácilmente y aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios.

El beneficio del compost de residuos sólidos urbanos en la agricultura como enmienda del suelo y su valor agrícola proviene del contenido en materia orgánica y elementos fertilizantes.

Son variados los efectos del compost sobre el suelo, como tenemos:

Tabla 6-1: Efectos del compost sobre el suelo

N°	PROPIEDADES	ACCIÓN
1	Físicas	Mejora la estructura y estabilidad del suelo, incrementa la porosidad, la permeabilidad del aire y la retención del agua.
2	Químicas	Incremento de la capacidad tampón, aumento del intercambio catiónico y del contenido de materia orgánica, incremento de los niveles de macro y micronutrientes esenciales.
3	Biológicas	Favorece la coexistencia de diferentes especies de microorganismos, incrementa la microflora y la mesofauna como protozoos, rotíferos, nematodos y artrópodos, estimula la actividad microbiana y reduce la producción de patógenos.

Fuente: Puerta, 2004

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

1.2.5.2 Aspectos legislativos

En referencia a aspectos legales se hará alusión a normativas internacionales, concernientes a presencia de metales pesados, patógenos y vectores, ya que no se cuenta con una legislación nacional. Como referencia tenemos las Normas EPA (Fed.Reg.40, C.F.R. Part 503,1993) y las de la Unión Europea (Council Directive 86/278/EEC).

Para el manejo de vectores y patógenos se utilizan las normas de la EPA para productos de clasificación A, para tal fin en la fase termófila la temperatura que se debe alcanzar es de 55 °C por 15 días y como mínimo haber realizado 5 volteos para sistemas con volteos y 55 °C por un tiempo de 3 días para sistemas estáticos.

Las pilas que incumplan estos rangos de temperaturas son desechadas y reintegradas como material estructurante de pilas nuevas. Finalizado el proceso de maduración, el material es tamizado con una malla de 0,5 cm y el producto debe ser examinado para identificar coliformes fecales debiendo ser inferior a 1000 NMP/g de material seco anterior a ser empacado y comercializado. (Mazzarino, et al., 1994)

Diversos países latinoamericanos no disponen de normas nacionales para la calidad del compostaje, sin embargo algunos países están construyendo sus propias normas de calidad siendo Chile el pionero, no obstante varias de sus normas están basadas en otras normativas internacionales que están siendo consultadas a otras naciones como Perú y Ecuador. Los compost elaborados de diferentes materias primas y su calidad se rigen a los rangos establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). (Yañez, et al., 2007 p. 731)

Varias entidades nacionales públicas y privadas con actividades relacionadas a la producción orgánica en el Ecuador, se rigen al instructivo vigente de la Normativa General para promover y regular la Producción Orgánica-Ecológica-Biológica en el Ecuador, publicada en registro oficial No. 34 del 11 de julio del 2013, en la cual se anexan disposiciones y técnicas para la producción, su etiquetado y control de los productos orgánicos con la intención de ofrecer a las personas y colectividades productos y alimento sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en relación con sus identidades y tradiciones culturales.

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 TIPO DE MUESTREO

En nuestra investigación el muestreo es de tipo longitudinal, ya que obtenemos datos de la misma población pero en distintos momentos durante un periodo determinado, que en este caso sería el período que dura el proceso de compostaje, con la finalidad de examinar sus variaciones en el tiempo.

2.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1 Levantamiento de información de campo

El objeto de estudio de nuestra investigación es la elaboración de compost con los residuos sólidos orgánicos generados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la Panamericana Sur km 1 ½, en la ciudad de Riobamba – Ecuador.

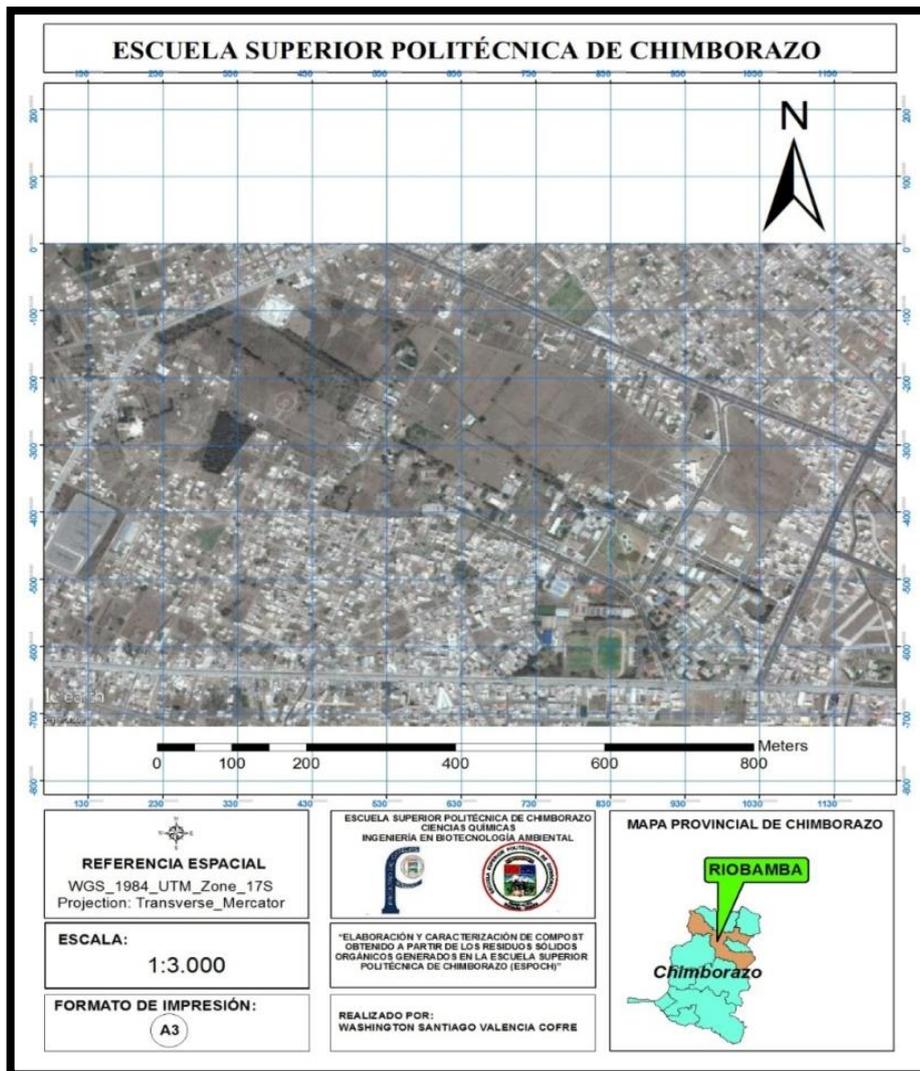


Figura 1–2: Mapa de la ESPOCH.
Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Para desarrollar el proyecto de investigación se realizaron diferentes actividades, a continuación una descripción de cada una de ellas.

2.2.1.1 *Clasificación y cuantificación de residuos inorgánicos generados en la ESPOCH destinados a vertedero*

Para realizar la clasificación y cuantificación de los residuos sólidos inorgánicos de la ESPOCH destinados al botadero de Riobamba, se trabajó con los recipientes que los conserjes colocan en las veredas y se realizó la separación y clasificación in-situ de los residuos, es decir, éstos se recogieron en fundas plásticas, se etiquetaron y se depositaron en el camión recolector institucional para su posterior pesaje. Se contó con la ayuda del personal que normalmente realiza este trabajo.

Los principales residuos generados son: cartón, papel, plástico duro, plástico suave, y chatarra o metal. Una vez registrados los pesos, se procedió a la disposición final de todos los residuos en el botadero de Porlón.

Esta actividad se realizó durante los días normales de recolección de la basura (lunes, miércoles y viernes) durante tres semanas. Este período fue suficiente pues no se observaron diferencias significativas en los datos.



Figura 2-2: Pesaje de plástico suave.
Fuente: Santiago Valencia, 2015



Figura 3-2: Pesaje de cartón.
Fuente: Santiago Valencia, 2015

2.2.1.2 Cuantificación de los residuos sólidos orgánicos (RSO) procedentes de bares y comedor de la ESPOCH

Bares

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo existen siete bares ubicados en las facultades de Recursos Naturales, Ciencias Pecuarias, Ciencias, Salud Pública, Mecánica, Administración de Empresas y en la Asociación de profesores. El bar de la piscina dejó de funcionar a partir del mes de enero de 2015. En los otros bares se generan residuos orgánicos como producto de la preparación de desayunos, almuerzos, platos a la carta y comida rápida.

Para la recolección y cuantificación de los residuos sólidos orgánicos de los bares se contó con la ayuda de sus empleados que fueron colocando todos los residuos orgánicos generados a lo largo del día en fundas plásticas entregadas. El pesaje se realizó en la noche con una romanilla digital de capacidad de 45 Kg.

Esta actividad se la realizó durante tres meses con el fin de obtener datos representativos.



Figura 4-2: Recolección de RSO en bares.
Fuente: Santiago Valencia, 2015

Comedor

Para la cuantificación de los residuos sólidos orgánicos del comedor institucional, se dotó de tachos para su respectiva recolección.

El comedor de la ESPOCH abre sus instalaciones de lunes a viernes desde las 07:00 hasta las 15:00 horas aproximadamente, por lo que a partir de las 14:30 se realizó la actividad de pesaje, con la ayuda de una balanza romana de 100 Kg. Esta actividad se cumplió sin ninguna novedad y se realizó durante nueve semanas, debido a que en parte del período de estudio, el comedor se encontraba en remodelación.



Figura 5-2: Pesaje de RSO en comedor politécnico.
Fuente: Santiago Valencia, 2015

2.2.1.3 *Elaboración de compost*

Lugar de compostaje

El experimento de compostaje se realizó en el Centro de Interpretación Ambiental Ricpamba ubicado al nor-oeste del Parque Lineal Chibunga en la ciudad de Riobamba. Este lugar prestó las facilidades para el desarrollo de este proceso. Una vez ubicado el lugar de trabajo se realizó la limpieza del terreno ya que se encontraba lleno de basura y mala hierba.

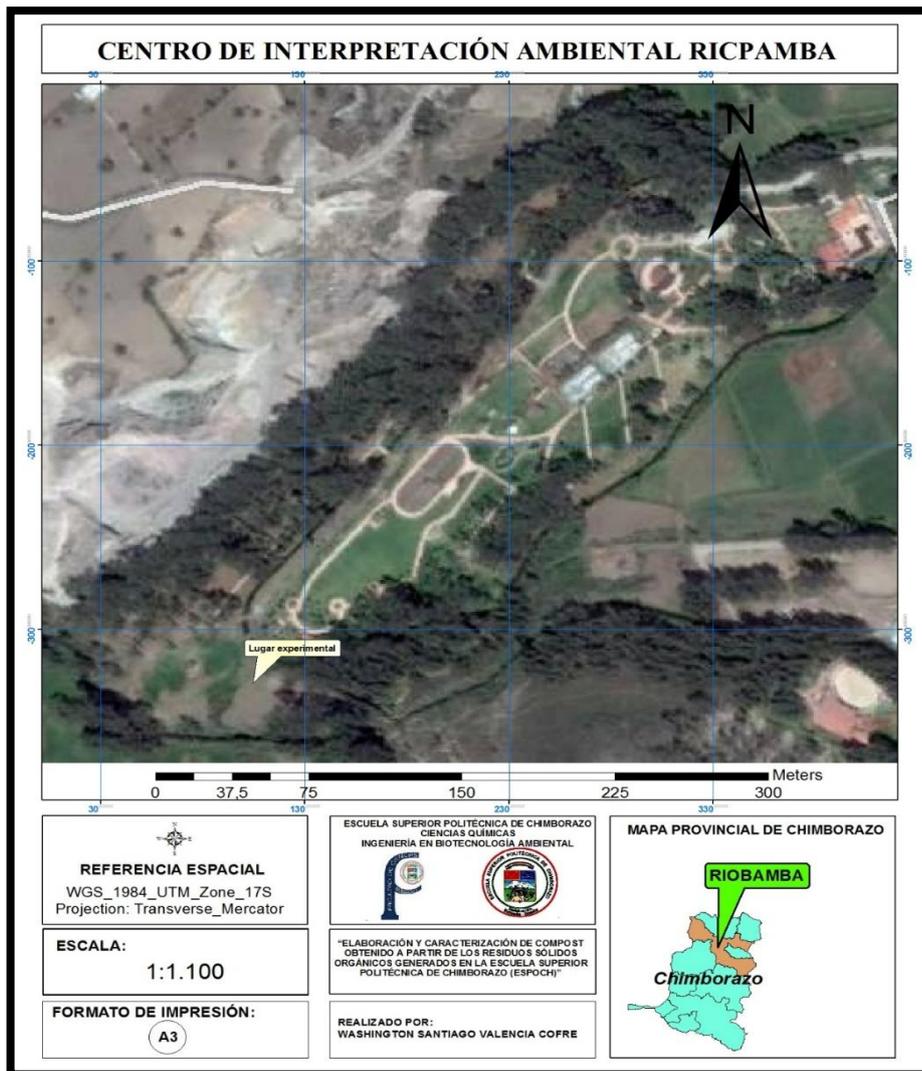


Figura 6-2: Mapa del Centro de Interpretación Ambiental Ricpamba.
Realizado por: Santiago Valencia, 2015



Figura 7-2: Preparación del lugar experimental.
Fuente: Santiago Valencia, 2015

Determinación de la relación C/N

Para armar la pila fue necesario establecer la relación C/N. Para esto se tomó una muestra representativa de la materia orgánica de los bares y del comedor. De acuerdo a la revisión bibliográfica, los residuos de comida presentan una relación C/N baja, por tanto fue necesario añadir material vegetal como kikuyo y residuos de poda de palma, que a la vez actuaron como agentes estructurantes. Los parámetros analizados fueron materia orgánica, nitrógeno total y humedad. Con los resultados obtenidos se calculó la relación C/N con la ayuda de una calculadora C/N disponible en internet. La relación óptima se encuentra en el rango de 25 a 35.

De esta manera obtenemos las cantidades necesarias para mezclar y formar la pila.

Calculate C/N Ratio For Three Materials

This calculation solves for the carbon to nitrogen ratio of up to three materials. Enter the mass of each material (wet weight), percentage of carbon, percentage of nitrogen, and percentage of moisture, then click on the calculate button. If you have less than three materials be sure to enter zeroes in the fields for the missing materials.

Note - Use whole numbers

Ingredient	% H2O	Weight	% Carbon	% Nitrogen	C/N Ratio
RSO ESPOCH	80.78	5	46.91	1.89	
KIKUYO	5.3	2	26.57	1.48	
PALMA	13.37	2	36.84	0.85	
				Result:	26.137547192110

Calculate Reset

Figura 8-2: Cálculo de la relación C/N.

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Formación de la pila de compostaje

Una vez establecidas las cantidades exactas de los diferentes materiales para formar la pila, se procedió a su trituración, con la ayuda de un molino de cuchillas existente en el laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Esta operación fue necesaria para disminuir el tamaño de partícula, homogenizar la muestra y acelerar el compostaje. La pila formada con la mezcla de los tres materiales en la proporción establecida tuvo las siguientes dimensiones: 1,10m x 2m x 2m (altura, ancho y longitud).



Figura 9-2: Triturado de palma ornamental.
Fuente: Santiago Valencia, 2015



Figura 10-2: Formación de pila experimental.
Fuente: Santiago Valencia, 2015

Una vez armada la pila, se comprobó la humedad introduciendo el higrómetro en diez puntos distintos. De igual manera se registró la temperatura introduciendo el termómetro digital en los mismos puntos. Los puntos de toma de datos fueron diez: tres a 0,50 m de la superficie, y dos a 0,90 metros desde la base y a lo largo de la pila. Se toman otros cinco puntos equivalentes al otro lado de la pila.



Figura 11-2: Toma de datos de humedad y temperatura.
Fuente: Santiago Valencia, 2015

La humedad se corrigió regando con una manguera de tal manera que el agua caiga suavemente homogenizando todo el material.

Para el control de todo el proceso y su análisis en el laboratorio, se toman muestras representativas. Éstas fueron secadas, molidas y rotuladas, por ejemplo P_eT_0 (Pila experimental en Tiempo cero).



Figura 12-2: Pesaje de muestras representativas.
Fuente: Santiago Valencia, 2015



Figura 13–2: Pesaje de material final (secado y molido).
Fuente: Santiago Valencia, 2015

Estas muestras se obtuvieron tomando con una pala el material de 10 puntos distintos y por el método del cuarteo se dejó en 2 Kg aproximadamente.

Toma de datos de humedad y temperatura

Durante la primera semana de formación de la pila, se tomaron los datos de humedad y temperatura pasando un día siempre en los diez puntos escogidos.

A partir de la segunda semana se midió la humedad y temperatura cada siete días, siempre en los diez puntos escogidos.

La temperatura nunca debe sobrepasar los 70 °C para evitar la muerte de los microorganismos pero es necesario que se mantenga alrededor de los 65 °C por al menos 72 horas, pues a esa temperatura mueren los microorganismos patógenos.

El higrómetro marca tres colores: el color rojo significa que falta humedad, entonces regamos la pila; si marca en la zona verde la humedad es la correcta y si marca la zona azul está muy húmeda. De ser así, se voltea la pila para disminuir la humedad.



Figura 14-2: Toma de datos (temperatura).
Fuente: Santiago Valencia, 2015

Volteos y toma de muestras

Cuando la temperatura comenzó a bajar se procedió al volteo de la pila. Previo a cada volteo, se toma la muestra representativa.

El volteo se realizó aproximadamente cada dos semanas, en dependencia de los valores de temperatura.



Figura 15-2: Volteo de pila experimental.
Fuente: Santiago Valencia, 2015

Etapa de maduración

Cuando la temperatura se aproximó a la ambiente, se consideró que el proceso biooxidativo ha terminado. Entonces el material compostado pasó a la etapa de maduración. Para esto se redujo la altura de la pila aproximadamente a la mitad y se dejó en reposo por al menos un mes. Durante este período se mantuvo el control de humedad y temperatura una vez por semana.



Figura 16-2: Etapa de maduración de pila experimental.
Fuente: Santiago Valencia, 2015

Obtención de compost como producto final

Una vez concluido el período de maduración, con la ayuda de una malla (1 cm de paso de luz) se ciernó el compost, se colocó en sacos y se pesó para conocer la cantidad final de producto.

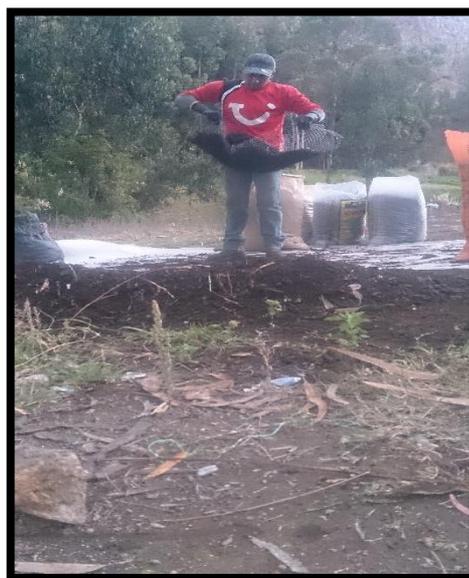


Figura 17-2: Tamizado de producto final.
Fuente: Santiago Valencia, 2015



Figura 18–2: Traslado de producto final.
Fuente: Santiago Valencia, 2015

2.2.1.4 Características físico-químicas, químicas y biológicas del compost obtenido.

La determinación de las características físico-químicas (pH, Conductividad eléctrica), químicas (materia orgánica, nitrógeno, sustancias húmicas, fósforo y potasio) y biológicas (índice de germinación) del compost, se realizaron en el laboratorio de Análisis Técnicos de la facultad de Ciencias y en los laboratorios de Agrocalidad de la ciudad de Quito.



Figura 19–2: Análisis de pH y CE.
Fuente: Santiago Valencia, 2015



Figura 20-2: Índice de germinación.
Fuente: Santiago Valencia, 2015

2.2.2 Técnicas

Las técnicas utilizadas son las establecidas en la literatura relacionada y se encuentran en detalle en el Anexo A.

2.3 INSTRUMENTOS Y MATERIALES

En las siguientes tablas se describen los instrumentos y materiales empleados a lo largo de la investigación.

Tabla 1–2: Instrumentos y materiales para la clasificación y cuantificación de residuos sólidos de la ESPOCH

Nº	FUNCIÓN	HERRAMIENTA, MATERIAL, INSTRUMENTO, Y MAQUINARIA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Clasificación y cuantificación de residuos sólidos de la ESPOCH	Maquinaria	Camión	1 unidad
		Materiales	Guantes de cuero	2 pares
			Libreta de apuntes	1 unidad
			Mascarilla desechable rectangular	4 unidades
			Fundas plásticas industriales	2 paquetes
		Instrumentos	Balanza romana 100 Kg	1 unidad
			Calculadora científica	1 unidad
			Ordenador	1 unidad

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Tabla 2–2: Instrumentos y materiales para realizar el proceso de compostaje

Nº	FUNCIÓN	HERRAMIENTA, MATERIAL, INSTRUMENTO, Y MAQUINARIA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Adecuación del terreno para construir la pila	Maquinaria	Minicargadora	1 unidad
		Herramientas	Pala cuadrada	1 unidad
			Machete	1 unidad
2	Toma de muestras de RSO	Materiales	Tachos plásticos	2 unidades
			Fundas plásticas industriales	2 unidades
			Guantes de látex	2 unidades
			Libreta de apuntes	1 unidad
			Mascarilla desechable rectangular	2 unidades
		Instrumentos	Balanza digital portátil	1 unidad

Tabla 2-2: Continuación

3	Preparación de la materia prima	Maquinaria	Molino de cuchillas	1 unidad
		Herramientas	Barra de acero de 16 lb	1 unidad
			Pala cuadrada	1 unidad
		Materiales	Cuerda plástica	1 rollo
			Gafas de seguridad plásticas	1 unidad
			Guantes de látex	2 unidades
			Mascarilla desechable rectangular	2 unidades
		Instrumentos	Sacos de plástico	varias unidades
Balanza digital portátil	1 unidad			
4	Recolección de RSO	Materiales	Cuerda plástica	1 rollo
			Guantes de látex	2 unidades
			Mascarilla desechable rectangular	2 unidades
			Sacos de plástico	varias unidades
Instrumentos	Balanza digital portátil	1 unidad		
5	Construcción de la pila experimental	Maquinaria	Molino de cuchillas	1 unidad
		Herramientas	Barra de acero de 16 lb	1 unidad
			Pala cuadrada	1 unidad
			Machete	1 unidad
		Materiales	Carretilla	1 unidad
			Flexómetro	1 unidad
			Guantes de látex	2 unidades
			Mascarilla desechable rectangular	2 unidades
			Plástico negro antihierbas para huerto	varios m ²
		Instrumentos	Termómetro digital	1 unidad
Medidor de humedad	1 unidad			
6	Monitoreo del proceso	Materiales	Regadera	1 unidad
		Instrumentos	Termómetro digital	1 unidad
			Medidor de humedad	1 unidad

Tabla 2-2: Continuación

7	Verificación del producto final	Herramientas	Pala cuadrada	1 unidad
		Materiales	Malla	1 m ²
			Sacos de plástico	varias unidades
		Instrumentos	Balanza digital portátil	1 unidad

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

2.4 DATOS EXPERIMENTALES

A continuación se presenta la información correspondiente a los materiales iniciales de la pila.

Tabla 3-2: Residuos utilizados en la pila de compostaje experimental

N°	NOMBRE	TIPO DE RESIDUOS	PESO (Kg)	ESTADO
1	Pila Experimental	Kikuyo	222,22	Seco
		RSO ESPOCH	555,56	Fresco
		Palma	222,22	Seco

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 CÁLCULOS

Para realizar los cálculos se ha empleado varias fórmulas. Así tenemos por ejemplo:

Secado inicial de RSO:

$$\%H = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso húmedo}} * 100$$

$$\%H = \frac{2417,62 - 466,93}{2417,62} * 100$$

$$\%H = 80,69 \%$$

Cenizas

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{crisol con muestra calcinada} - \text{crisol vacío}}{\text{crisol con muestra inicial} - \text{crisol vacío}} * 100$$

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{22,4351 - 21,4238}{24,4282 - 21,4238} * 100$$

$$\% \text{ Ceniza} = 33,66 \%$$

Materia orgánica

$$\% \text{ MO} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{muestra seca}) - (\text{peso crisol} + \text{muestra calcinada})}{(\text{peso crisol} + \text{muestra seca}) - (\text{peso del crisol vacío})} * 100$$

$$\% \text{ MO} = \frac{(24,4282) - (22,4351)}{(24,4282) - (21,4238)} * 100$$

$$\% MO = 66,34 \%$$

Carbono

$$\% C = \frac{\text{Materia orgánica}}{1,84}$$

$$\% C = \frac{66,34}{1,84}$$

$$\% C = 36,05 \%$$

Índice de germinación

$$\%IG = \frac{\% \text{ de germinación} * \% \text{ de crecimiento de las raíces}}{100}$$

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\# \text{ de semillas germinadas con el extracto de compost}}{\# \text{ de semillas germinadas con agua destilada}} * 100$$

$$\% \text{ de germinación} = \frac{54}{60} * 100$$

$$\% \text{ de germinación} = 90 \%$$

$$\% \text{ de crecimiento de las raíces} = \frac{\text{longitud promedio de la raíz con el extracto de compost}}{\text{longitud promedio de la raíz con agua destilada}} * 100$$

$$\% \text{ de crecimiento de las raíces} = \frac{5,54}{7,48} * 100$$

$$\% \text{ de crecimiento de las raíces} = 74,06 \%$$

$$\%IG = \frac{\% \text{ de germinación} * \% \text{ de crecimiento de las raíces}}{100}$$

$$\%IG = \frac{90 * 74,06}{100}$$

$$\%IG = 66,65 \%$$

3.2 RESULTADOS

3.2.1 Cuantificación de los residuos sólidos generados en la ESPOCH destinados a vertedero

Estos datos fueron proporcionados por el personal municipal que lleva el registro de ingreso de los residuos que llegan tres días a la semana (lunes, miércoles y viernes) desde la ESPOCH al Botadero de Porlón y representa el peso neto de los residuos sólidos generados en la institución y que se destinan al vertedero.

Tabla 1–3: Resultados de la generación de residuos en la ESPOCH destinados al vertedero

Nº	MES	PESO BRUTO (Kg)	PESO DEL VEHÍCULO (Kg)	PESO NETO (Kg/día)
1	abr-2015	1860	1510	350
		1995	1495	500
		2030	1485	545
		1925	1485	440
		Promedio diario		
2	may-2015	2065	1540	525
		1755	1540	215
		2120	1540	580
		2630	1605	1025
		Promedio diario		
3	jun-2015	2130	1660	470
		1910	1660	250
		1905	1465	440
		1850	1465	385
		1780	980	800
		Promedio diario		
4	jul-2015	1875	1465	410
		1970	1465	505
		1790	1415	375
		1990	1415	575
		1950	1580	370
		1970	1520	450
		Promedio diario		

Tabla 1-3: Continuación

5	ago-2015	1865	1460	405
		1989	1498	491
		1972	1515	457
		1990	1410	580
		1730	1350	380
		1780	1430	350
		Promedio diario		

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

3.2.2 Clasificación y cuantificación de los residuos sólidos generados en la ESPOCH destinados a vertedero

La clasificación y cuantificación de los distintos residuos sólidos se realizó tres días a la semana respetando la recolección programada en la institución y durante tres semanas con el fin de obtener los pesos totales de los distintos componentes. Los residuos que predominaron fueron: orgánicos, cartón, plástico, papel, metal y otros. Esta última categoría corresponde a residuos de poda y a aquellos residuos que están en mezcla (por ejemplo fundas plásticas con restos de comida).

Tabla 2-3: Cuantificación de componentes destinados a vertedero

N°	SEMANA 1				
	Tipo de Residuo	Cantidad (Kg)			Promedio (Kg/día)
Día 1		Día 2	Día 3		
2	Cartón	55	31	20	35,33
3	Plástico duro	12	7	8	9,00
4	Plástico suave	8	9	12,5	9,83
5	Papel	14	8	7	9,67
6	Metal	4	5	11	6,67
7	Orgánico	35	59	65	53,00
8	Otros	390	340	354	361,33
9	TOTAL	518	459	477,5	484,83
10	SEMANA 2				
11	Tipo de Residuo	Cantidad (Kg)			Promedio (Kg/día)
		Día 1	Día 2	Día 3	
12	Cartón	37	42	22	33,67
13	Plástico duro	4	6	5	5,00
14	Plástico suave	4	14,5	10	9,50
15	Papel	5	7	6	6,00
16	Metal	44	32	3	26,33
17	Orgánico	30	57	61	49,33

Tabla 2-3: Continuación

18	Otros	449	471	380	433,33
19	TOTAL	573	629,5	487	563,17
20	SEMANA 3				
21	Tipo de Residuo	Cantidad (Kg)			Promedio (Kg/día)
		Día 1	Día 2	Día 3	
22	Cartón	22	26	17	21,67
23	Plástico duro	5,5	5,5	4	5,00
24	Plástico suave	12	17	13	14,00
25	Papel	10	8	7	8,33
26	Metal	7	5	7	6,33
27	Orgánico	29	66	46	47,00
28	Otros	258	411	347	338,67
29	TOTAL	343,5	538,5	441	441,00

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

3.2.3 Cuantificar los RSO procedentes de bares y comedor de la ESPOCH

Para obtener estos resultados se efectuó el trabajo de campo durante tres meses, arrojando los datos descritos a continuación.

Tabla 3-3: Residuos sólidos orgánicos mes de octubre de 2014

N °	RSO MES DE OCTUBRE 2014				
1	Bares de la ESPOCH	Promedio Kg/día de la Semana 1; 2014	Promedio Kg/día de la Semana 2; 2014	Promedio Kg/día de la Semana 3; 2014	PROMEDIO EN Kg/día DEL MES DE OCTUBRE DE 2014
2	Recursos Naturales	7,7	9,1	10,9	9,2
3	Ciencias Pecuarias	8,0	9,8	8,4	8,7
4	Ciencias	4,2	5,4	4,3	4,7
5	Medicina	3,0	2,6	3,5	3,0
6	Mecánica	6,3	5,0	7,1	6,2
7	FADE	4,2	5,2	3,6	4,4
8	Asociación de profesores	8,8	8,5	6,2	7,8
9	Comedor	-	-	62,1	62,1
10	TOTAL	42,3	45,6	106,2	64,7

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Tabla 4–3: Residuos sólidos orgánicos mes de noviembre de 2014

N°		RSO MES DE NOVIEMBRE 2014				
1	Bares de la ESPOCH	Promedio Kg/día de la Semana 1; 2014	Promedio Kg/día de la Semana 2; 2014	Promedio Kg/día de la Semana 3; 2014	Promedio Kg/día de la Semana 4; 2014	PROMEDIO EN Kg/día DEL MES DE NOVIEMBRE DE 2014
2	Recursos Naturales	9,3	10,1	11,4	10,9	10,4
3	Ciencias Pecuarias	8,8	8,2	7,1	8,3	8,1
4	Ciencias	6,5	7,7	4,5	5,7	6,1
5	Medicina	3,2	3,1	4,0	3,4	3,4
6	Mecánica	7,9	8,1	6,9	6,6	7,4
7	FADE	5,2	5,8	4,0	4,8	5,0
8	Asociación de profesores	8,0	6,0	4,1	5,4	5,9
9	Comedor	50,8	62,8	48,3	84,6	61,6
10	TOTAL	99,8	111,7	90,2	129,7	107,8

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Tabla 5–3: Residuos sólidos orgánicos mes de abril de 2015

N°		RSO MES DE ABRIL 2015				
1	Bares de la ESPOCH	Promedio Kg/día de la Semana 1; 2015	Promedio Kg/día de la Semana 2; 2015	Promedio Kg/día de la Semana 3; 2015	Promedio Kg/día de la Semana 4; 2015	PROMEDIO EN Kg/día DEL MES DE ABRIL DEL 2015
2	Recursos Naturales	9,9	13,2	14,4	12,0	12,4
3	Ciencias Pecuarias	7,3	9,2	7,9	15,2	9,9
4	Ciencias	4,5	4,4	5,3	9,1	5,8
5	Medicina	3,0	3,6	3,9	4,3	3,7
6	Mecánica	6,6	6,2	8,7	8,8	7,6
7	FADE	4,6	5,0	5,1	5,0	4,9
8	Asociación de profesores	2,3	3,9	3,5	1,6	2,8
9	Comedor	53,2	62,2	49,9	62,4	56,9
10	TOTAL	91,4	107,8	98,8	118,4	104,1

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

3.2.4 *Elaboración y caracterización de compost a partir de RSO de la ESPOCH*

Se efectuó la caracterización físico-química, química y biológica de los materiales iniciales a ser utilizados en la pila de compostaje con el fin de conocer sus características.

Los resultados de los parámetros presentados a continuación se realizaron en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH y en los laboratorios de Agrocalidad.

Tabla 6–3: Caracterización materiales iniciales.

N°	PARÁMETRO ANALIZADO	RESULTADO MUESTRA			UNIDAD	MÉTODO
		KIKUYO	RSO ESPOCH	PALMA		
1	Cenizas	51,11	13,69	32,21	%	Gravimétrico
2	Materia orgánica	48,89	86,31	67,79	%	Gravimétrico
3	Nitrógeno	1,48	1,89	0,85	%	Dumas
4	Fósforo	0,09	0,2	0,1	%	Colorimétrico
5	Potasio	0,53	2,07	0,8	%	Absorción atómica
6	Calcio	1,52	2,65	1,62	%	Absorción atómica
7	Magnesio	0,55	0,13	0,39	%	Absorción atómica
8	Hierro	5786,53	568,5	4400,9	Ppm	Absorción atómica
9	Manganeso	102,84	21,10	66,15	Ppm	Absorción atómica
10	Cobre	24,99	7,00	28,08	Ppm	Absorción atómica
11	Zinc	39,18	23,80	52,66	Ppm	Absorción atómica
12	Conductividad eléctrica *	2,06	9,05	4,02	μS	Potenciométrico
13	Humedad *	5,3	80,78	13,37	%	Gravimétrico
14	pH *	7,94	8,80	5,8	Unidades	Potenciométrico
15	Carbono *	26,57	46,91	36,84	%	

*: Análisis realizados en la ESPOCH

Fuente: Agrocalidad

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Tabla 7–3: Parámetros controlados durante el proceso de compostaje

N°	PARÁMETRO ANALIZADO	MUESTRAS						UNIDAD	MÉTODO
		PeT0	PeT1	PeT2	PeT3	PeT4	PeT5		
1	Tiempo de obtención	0	49	70	84	119	161	Días	
2	Cenizas	33,66	52,19	52,57	64,51	65,11	59,01	%	Gravimétrico
3	Materia orgánica	66,34	47,81	47,43	35,49	34,89	40,99	%	Gravimétrico
4	Nitrógeno	1,38	1,45	1,53	1,61	1,69	1,78	%	Dumas
5	C/N	26,13	17,92	16,85	11,98	11,22	12,51	Unidades	
6	Fósforo	0,2	–	–	–	–	0,64	%	Colorimétrico
7	Potasio	3,74	–	–	–	–	1,9	%	Absorción atómica
8	Calcio	0,54	–	–	–	–	–	%	Absorción atómica
9	Magnesio	0,11	–	–	–	–	–	%	Absorción atómica
10	Hierro	145,80	–	–	–	–	–	ppm	Absorción atómica
11	Manganeso	38,48	–	–	–	–	–	ppm	Absorción atómica
12	Cobre	14,09	–	–	–	–	–	ppm	Absorción atómica
13	Zinc	25,99	–	–	–	–	–	ppm	Absorción atómica
14	Conductividad eléctrica *	3,45	4,53	5,4	3,73	3,06	3,06	mS/cm	Potenciométrico

Tabla 7-3: Continuación

15	Humedad *	63,99	38,88	53,4	45,04	57,66	46,48	%	Gravimétrico
16	pH *	8,46	7,90	7,85	7,87	8,02	7,77	Unidades	Potenciométrico
17	Carbono *	36,05	25,98	25,78	19,29	18,96	22,27	%	
18	Índice de germinación *	66,65	–	–	–	–	92,41	%	

*: Análisis realizados en la ESPOCH

–: Análisis no realizados

Fuente: Agrocalidad

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Tabla 8–3: Índice de germinación

Nº	PARÁMETRO	BLANCO	PeT0	PeT5	UNIDAD
1	Semillas germinadas	75	67,5	72,5	%
2	Semillas sin germinar	25	32,5	27,5	%
3	Germinación de semillas referente		90	96,67	%
4	Longitud de raíz referente		74,06	95,59	%
5	Índice de germinación		66,65	92,41	%

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Tabla 9–3: Rendimiento del proceso de compostaje

Nº	COMPONENTES	PESO (Kg)	PORCENTAJE (%)
1	Peso inicial	1000	100
2	Pérdida de peso por extracción de muestreos	12	1,2
3	Pérdida de peso por descomposición y volteos	517,5	51,75
4	Pérdida de peso por refinación	61	6,1
5	Producto final	409,5	40,95

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

3.3 DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.3.1 Clasificación y cuantificación de los residuos sólidos generados en la ESPOCH destinados a vertedero.

Los residuos sólidos generados en la ESPOCH, se los clasificaron en seis grupos: cartón, plástico duro, plástico suave, papel, chatarra y residuos orgánicos. Y su destino final es el botadero de Porlón de la ciudad de Riobamba.

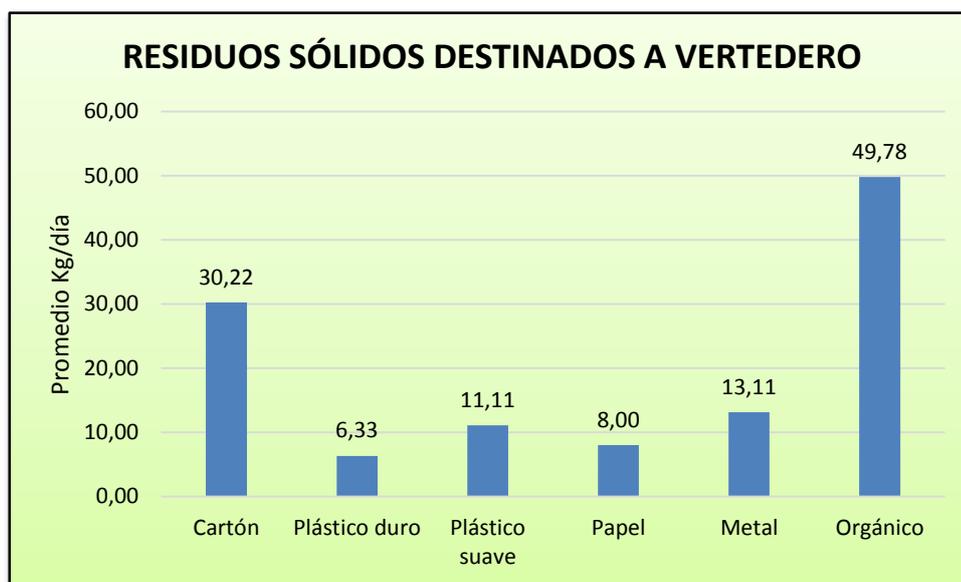


Gráfico 1-3: Tipos de RS generados en la ESPOCH.
Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Los residuos sólidos orgánicos son los que se generan en mayor cantidad, con un promedio de 49,78 Kg/día. El 46,96% de porcentaje de estos residuos son destinados al botadero ya que una parte son usados para la alimentación de animales (cerdos). Esto se puede evidenciar, pues la cantidad de residuos orgánicos destinados al botadero es considerable con relación a la cantidad real generada en la institución.

Entre los residuos sólidos inorgánicos, el cartón es el residuo sólido que más se destina a vertedero con un promedio de 30,22 Kg/día, Los bares y el comedor contribuyen con grandes cantidades de este material, debido a que gran parte de los productos que venden vienen empacados en cartones de diferente tamaño.

Los metales están presentes con un promedio de 13,11 Kg/día y corresponden a desechos de materiales de construcción y envases de aluminio de bebidas.

El total de plástico generado es de 17,44 Kg/día. El plástico suave de botellas de refrescos y fundas contribuye con un promedio de 11,11 Kg/día y el plástico duro (envases de yogurt y bebidas no carbonatadas) con un promedio de 6,33 Kg/día, siendo el tipo de residuo que en menor cantidad se designa a Porlón.

El papel se destina al botadero en un promedio de 8,00 Kg/día, debido a que en la institución existe la presencia de varios recicladores que recogen diariamente este material de las oficinas para su posterior comercialización.

3.3.2 *Cuantificar los RSO procedentes de bares y comedor de la ESPOCH*

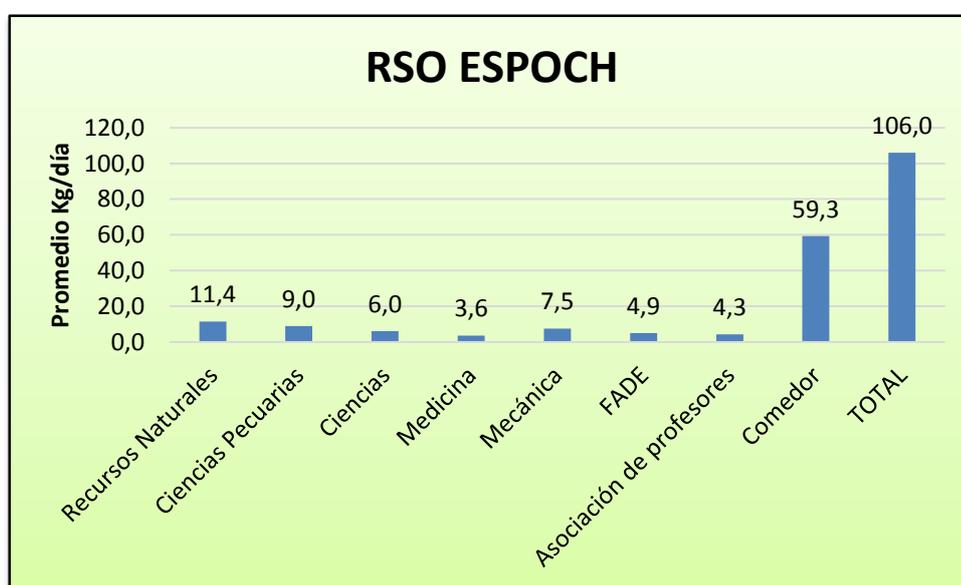


Gráfico 2-3: Cuantificación de RSO en bares de las facultades de la ESPOCH.
Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Se observa claramente que el comedor institucional es el lugar donde se genera mayor cantidad de residuos orgánicos, con un promedio de 59,3 Kg/día, debido a que en este lugar se preparan desayunos y almuerzos que son consumidos por un gran número de estudiantes. En cuanto a los bares de facultades, el de Recursos Naturales genera más desechos orgánicos 11,4 Kg/día posiblemente porque en esta facultad se trabaja en jornada única.

3.3.3 *Elaboración y caracterización del compost obtenido a partir de los RSO generados en la ESPOCH*

Los primeros análisis se realizaron en los materiales de partida (RSO de bares y comedor, residuos de palma y kikuyo) para establecer la relación C/N de la pila.

Curva de secado de RSO de bares y comedor



Gráfico 3-3: Curva de secado
Realizado por: Santiago Valencia, 2015

La curva de secado de los residuos sólidos orgánicos indica que este tipo de residuos presentan una alta humedad. El porcentaje de humedad fue de 80,69%, dato que concuerda con reportes bibliográficos.

Caracterización de la materia prima

Como se estableció en la curva de secado, la **humedad** de los residuos orgánicos fue de 80,78%, ya que estos residuos eran frescos. Los residuos de palma presentaron un porcentaje de humedad de 13,37% y 5,30 % para el kikuyo; estos datos fueron bajos ya que estos residuos se encontraban prácticamente secos.

El **pH** de los residuos de palma presentó un valor ligeramente ácido (5,8); mientras que el de kikuyo y de los RSO de la ESPOCH fue levemente básico; esto posiblemente se debe a la presencia de hortalizas y leguminosas ricas en proteínas.

En referencia al porcentaje de contenido de **carbono** la palma fue la que presentó menor cantidad con un 34,42% debido a que es un árbol no leñoso; seguido con un 37,49% del kikuyo; y con mayor cantidad los residuos sólidos orgánicos con un 46,76%.

Los RSO presentaron mayor porcentaje de **nitrógeno** (1,89%), seguido del kikuyo (1,48%) y residuos de palma (0,85%). Esto concuerda con la observación de que el material vegetal verde presenta más cantidad de nitrógeno que el material vegetal café.

Con esta información se determinó la relación C/N de partida y fue 26,13.

Monitoreo de parámetros del proceso

Temperatura

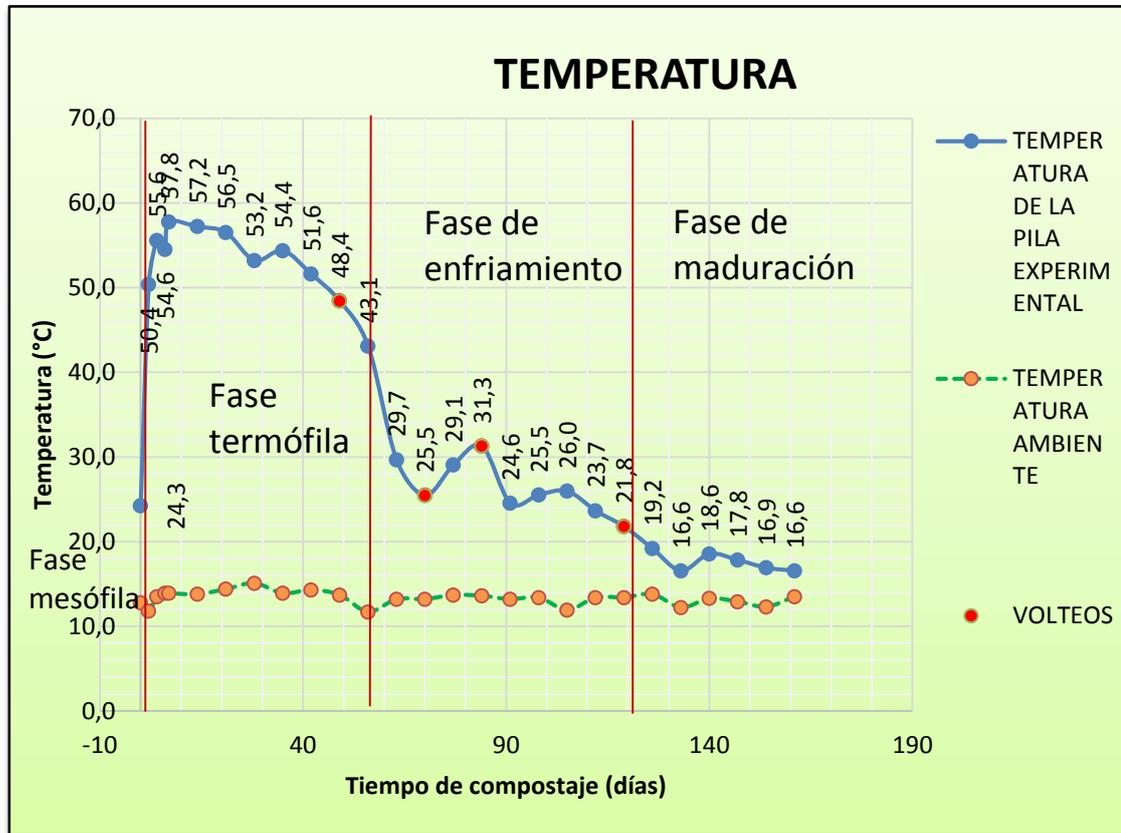


Gráfico 4-3: Variación de temperatura en el proceso de compostaje.

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

La temperatura es un parámetro de control muy importante del proceso de compostaje. Una vez armada la pila se comprobó que la temperatura de partida era de 24,3°C ligeramente superior a la temperatura ambiente. Durante los 10 primeros días la temperatura alcanzó su punto máximo (57,8°C) y se mantuvo con pequeñas variaciones hasta el día 40, pues es vital que se alcancen altas temperaturas ya que así se higieniza el material, es decir, se destruyen patógenos, protozoos y semillas, que resultan perjudiciales para la salud o los cultivos. (Alcolea, et al., 2000a: p. 15). Durante esta fase termófila ocurrió la mayor descomposición de los materiales orgánicos. A partir del día 40 y durante los próximos 70 días la temperatura continuó bajando y sólo subió ligeramente en los tiempos de volteo. Se consideró que el período de maduración comenzó a partir del día 110 y finalizó luego de 51 días pues durante esta fase la temperatura se mantuvo casi constante y muy cercana a la del ambiente.

Se observaron las cuatro fases en nuestro proceso de descomposición aeróbica: fase mesófila que duró aproximadamente un día, aumentando la temperatura, muy rápidamente, debido a que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor; fase termófila que es donde se observaron las temperaturas más elevadas del proceso llegando a obtener una temperatura de 57,8 °C atribuida a la actividad de los microorganismos que producen un incremento en la temperatura debido a las oxidaciones biológicas exotérmicas, degradando fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina; la siguiente fase es la de enfriamiento que duró alrededor de 70 días aproximadamente, ya que agotadas las fuentes de carbono y en especial el nitrógeno, la temperatura comenzó a descender y; la última fase del proceso que es la fase de maduración, durante la cual se produjeron reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. (Román, et al., 2013a: p. 24)

Se concluye que el proceso se ha desarrollado correctamente ya que las moléculas se han descompuesto, la actividad microbiana ha disminuido y la temperatura bajó hasta equilibrarse con el ambiente (NEGRO, et al. p. 7).

Humedad

La humedad es un factor importante del proceso. Si falta agua, el proceso se ralentiza y la descomposición no es completa. Por el contrario, si aportamos agua en exceso, ésta tiende a ocupar los poros desplazando el aire y provocando que el material se pudra. (Alcolea, et al., 2000b: p. 16)

El mayor nivel de humedad se requiere durante la fase inicial del proceso de descomposición, en la que prevalecen las bacterias. La fase que se requiere menor humedad es en la de maduración, puesto que lo que prevalecen son actinomicetos y hongos. Por otro lado, no es bueno el exceso de agua, ya que el agua desplazaría al aire de los espacios porosos, produciendo malos olores debido a que se establecen situaciones anaerobias.

La humedad en nuestra pila fue controlada con la ayuda del higrómetro, el cual nos indicaba cualitativamente si la pila estaba seca, con la humedad correcta o húmeda de acuerdo a la zona que marca la pluma.

Conductividad eléctrica

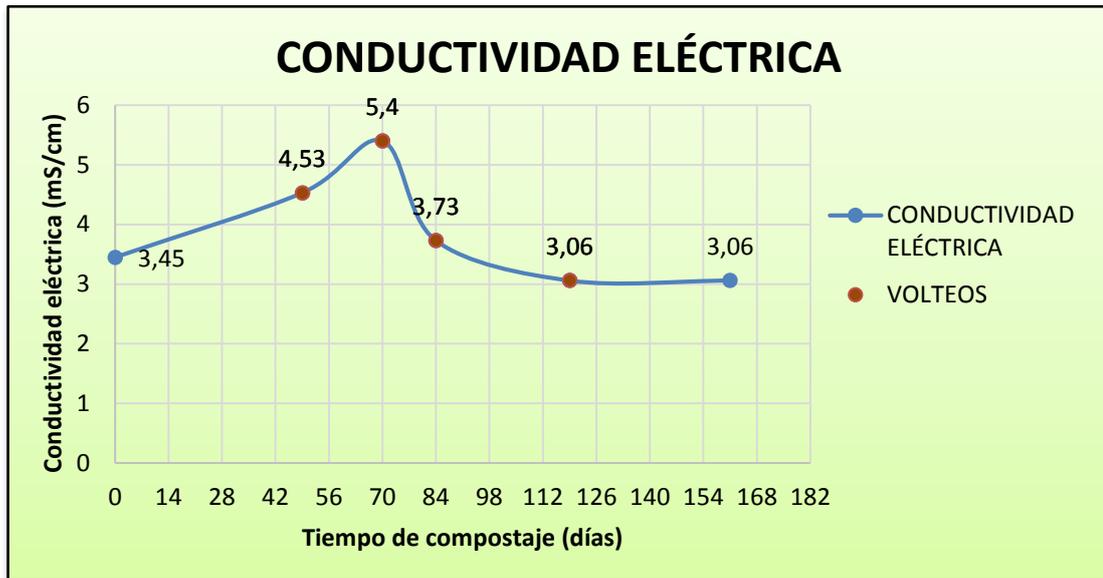


Gráfico 5-3: Datos de CE.

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

La conductividad eléctrica está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, principalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitratos formados durante el proceso.

La conductividad eléctrica aumentó durante los primeros 85 días del proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes; pero después ocurrió un descenso debido posiblemente a fenómenos de lixiviación en la masa, provocado lo más probable por una humectación excesiva (Bueno, et al. p. 8), debido a fuertes lluvias de algunos días.

Materia orgánica

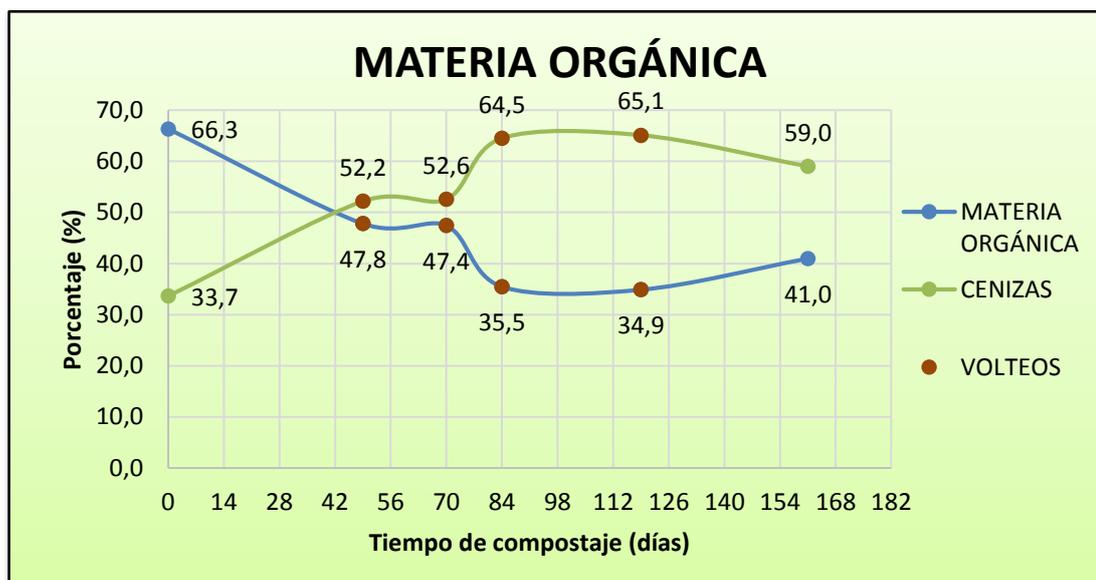


Gráfico 6-3: Datos de MO.

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

La materia orgánica es considerada como uno de los principales factores para determinar la calidad agronómica del compost. Durante el proceso de compostaje la materia orgánica descendió de 66,39 % a 41 %; debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico.

El descenso de materia orgánica transcurre fundamentalmente en dos etapas; en la primera se produce un rápido decrecimiento de los carbohidratos, transformándose las cadenas carbonadas largas en otras más cortas con la producción de compuestos simples; algunos de los cuales se reagrupan para formar moléculas complejas dando lugar a los compuestos húmicos; mientras que en la segunda etapa, una vez consumidos los compuestos lábiles, otros materiales más resistentes como las ligninas se van degradando lentamente y transformando en compuestos húmicos. (Bueno, et al.)

La velocidad de transformación de materia orgánica depende de su naturaleza física y química, de los microorganismos que intervienen y de las condiciones físico- químicas del proceso (pH, temperatura, humedad y aireación). (Bueno, et al.).

En el gráfico se puede observar la relación complementaria existente entre materia orgánica y cenizas.

pH

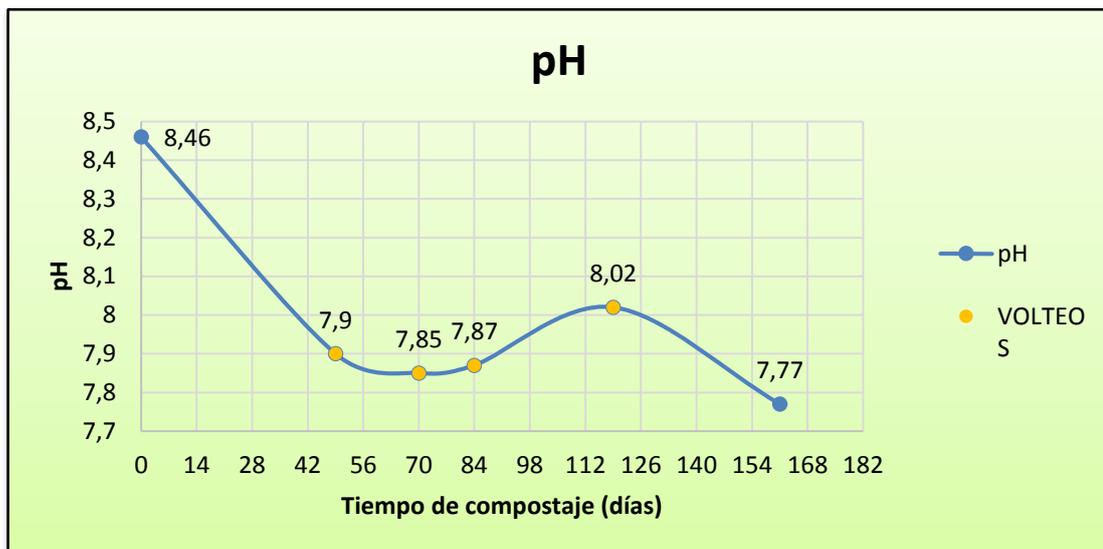


Gráfico 7-3: Datos de pH
Realizado por: Santiago Valencia, 2015

En los primeros momentos del proceso de compostaje, el pH inicial sufrió un descenso, debido a que los microorganismos actúan sobre la materia orgánica más lábil, produciéndose una hidrólisis de las proteínas y la liberación de ácidos orgánicos; posteriormente tuvo lugar una ligera subida del pH como consecuencia de un aumento en la concentración del ion amonio.

El pH final fue de 7,77; dato que se encuentra en límites óptimos según (LÓPEZ, 2010a).

Relación C/N

Los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por cada una de N; por esta razón se considera que el intervalo de C/N teóricamente óptimo para el compostaje de un producto es de 25-35 (LÓPEZ, 2010b: p. 98). En este experimento se partió con una relación C/N adecuada (26,13).

El valor de la relación decrece según avanza el proceso de compostaje, por lo que es importante como indicador de la evolución del proceso, ya que refleja el estado de los materiales que se están compostando. Se suele considerar que un compost es suficientemente estable o maduro cuando la relación C/N se encuentra entre 12 y 20 (Agreda, et al.). En este experimento la relación final C/N fue de 12,51; esto ratifica la calidad del compost obtenido.

Una relación C/N equilibrada normalmente asegura que el resto de nutrientes necesarios (P, K, S, Ca) estén presentes en cantidades adecuadas.

Macronutrientes: N, P, K

El **nitrógeno** es el motor de crecimiento de las plantas ya que se encuentra involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de éstas, por ende es importante un buen aporte de nitrógeno para la planta. El nitrógeno total en el compost fue 1,78%; dato que se halla en rango optimo (>2%) según (Parra, 2008 p. 16).

El porcentaje de **fósforo** del compost, representado como óxido fosfórico (P_2O_5), en los análisis realizados en Agrocalidad fue de 0,64%; valor que se encuentra en rango permisible según (Román, et al., 2013b: p. 36) donde indica que es de 0,1% - 1,0%. Este macroelemento es importante para la transferencia de energía por lo tanto es indispensable en la eficiencia de la fotosíntesis.

El porcentaje de **potasio** en el producto final fue de 1,9%; encontrándose en norma según (Bohórquez, et al., 2014) en el que menciona que los valores de K deben ser superiores a 1%. Este elemento está presente en diferentes fuentes de residuos orgánicos como residuos de comida y de ciertas frutas como el plátano.

Índice de germinación

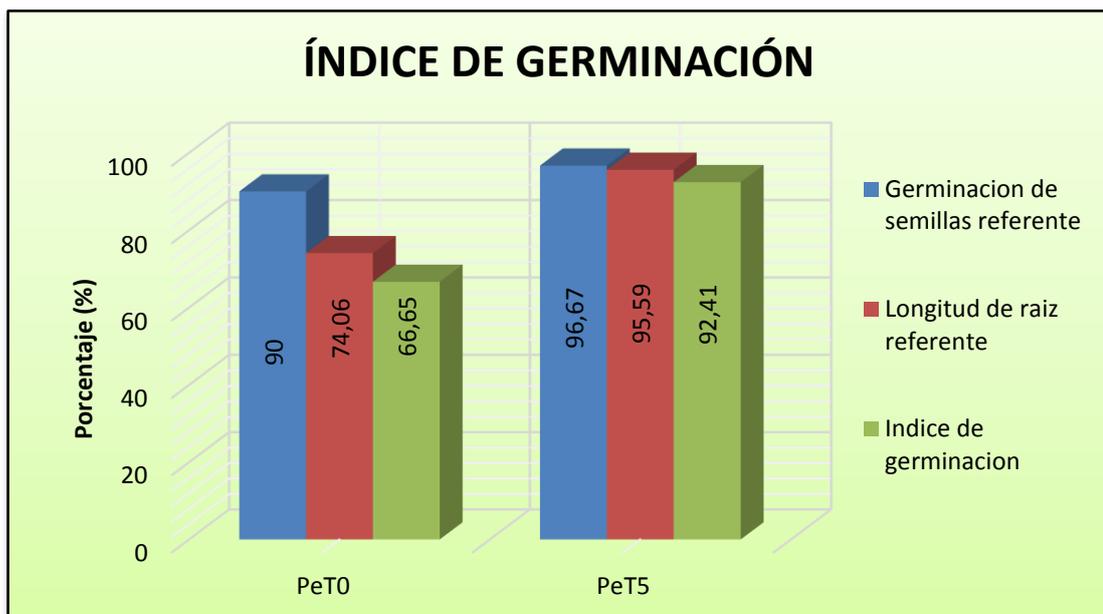


Gráfico 8-3: Resultados de índice de germinación
Realizado por: Santiago Valencia, 2015

El índice de germinación nos sirve para determinar las diferencias de germinación y de crecimiento de radículas. Los resultados se ven influenciados por la salinidad y la presencia de componentes fitotóxicos (amoníaco, ácidos volátiles). (Soliva, et al., 2004 p. 15)

Partiendo de un índice de germinación inicial de 66,65 % y subiendo durante el proceso por la transformación de la materia orgánica, eliminación de patógenos a temperaturas termófilas y otras sustancias fitotóxicas; llegamos a 92,41%, concluyendo que el proceso de compostaje alcanzó su fase de estabilización o maduración, sugiriendo que no contiene sustancias fitotóxicas ya que se han metabolizado completamente, por lo que el compost obtenido se encuentra en óptimas condiciones y puede ser adecuado para su uso agrícola.

Rendimiento del proceso

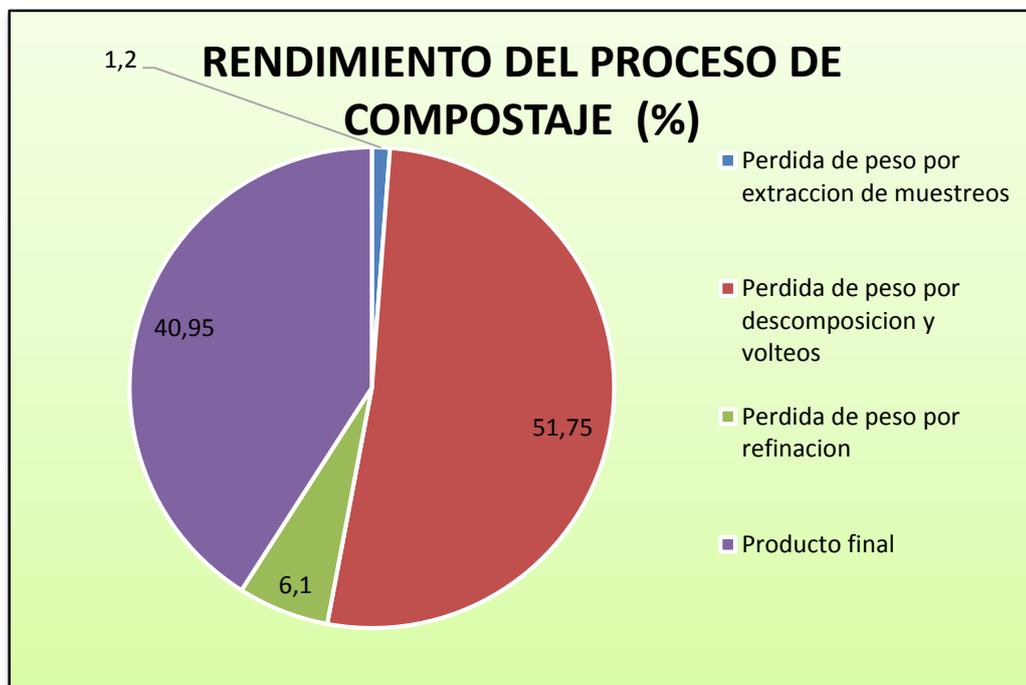


Gráfico 9-3: Rendimiento del proceso de compostaje
Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Se partió de 1000 Kg de residuos orgánicos, obteniendo como producto final (compost), una cantidad de 409,5 Kg; es decir, el rendimiento del proceso fue de 49,95%.

La pérdida de materia orgánica (1,2%) se dio por la toma de muestras para los respectivos análisis físico-químicos, químicos y biológicos del proceso; el 6,1% se perdió en el proceso de refinación y el 51,75 % fue por la actividad de descomposición de los microorganismos y por los volteos en donde quedaban pequeñas cantidades de materia orgánica en el suelo.

CONCLUSIONES

- ✚ Se elaboró compost a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, utilizando 555,56 Kg de residuos orgánicos de bares y comedor, 222,22 Kg de kikuyo y 222,22 Kg de palma.
- ✚ Se clasificó y cuantificó los residuos sólidos generados en la ESPOCH destinados a vertedero en: RSO (49,78 Kg/día), cartón (30,22 Kg/día), plástico duro (6,33 Kg/día), plástico suave (11,11 Kg/día), papel (8,00 Kg/día) y metal (13,11 Kg/día).
- ✚ El lugar en donde se genera mayor cantidad de residuos sólidos orgánicos es el comedor institucional.
- ✚ Se determinó las características físico-químicas (pH: 7,77; Conductividad Eléctrica: 3,0 mS/cm), químicas (Materia Orgánica: 40,99%; Nitrógeno: 1,78%; Fósforo: 0,64%; y Potasio: 1,9%) y biológicas (Índice de Germinación: 92,41%) del compost; encontrándose dentro de los límites permisibles.
- ✚ El compost obtenido es de buena calidad y pudiera ser utilizado para fines agrícolas.

RECOMENDACIONES

- ✚ Hay que triturar previamente los materiales iniciales para acelerar la descomposición de la materia orgánica.
- ✚ Es importante mezclar y homogenizar bien los materiales iniciales para que el proceso de compostaje se realice de la mejor manera.
- ✚ La relación C/N de partida es importante ya que una relación elevada retrasa la velocidad de compostaje y una relación baja por exceso de nitrógeno ocasiona fermentaciones no deseables.
- ✚ En lugares donde exista mucha lluvia, se debe ubicar la pila bajo cubierta, para evitar el lavado de nutrientes.
- ✚ Durante el proceso de compostaje no se recomienda cubrir directamente el producto con plástico porque se impide la respiración, el intercambio del aire al interior de la pila y se favorece condiciones anaerobias.

BIBLIOGRAFÍA

ACUÑA , O. *El Uso de Biofertilizantes en la Agricultura* [En línea] [Consulta: 15 julio 2015].

Disponible en:

<<http://cep.unep.org/repcar/capacitacion-y-concienciacion/cenat/biofertilizantes.pdf> >

AGREDA et al., *Factores que Condicionan el Proceso de Compostaje* [En línea] [Consulta: 18 noviembre 2015]. Disponible en:

<[https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/eeymar/default_archivos/5%20FACTORES%20PROCESO%20\(2\).pdf](https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/eeymar/default_archivos/5%20FACTORES%20PROCESO%20(2).pdf)>

ALCOLEA Y GONZÁLEZ, 2000. *Manual de compostaje doméstico.* [En línea] Barcelona, 2000. [Consulta: 18 noviembre 2015]. Disponible en:

<<http://web-resol.org/cartilhas/manual-compostaje-en-casa-barcelona.pdf>>

ARMENTA et al., “Biofertilizantes en el Desarrollo Agrícola de México”. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, [En línea], 2010, (México) vol. 6, n° 1 pp. 51-56. [Consulta: 23 julio 2015]. ISSN: 1665-0441. Disponible en:

<<http://www.redalyc.org/pdf/461/46112896007.pdf>>

BARRENA R. *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso.* [En línea]. Barcelona, 2006. [Consulta: 24 agosto 2015]. Disponible en:

<<http://www.tdx.cesca.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf?sequence=1>>

BONILLA CHANGO, Mario Jorge, & NÚÑEZ VÁSQUEZ, Diego Fernando. *Plan de Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Logroño.* [En línea] (Tesis Maestría) Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Tierra. Sangolquí, Pichincha, Ecuador. 2012. pp.23-28. [Consulta: 28 mayo 2015]. Disponible en:

<<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6341/1/T-ESPE-031981.pdf>>

BUENO, P. et al., *Factores que afectan al proceso de Compostaje* [En línea]. Sevilla, España. [Consulta: 28 noviembre 2015]. Disponible en:

<<http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>>

CELIS, J. et al., "Efecto de la adición de Biosolidos Urbanos y de Salmonicultura sobre la Germinación de Semillas de Lechuga" *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal* [En línea], 2006, (Temuco- Chile) vol. 6, n° 3, pp. 13-25. [Consulta: 26 agosto 2015]. ISSN 0718-2791. Disponible en:

<http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-27912006000300002&script=sci_arttext>

CORO GAVIN, Elena del Pilar. " *Plan de manejo de residuos solidos de la Escuela Superior Politecnica de Chimborazo (ESPOCH)*. Riobamba " (Tesis Pregrado) [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba- Ecuador. 2008. pp. 62. [Consulta: 29 septiembre 2015]. Disponible en:

<<dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/223/1/236T0007.pdf>>

CHUNG PINZÁS, Alfonso Ramón. "*Análisis Económico de la Ampliación de la Cobertura del Manejo de Residuos Sólidos por Medio de la Segregación en la Fuente en Lima Cercado*" (Tesis Maestría) [En línea]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela de Ingeniería Industrial. Lima- Perú. 2003. pp. 9-15. [Consulta: 28 mayo 2015]. Disponible en:

<http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/chung_pa/t_completo.pdf>

DOMÍNGUEZ YUMIGUANO, Flanklin Ernesto " *Propuesta de un Modelo para la creación de una Empresa de Reciclaje de Basura y Desechos Sólidos en el Municipio de Riobamba*" (Tesis Pregrado) [En línea]. Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ciencias del Desarrollo, Escuela de Gerencia y Liderazgo. Quito- Ecuador. 2005. pp. 17. [Consulta: 19 septiembre 2015]. Disponible en:

<dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7594/1/UPS-ST000567.pdf>

DUFHEY, A. *Producción y comercio de biocombustibles y desarrollo sustentable: los grandes temas* [En línea]. 2006. [Consulta: 22 julio 2015]. Disponible en:

<<http://pubs.iiied.org/pdfs/15504SIIED.pdf>>

ESCOBAR, J. " *El Método Bocashi como Alternativa para el Manejo de los Residuos Orgánicos Agrícolas* " (Monografía) [En línea]. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas Zona Xalapa. Xalapa-México. 2014. pp. 42. [Consulta: 22 julio 2015]. Disponible en:

<cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/38333/1/EscobarOlan.pdf>

ESCUADERO & ARIAS. "Los Microorganismos en los Abonos Orgánicos a partir de podas en la Universidad del Norte". *Rev. Int. Contam. Ambie*, [En línea], 2012, (Barranquilla-Colombia) vol. 28, n° 1 pp. 67-75. [Consulta: 12 julio 2015]. Disponible en:
<www.revistas.unam.mx/index.php/rica/article/download/34903/31855>

GALEA CAMACHO, Zesay. " *Ensayo de Producción y Caracterización de Compost a partir de Residuos de Guacamole, Poda y Gallinaza* " (Tesis Licenciatura) [En línea]. Universidad Pablo de Olavide, Departamento de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales, Áreas de Tecnologías del Medio Ambiente. Sevilla-España. 2013. p. 20. [Consulta: 12 agosto 2015]. Disponible en:
<<http://digital.csic.es/bitstream/10261/80186/1/Ensayo%20de%20producci%C3%B3n.pdf>>

Jara, J. et al., *Uso de compost derivados de residuos urbanos desarrollados en la región del Chimborazo (Ecuador) para la germinación de plántulas hortícolas*. [En línea] Chimborazo-Ecuador, 2014. [Consulta: 19 septiembre 2015]. Disponible en:
<http://www.fraisoro.net/FraisoroAtariaDoku/2506_17_15_J_Jara.pdf>

JARAMILLO & MÁRQUEZ. " *Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia*. " (Tesis Posgrado) [En línea]. Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería Posgrados de Ambiental, Especialización en Gestión Ambiental. Medellín-Colombia. 2008. pp. 25-27. [Consulta: 28 mayo 2015]. Disponible en:
<<http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>>

LAICH, F. *Microorganismos del Compost y del Té de Compost*. [En línea] Santa Cruz de Tenerife-España. [Consulta: 17 agosto 2015]. Disponible en:
<http://www.agrolanzarote.com/sites/default/files/Agrolanzarote/01Actualidad/documentos/f_laich_-_microorganismos_del_compost_y_del_te_-_lanzarote_2012.pdf>

LÓPEZ WONG, Wendy. " *Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol* " (Tesis Posgrado) [En línea]. Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigaciones en Biotecnología Aplicada. Tlaxcala-México. 2010. p. 94. [Consulta: 22 septiembre 2015]. Disponible en:
<<http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/6940/TESIS%20WENNDY%20LOPEZ%20WONG.pdf?sequence=1>>

LUCAS SALTOS, Roberto. “*Plan de negocio para una planta artesanal de Biofermentos en la comuna Cerezal Bellavista de la provincia de Santa Elena*” (Tesis Posgrado) [En línea]. Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Sistema de Posgrado, Maestría en Administración de Empresas XII Promoción. Santa Elena-Guayaquil. 2013. pp. 60. [Consulta: 23 julio 2015]. Disponible en:
<<http://repositorio.ucsg.edu.ec:8080/bitstream/123456789/723/1/T-UCSG-POS-MAE-27.pdf>>

MAZZARINO. et al., *Aprovechamiento Integral de Residuos Orgánicos En El N.O. de Patagonia.* [En línea] Patagonia, 1994. [Consulta: 9 agosto 2015]. Disponible en:
<<http://www.lombricultura.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/biblioteca/compost/APROVECHAMIENTO%20INTEGRAL%20DE%20RESIDUOS%20ORGANICOS.pdf>>

MENESES BASANTES, María Belén. “*Estudio de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en la Matriz de la Universidad Israel e Implementación de Basureros de Reciclaje*” (Tesis Pregrado) [En línea]. Universidad Tecnológica Israel, Facultad de Administración Turística y Hotelera. Quito-Ecuador. 2012. pp. 8-10. [Consulta: 28 agosto 2015]. Disponible en:
<<http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/762/1/UISRAEL-EC-ADMH-378.242-127.pdf>>

NEGRO, J. et al., *Producción y Gestión de Compost.* [En línea] España, [Consulta: 19 agosto 2015]. Disponible en:
<<http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>>

PARRA, C. et al., “Situación Actual de la Comercialización del Abono Orgánico Bocashi en el Sugamuxi” *Cuadernos Administrativos* [En línea], 2009, (Cali-Colombia) n° 42, pp. 141-154. [Consulta: 26 agosto 2015]. ISSN 0120-4645. Disponible en:
<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225014900010>>

PARRA OVIEDO, Carolina. “*Caracterización de Poblaciones Microbianas en dos tipos de Estiércol, durante el Proceso de Compostaje*” (Tesis Pregrado) [En línea]. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera de Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá-Colombia. 2008. pp. 16. [Consulta: 12 octubre 2015]. Disponible en:
<<http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/8813/1/tesis760.pdf>>

PICADO & AÑASCO. *Preparación y Uso de Abonos Orgánicos Sólidos y Líquidos.* [En línea] San José-Costa Rica, 2005. [Consulta: 29 septiembre 2015]. Disponible en:
<http://cedeco.or.cr/files/Abonos_organicos.pdf>

PUERTA, S. Los residuos sólidos municipales como acondicionadores del suelo. *Revista Lasallista de Investigación.* [En línea], 2009. (Colombia) vol. 1, n°1. pp. 56-65. [Consulta: 07 julio 2015]. Disponible en:
<<http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/178/1/056-65%20.pdf>>

RAMOS, D. et al., *Generalidades de los Abonos Orgánicos: Importancia del Bocashi Como Alternativa Nutricional para Suelos y Plantas.* [En línea], 2014. (La Habana-Cuba) vol. 35, n°4. pp. 52-59. [Consulta: 27 julio 2015]. ISSN: 0258-5936. Disponible en:
<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193232493007>>

RESTREPO, A. et al., *Compostaje y Uso en Previvero de Subproductos de la Palma de Aceite.* [En línea] Medellín-Colombia., 2004. [Consulta: 29 septiembre 2015]. Disponible en:
<<http://www.angelfire.com/co4/palmaceite/compostaje.pdf>>

RÖBEN, E. *Manual de compostaje para municipios.* [En línea] Loja, Ecuador: DED, Ilustre Municipalidad de Loja, 2002, pp. 18-19 [Consulta: 07 agosto 2015]. Disponible en:
<http://www.opaci.org.py/biblioteca/ServicioCompostaje_para_Municipios/manual_compostaje.pdf>

ROMÁN, P. et al., *Manual de Compostaje del Agricultor, experiencias en América Latina.* [En línea]. Santiago de Chile, 2013. [Consulta: 10 septiembre 2015]. Disponible en:
<<http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>>

SCHULDT, M. *Lombricultura. Teoría y práctica.* Madrid : Mundi-Prensa, 2006. p. 20.

SCHULDT, M. et al., Lombricultura. Desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de temperie. *REDVET Revista Electrónica de Veterinaria* [En línea], 2007. (Málaga-España) vol. VIII, núm. 8. pp. 1-10. [Consulta: 28 julio 2015]. ISSN: 1695-7504. Disponible en:
<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612734015>>

SOLIVA & LÓPEZ. *Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso.* [En línea]. Barcelona-España, 2004. [Consulta: 05 septiembre 2015].

Disponible en:

<http://www.ruralcat.net/c/document_library/get_file?uuid=c154b707-bb22-4c73-b97c-ab786842f130&groupId=10136>

STRATTA, J. *BIOCOMBUSTIBLES: los aceites vegetales como constituyentes principales del biodiesel.* [En línea]. Buenos Aires-Argentina, 2000. [Consulta: 22 julio 2015]. Disponible en:

<http://www.bcr.com.ar/Publicaciones/investigaciones/biocombustibles_stratta.pdf>

TERRY, E. et al., Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Revista Colombiana de Biotecnología.* [En línea], 2005. Bogotá-Colombia. Vol. VII, N°.2. pp. 47-54. [Consulta: 06 agosto 2015]. ISSN: 0123-3475. Disponible en:

<<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/498/891>>

VALDERRAMA, A. “*Biodegradación de Residuos Sólidos Agropecuarios y Uso del Bioabono Como Acondicionador del Suelo*”. (Tesis Posgrado) [En línea]. Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ingenierías, Especialización en Biotecnología. Medellín-Colombia. 2013. [Consulta: 02 julio 2015]. Disponible en:

<<http://repository.upb.edu.co:8080/handle/123456789/1326>>

VALLE CHACÓN, Carla. “*Diseño del Plan de Manejo de Residuos Sólidos para la Parroquia Santa Rosa del Cantón Ambato.* [En línea] (Tesis Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador. 2014. p.34. [Consulta: 02 julio 2015]. Disponible en:

<<http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/3407/1/236T0101%20.pdf>>

VARNERO M. et al., *Índices de Fitotoxicidad en Residuos Orgánicos Durante el Compostaje.* [En línea] Temuco-Chile: 2007. [Consulta: 30 septiembre 2015]. Disponible en:

<<https://www.google.com.ec/#q=%C3%8DNDICES+DE+FITOTOXICIDAD+EN+RESIDUO+S+ORG%C3%81NICOS+DURANTE+EL+COMPOSTAJE+>>>

YAULI LAURA, Ana Piedad. 2011. *"Manual Para el Manejo de Desechos Sólidos en la Unidad Educativa Darío Guevara, Parroquia Cunchibamba, Cantón Ambato, Provincia Tungurahua"*. [En línea] (Tesis Licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 2-5. [Consulta: 10 julio 2015]. Disponible en:

<<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1298/1/26T00005.pdf>>

YAÑEZ Q. et al., Evaluación del compostaje de residuos de dos agroindustrias palmiteras del Trópico de Cochabamba en silos hiperventilados. *Revistas Bolivarianas. org.bo*. [En línea], 2007. Cochabamba-Bolivia. Acta nova Vol 3, n° 4. pp. 720-724. . [Consulta: 26 agosto 2015].

Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/228351660_Evaluacion_del_compostaje_de_residuos_de_dos_agroindustrias_palmiteras_del_Tropico_de_Cochabamba_en_silos_hiperventilados>

ANEXOS

Anexo A: Técnicas

Cálculo de humedad

Pesar la bandeja vacía

Pesar la cantidad de muestra húmeda que se va a secar y esparcir en la bandeja

Graduar la temperatura del secador de bandejas eléctrico a 70 °C, introducimos la bandeja y prendemos

Voltear la muestra cada cierto tiempo según requiera el proceso de secado

Transcurrido el tiempo necesario para que la muestra este completamente seca, apagamos el secador de bandejas eléctrico

Pesamos la muestra seca y por diferencia de peso obtenemos el valor de humedad

Para obtener en porcentaje aplicamos la siguiente formula:

Fórmula para el cálculo:

$$\%H = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso húmedo}} * 100$$

Cálculo de materia orgánica

Tarar el crisol (105 °C por 2 horas), enumerar con lápiz el crisol en la base

Pasar al desecador por 30 minutos y pesar el crisol vacío, anotar el peso

Añadir 3 g de muestra y anotar el peso

Colocar en la mufla por 24 horas a 430 °C

Colocar en el desecador por 30 minutos

Pesar el crisol con la muestra calcinada

Fórmula para el cálculo

$$\% MO = \frac{(\text{peso crisol} + \text{muestra seca}) - (\text{peso crisol} + \text{muestra calcinada})}{(\text{peso crisol} + \text{muestra seca}) - (\text{peso del crisol vacío})} * 100$$

Cálculo de cenizas

Tarar el crisol (105 °C por 2 horas), enumerar con lápiz el crisol en la base

Pasar al desecador por 30 minutos y pesar el crisol vacío, anotar el peso

Añadir 3 g de muestra y anotar el peso

Colocar en la mufla por 24 horas a 430 °C

Colocar en el desecador por 30 minutos

Pesar el crisol con la muestra calcinada

Fórmula para el cálculo:

$$\%C = \frac{\text{crisol con muestra calcinada} - \text{crisol vacío}}{\text{crisol con muestra inicial} - \text{crisol vacío}} * 100$$

Cálculo de pH

En un vaso de precipitación pesamos 5 g de muestra

Agregamos 50 mL de agua destilada y agitamos hasta que la solución este homogenizada

En el analizador multi-paramétrico Consort C562, seleccionamos modo pH

Introducimos los electrodos y esperamos el valor calculado de pH

Retirar los electrodos y lavar con agua destilada

Cálculo de conductividad eléctrica

En un vaso de precipitación pesamos 5 g de muestra

Agregamos 50 mL de agua destilada y agitamos hasta que la solución este homogenizada

En el analizador multi-paramétrico Consort C562, seleccionamos modo S/cm, que son las unidades de conductividad eléctrica

Introducimos los electrodos y esperamos el valor de conductividad eléctrica

Retirar los electrodos y lavar con agua destilada

Índice de germinación

Del material seco hacer una extracción acuosa, relación 1:20 (p/v), agitando mecánicamente durante 2 horas

Centrifugar a 7000 rpm durante 10 minutos y filtrar con papel de 0,45 µm mediante vacío para esterilizar el extracto

Colocar papel filtro en la base de las cajas Petri de 10 cm de diámetro, poner 10 semillas y añadir 10 mL del extracto acuoso mojando el papel en su totalidad, realizando 10 repeticiones

Preparar la muestra blanco con agua destilada, una muestra por repetición

Tomar papel aluminio y envolver las cajas Petri haciendo grupos de 5 para evitar resequedad y brindar oscuridad

Calibrar la estufa de incubación a 22 °C y 80% de humedad relativa

Colocar las cajas Petri en el equipo de forma aleatoria y dejar incubar por 120 horas

Cuantificar el número de semillas germinadas y la longitud alcanzada por las raíces por cada caja Petri

Determinar el índice de germinación a través de su ecuación matemática

$$\%IG = \frac{\% \text{ de germinación} * \% \text{ de crecimiento de las raíces}}{100}$$

NOTA: Los dos % de la ecuación se las hace respecto al control hecho con agua destilada.

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\# \text{ de semillas germinadas con el extracto de compost}}{\# \text{ de semillas germinadas con agua destilada}} * 100$$

$$\% \text{ de crecimiento de las raíces} = \frac{\text{longitud promedio de la raíz con el extracto de compost}}{\text{longitud promedio de la raíz con agua destilada}} * 100$$

Sustancias húmicas

Preparar una solución de 50 mL de hidróxido de calcio a 0,1 N.

Preparar una solución de hidróxido de sodio a 0,1 N.

Pesar 3 g de la muestra y colocar en el tubo de ensayo

Tomar 10 mL de la solución de NaOH, colocar en el tubo con la muestra y determinar la presencia de ácidos y huminas

Extraer la huminas y colocar en un tubo de ensayo

Tomar 10 mL de ácido clorhídrico HCl y colocar en el tubo con la solución de NaOH con el contenido de ácidos y determinar la presencia de ácidos húmicos y fúlvicos

Tomar 10 mL de la solución de CaOH y colocar en la muestra que contiene el HCl y NaOH y determinar la presencia de ácidos pardos y grises

Macro y micro elementos

Para determinar estos elementos, se envió a analizar las muestras en la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (Agrocalidad)

Anexo B: Peso promedio del secado de RSO

TIEMPO DE SECADO (h)	PESO PROMEDIO DE RSO (g)
0	2417,62
1	2374,9
2	2332,18
3	2289,47
4	2246,75
5	2204,03
6	2173,2
7	2142,37
8	2111,54
9	2080,71
10	2049,88
11	2019,05
12	1988,22
13	1957,39
14	1926,56
15	1895,73
16	1864,89
17	1834,07
18	1803,23
19	1766,66
20	1730,08
21	1693,51
22	1656,93
23	1629,16
24	1601,39
25	1573,62
26	1545,85
27	1518,07
28	1490,3
29	1462,53
30	1434,76
31	1406,99
32	1379,22
33	1351,44
34	1323,67
35	1295,9
36	1256,55
37	1209,87

38	1162,88
39	1123,48
40	1077,43
41	1030,63
42	1008,97
43	987,3
44	965,63
45	943,97
46	922,3
47	900,63
48	878,97
49	857,3
50	835,63
51	813,97
52	792,3
53	770,63
54	748,97
55	717,32
56	683,2
57	649,12
58	638,32
59	627,53
60	616,73
61	605,93
62	595,14
63	584,34
64	573,55
65	562,75
66	551,96
67	541,16
68	530,37
69	519,57
70	508,77
71	497,98
72	487,18
73	480,43
74	473,68
75	466,93

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Anexo C: Temperatura promedio durante el proceso de compostaje

TIEMPO COMPOSTAJE (días)	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)
0	24,3
2	50,4
4	55,6
6	54,6
7	57,8
14	57,2
21	56,5
28	53,2
35	54,4
42	51,6
49	48,4
56	43,1
63	29,7
70	25,5
77	29,1
84	31,3
91	24,6
98	25,5
105	26,0
112	23,7
119	21,8
126	19,2
133	16,6
140	18,6
147	17,8
154	16,9
161	16,6

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Anexo D: Temperatura y humedad relativa ambiental tomadas del centro meteorológico ubicado en la ESPOCH

TIEMPO COMPOSTAJE (DÍAS)	TEMPERATURA MEDIA AMBIENTAL (°C)	HUMEDAD RELATIVA MEDIA AMBIENTAL (%)
0	12,8	77,3
2	11,8	81,6
4	13,5	72
6	13,9	71
7	13,9	71,9
14	13,8	70,9
21	14,4	71,6
28	15,1	65
35	13,9	73,3
42	14,3	73,2
49	13,7	73,2
56	11,7	84,8
63	13,2	83,2
70	13,2	78,3
77	13,7	75,7
84	13,6	74,2
91	13,2	78,4
98	13,4	74,8
105	11,9	77,2
112	13,4	76,8
119	13,4	74,7
126	13,8	73,7
133	12,2	76,8
140	13,3	76,8
147	12,9	76,8
154	12,3	70,7
161	13,5	71,2

Fuente: (ESPOCH, 2015)

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Anexo E: Datos de fitotoxicidad

	CAJA	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
Blanco	Semillas germinadas	5	8	9	6	7	8	8	9	60
	Semillas sin germinar	5	2	1	4	3	2	2	1	20
	Longitud promedio de la raíz	7,5	13,3	4,1	5,7	4,7	5,6	9,9	9,1	7,48
PeT0	Semillas germinadas	8	8	5	7	8	7	8	3	54
	Semillas sin germinar	2	2	5	3	2	3	2	7	26
	Longitud promedio de la raíz	7,9	0,8	0,8	10,4	11,4	2,0	10,1	1,0	5,54
PeT5	Semillas germinadas	9	8	7	10	7	7	6	7	61
	Semillas sin germinar	1	2	3	0	3	3	4	3	19
	Longitud promedio de la raíz	8,8	11,1	4,0	13,3	6,5	4,1	5,6	3,8	7,14

Realizado por: Santiago Valencia, 2015

Anexo F: Datos del Centro Meteorológico de la ESPOCH

 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE RECURSOS NATURALES ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA BOLETIN MENSUAL 														
AÑO: 2015										MES: ENERO				
FECHA	TEMPERATURA ºc			H. RELATIVA %			TENSIÓN VAPOR	PUNTO ROCIO	PRECIPITACIÓN	HELIOFANÍA		VIENTO		PRESIÓN ATM.
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	mlb	ºc	mm	Horas	%	Dirección	Velocidad m/s	mm hg
1	13,9			71,7	94,0	40,0			0,0	6,6	55,0			
2	13,4	19,8	10,0	67,9	95,0	43,0	10,1	7,0	0,0	6,4	53,0	SE	2,7	548,2
3	13,1	19,7	7,2	70,2	93,0	45,0	10,2	7,3	0,0	6,3	52,0	SE	4,0	548,2
4	11,7	17,9	9,0	79,3	96,0	52,0	10,9	8,2	0,0	2,8	23,0	SW - E	2,3	548,4
5	12,1	18,8	7,4	70,8	92,0	47,0	9,9	6,8	0,0	4,0	33,0	SE	3,5	548,4
6	13,1	20,2	8,9	70,6	91,0	43,0	10,2	7,2	0,0	5,8	48,0	SE	2,8	548,2
7	12,9	20,0	9,8	65,8	92,0	41,0	10,3	7,4	0,0	4,6	38,0	SE	2,8	547,2
8	14,1	22,5	9,8	69,1	93,0	34,0	10,5	7,7	0,0	9,0	75,0	SE	3,2	547,4
9	12,4	19,0	10,0	80,9	95,0	43,0	11,6	9,2	1,0	1,4	12,0	SE	2,6	547,7
10	12,5	18,3	9,8	78,1	94,0	53,0	11,7	9,3	0,8	2,2	18,0	SE	2,0	548,2
11	13,5	20,5	9,0	70,5	93,0	41,0	11,3	8,7	0,0	6,0	50,0	NE	1,8	548,4
12	14,3	22,0	9,2	66,3	93,0	37,0	10,8	8,1	0,0	7,4	62,0	SE	2,8	548,4
13	14,1	20,2	10,4	68,2	92,0	38,0	11,1	8,4	0,0	6,0	50,0	SE	2,0	548,4
14	14,1	24,2	8,6	63,8	85,0	28,0	10,4	7,5	0,0	8,0	67,0	NE	2,6	548,1
15	13,7	23,7	8,0	69,0	93,0	32,0	10,7	8,0	1,6	6,9	57,0	SE	3,4	548,6
16	15,1	24,6	10,2	63,7	91,0	31,0	11,0	8,3	0,2	8,9	74,0	SE	3,2	548,3
17	14,2	23,7	10,0	71,7	94,0	32,0	11,9	9,5	2,6	5,4	45,0	SE	2,8	548,9
18	12,1	16,8	9,8	83,8	95,0	61,0	12,1	9,8	13,0	0,0	0,0	SE	1,3	549,1
19	13,4	19,2	10,1	76,8	93,0	49,0	12,2	9,9	0,3	5,0	42,0	SE	1,3	548,2
20	13,2	20,4	10,0	76,0	92,0	48,0	12,0	9,7	0,8	4,9	41,0	SE	1,5	547,7
21	12,8	18,7	10,0	77,3	92,0	49,0	11,4	8,8	2,0	1,0	8,0	SE	1,4	547,8
22	12,4	18,7	8,8	76,4	93,0	47,0	11,0	8,3	3,2	3,4	28,0	SE	2,0	548,4
23	11,8	16,0	10,0	81,6	94,0	53,0	11,6	9,2	7,8	1,6	13,0	SE	0,8	548,4
24	13,2	20,6	9,4	74,3	93,0	44,0	11,7	9,2	0,1	3,8	32,0	SW - E	1,5	548,2
25	13,5	21,2	9,0	72,0	92,0	42,0	11,6	9,2	0,0	5,4	45,0	SE	2,3	547,5
26	14,3	20,6	10,6	68,9	92,0	43,0	11,3	8,7	0,0	6,5	54,0	SE	2,0	547,5
27	13,9	21,4	10,8	71,0	91,0	43,0	11,1	8,5	0,0	4,9	41,0	NW	1,3	548,0
28	13,9	20,9	10,6	71,9	92,0	44,0	11,7	9,3	0,0	6,6	55,0	SE	2,2	547,4
29	13,2	20,6	9,7	73,9	93,0	46,0	11,4	8,9	0,0	2,1	17,0	SE	2,2	547,1
30	13,2	20,3	10,0	76,3	91,0	46,0	11,6	9,2	0,3	2,1	17,0	SE	1,8	547,1
31	14,0	20,3	10,2	72,3	94,0	43,0	11,6	9,2	0,5	6,3	52,0	SE	3,0	548,2
SUMA	413,1	610,8	286,3	2250,1	2873,0	1338,0	334,9	256,5	34,2	151,3	1257,0	SE	69,1	16441,6
DIAS DE DATOS	31	30	30	31	31	31	30	30	31	31	31		30	30
MEDIA	13,3	20,4	9,5	72,6	92,7	43,2	11,2	8,6		4,9	40,5		2,3	548,1
MÁX. 24 Hs.	15,1	24,6	10,8	83,8	96,0	61,0	12,2	9,9	13,0	9,0	75,0		4,0	549,1
FECHA	16	16	27	18	4	18	19	19	18	8	8		3	18
Nº DE DÍAS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
MIN. 24 Hs.	11,7	16,0	7,2	63,7	85,0	28,0	9,9	6,8	0,0	0,0	0,0		0,8	547,1
FECHA	4	23	3	16	14	14	5	5	0,0	18	18		23	29-30
Nº DE DÍAS	1	1	1	1	1	1	1	1	17	1	1		1	2

Fuente: (ESPOCH, 2015)



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA
BOLETIN MENSUAL



AÑO: 2015

MES: FEBRERO

FECHA	TEMPERATURA °c			H. RELATIVA %			TENSIÓN VAPOR	PUNTO ROCIO	PRECIPITACIÓN	HELIOFANIA		VIENTO		PRESIÓN ATM.
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	mlb	°c	mm	Horas	%	Dirección	Velocidad m/s	mm hg
1	13,8	20,7	10,6	70,8	92,0	39,0	11,1	8,4	0,0	3,7	31,0	NE	2,8	548,2
2	13,3	19,6	9,4	68,4	92,0	41,0	10,2	7,2	0,0	4,3	36,0	NE	3,0	548,5
3	13,6	22,2	10,0	71,1	92,0	40,0	11,0	8,3	0,0	3,9	32,0	SE	1,8	548,2
4	13,8	21,8	10,0	70,9	93,0	42,0	11,2	8,6	0,0	4,0	33,0	SE	2,8	547,2
5	13,9	22,8	9,4	68,7	93,0	37,0	11,2	8,6	0,0	9,5	79,0	SE	3,0	547,7
6	14,7	23,7	7,6	64,6	90,0	32,0	9,9	6,8	0,0	8,5	71,0	SE	3,0	547,8
7	14,5	20,7	9,2	72,5	95,0	39,0	11,9	9,5	2,1	2,2	18,0	NE	2,0	548,1
8	13,8	20,7	10,0	80,3	93,0	45,0	12,5	10,2	8,5	2,9	24,0	SE - NW	1,6	548,0
9	14,4	23,5	10,2	77,4	94,0	39,0	12,2	9,9	2,9	4,9	41,0	SE	2,0	548,0
10	14,7	22,4	10,5	72,5	92,0	35,0	12,1	9,8	3,8	7,8	65,0	SE	2,3	547,7
11	14,4	21,7	10,4	71,6	93,0	40,0	11,7	9,3	0,0	6,2	52,0	SE	1,8	548,1
12	14,3	22,7	10,4	73,4	93,0	42,0	11,7	9,3	0,0	5,3	44,0	SE	2,6	548,4
13	14,7	22,1	10,2	70,7	94,0	39,0	10,5	7,5	0,0	5,4	45,0	SE	3,0	548,4
14	14,3	21,8	10,2	71,8	93,0	40,0	11,8	9,4	0,4	3,2	27,0	SE	4,8	548,7
15	13,6	21,0	9,9	75,5	94,0	40,0	11,6	9,1	2,4	1,3	11,0	NE	2,4	548,5
16	15,0			65,9	94,0	31,0								
17	14,8			59,5	90,0	29,0								
18	15,1	26,1	6,5	65,0	94,0	28,0	10,7	7,8	0,0	9,0	75,0	NE	2,6	548,0
19	16,4	23,5	10,0	61,4	93,0	33,0	10,6	7,8	3,1	6,9	57,0	NW	2,6	547,6
20	15,4	25,5	8,6	49,7	77,0	21,0	7,6	3,0	0,0	9,0	75,0	NW	2,4	547,3
21	14,2	26,8	5,2	59,7	88,0	22,0	8,3	4,1	0,0	8,5	71,0	SE	1,3	547,6
22	14,7	24,2	10,7	67,7	92,0	28,0	10,4	7,3	0,0	9,1	76,0	SE	2,3	547,8
23	14,3	24,0	10,0	68,3	91,0	29,0	10,9	8,3	0,3	7,4	62,0	SE	2,3	548,0
24	14,4	22,8	10,0	69,7	94,0	35,0	10,8	8,2	0,0	6,4	53,0	SE	1,3	547,7
25	13,9	21,6	9,6	73,3	94,0	40,0	11,5	9,0	4,7	4,0	33,0	SE	2,2	547,7
26	14,5	23,8	10,8	70,9	94,0	33,0	11,4	8,9	0,0	7,7	64,0	SE	2,2	547,5
27	14,2	22,6	10,0	68,0	93,0	36,0	11,2	8,6	1,1	6,9	57,0	SE	4,0	547,9
28	13,7	19,6	9,6	69,1	92,0	44,0	10,7	7,8	0,0	1,6	13,0	SE	1,5	548,3
29														
30														
31														
SUMA	402,4	587,9	249,0	1928,4	2579,0	999,0	284,7	212,7	29,3	149,6	1245,0	SE	63,6	14246,9
DÍAS DE DATOS	28	26	26	28	28	28	26	26	26	26	26	SE	26	26
MEDIA	14,4	22,6	9,6	68,9	92,1	35,7	11,0	8,2		5,8	47,9		2,4	548,0
MÁX. 24 Hs.	16,4	26,8	10,8	80,3	95,0	45,0	12,5	10,2	8,5	9,5	79,0		4,8	548,7
FECHA	19	21	26	8	7	8	8	8	8	5	5		14	14
Nº DE DÍAS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
MIN. 24 Hs.	13,3	19,6	5,2	49,7	77,0	21,0	7,6	3,0	0,0	1,3	11,0		1,3	547,2
FECHA	2	2 - 28.	21	20	20	20	20	20	VARIOS	15	15		21 - 24	4
Nº DE DÍAS	1	2	1	1	1	1	1	1	16	1	1		2	1

Fuente: (ESPOCH, 2015)



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA
BOLETIN MENSUAL



AÑO: 2015

MES: MARZO

FECHA	TEMPERATURA °c			H. RELATIVA %			TENSIÓN VAPOR	PUNTO ROCIO	PRECIPITACIÓN	HELIOFANÍA		VIENTO		PRESIÓN ATM.
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	mlb	°c	mm	Horas	%	Dirección	Velocidad m/s	mm hg
1	14,9	23,5	10,2	70,5	92,0	34,0	11,1	8,4	0,0	6,2	52,0	SE	2,3	548,4
2	14,4	23,8	10,2	71,9	94,0	31,0	11,4	8,9	10,5	6,2	52,0	SE	1,5	548,3
3	13,6	22,5	7,8	74,4	93,0	39,0	11,4	8,7	15,8	7,9	66,0	SE	0,8	547,6
4	14,3	21,3	10,8	73,2	93,0	44,0	12,0	9,7	0,0	5,6	47,0	SE	2,4	547,0
5	14,4	21,4	10,9	72,1	92,0	40,0	11,5	9,0	0,0	4,6	38,0	SE	3,0	547,4
6	13,9	19,8	10,6	75,8	93,0	51,0	12,0	9,6	0,0	1,4	12,0	SE	2,4	547,6
7	14,0	19,0	11,4	76,4	93,0	47,0	12,0	9,6	0,5	0,9	7,0	SE	3,0	547,6
8	13,9	21,2	10,2	72,0	92,0	42,0	11,3	8,8	0,0	4,4	37,0	SE	3,0	547,2
9	14,1	19,9	11,0	72,0	92,0	46,0	12,2	9,9	0,0	2,3	19,0	SE	2,5	547,0
10	13,9	20,4	11,0	73,5	93,0	46,0	12,3	10,0	0,0	0,8	7,0	SE	3,3	547,1
11	13,7	21,0	10,0	73,2	93,0	45,0	11,6	9,1	0,0	5,2	43,0	SE	4,0	547,7
12	13,1	19,5	9,0	73,6	95,0	50,0	11,7	9,2	0,1	1,6	13,0	SE	3,4	547,5
13	14,8	22,2	11,0	73,2	94,0	40,0	12,2	9,9	0,0	4,4	37,0	SE	3,2	546,9
14	14,9	22,2	11,2	75,5	94,0	43,0	11,6	9,0	0,0	2,2	18,0	NW	2,0	547,4
15	14,0	22,0	11,2	78,7	95,0	53,0	12,7	10,5	2,8	1,8	15,0	SE	2,3	547,7
16	14,3	21,0	10,7	74,0	92,0	44,0	12,2	9,9	0,0	1,7	14,0	SE	2,0	548,3
17	13,8	21,4	11,0	77,2	94,0	42,0	12,6	10,3	1,7	3,1	26,0	SE	0,8	548,2
18	11,7	15,5	11,0	84,8	92,0	71,0	12,3	10,0	22,6	0,0	0,0	SE - SW	0,4	548,2
19	12,8	19,6	10,6	81,4	92,0	50,0	12,6	10,3	13,2	2,2	18,0	SE	1,6	548,1
20	11,7	14,2	9,9	81,6	92,0	69,0	11,8	9,4	4,2	0,0	0,0	SE	0,6	548,9
21	14,2	21,9	9,0	67,5	90,0	35,0	12,0	9,6	0,0	5,4	45,0	SE	1,8	548,8
22	12,7	18,0	10,2	78,0	92,0	43,0	11,4	8,9	3,5	0,0	0,0	SW	1,3	549,1
23	13,3	22,5	9,6	71,3	94,0	39,0	11,1	8,5	0,0	5,6	47,0	NW	1,0	549,0
24	14,6	22,0	10,2	76,0	96,0	45,0	12,2	9,9	0,0	6,9	57,0	SE	1,5	549,3
25	13,2	22,2	11,0	83,2	96,0	44,0	12,5	10,3	15,0	2,0	17,0	NE	2,0	548,8
26	13,6	21,0	10,8	79,6	96,0	51,0	12,7	10,5	0,3	3,3	27,0	SE	2,0	548,4
27	14,2	20,2	10,9	72,0	96,0	43,0	11,5	9,0	0,2	6,2	52,0	NE	2,8	548,6
28	14,2	19,8	10,4	75,8	96,0	48,0	12,1	9,8	0,0	3,0	25,0	SE	2,3	549,7
29	12,7	17,0	10,3	81,0	96,0	60,0	11,7	9,3	13,9	0,9	7,0	SE	1,3	550,2
30	14,1	21,2	10,0	81,3	96,0	47,0	13,1	11,0	8,2	4,5	37,0	SE	1,3	548,7
31	14,1	19,8	11,6	80,3	96,0	49,0	13,2	11,1	0,7	5,1	42,0	SE	2,0	548,4
SUMA	427,1	637,0	323,7	2351,0	2904,0	1431,0	372,0	298,1	113,2	105,4	877,0	SE	63,8	16993,1
DIAS DE DATOS	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	SE	31	31
MEDIA	13,8	20,5	10,4	75,8	93,7	46,2	12,0	9,6	3,4	28,3	2,1	SE	2,1	548,2
MÁX. 24 Hs.	14,9	23,8	11,6	84,8	96,0	71,0	13,2	11,1	22,6	7,9	66,0	SE	4,0	550,2
FECHA	1 - 14.	2	31	18	VARIOS	18	31	31	18	3	3	SE	11	29
Nº DE DÍAS	2	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	SE	1	1
MIN. 24 Hs.	11,7	14,2	7,8	67,5	90,0	31,0	11,1	8,4	0,0	0,0	0,0	SE	0,4	546,9
FECHA	18 - 20	20	3	21	21	2	1 - 23.	1	VARIOS	18-20-22	18-20-22	SE	18	13
Nº DE DÍAS	2	1	1	1	1	1	2	1	15	3	3	SE	1	1

Fuente: (ESPOCH, 2015)



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA
BOLETIN MENSUAL



AÑO: 2015

MES: ABRIL

FECHA	TEMPERATURA °c			H. RELATIVA %			TENSIÓN VAPOR	PUNTO ROCIO	PRECIPITACIÓN	HELIOFANÍA		VIENTO		PRESIÓN ATM.
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	mlb	°c	mm	Horas	%	Dirección	Velocidad m/s	mm hg
1	13,2	18,8	9,8	78,3	96,0	47,0	11,9	9,5	0,0	3,1	26,0	SE	1,6	548,1
2	12,5	19,3	10,2	84,7	96,0	53,0	12,4	10,1	2,5	1,7	14,0	SE	2,0	548,3
3	13,7	21,2	9,8	74,9	96,0	44,0	11,8	9,4	0,0	7,7	64,0	SE	2,7	547,6
4	13,9	21,6	10,4	75,8	96,0	44,0	11,9	9,4	0,0	7,1	59,0	NE	2,5	547,4
5	13,7	20,3	10,8	80,3	94,0	55,0	12,5	10,3	0,9	3,1	26,0	SE	1,3	547,3
6	13,9	19,9	10,4	73,9	96,0	46,0	11,7	9,3	1,7	6,9	57,0	SE	2,3	547,5
7	13,1	19,6	9,8	76,6	96,0	44,0	11,8	9,3	0,0	5,8	48,0	SE	1,8	548,0
8	13,7	20,9	10,4	75,7	95,0	47,0	12,2	9,9	0,0	7,7	64,0	SE	2,8	547,4
9	14,0	20,9	9,8	72,0	96,0	42,0	11,3	8,8	0,3	6,4	53,0	NE - SE	2,6	547,7
10	13,7	20,5	9,6	74,3	96,0	43,0	11,5	9,0	0,0	5,5	46,0	SE - NE	3,4	548,2
11	13,9	21,6	10,6	71,8	94,0	42,0	11,2	8,6	0,4	5,8	48,0	NE	2,0	549,0
12	13,7	20,0	10,3	76,7	96,0	46,0	11,5	9,1	0,0	2,8	23,0	SE	2,5	549,0
13	14,0	20,9	10,7	73,5	96,0	39,0	11,5	9,0	1,3	6,1	51,0	SE	2,3	549,5
14	12,4	17,8	9,8	76,4	92,0	47,0	10,9	8,3	0,2	0,8	7,0	SE	2,3	549,5
15	13,6	21,1	8,0	74,2	96,0	39,0	11,3	8,8	0,0	8,4	70,0	SE	2,3	548,8
16	13,0	19,6	10,6	80,2	96,0	41,0	12,2	9,8	13,2	2,3	19,0	SE	0,3	549,1
17	12,6	21,0	8,0	79,5	96,0	45,0	11,5	9,1	5,3	5,8	48,0	SE	0,8	548,5
18	11,7	21,6	7,0	84,7	96,0	49,0	11,5	9,0	4,1	5,9	49,0	SE	1,3	548,6
19	13,8	21,6	9,0	73,1	96,0	44,0	12,3	9,9	0,0	7,8	65,0	SE	1,8	548,3
20	13,3	21,5	7,1	76,5	96,0	43,0	11,6	9,1	4,3	6,3	52,0	SE	2,8	548,1
21	12,4	17,5	9,2	85,1	96,0	62,0	12,4	10,1	7,0	4,5	37,0	SE	0,3	548,1
22	13,2	19,6	10,0	78,4	96,0	49,0	11,9	9,4	0,2	5,4	45,0	SE	2,0	547,9
23	13,6	20,9	10,2	76,8	96,0	46,0	12,2	9,8	0,1	7,3	61,0	SE	2,8	548,0
24	13,2	18,9	10,8	74,8	94,0	47,0	11,7	9,3	0,2	3,9	32,0	SE	2,4	548,5
25	13,3	19,9	10,2	75,6	95,0	48,0	11,6	9,2	0,0	7,4	62,0	SE	2,3	548,6
26	13,1	18,9	9,8	80,2	96,0	54,0	12,3	10,0	2,3	3,6	30,0	SE	1,8	548,3
27	13,5	19,6	10,6	75,3	92,0	46,0	11,9	9,6	0,0	5,8	48,0	SE	1,8	548,2
28	13,0	17,9	10,2	75,0	93,0	45,0	11,6	9,1	0,1	1,4	12,0	SE	1,5	548,0
29	13,4	20,8	10,2	74,8	96,0	45,0	11,7	9,3	0,1	5,9	49,0	SE	2,8	547,9
30	13,2	19,9	8,9	77,2	95,0	48,0	11,8	9,3	0,0	5,1	42,0	SE	2,6	548,1
31														
SUMA	399,3	603,6	292,2	2306,3	2860,0	1390,0	353,6	280,8	44,2	157,3	1307,0	SE	61,7	16447,5
DIAS DE DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	SE	30	30
MEDIA	13,3	20,1	9,7	76,9	95,3	46,3	11,8	9,4		5,2	43,6		2,1	548,3
MÁX. 24 Hs.	14,0	21,6	10,8	85,1	96,0	62,0	12,5	10,3	13,2	8,4	70,0		3,4	549,5
FECHA	9-13.	4-11-18-19	5-24.	21	VARIOS	21	5	5	16	15	15		10	13-14
Nº DE DÍAS	2	4	2	1	21	1	1	1	1	1	1		1	2
MIN. 24 Hs.	11,7	17,5	7,0	71,8	92,0	39,0	10,9	8,3	0,0	0,8	7,0		0,3	547,3
FECHA	18	21	18	11	14-27	13-15	14	14	VARIOS	14	14		16-21	5
Nº DE DÍAS	1	1	1	1	2	2	1	1	12	1	1		2	1

Fuente: (ESPOCH, 2015)

Anexo G: Análisis físicos-químicos de los residuos de kikuyo

 AGROCALIDAD AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-F002
		Rev. 2
	INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR	Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-E15-1242
 Fecha emisión Informe: 10/07/2015

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Janneth Jara

Dirección: Argentinos 44-43 y Jacinto González

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

Teléfono: 0987269135

Correo Electrónico: jannethjara@hotmail.com

N° Orden de Trabajo: SFA-15-CGLS-1348

N° Factura/Documento: 2741

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Foliar	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: ----		
Provincia: Chimborazo	Coordenadas:	X: ----
Cantón: Riobamba		Y: ----
Parroquia: Velasco		Altitud: ----
Muestreado por: Janneth Jara		
Fecha de muestreo: 12-06-2015	Fecha de inicio de análisis: 16-06-2015	
Fecha de recepción de la muestra: 16-06-2015	Fecha de finalización de análisis: 10-07-2015	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-151451	1	Cenizas	Gravimétrico	%	51,11
		Materia orgánica	Gravimétrico	%	48,89
		Nitrógeno	Dumas	%	1,48
		Fósforo	Colorimétrico	%	0,09
		Potasio	Absorción atómica	%	0,53
		Calcio	Absorción atómica	%	1,52
		Magnesio	Absorción atómica	%	0,55
		Hierro	Absorción atómica	ppm	5786,53
		Manganeso	Absorción atómica	ppm	102,84
		Cobre	Absorción atómica	ppm	24,99
Zinc	Absorción atómica	ppm	39,18		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:


AGROCALIDAD
 AGENCIA ECUATORIANA
 DE ASEGURAMIENTO
 DE LA CALIDAD DEL AGRO
 LABORATORIO DE SUELOS,
 FOLIARES Y AGUAS
 Ing. RUSSELD ORTIZ
 Responsable de Laboratorio
 Suelos, Foliare y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

Fuente: (Agrocalidad, 2015)

Anexo H: Análisis físicos-químicos de los residuos de palma

 AGROCALIDAD AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-FO02
		Rev. 2
	INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR	Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-E15-1244
 Fecha emisión Informe: 10/07/2015

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Janneth Jara

Dirección: Argentinos 44-43 y Jacinto González

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

Teléfono: 0987269135

Correo Electrónico: jannethjara@hotmail.com

N° Orden de Trabajo: SFA-15-CGLS-1348

N° Factura/Documento: 2741

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Foliar	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: ----		
Provincia: Chimborazo	Coordenadas:	X: ----
Cantón: Riobamba		Y: ----
Parroquia: Velasco		Altitud: ----
Muestreado por: Janneth Jara		
Fecha de muestreo: 12-06-2015	Fecha de inicio de análisis: 16-06-2015	
Fecha de recepción de la muestra: 16-06-2015	Fecha de finalización de análisis: 10-07-2015	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-151453	3	Cenizas	Gravimétrico	%	32,21
		Materia orgánica	Gravimétrico	%	67,79
		Nitrógeno	Dumas	%	0,85
		Fósforo	Colorimétrico	%	0,1
		Potasio	Absorción atómica	%	0,80
		Calcio	Absorción atómica	%	1,62
		Magnesio	Absorción atómica	%	0,39
		Hierro	Absorción atómica	ppm	4400,9
		Manganeso	Absorción atómica	ppm	66,15
		Cobre	Absorción atómica	ppm	28,08
Zinc	Absorción atómica	ppm	52,66		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuangó

Observaciones:



AGROCALIDAD
 AGENCIA ECUATORIANA
 DE ASEGURAMIENTO
 DE LA CALIDAD DEL AGRO
 LABORATORIO DE SUELOS,
 FOLIARES Y AGUAS
 Ing. Huérfano
 Responsable de Laboratorio
 Suelos, Foliars y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

Fuente: (Agrocalidad, 2015)

Anexo I: Análisis físicos-químicos de los residuos de la ESPOCH

 AGROCALIDAD AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-FO02
		Rev. 2
	INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR	Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-E15-1248
 Fecha emisión Informe: 10/07/2015

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Janneth Jara

Dirección: Argentinos 44-43 y Jacinto González

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

Teléfono: 0987269135

Correo Electrónico: jannethjara@hotmail.com

N° Orden de Trabajo: SFA-15-CGLS-1348

N° Factura/Documento: 2741

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Foliar	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: ----		
Provincia: Chimborazo	Coordenadas:	X: ----
Cantón: Riobamba		Y: ----
Parroquia: Velasco		Altitud: ----
Muestreado por: Janneth Jara		
Fecha de muestreo: 12-06-2015	Fecha de inicio de análisis: 16-06-2015	
Fecha de recepción de la muestra: 16-06-2015	Fecha de finalización de análisis: 10-07-2015	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-151457	7	Cenizas	Gravimétrico	%	13,69
		Materia orgánica	Gravimétrico	%	86,31
		Nitrógeno	Dumas	%	1,89
		Fósforo	Colorimétrico	%	0,2
		Potasio	Absorción atómica	%	2,07
		Calcio	Absorción atómica	%	2,65
		Magnesio	Absorción atómica	%	0,13
		Hierro	Absorción atómica	ppm	568,5
		Manganeso	Absorción atómica	ppm	21,10
		Cobre	Absorción atómica	ppm	7,00
		Zinc	Absorción atómica	ppm	23,80

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:


AGROCALIDAD
 AGENCIA ECUATORIANA
 DE ASEGURAMIENTO
 DE LA CALIDAD DEL AGRO
 Ing. Rubén Cordero
 Responsable de Laboratorio
 Suelos, Foliar y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

Fuente: (Agrocalidad, 2015)

Anexo J: Análisis físicos-químicos de la muestra inicial

 AGROCALIDAD AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-F002
		Rev. 2
	INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR	Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-E15-1250
 Fecha emisión Informe: 10/07/2015

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Janneth Jara

Dirección: Argentinos 44-43 y Jacinto González

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

Teléfono: 0987269135

Correo Electrónico: jannethjara@hotmail.com

N° Orden de Trabajo: SFA-15-CGLS-1348

N° Factura/Documento: 2741

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Foliar	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: ----		
Provincia: Chimborazo	Coordenadas:	X: ----
Cantón: Riobamba		Y: ----
Parroquia: Velasco		Altitud: ----
Muestreado por: Janneth Jara		
Fecha de muestreo: 12-06-2015	Fecha de inicio de análisis: 16-06-2015	
Fecha de recepción de la muestra: 16-06-2015	Fecha de finalización de análisis: 10-07-2015	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-151459	9	Cenizas	Gravimétrico	%	52,27
		Materia orgánica	Gravimétrico	%	47,73
		Nitrógeno	Dumas	%	1,38
		Fósforo	Colorimétrico	%	0,2
		Potasio	Absorción atómica	%	3,74
		Calcio	Absorción atómica	%	0,54
		Magnesio	Absorción atómica	%	0,11
		Hierro	Absorción atómica	ppm	145,8
		Manganeso	Absorción atómica	ppm	38,48
		Cobre	Absorción atómica	ppm	14,09
Zinc	Absorción atómica	ppm	25,99		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:


AGROCALIDAD
 AGENCIA ECUATORIANA
 DE ASEGURAMIENTO
 DE LA CALIDAD DEL AGRO
 LABORATORIO DE SUELOS,
 FOLIARES Y AGUAS
 Ing. Daniel Bedoya
 Responsable de Laboratorio
 Suelos, Foliares y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

Anexo K: Análisis físicos-químicos de la muestra final

 AGROCALIDAD AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	LABORATORIO DE FERTILIZANTES Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	PGT/F/09-F001
		Rev. 3
	INFORME DE ANÁLISIS	Hoja 1 de 1

Informe número: LN-F-E15-1466
 Fecha emisión informe: 27-07-2015

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Janneth Jara

Dirección: Argentinos 44-43 y Jacinto Gonzales

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

Teléfono: 0987269135

Correo Electrónico: jannethjara@hotmail.com

N° Orden de Trabajo: F-15-CGLS-1683

N° Factura/Documento: 3189

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Solida	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: ---	Tipo de envase: funda ziploc
Provincia: Chimborazo	X: ---
Cantón: Riobamba	Y: ---
Parroquia: Velasco	Altitud: ---
Muestreado por: Janneth Jara	
Fecha de muestreo: 09/07/2015	Fecha de inicio de análisis: 20/07/2015
Fecha de recepción de la muestra: 20/07/2015	Fecha de finalización de análisis: 24/07/2015

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F151272	15	NT	PEE/F/14	%	1.78	---
		P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	0.64	---
		K ₂ O	PEE/F/11	%	1.9	---

NT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, K₂O = Oxido de Potasio

Analizado por: Ing. Melisa Rea, Quim. Gustavo Sandoval, Ing. Wilson Castro

Observaciones: Los resultados de la muestra se expresan en %p/p.

Anexo Gráficos: ---

Anexo Documentos: ---



AGROCALIDAD
 AGENCIA ECUATORIANA
 DE ASEGURAMIENTO
 DE LA CALIDAD DEL AGRO
 INSTITUTO NACIONAL DE CONTROL DE CALIDAD
 DE FERTILIZANTES
 Ing. Wilson Castro
 Responsable Técnico Laboratorio
 de Calidad de Fertilizantes

Anexo L: Equipos utilizados durante el proceso

Molino de cuchilla



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Secador de bandejas eléctrico



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Molino



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Balanza



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Mufla



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Autoclave



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Anexo N: Cuarteo de los RSO de la ESPOCH

RSO de los días muestreados



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Método de cuarteo



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Método de cuarteo



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Anexo O: Secado de materiales iniciales

Pesaje de RSO a secar



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Pesaje de bandeja



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Bandeja con muestra de residuos



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Secado de las muestras de RSO



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Muestras secadas y molidas para posteriores análisis



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Muestra de palma



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Muestra de kikuyo



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Anexo P: Determinación de materia orgánica

Crisoles en la estufa



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Muestras calcinadas en el desecador



Fuente: Santiago Valencia, 2015

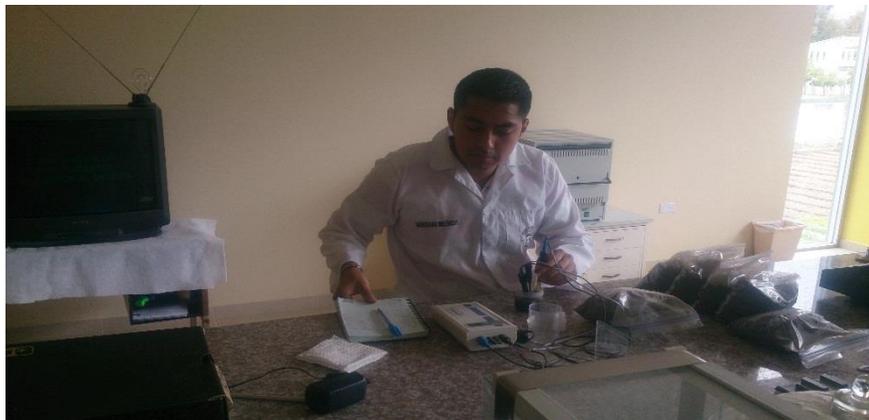
Muestras calcinadas



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Anexo Q: Análisis físico-químicas, químicas y biológicas

Determinación de pH y conductividad eléctrica



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Extracto acuoso para índice de germinación



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Semillas de rábano con extracto acuoso



Fuente: Santiago Valencia, 2015

Cuantificación de la longitud de las raíces



Fuente: Santiago Valencia, 2015