



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

**“ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS
SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO
MAYORISTA DEL CANTÓN RIOBAMBA”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: SILVIO OLMEDO JIMÉNEZ CHUVA
TUTOR: Dra. JANNETH JARA SAMANIEGO

Riobamba-Ecuador
2015

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 DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO MAYORISTA DEL CANTÓN RIOBAMBA”**, de responsabilidad del señor egresado Silvio Olmedo Jiménez Chuva, ha sido prolijamente 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. PhD MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

Yo, Silvio Olmedo Jiménez Chuva, 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.

Silvio Olmedo Jiménez Chuva

DEDICATORIA

Al ser supremo por concederme la vida, sabiduría y fortaleza necesaria para lograr consolidar un espíritu de superación.

A mis padres por su infinito amor y cariño, quienes siempre me brindaron todo su apoyo para llegar a conseguir una meta importante.

A mis hermanas y hermanos por brindarme su amistad, confianza y apoyo incondicional para lograr cumplir este objetivo.

A mi familia por infundir valores morales y educativos en cada instante de mi vida para poder plasmar un sueño tan anhelado.

Silvio

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrir sus puertas y permitirme formar parte de ella brindándome su alto nivel académico.

A la empresa minera Ecuacorriente S.A, por extenderme una beca de merecimiento la misma que permitió financiar la inversión requerida durante los años de educación universitaria.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Riobamba (GADM-R), al Departamento de Gestión ambiental Salubridad e Higiene por haber contribuido con el apoyo necesario para el desarrollo de esta investigación.

A la Ing. Bélgica Villamarín y a todo el personal que desempeña su trabajo en la EP-EMMPA por brindar la información necesaria y toda la apertura a las instalaciones de la empresa para facilitar el proceso investigativo.

Al Ing. Milton Baño P y personal que labora en el parque Temático Agroambiental Ricpamba por facilitar el espacio físico para el desarrollo del trabajo.

Mi sincero agradecimiento a la Dra. Janneth Jara S por brindarme su amistad, confianza y su constante asesoramiento durante el desarrollo del trabajo investigativo.

A todos mis compañeros y amigos en especial a Lucy por brindarme su noble amistad y excelente aporte de compañerismo en cada instante de mi vida.

Silvio

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1 Residuos sólidos	5
1.1.1 <i>Clasificación de los residuos sólidos</i>	5
1.1.2 <i>Producción per cápita (PPC)</i>	6
1.2 Compostaje	7
1.2.1 <i>Sistemas de compostaje</i>	7
1.2.1.1 <i>Sistemas abiertos</i>	8
1.2.1.2 <i>Sistemas cerrados</i>	10
1.2.2 <i>Parámetros del proceso de compostaje</i>	13
1.2.2.1 <i>Parámetros operacionales</i>	13
1.2.2.2 <i>Parámetros químicos y relativos a la naturaleza del sustrato</i>	16
1.2.2.3 <i>Parámetros para evaluar la calidad del compost</i>	19
1.2.3 <i>Condiciones del proceso de compostaje</i>	25
1.2.4 <i>Etapas del proceso de compostaje</i>	26
1.2.4.1 <i>Etapa de latencia</i>	26
1.2.4.2 <i>Etapa mesofílica</i>	26
1.2.4.3 <i>Etapa termofílica</i>	27
1.2.4.4 <i>Etapa de enfriamiento</i>	28
1.2.4.5 <i>Etapa de maduración</i>	28

1.2.5	<i>Microorganismos que intervienen en el compostaje</i>	29
1.2.5.1	<i>Bacterias</i>	30
1.2.5.2	<i>Hongos</i>	31
1.2.5.3	<i>Actinomicetos</i>	31
1.2.5.4	<i>Protozoos</i>	32
1.2.5.5	<i>Microorganismos fermentadores</i>	32
1.3	Compost	32
1.3.1	<i>Clasificación del compost</i>	33
1.3.1.1	<i>Compost fresco</i>	33
1.3.1.2	<i>Compost maduro</i>	33
1.3.1.3	<i>Compost curado</i>	33
1.3.2	<i>Control sanitario del compost</i>	34
1.3.3	<i>Calidad del compost</i>	35
1.3.4	<i>Utilización del compost</i>	35
1.3.5	<i>Ventajas del compost sobre las propiedades del suelo</i>	35
1.3.5.1	<i>Propiedades físicas</i>	35
1.3.5.2	<i>Propiedades químicas</i>	36
1.3.5.3	<i>Propiedades biológicas</i>	36
1.3.6	<i>Rendimiento</i>	36
1.4	Marco legal para residuos sólidos y compost	37
1.4.1	<i>Marco legal para residuos sólidos</i>	37
1.4.2	<i>Marco legal para la elaboración de compost</i>	41
 CAPÍTULO II		
2	MARCO METODOLÓGICO	42
2.1	Lugar de estudio	42
2.1.1	<i>Datos generales del cantón Riobamba</i>	42
2.1.1.1	<i>Ubicación</i>	42
2.1.1.2	<i>Límites</i>	42
2.1.1.3	<i>División política</i>	42
2.1.2	<i>Unidad de estudio</i>	44
2.1.2.1	<i>Ubicación geográfica</i>	44
2.1.2.2	<i>Estructura orgánica de la EP-EMMPA</i>	44
2.1.2.3	<i>Función de la EP-EMMPA</i>	44
2.1.3	<i>Lugar experimental</i>	46
2.1.3.1	<i>Ubicación geográfica</i>	46
2.1.3.2	<i>Características climáticas</i>	46

2.1.3.3	<i>Clasificación ecológica</i>	48
2.1.3.4	<i>Flora y fauna</i>	48
2.2	Tipo de investigación	51
2.3	Parte experimental	51
2.3.1	<i>Muestreo</i>	51
2.4	Metodología	52
2.4.1	<i>Métodos, técnicas e instrumentos</i>	52
2.4.1.1	<i>Métodos</i>	52
2.4.1.2	<i>Técnicas</i>	53
2.4.1.3	<i>Instrumentos y materiales</i>	60
2.5	Datos experimentales	62
2.6	Datos adicionales	65
2.7	Metodología de la elaboración de compost	66
2.7.1	<i>Fase de campo</i>	66
2.7.1.1	<i>Clasificación de los residuos sólidos</i>	66
2.7.1.2	<i>Cuantificación de los residuos sólidos</i>	66
2.7.1.3	<i>Elaboración de compost</i>	67
 CAPÍTULO III		
3	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	71
3.1	Resultados	71
3.1.1	<i>Clasificación de los residuos sólidos</i>	71
3.1.2	<i>Cuantificación de los residuos sólidos</i>	72
3.1.3	<i>Elaboración de compost</i>	72
3.2	Discusión	76
3.2.1	<i>Clasificación de los residuos sólidos</i>	76
3.2.2	<i>Cuantificación de los residuos sólidos</i>	77
3.2.3	<i>Elaboración de compost</i>	78
3.2.3.1	<i>Caracterización de los componentes orgánicos</i>	78
3.2.3.2	<i>Monitoreo del proceso</i>	80
CONCLUSIONES		89
RECOMENDACIONES		90
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

NH₄	Amonio
B	Boro
Ca	Calcio
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
Cu	Cobre
CO₂	Dióxido de carbono
EP-EMMPA	Empresa Pública-Empresa Municipal Mercado de Productores Agrícolas
°C	Grados Celsius
P	Fósforo
GADM-R	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba
g	Gramo
Fe	Hiero
h	Hora
kg	Kilogramo
Mn	Manganeso
MO	Materia orgánica
MS	Materia seca
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mS	Milisiemens
Mo	Molibdeno
N	Nitrógeno
%	Porcentaje
K	Potasio
pH	Potencial de hidrógeno
C/N	Relación Carbono/Nitrógeno
P/P	Relación Peso/Peso
RSO	Residuos sólidos orgánicos
Ton	Tonelada
Zn	Zinc

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A:	Análisis físico-químico de los residuos de poda de árboles
Anexo B:	Análisis físico-químico de los residuos de poda de palma
Anexo C:	Análisis físico-químico de los residuos de mercado
Anexo D:	Análisis físico-químico de la muestra inicial de la pila
Anexo E:	Cálculo de la relación Carbono/Nitrógeno
Anexo F:	Datos del tiempo de secado de los RSO
Anexo G:	Registro de los datos del día lunes
Anexo H:	Registro de los datos del día martes
Anexo I:	Registro de los datos del día miércoles
Anexo J:	Registro de los datos del día jueves
Anexo K:	Registro de los datos del día viernes
Anexo L:	Registro de los datos del día sábado
Anexo M:	Registro de los datos del día domingo
Anexo N:	Clasificación y cuantificación de los RS
Anexo O:	Preparación del material estructurante
Anexo P:	Desarrollo del proceso de compostaje
Anexo Q:	Análisis de los parámetros físico-químicos y biológicos
Anexo R:	Datos meteorológicos del mes de diciembre del 2014
Anexo S:	Datos meteorológicos del mes de enero del 2015
Anexo T:	Datos meteorológicos del mes de enero del 2015
Anexo U:	Datos meteorológicos del mes de marzo del 2015
Anexo V:	Datos meteorológicos del mes de abril del 2015
Anexo W:	Datos meteorológicos del mes de mayo del 2015
Anexo X:	Datos meteorológicos del mes de junio del 2015
Anexo Y:	Datos meteorológicos del mes de julio del 2015

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Porcentaje de residuos sólidos generados en el M. Mayorista.....	77
Gráfico 2-3:	Cantidad de residuos sólidos generados en el M. Mayorista.....	78
Gráfico 3-3:	Pérdida de humedad de los RSO	79
Gráfico 4-3:	Temperatura de la pila orgánica	80
Gráfico 5-3:	Porcentaje de humedad del material orgánico	81
Gráfico 6-3:	Conductividad eléctrica del material orgánico	82
Gráfico 7-3:	Porcentaje de MO del material orgánico	82
Gráfico 8-3:	Potencial de hidrógeno del material orgánico.....	83
Gráfico 9-3:	Relación C/N del material orgánico	84
Gráfico 10-3:	Índice de germinación de semillas.....	85
Gráfico 11-3:	Rendimiento del proceso de compostaje	88

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Flujo de aire por el interior de una pila estática	9
Ilustración 2-1:	Sistema de pila estática con aireación forzada por succión.....	9
Ilustración 3-1:	Reactor vertical de lecho agitado	12
Ilustración 4-1:	Porcentaje de oxígeno en una pila de compost a 55 °C	14
Ilustración 5-1:	Perfil de temperatura en una pila de compost	16
Ilustración 6-1:	Fases del proceso de compostaje	29
Ilustración 7-2:	Mapa de la Provincia de Chimborazo	43
Ilustración 8-2:	Mapa del Mercado Mayorista del Cantón Riobamba.....	45
Ilustración 9-2:	Mapa del Parque Agroambiental Ricpamba.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación de los residuos sólidos	5
Tabla 2-1:	Sistemas de compostaje	8
Tabla 3-1:	Grado de maduración del compost por su cambio de color.....	20
Tabla 4-1:	Rango ideal de algunos parámetros de compostaje	25
Tabla 5-1:	Temperatura y tiempo de exposición para eliminar patógenos.....	27
Tabla 6-1:	Rango de temperatura ideal de algunas categorías bacterianas	31
Tabla 7-1:	Composición físico-química media del compost.....	35
Tabla 8-1:	Marco legal para el manejo de residuos sólidos	37
Tabla 9-2:	Flora del Parque Ricpamba.....	48
Tabla 10-2:	Fauna del parque Ricpamba.....	50
Tabla 11-2:	Muestreo del proceso de compostaje	52
Tabla 12-2:	Técnica para determinar el porcentaje de humedad.....	53
Tabla 13-2:	Técnica para la determinación de la conductividad eléctrica y pH.....	54
Tabla 14-2:	Técnica para la determinación de cenizas y materia orgánica	55
Tabla 15-2:	Técnica para determinar la densidad aparente	56
Tabla 16-2:	Técnica para verificar sustancias húmicas.....	57
Tabla 17-2:	Técnica para determinar el índice de germinación	58
Tabla 18-2:	Técnica para determinar macro y microelementos	59
Tabla 19-2:	Componentes empleados para clasificar los RS	60
Tabla 20-2:	Componentes utilizados para elaborar compost	60
Tabla 21-2:	Datos de los residuos usados en la pila.....	62
Tabla 22-2:	Registro de la pérdida de humedad promedio de los RSO	62
Tabla 23-2:	Registro de la temperatura y humedad de la pila durante el proceso...	63
Tabla 24-2:	Datos de fitotoxicidad del material orgánico	64
Tabla 25-2:	Datos de la densidad aparente del material orgánico.....	64
Tabla 26-2:	Temperatura y humedad media ambiente	65
Tabla 27-2:	Fechas del muestreo del proceso de compostaje.....	69
Tabla 28-3:	Componentes de los residuos sólidos del M. Mayorista.....	71
Tabla 29-3:	Porcentaje de residuos sólidos generados en el M. Mayorista.....	72
Tabla 30-3:	Cantidad de residuos sólidos generados en el M. Mayorista	72
Tabla 31-3:	Resultados de los componentes orgánicos de la pila	73
Tabla 32-3:	Evolución de algunos parámetros durante el proceso de compostaje..	74
Tabla 33-3:	Resultado del índice de germinación de semillas de rábano.....	76
Tabla 34-3	Resultado del rendimiento del proceso de compostaje	76

RESUMEN

El presente trabajo investigativo se desarrolló en el parque Temático Agroambiental Ricpamba del cantón Riobamba, Chimborazo–Ecuador. El objetivo fundamental fue obtener un abono orgánico (compost) a partir de los residuos sólidos orgánicos que se generan en el Mercado Mayorista y su posible aprovechamiento en agricultura. Para el experimento se armó una pila de 1,0 tonelada constituida con proporciones fijas en relación peso/peso de tres componentes principales: residuos sólidos orgánicos de mercado (600 kg), residuos de poda de árboles (300 kg) y residuos de poda de palma ornamental (*Phoenix canariensis*) (100 kg) para lograr una adecuada relación de carbono nitrógeno (C/N). La elaboración de compost se lo realizó mediante un sistema de pila abierta y volteo manual; durante el proceso se hizo un control semanal de la temperatura y humedad, además durante cada volteo se tomó muestras de material para realizar análisis de los parámetros más importantes y controlar el proceso. La evolución de la temperatura de la pila fue adecuada, pues al inicio se presentó una fase mesófila óptima para seguidamente dar inicio a la fase termófila alcanzando temperaturas superiores a 60 °C, la misma que se controló con volteos manuales. Una vez finalizado el proceso se comprobó la calidad del compost mediante análisis físicos-químicos, químicos y biológicos los mismos que están dentro de los rangos permisibles de un producto de calidad. De forma adicional se clasificó y cuantificó los residuos sólidos generados en la Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas “San Pedro de Riobamba” (EP-EMMPA) en los diferentes días de actividad comercial. Los residuos se clasificaron en 6 grupos: orgánicos, plásticos, papel, cartón, madera y otros, siendo los residuos orgánicos los que encuentran mayor cantidad presentando un promedio total del 95,59 %. El producto obtenido posee las propiedades físico-químicas, químicas y biológicas adecuadas para ser empleado como abono orgánico o mejorador de suelos mediante el aporte de nutrientes esenciales, macroelementos y microelementos requeridos por las plantas.

Palabras clave: <[COMPOST] ABONO ORGÁNICO> <COMPOSTAJE> <GESTIÓN> <MATERIA ORGÁNICA> <MERCADOS MUNICIPALES> <RECICLAJE> <RESIDUOS SÓLIDOS>.

SUMMARY

The present investigative research was developed in the agro–environmental thematic park Ricpamba of the Canton: Riobamba, in Chimborazo, Province. The fundamental objective was to obtain an organic fertilizer (compost) from the solid organic debris generated in the Mayorista Market and its possible usage in farming. For the experiment was armed a pile of 1.0 ton constituted with fixed proportion in relation weight/weight of three main components: solid organic of the market (600 kg), debris of pruning of trees (300 kg), and debris of pruning of ornamental palm (*Phoenix canariensis*) (100 kg) to reach an adequate relation of carbon nitrogen (C/N). The elaboration of compost was made by means of an open pile system and manual turning; during the process a weekly control was done of the temperature and humidity, in addition during each turning samples of the material were taken to make the analysis of the most important parameters and control the process. The evolution of the temperature of the pile was adequate, since at the beginning an optimal mesophyll phase was presented for afterwards to start the thermophile phase reaching higher temperatures to 60 °C, the same that was controlled with manual turning. Once, the process finished, the quality of the compost was tested through physical–chemical and biologic analyses, the same which are within the allowed rankings of a quality product. Furthermore, the generated solid debris was classified and quantified in the Public Enterprise: Municipal Market of Agricultural Producers (Empresa Publica Municipal Mercado de Productores Agricolas) “San Pedro de Riobamba” (EP–EMMPA) in the different days of commercial activity. Debris was classified into 6 groups: organic, plastic, paper, card, timber and others, being the organic debris, which was found in a bigger quantity, presenting an average total of 95.59 %. The obtained product possess the adequate physical–chemical and biologic properties for being employed as organic fertilizer or improver of soils through the contribution of essential nutrients, macro–elements and micro–elements required by the plants.

Key Words: <[COMPOST] ORGANIC FERTILIZER> <COMPOSTING>
<MANAGEMENT> <ORGANIC MATTER> <MUNICIPAL MARKETS> <RECYCLING>
<SOLID DEBRIS>.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo hace referencia a la elaboración de compost a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en la Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas “San Pedro de Riobamba” (EP-EMMPA) los mismos que durante muchos años y hasta la actualidad son depositados en el botadero a cielo abierto de Porlón del cantón Riobamba sin contar con un sistema de gestión previo para su manejo apropiado. Esta gestión inadecuada trae consigo problemas sociales y ambientales, que atentan contra el ambiente y la salud de las personas como consecuencia de la proliferación de enfermedades transmitidas por vectores, la contaminación del aire, agua, suelo, gases efecto invernadero y la generación de lixiviados.

La investigación sobre la elaboración de compost en la que se utilizó los residuos sólidos orgánicos del Mercado de Productores Agrícolas “San Pedro de Riobamba”, mejor conocido como Mercado Mayorista, se realizó con el conocimiento previo que mediante la aplicación de un sistema abierto de compostaje se puede implementar una estrategia para el tratamiento de los residuos orgánicos generados en los mercados municipales de la ciudad y obtener un producto con las propiedades requeridas para ser utilizado en el enriquecimiento de los suelos agrícolas.

El compostaje es un proceso biotecnológico en el que se producen reacciones bioquímicas, para transformar la fracción orgánica mediante la actividad de microorganismos aerobios como poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos, en un producto final estable, libre de semillas y patógenos denominado compost. Este es un producto apreciado por contener un alto porcentaje de sustancias húmicas que es utilizado como un mejorador del suelo, abono orgánico y como parte de sustratos de cultivo para semilleros. Todos los materiales orgánicos de origen vegetal o animal, que en su composición contengan una gran cantidad de materia orgánica biodegradable se puede utilizar para elaborar compost.

El trabajo investigativo se desarrolló bajo información de fuentes bibliográficas (artículos científicos, revistas, textos y manuales de compostaje), así como de la información obtenida a partir de los resultados del trabajo de campo y análisis de muestras realizadas en el laboratorio.

Durante la investigación de campo se obtuvo información sobre la cantidad y tipo de residuos que se generan en el Mercado Mayorista. Para ello, se realizó entrevistas al personal de limpieza de la empresa y un diagnóstico previo sobre la generación de residuos en este mercado. Se realizó la clasificación y cuantificación diaria de los residuos durante una semana de actividad comercial los cuales fueron separados en 6 grupos y posteriormente pesados.

Para la elaboración del compost se tomó 600 kg de residuos sólidos orgánicos de mercado y se mezclaron con 300 kg de residuos secos de poda de árboles y 100 kg de poda de palma ornamental con los cuales se formó una pila de 1000 kg. Los componentes de la pila fueron triturados previamente con un molino de cuchillas. El proceso de compostaje se realizó mediante volteo manual a cielo abierto, el control de los parámetros se realizó mediante datos obtenidos en el trabajo de campo como en los resultados de las muestras analizadas en el laboratorio para determinar el avance del proceso y la calidad del producto.

Los objetivos de este trabajo están enfocados en la obtención de compost a partir de los residuos sólidos de mercado para obtener un producto con las propiedades físico-químicas, químicas y biológicas que brinden las características de un producto óptimo para ser utilizado en agricultura. De forma adicional se clasificó y cuantificó los residuos generados en este mercado en 6 grupos como residuos orgánicos, plásticos, papel, cartón, madera y otros. El trabajo se desarrolló en tres capítulos generales: el primer capítulo se refiere al marco teórico referencial, el segundo capítulo sobre el marco metodológico y el tercero da a conocer los resultados, análisis y discusión de resultados.

En este trabajo se realizó la clasificación y cuantificación de los residuos que se generan en el mercado en el cual los residuos orgánicos son los que se generan en mayor cantidad con un aproximado del 95 %. También se logró obtener compost con las propiedades físicas y químicas requeridas por algunas organizaciones internacionales que determinan la calidad de un producto orgánico.

ANTECEDENTES

En varios países de América del Sur grandes cantidades de residuos sólidos urbanos no disponen de una gestión adecuada para su disposición final. Según estudios en el Ecuador se generan cerca de 2,7 millones de toneladas de residuos sólidos donde el 80 % de los residuos generados corresponden a las zonas urbanas del país (JARA. J, et al., 2014).

Información brindada por el Departamento de Desechos Sólidos, Higiene y Salubridad del Municipio de Riobamba indica que el servicio prestado para la recolección de los residuos sólidos ha mejorado en los últimos años, así en el año 2010 el servicio prestado en el sector urbano cubría el 92 %. La cantidad de residuos sólidos domiciliarios en el cantón Riobamba se estima que es de 0,64 kg/hab/día. Cuando a este tipo de residuos se les adiciona los generados en los locales comerciales, mercados, instituciones, industrias y limpieza de la ciudad, su valor aumenta en un 25 a 40 % generándose entre 0,8 a 0,9 kg/hab/día (CADENA. N, 2013, p. 51).

Información brindada por varias fuentes y la OPS indican que la generación de residuos domiciliarios es de 0,58 kg/hab/día y la cantidad de residuos generados en actividades comerciales e institucionales es de 0,45 kg/hab/día, con lo que se tiene que la generación de residuos sólidos municipales es de 1,0 kg/hab/día. La cantidad de residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Riobamba se genera en un aproximado del 65 % lo que nos da un total aproximado de 66 TM/año, por lo que nos queda un total de 35 TM/año de residuos inorgánicos según datos obtenidos mediante la caracterización de los residuos sólidos del cantón (CADENA. N, 2013, p. 51).

El Mercado Mayorista objeto de estudio, como todos los mercados populares, es un lugar donde se concentra una gran actividad de compra y venta de diversos productos. Muchos de éstos son de naturaleza orgánica por lo tanto son perecibles y muy susceptibles a la descomposición microbiana; entre éstos se encuentran verduras, frutas, cereales, hortalizas, cárnicos y víveres en general. Todos estos residuos son destinados al botadero a cielo abierto ubicado en Porlón sin ningún tratamiento. En septiembre del 2012 (JARA. J, et al., 2014), realizaron la caracterización físico-química, química y biológica de los residuos orgánicos de varios mercados de la ciudad de Riobamba y en abril de 2013 realizaron compost en mezclas con poda de árboles. La misma fuente indica que los resultados obtenidos han sido satisfactorios.

JUSTIFICACIÓN

En los mercados del cantón Riobamba, por información de personeros municipales, a diario se generan alrededor de 16 toneladas de residuos de mercado como producto del comercio que se realiza entre productores, intermediarios, vendedores y compradores; la mayor parte de los productos que se comercializan son orgánicos y por su naturaleza son de rápida descomposición. El Mercado Mayorista es el más grande de la provincia de Chimborazo, pues en este lugar se realiza el mayor comercio entre los productores de las diferentes regiones del país y en menor porcentaje se realiza actividades de comercio de pequeñas tiendas, puestos de venta de comida preparada, tercenas y venta de mariscos.

Como resultado de todas las actividades comerciales desarrolladas en este mercado las cantidades de desechos producidas son muy grandes y los residuos orgánicos son los que se generan en mayor cantidad con un aproximado del 95 % los mismos que están conformados por desechos vegetales y en menor cantidad de restos animales que presentan temprana degradación los mismos que atraen la presencia de vectores contaminantes que directamente conllevan un riesgo contra la salud de las personas que ingresan al mercado a proveerse de víveres, comerciantes fijos de la empresa y usuarios de la zona de influencia.

Todo el material de desecho que sale de este mercado es trasladado y depositado en el botadero a cielo abierto de Porlón sin ninguna clase de tratamiento previo por lo que se generan grandes cantidades de lixiviados y gases de efecto invernadero como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido de nitrógeno (N₂O) que resultan contaminantes peligrosos para la salud y el ambiente.

Con el trabajo desarrollado se busca plantear una alternativa para el tratamiento más adecuado de la gran cantidad de residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Mayorista y evitar que su disposición final sea un botadero a cielo abierto sin ningún tratamiento. Con la aplicación de la técnica del compostaje es posible obtener un producto libre de patógenos, estable y con las propiedades físico-químicas, químicas y biológicas óptimas para ser empleado como abono o un mejorador de suelos para los cultivos agrícolas. Además con este trabajo investigativo, conjuntamente con el municipio de Riobamba, se espera en un futuro desarrollar proyectos que den solución a los problemas relacionados con las grandes cantidades de residuos generados en los mercados y en el cantón de Riobamba como también fomentar la conciencia del reciclaje y aprovechamiento de los residuos que son producidos.

OBJETIVOS

Para el desarrollo del trabajo investigativo se propusieron los siguientes objetivos.

General

- Elaborar compost a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Mayorista del cantón Riobamba (EP-EMMPA).

Específicos

- Clasificar los diferentes residuos sólidos generados en el Mercado Mayorista del cantón Riobamba.
- Cuantificar los residuos sólidos generados en el Mercado Mayorista del cantón Riobamba.
- Verificar la calidad y rendimiento del compost a través de los análisis de sus propiedades físico-químicas, químicas y biológicas.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Residuos sólidos

Residuos sólidos es todo material, sustancia o elemento sólido o semisólido que son desechados una vez que estos productos prestaron un bien o un servicio en su línea de producción para las diferentes actividades que son desarrolladas dentro de los establecimientos, industrias o cualquier otra dependencia en particular en la cual muchos de estos residuos pueden ser aprovechados para ser reinsertados a una nueva línea de producción para lograr obtener otro producto con un determinado valor económico cuando estos productos son reinsertados de nuevo a la cadena comercial (JARAMILLO. G & ZAPATA. L, 2008, p. 25).

1.1.1 Clasificación de los residuos sólidos

A los residuos sólidos se los puede clasificar de distintas maneras, las mismas que pueden ser: por su composición química, por su utilidad económica, por su origen y por su riesgo.

Tabla 1-1: Clasificación de los residuos sólidos

Por su composición química	Orgánicos	Todos aquellos elementos que en su composición tienen propiedades orgánicas y por cuanto la biodegradación que experimentan es en forma rápida y natural para obtener varias clases de materias orgánicas, las fuentes principales de donde estos residuos se derivan son las fuentes orgánicas de tipo animal como restos de alimentos y carnes o vegetal como residuos de hortalizas, verduras, frutas entre otros.
	Inorgánicos	Residuos que poseen propiedades que no se pueden degradar de forma natural o si es factible hacerlo experimentan una transformación muy lenta. Este tipo de residuos proceden de materiales minerales y derivados sintéticos entre ellos se tiene: cristales, plásticos, cartones plastificados, metales, pilas, entre otros.
Por su utilidad económica	Reciclables	Desechos que pueden ser reutilizados como materias primas para insertar en la línea productiva y obtener otros productos con un valor agregado.
	No reciclables	Por sus propiedades o falta de tecnología no se pueden reutilizar.

Continuará...

Continúa

Por su origen	Agrícolas	Por su diversidad se los puede dividir en orgánicos e inorgánicos, pero en su mayor parte son de naturaleza vegetal o animal, y son producidos por actividades agrícolas, pero también se incorporan los residuos inorgánicos producto de los fertilizantes empleados en las actividades agrícolas.
	Comerciales	Son los residuos orgánicos que proceden de locales comerciales como restaurantes y tiendas, los restaurantes son los principales generadores de residuos orgánicos por su actividad en ventas de comida. Necesitan una consideración particular puesto que pueden ser aprovechados para alimento de animales previo a un tratamiento adecuado.
	Constructivos	Generados por actividades como las demoliciones, remodelaciones, construcciones, excavaciones y otras actividades orientadas para tal fin, como metales, maderas, restos de hormigón y escombros.
	Domiciliarios	Originados en los hogares, albergues, hoteles siendo residuos de alimentos, embalajes, cartón, papel, plásticos, maderas, textiles, gomas, cueros, vidrio, restos metálicos, escombros, entre otros.
	Hospitalarios	Son los que se generan en los diferentes centros de salud, que poseen patógenos y vectores que requieren ser controlados desde su clasificación hasta su disposición final de las cenizas extraídas de sus incineradores.
	Industriales	Residuos muy variados en dependencia de las actividades industriales entre ellos se tiene los residuos de las industrias metalúrgicas, químicas, entre otras, que pueden ser en forma de cenizas, lodos, chatarra, plásticos etc.
Por su riesgo	Inertes	Los residuos procedentes de trabajos de construcciones, demoliciones, excavaciones, escombros y tierras.
	No inertes	Todos aquellos residuos que de cierta forma tienen la propiedad de emitir radioactividad, corrosividad y toxicidad.
	Peligrosos	Residuos que requieren estar dentro de las normativas específicas del ambiente, puesto que por sus propiedades físicas y químicas requieren ser tratados, recuperados o una disposición final adecuada.

Fuente: (RUÍZ. A, 2010, p. 16)

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

1.1.2 Producción per cápita (PPC)

La producción per cápita, es un factor que se modifica de acuerdo a la dimensión de la población y de la cantidad de residuos sólidos generados que depende de las condiciones sociales de cada pueblo o comunidad. La producción per cápita es una relación entre la cantidad en peso de residuos sólidos generados y recolectados y una población que cuenta con este servicio. La generación de residuos se puede estimar mediante valores únicos que pueden ser kilogramos por habitante y por día, kilogramos por hogar y por día, kilogramos por cuadra por día, o también kilogramos por tonelada de cosecha o kilogramos por un número de animales por día, y para tal fin se puede estimar mediante el uso de la siguiente ecuación.

$$PPC = \frac{\text{kg. RS, Recolectados}}{\text{Nº. Habitantes} \times \text{día}}$$

Para las actividades de gestión de los residuos sólidos como recoger, procesar y dar una disposición final, es fundamental cuantificar la cantidad de residuos producidos y recolectados, lo cual la PPC se convierte en un requisito importante para alcanzar los objetivos de manejo de residuos sólidos (IBARRA. Y, 2011, p. 28).

1.2 Compostaje

El compostaje es un proceso biotecnológico que sucede por una serie de actividades biológicas que se desarrollan en un medio aerobio en el cual la materia orgánica experimenta una serie de transformaciones bioquímicas durante todo el tiempo que dure el proceso para convertirse en un producto orgánico estable (TORRES. P, et al., 2005, p. 55).

De forma general cualquiera que sea el proceso el fundamento es muy semejante en los cuales se tiene productos como dióxido de carbono, agua, minerales y materia orgánica estable como productos resultantes del proceso que se dan por una serie de transformaciones muy semejantes a las que se suscitan en el suelo de forma natural. El proceso de compostaje es un proceso en el cual se pueden manipular y controlar varios parámetros importantes para lograr obtener los resultados esperados, la actividad biológica es desarrollada por varias poblaciones de microorganismos como bacterias, hongos y actinomicetos que son los encargados de las transformaciones biológicas de la materia orgánica (TORRES. P, et al., 2005, p. 55). Para obtener buenos resultados al final del proceso es necesario controlar varios parámetros entre los más importantes se tiene la aireación, humedad, pH, la relación C/N y la temperatura algunos de estos son controlados en cada fase del proceso, cuando no se controla los parámetros más importantes del proceso, este se vuelve empírico, inestable y muy lento en la transformación del material orgánico y obtener el producto esperado (YAÑEZ. P, et al., 2007, p. 721).

1.2.1 *Sistemas de compostaje*

En el proceso de compostaje existe una gran cantidad de factores que influyen directa o indirectamente sobre el método que se utilice para obtener compost, dentro de los factores que condicionan el proceso se tiene los ambientales, tipo de residuos a compostar, disposición del terreno entre otros, de forma distinta del método empleado para elaborar compost el objetivo general de los métodos es controlar los parámetros y optimizar el proceso.

La clasificación general de los sistemas de compostaje son abiertos y cerrados, en los primeros la materia orgánica se degrada al aire libre, los procesos realizados por estos sistemas son sencillos, poco complejos y de bajos costos, en cuanto a los sistemas cerrados estos requieren para su instalación que sus estructuras y equipos sean lo bastante sofisticados para lograr buenos resultados, es por cuanto que para el manejo de estos sistemas los costos son mayores que los sistemas abiertos (GALEA. Z, 2013, p. 21).

Tabla 2-1: Sistemas de compostaje

Sistemas abiertos	Apilamiento estático	Con aire por succión
		Con aire soplado en conjunción con control de temperatura
		Ventilación alternante (succión y soplado) y control de temperatura
	Apilamiento con volteo	
	Apilamiento con volteo y aireación forzada	
Sistemas cerrados	Reactores verticales	Continuos
		Discontinuos
	Reactores horizontales	Estáticos
		Con rotación

Fuente: (NEGRO. J, et al., 2000, pp. 12-13)

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 1015

1.2.1.1 *Sistemas abiertos*

En estos sistemas la masa orgánica que va a ser transformada se dispone en pilas o montones de forma triangular o trapezoidal con altura inferior a 2,7 m y longitud variable, sin compactación para dejar espacio libre de aireación de tal forma que permita la circulación libre del oxígeno en toda su extensión para mantener la temperatura adecuada puesto que si es muy grande el aire no ingresa al centro de la misma y si es muy pequeña no se calienta lo suficiente. El tamaño para construir una pila depende del material y de la temperatura de la zona, la aireación en estos sistemas se puede lograr por volteo manual, mecánico o aireación forzada (LÓPEZ. W, 2010, p. 25).

Compostaje en pilas estáticas con aireación natural

Este sistema es uno de los más comunes y tradicionales para realizar compostaje, las dimensiones de la pila formada no sobrepasa de 1,5 m de alto y de entre 2,5 a 3 m de ancho en su base su longitud puede variar, la forma de estas pilas suele tener un frente trapezoidal o triangular, en dependencia de la precipitación de la zona se construye su pendiente la cual es menos pronunciada en climas secos y más pronunciada en climas húmedos (NEGRO. J, et al., 2000, p. 13).

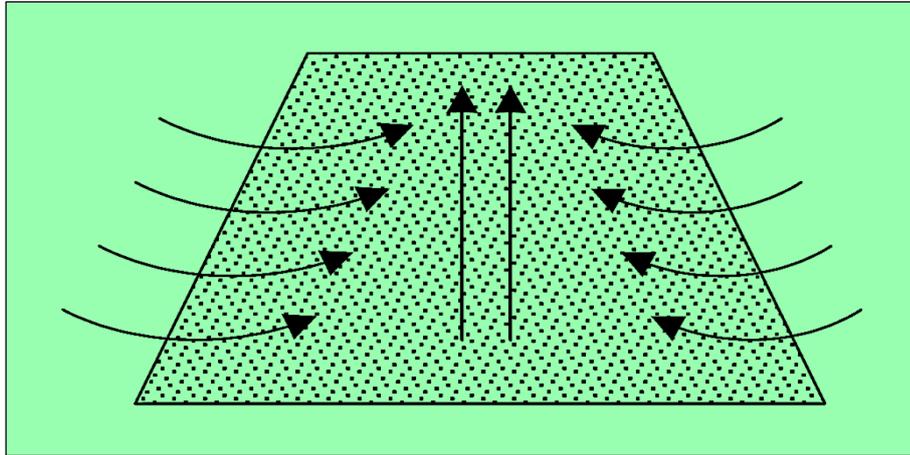


Ilustración 1-1: Flujo de aire por el interior de una pila estática
Fuente: (MOHEDO. J, 2002, p. 35)

Compostaje en pilas estáticas con ventilación forzada

En estos sistemas para aportar el oxígeno suficiente a la pila, se dispone de varios tubos colocados en su base, el material se ubica sobre el sistema de tubos que proporciona el oxígeno a través de los espacios del material, este sistema permite la entrada de oxígeno, enfría la pila y permite la salida de CO₂, vapor de agua o varios gases resultado de la descomposición. El sistema posee unos sensores que permiten controlar la temperatura cuando ésta excede los valores establecidos.

Un beneficio que presenta el sistema es que permite controlar la cantidad de oxígeno, humedad y la temperatura. El control de la aireación contribuye a que la actividad microbiana sea más rápida, lo que provoca que el proceso se acelere y la descomposición de los residuos dure entre 4 a 8 semanas, para este método es muy importante la humedad inicial del material por lo que aquí no se realiza mezclas durante el proceso lo que involucra menos costos de operación y áreas más pequeñas de contacto puesto que no se realiza volteo (LÓPEZ. W, 2010, pp. 25-26).

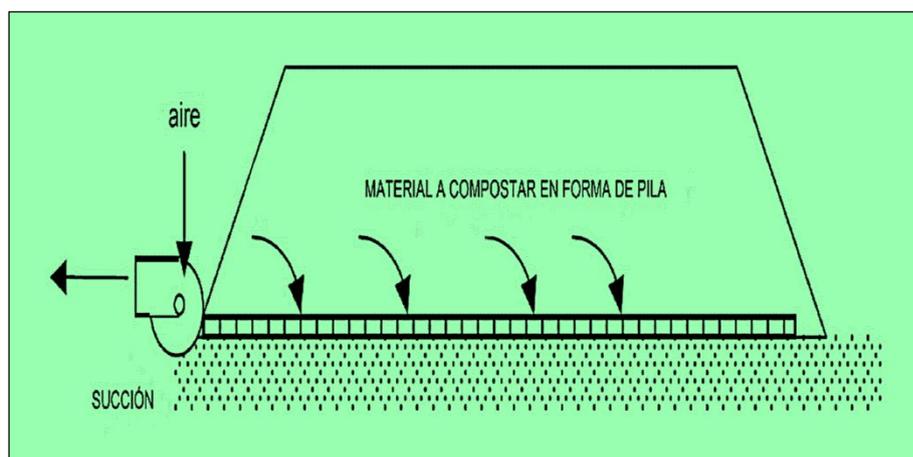


Ilustración 2-1: Sistema de pila estática con aireación forzada por succión
Fuente: (MOHEDO. J, 2002, p. 37)

Compostaje en pilas por volteo

En este sistema de compostaje, el periodo de los volteos varía en función del tipo de material a degradar, temperatura, humedad y de la velocidad que requiera el proceso. Por lo general en estos sistemas se hace el volteo cada 6 o 10 días para hacer más homogénea la masa, controlar la temperatura, disminuir el calor interno, monitorear la humedad y mejorar los espacios libres para una adecuada aireación. Una vez realizado el volteo la temperatura baja y vuelve a subir entre 5 y 10 °C si el proceso no está completo. Este sistema es muy usado para compostar residuos vegetales, estiércoles, lodos y residuos sólidos municipales del cual se obtiene buenos resultados. Las instalaciones para un sistema abierto necesitan más espacio y no son muy efectivas para inactivar los patógenos como los sistemas estáticos (LÓPEZ. W, 2010, p. 25).

1.2.1.2 Sistemas cerrados

Son sistemas de compostaje que conforman una gran variedad de reactores en los que la etapa degradativa inicial de los componentes orgánicos son oxidados en estos sistemas, estos pueden ser de tipo horizontal o vertical, aireados-agitados, de túnel dinámico y reactor de tambor rotativo. La etapa final se realiza al aire libre o bajo cubierta sin paredes.

En estos sistemas la mayor parte de las técnicas utilizan aireación forzada, y en otras agitaciones mecánicas. Los reactores que conforman este sistema pueden ser depósitos de acero aireados, tubos de polietileno con gran diámetro, tanques en forma de cilindros rectángulos en posición horizontal o vertical y otros modelos cerrados.

El sistema cerrado tiene la finalidad de minimizar áreas de compostaje, monitorear los parámetros de descomposición y minimizar olores. A pesar de que los sistemas tienen costos más elevados que los abiertos, presentan la ventaja de reducir el tiempo del proceso de compostaje y se puede estimar la ocurrencia del proceso sin desatender los valores adecuados de temperatura para eliminar patógenos y acelerar el proceso degradativo (LÓPEZ. W, 2010, p. 26).

Reactores verticales

Los reactores verticales pueden tener dos formas para operar siendo continuos o discontinuos, para los reactores que operan de forma continua todo el material a ser compostado es adicionado al inicio del proceso una sola vez. La altura del tanque de estos reactores oscila entre 4 a 10 m y capacidad de volumen entre 1000 y 3000 m³; estos reactores tiene una forma cilíndrica y son totalmente herméticos y aislados térmicamente.

Estos reactores tienen ubicados en su parte inferior del tanque el sistema para el control de la aireación como también para la extracción del material ya compostado, para alimentar al reactor el material orgánico es colocado por la parte superior del tanque, conforme el material procesado sale, el material nuevo desciende para ser transformado.

En estos reactores los principales parámetros que indican el avance del proceso son la temperatura y las propiedades que poseen los gases de salida, el material que entra a estos tanques para ser degradados permanecen aproximadamente dos semanas.

Los reactores que trabajan mediante sistemas discontinuos la materia a descomponer se adiciona en varias fases. El sistema consta de un tanque con forma cilíndrica muy alto el cual está dividido en varias secciones en la cual cada sección tiene una altura entre 2 a 3 metros, en estos sistemas todo el material orgánico que va a ser degradado es cargado por la sección más alta y conforme avanza el proceso el material es colocado en las secciones inferiores, para realizar los volteos del material se utiliza sistemas mecánicos.

Para mantener la humedad del material en los tanques se obtiene del vapor que sale de las secciones más bajas o también se los hace mediante dispositivos instalados en el reactor, el tiempo que el material permanece aquí es de aproximadamente un semana, aunque estos sistemas son bastantes eficientes el principal inconveniente que estos sistemas tienen son sus costos elevados para su operación y mantenimiento.

Los reactores con sistemas continuos como los de sistemas discontinuos, tanto en variedad de diseño como en capacidad para almacenar el material, los reactores que más cambios han sufrido son los reactores circulares que presentan dimensiones entre 6 y 36 m de diámetro y una altura entre 2 y 3 m, para voltear el material en estos reactores se emplean unos brazos giratorios y el tiempo que el material a procesar permanece almacenado en estos tanques es aproximadamente de 10 días (NEGRO. J, et al., 2000, pp. 15-16).

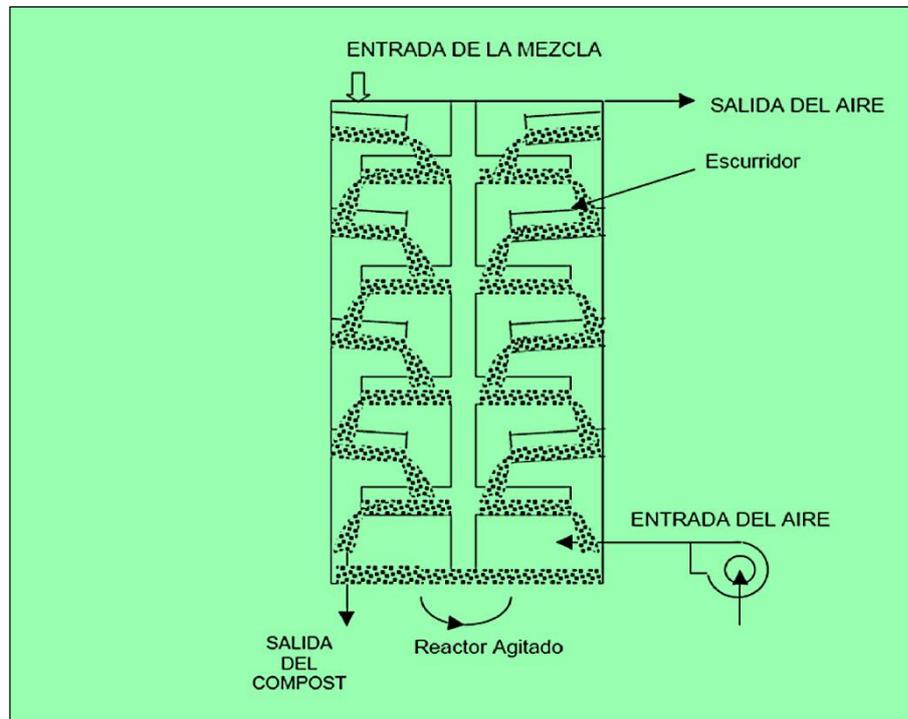


Ilustración 3-1: Reactor vertical de lecho agitado

Fuente: (MOHEDO. J, 2002, p. 39)

Reactores horizontales propiamente dichos

En estos reactores cuando el sistema es manejado por un sistema estático el material orgánico que está en descomposición permanece por un tiempo aproximado entre 15 y 30 días, existen otros tipos de reactores como los reactores de túnel en el cual el material se agita mediante sistemas hidráulicos y la aireación es suministrada por sistemas controlados en su parte inferior y los reactores rectangulares dinámicos en el cual se realiza el volteo del material que está en transformación, para ambos casos antes de que el material entre a ser procesado es seleccionado previamente, el reactor de túnel presenta una forma rectangular cuyas medidas oscila entre 4 m de alto y 5,5 m de ancho, para su longitud no existe especificaciones puesto que esta varía de la cantidad de material que se requiera procesar (NEGRO. J, et al., 2000, p. 17).

Los reactores rectangulares dinámicos tienen una altura entre 3 y 6 m con una longitud que depende de la cantidad de material orgánico que se desee procesar, como en otros reactores la materia se carga por la parte superior la cual es colocada dentro del reactor mediante una cinta transportadora, para suministrar el aire necesario al sistema se lo hace a través de un dispositivo colocado en su parte inferior, el tiempo que el material orgánico permanece dentro de estos tanques es de aproximadamente 14 a 21 días y una vez que ha transcurrido el tiempo necesario el material es extraído y no requiere ser procesado nuevamente como sucede generalmente en otros reactores (NEGRO. J, et al., 2000, p. 17).

1.2.2 Parámetros del proceso de compostaje

Cuando se realiza el proceso de compostaje la gran cantidad de microorganismos presentes en el material son los encargados de realizar la descomposición de todo el material orgánico, es por ello que todos los parámetros que de forma directa o indirecta perjudiquen el desarrollo de los organismos y su actividad biológica también perjudicará el desarrollo adecuado del proceso. A pesar que en el proceso de compostaje los parámetros involucrados son varios los más requeridos para que el proceso tenga buenos resultados es necesario el control de la aireación, porcentaje de humedad, pH, niveles de temperatura, relación C/N y el tamaño de las partículas; que a su vez estos parámetros son influenciados por otros factores como las condiciones del ambiente, la clase de residuo que se utiliza para compostar y el sistema que se haya seleccionado para obtener compost (GALEA. Z, 2013, p. 14).

1.2.2.1 Parámetros operacionales

Aireación

La cantidad de oxígeno en el medio depende del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteos y presencia o ausencia de materiales que limiten la entrada de aire, la aireación es fundamental durante el proceso de compostaje puesto que los organismos encargados de la degradación de la materia orgánica se desarrollan en un medio aerobio. Las pilas formadas acumulan oxígeno en diferentes proporciones las partes internas poseen menos cantidad que las externas que contienen cerca del 18 al 20 %. En cambio la cantidad de dióxido de carbono es mayor en las partes más internas de la pila incluso a 60 cm de profundidad se suele encontrar concentraciones de 0,5 a 2 % (MORENO. J & MORAL. R, 2007, p. 99).

Cuando la aireación en la pila es insuficiente o mal distribuida desaparecen los organismos aerobios y aparecen los anaerobios lo que induce a que la descomposición tome propiedades anaerobias o fermentativas lo cual provoca que el proceso se retrase, se produzca sulfuro y se generen malos olores por otro lado cuando existe un exceso de aireación, la pila no conserva el calor necesario e induce a la deshidratación lo cual provoca que los organismos reduzcan su actividad metabólica.

Aunque la aireación es un parámetro importante durante el proceso, en la fase de maduración se recomienda no oxigenar la pila puesto que no es necesario, ya que si la cantidad de oxígeno es excesiva puede inducir al consumo de los ácidos húmicos producidos y a una pronta mineralización de éstos (MORENO. J & MORAL. R, 2007, pp. 99-100).

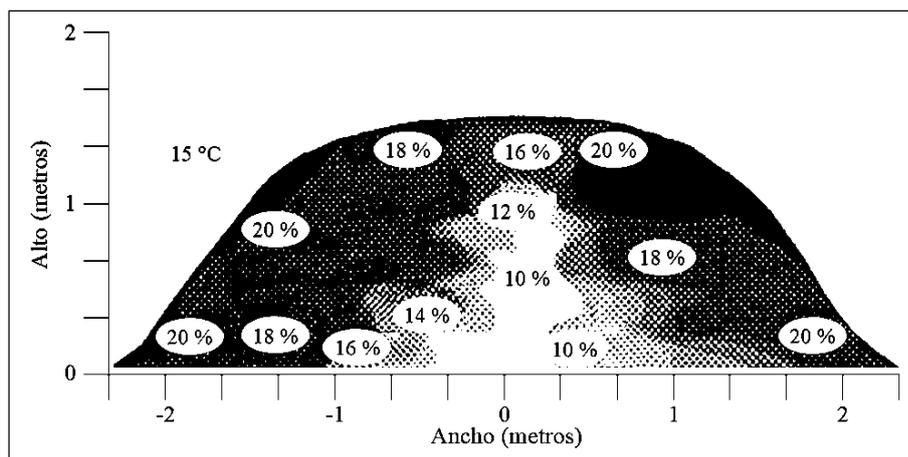


Ilustración 4-1: Porcentaje de oxígeno en una pila de compost a 55 °C
Fuente: (JARAMILLO. G & ZAPATA. L, 2008, p. 41)

Humedad

La humedad es un parámetro importante en el proceso de compostaje que facilita la actividad biológica realizada por los microorganismos, además desplaza los componentes solubles que son utilizados para alimentar sus células así como también para transportar residuos que son producidos por las reacciones durante el proceso de compostaje (BUENO. P, et al., 2008, pp. 2-3).

El porcentaje de humedad requerido por los microorganismos que degradan la materia orgánica es variable que depende del tipo de residuos que se compostan, pero valores inferiores al 40 % reduce la actividad biológica de los organismos notablemente, niveles por debajo del 30 % se vuelve un factor limitante del proceso y a partir de valores inferiores al 12 % de humedad finaliza por completo la actividad biológica (MOHEDO. J, 2002, p. 28).

El rango aceptable de humedad varía entre el 50 y 70 % cuando el porcentaje de humedad supera el 70 % el agua satura el material compostable y ocupa los espacios que existen entre las partículas lo cual permite que el porcentaje de oxígeno disminuya por el desplazamiento del aire y contribuye para que el proceso tome características anaeróbicas que facilita la pudrición de la materia orgánica, genere malos olores y el proceso tarde más. El porcentaje de humedad en la pila se puede controlar mediante la aireación y mediante un control de la humedad y aireación se controla la temperatura, el porcentaje de humedad para un manejo óptimo del proceso depende del tipo de residuo a compostar, se dice que para la paja y otros materiales fibrosos o restos forestales la humedad máxima se establece en un rango entre 75 a 85 %, para astillas de madera 75 a 90 % y para residuos sólidos urbanos entre 50 a 55 % (BUENO. P, et al., 2008, pp. 2-3). El compost para ser aplicado de inmediato debe presentar una humedad inferior al 50 %, y para ser almacenado un porcentaje del 20 % (TITUAÑA. B, 2009, p. 27).

Potencial de hidrógeno (pH)

El pH depende del tipo de residuos que se vaya a compostar pero de forma general para un buen manejo del proceso varía entre 6,5 a 8,0 cuando el proceso es mal manejado el valor del pH llega a tener valores entre 4 y 5, se dice que el proceso se vuelve lento cuando el pH alcanza valores inferiores a 5,5 y cuando se alcanza valores de 9,5 la población de organismos no se desarrollan así como también se pierden nutrientes importantes que los organismos no pueden asimilarlos. Cada organismo se desarrolla en diferentes valores de pH del medio las bacterias se desarrollan mejor en pH cercano al neutro en cuanto que los hongos lo hacen en medios ácidos, en la fase de enfriamiento el pH desciende rápidamente hasta valores entre 6 y 7 incluso en el compost maduro se presenta estos valores (JÁCOME. G, 2013, p. 19). En la fase termofílica los microorganismos que se desarrollan bajo las condiciones de esta fase poseen la capacidad de transformar el nitrógeno presente en el material orgánico en amoníaco lo cual permite que el pH del medio tome valores alcalinos (IBARRA. Y, 2011, p. 70).

Temperatura

Parámetro que nos permite determinar la evolución del proceso, es importante que los valores de la temperatura estén entre 35 y 65 °C puesto que cada organismo desempeña su función para degradar la materia orgánica en un rango de temperatura específica, mientras sucede estas transformaciones se genera calor y permite que la temperatura de la pila tenga variaciones notables (GORDILLO. F & CHÁVEZ. E, 2010, p. 3).

Cuando se alcanza temperaturas superiores a 60 °C el proceso comienza a eliminar los organismos patógenos y el material empieza a ser purificado, se recomienda no sobrepasar los 70 °C de temperatura puesto que se pierde la actividad microbiana, para controlar la temperatura se realiza volteos del material y evitar la pérdida de los organismos, mientras transcurre el proceso las bacterias se sustituyen entre sí, este proceso dura hasta que los nutrientes presentes en el material se agoten y como consecuencia por lo tanto disminuye la temperatura y las comunidades de microorganismos (JARAMILLO. G & ZAPATA. L, 2008, p. 37).

Cuando la temperatura comienza a disminuir esto indica que el proceso requiere oxigenación o por otro lado el proceso está en su fase final, este parámetro conforme avanza el proceso degradativo del material orgánico sufre cambios de forma gradual hasta llegar a un máximo de 70 °C, para en lo posterior disminuir y llegar a una estabilización, cuando se realiza la cosecha del compost la temperatura tiene que estar estable y su valor debe estar cercano a la temperatura ambiente o como máximo 25 °C (TITUAÑA. B, 2009, pp. 19-20).

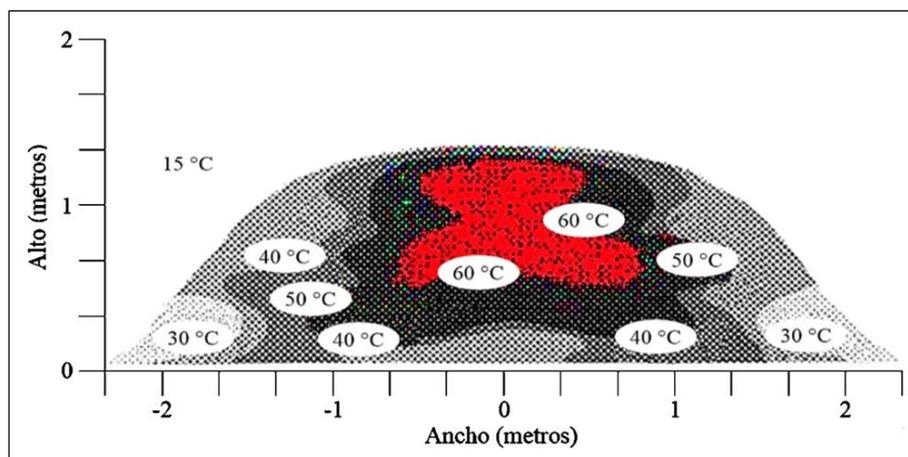


Ilustración 5-1: Perfil de temperatura en una pila de compost

Fuente: (JARAMILLO. G & ZAPATA. L, 2008)

1.2.2.2 Parámetros químicos y relativos a la naturaleza del sustrato

Densidad aparente

Para determinar la densidad aparente de los materiales se puede obtener mediante una relación entre el peso del material y el volumen que dicho material ocupa. En base a los diferentes datos obtenidos sobre la densidad de una gran cantidad de trabajos realizados sobre la elaboración de compost se ha logrado establecer como un rango bastante amplio que estos productos han logrado tener una vez finalizado el proceso valores que van desde los 400 a 700 kg/m³, al igual que varios parámetros del proceso de compostaje se ven influenciados por otros factores, la densidad aparente se ve afectada por la humedad, distribución de las partículas, el nivel de degradación y la cantidad de materia orgánica (GORDILLO. F & CHÁVEZ. E, 2010, pp. 3-4).

Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica depende principalmente de la cantidad de sales que se encuentran contenidas en los residuos a compostar y en menor cantidad por iones de amonio o nitratos que se forman durante el proceso como también en la mineralización del material orgánico, esto hace que los nutrientes aumenten y por tanto la conductividad también se incrementa, pero si en la pila existe un exceso de humedad las sales son removidas y arrastradas lo que permite que la CE disminuya. Para hacer uso del compost es recomendable verificar el valor de la conductividad eléctrica del producto puesto que valores elevados de sales dificulta la absorción de agua por las plantas (GALEA. Z, 2013, p. 18). Cuando se realiza compost lo recomendable es mantener el valor de la conductividad eléctrica entre 1500 y 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el producto final no deben tener valores más altos que 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (GORDILLO. F & CHÁVEZ. E, 2010, p. 4).

Materia orgánica (MO)

La materia orgánica en la naturaleza se puede encontrar de varias formas, pero de forma general se encuentra de tres maneras, la primera corresponde a la materia orgánica no transformada compuesta por biomasa animal, vegetal y microbiana, la segunda forma es la materia orgánica semitransformada compuesta por todo el material en proceso de descomposición y la última la materia orgánica transformada compuesta por todos los materiales totalmente estables como el humus (LARCO. E, 2004, p. 13).

Para determinar la calidad del compost se utiliza el contenido de materia orgánica, conforme el proceso avanza el contenido de materia orgánica disminuye debido a la mineralización de los materiales como también por pérdida del carbono como anhídrido carbónico. El porcentaje de materia orgánica se pierde por dos fases en la primera es cuando los carbohidratos son disminuidos por la conversión de cadenas largas de carbono en cortas para formar compuestos simples muchos de estos compuestos simples se enlazan y forman los ácidos húmicos, en la segunda fase la materia orgánica disminuye por la degradación de los compuestos más complejos como la lignina para formar ácidos húmicos aunque estos cambios no se finalizan durante el proceso de compostaje. Los cambios rápidos que experimenta la materia orgánica varían en función de su naturaleza física-química, actividad microbiana y factores físicos-químicos del proceso (BUENO. P, et al., 2008, p. 7).

Nutrientes

La propiedad química de mayor importancia de un sustrato es su composición primaria, la posibilidad de que los desechos se puedan utilizar para elaborar compost y ser utilizados en la agronomía depende de sus elementos nutricionales que estos contengan. Los microorganismos sólo aprovechan agregados simples y las moléculas complejas se sintetizan en otras más simples como en el caso de las proteínas se convierten en aminoácidos y estos en amoníaco para de esta forma ser asimiladas (BUENO. P, et al., 2008, p. 6).

Los elementos fundamentales que se encuentran en los sustratos están el C, N y P que constituyen los macronutrientes esenciales para el crecimiento microbiológico, el carbono es fundamental para la síntesis celular para formar el protoplasma, así como también las de los lípidos, grasas y carbohidratos; mientras se realiza el metabolismo se oxida y produce energía y anhídrido carbónico, el carbono debe estar en mayor abundancia debido a que representa el 50 % de las células de los microorganismos y el 25 % del anhídrido carbónico se segrega en la respiración.

El nitrógeno es fundamental en la reproducción celular puesto que se trata de la naturaleza proteica del protoplasma, se ha evidenciado que la calidad del compost depende de la cantidad de nitrógeno presente en el mismo, el fósforo es importante para formar agregados celulares ricos en energía requeridos en el metabolismo microbiano. Se ha demostrado que desde el inicio y hasta que termina el proceso de compostaje existe un incremento en la concentración de varios nutrientes debido a la degradación de la materia orgánica del material a compostar. A más del C, N y P existen micronutrientes que son esenciales para realizar la síntesis de enzimas en el metabolismo de los microorganismos y para los mecanismos de transporte celular internos y externos (BUENO. P, et al., 2008, p. 6).

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Durante el proceso de compostaje por lo general los organismos utilizan el carbono como fuente de energía y el nitrógeno emplean para la formación de proteínas y varios constituyentes del protoplasma celular y poder sintetizar todo el material celular, los organismos utilizan una cantidad aproximada entre 25 a 30 partes de carbono por cada unidad de nitrógeno, esta relación se toma como la más acertada pero puede variar en dependencia del material que se vaya a compostar cuando se establece la relación C/N y ésta es superior a 40:1 el nitrógeno retrasa el proceso volviéndole cada vez más lento para sintetizar las proteínas, por otro lado cuando la relación C/N es inferior a lo indicado el proceso se acelera pero el nitrógeno que está demás se pierde en forma de amoníaco, un gas de efecto invernadero, que resulta un contaminante para el ambiente (GALEA. Z, 2013, p. 17).

Mientras transcurre el proceso degradativo de los materiales orgánicos existe un aproximado de que el 65 % del carbono se desprende como CO₂ y un 35 % restante es consumido por los microorganismos para poder realizar la síntesis de sus tejidos y también para la formación del humus (TITUAÑA. B, 2009, p. 18). La relación C/N que presenta el material al inicio disminuye conforme avanza el proceso, y llega a estabilizarse en la fase de maduración con valores muy próximos entre 10:1 y 15:1 (TITUAÑA. B, 2009, p. 17).

Se considera en la práctica que un producto está maduro por completo cuando su relación C/N presenta valores ≤ 20 , aunque muchas veces se suele indicar que un compost ha alcanzado su grado de madurez cuando su relación C/N presenta valores de 10:1 que es un valor de relación que tiene el humus (GALEA. Z, 2013, p. 17).

Tamaño de partícula

El tamaño de las partículas está muy relacionado con la actividad microbiana es por ello que sus dimensiones son importantes para la degradación de los materiales de partida, es por cuanto se recomienda que el tamaño de las partículas no sea ni lo bastante grandes ni tampoco lo bastante pequeñas puesto que si son lo bastante finas hay menos espacio entre partículas y el material fácilmente se compacta y el proceso toma características de un proceso anaerobio lo cual retrasa su degradación, por otro lado si las partículas del material son lo bastante grandes la degradación no sucede como se espera y solo se da en los lugares en donde el contacto de las áreas de superficies son las adecuadas como para que suceda la degradación es por ello que el tamaño de las partículas se suele manejar entre 1 y 5 cm aproximadamente (SANABRIA. M, 2013, p. 23).

1.2.2.3 Parámetros para evaluar la calidad del compost

Es complicado determinar la madurez del compost y mucho más cuando la finalidad del producto es destinada para ser empleado en la agricultura, puesto que no debe presentar ninguna clase de toxicidad tanto para el suelo como también para las plantaciones, es por ello que el compost destinado para estos fines bajo ninguna circunstancia debe presentar alguna clase de patógenos y debe poseer una alta estabilidad (MADRID. F, 2012, p. 24).

Una vez finalizado el proceso es necesario evaluar el producto para determinar su calidad y para ello existen varios métodos y técnicas para evaluar el estado de madurez del compost, el realizar estas pruebas presenta algunos inconvenientes es por ello que para obtener los resultados esperados es importante llevar correctamente el proceso desde la implantación de la pila hasta que finaliza el proceso esto garantizará la madurez y estabilidad del compost. De forma general para determinar la madurez del compost los métodos utilizados son los métodos físicos, químicos, microbiológicos, el test de germinación y crecimiento (MADRID. F, 2012, p. 24).

Los parámetros sensoriales para determinar el nivel de madurez del compost permiten solo una aproximación de su estado real, es por cuanto que son empleados solo como parámetros de orientación, pero para fines prácticos suelen aportar información suficiente para el manejo de plantas compostadoras, en forma especial la variación de la temperatura (IGLESIAS. E, 2014, p. 9).

Métodos Físicos

▪ Color

El color es un parámetro físico que sirve para determinar el grado de madurez de un compost el cual conforme avanza el proceso varía de forma progresiva y cada vez toma un color más oscuro, este color negro que toma el producto es consecuencia de la transformación que sufre la materia orgánica para convertirse en humus, a pesar que el color de los materiales de partida sean los principales condicionantes del color del producto final, el color que todo compost presenta al finalizar el proceso de compostaje siempre será entre café oscuro y negro como consecuencia de la formación de agrupaciones de cromóforos, y en especial de compuestos de dobles enlaces asociados a la síntesis de melanoidinas, mientras transcurre el proceso esto se logrará siempre y cuando el proceso haya sido bien llevado durante todo el tiempo que dure la transformación hasta que se forme el producto (IGLESIAS. E, 2014, p. 12).

Tabla 3-1: Grado de maduración del compost por su cambio de color

Nº	COLOR	PROBLEMA	ENMIENDA	INTERPRETACIÓN
1	Negro-café	Ninguno	Ninguna	Finalización óptima de la etapa de curado. Los parámetros de la temperatura y humedad han sido adecuados.
2	Café oscuro	Ninguno	Ninguna	Muy bueno al inicio de la etapa de curado, pues los microorganismos trabajan en buenas condiciones.
3	Café claro	Fermentación lenta, retraso del proceso.	Realizar riegos, aireación a la pila.	Adecuado pero el proceso tardará más tiempo.
4	Verde café	Ausencia de oxígeno.	Voltear la pila, oxigenación.	Fermentación normal en la primera etapa. Si permanece así requiere tomar medidas.
5	Amarillo	Fermentación incompleta en la primera etapa.	Dejar más tiempo de fermentación, y aireación.	Estado intermedio de la primera etapa del proceso.
6	Negro	Presencia de materia podrida en gran cantidad.	Evitar el exceso de humedad, airear y voltear.	Pudrición no controlada por riego en exceso, pérdida de material.
7	Verdinegro	El material presenta un aspecto lodoso y pegajoso.	Evitar exceso de humedad, adicionar material seco	Falta de control del proceso, y posiblemente el material contiene cantidades considerables de suelo.

Continuará...

Continúa

8	Verde	El material es muy pegajoso.	Evitar el exceso de humedad, voltear y airear.	Falta de control del proceso, y posiblemente el material contiene exceso de humedad.
9	Verde-amarillo	Valores de pH elevados, escasos de oxígeno.	Evitar exceso de material fresco o verde.	En el proceso existe la posibilidad de un exceso de materia verde y poca aireación.
10	Gris	La pila se calienta demasiado y deshidratación.	Realizar riegos frecuentes y ventilación o volteos.	La pila contiene gran cantidad de materia orgánica en las primeras fases.
11	Blanca	Excesiva presencia de hongos, y humedad.	Evitar exceso de humedad y airear.	El material de la pila presenta gran cantidad de humedad y posiblemente falta de oxígeno.

Fuente: (CRUZ, A, 2010, pp. 32-33)

Realizado por: JIMÉNEZ S, 2015

▪ Olor

Varios residuos en especial los residuos sólidos urbanos presentan un olor que los caracteriza es por que poseen gran cantidad ácidos grasos de bajo peso molecular como ácido acético y en menor cantidad ácido propiónico, butírico, valérico y caproico, en la etapa mesofílica existe la formación de ácidos grasos volátiles como metabolitos intermedios, luego aldehídos, alcoholes y cetonas, también se genera en gran medida compuestos de azufre como dimetilsulfito, dimetildisulfito y dimetiltrisulfito.

El ácido sulfhídrico y mercaptanos están presentes solo en condiciones anaerobias. A pesar de que las emisiones de la mayoría de estos olores se pueden apreciar en gran medida al inicio del proceso de compostaje, en la etapa termofílica se producen reacciones químicas a elevadas temperaturas que producen piridina y piracina. Los olores desagradables que se generan por la emisión de estos compuestos se desvanecen conforme el compost alcanza su madurez, un producto maduro en su totalidad no presenta ninguno de estos olores producto de la formación de estos ácidos orgánicos.

Cuando un compost ha alcanzado su madurez presenta un olor característico del humus o tierra húmeda debido a la producción de geosmina y 2-metilisoborneol, metabolito secundario generado por los actinomicetos mesofílicos, organismos que sus poblaciones predominan en la etapa del proceso de maduración del compost (IGLESIAS, E, 2014, p. 12).

▪ **Temperatura**

La variación de la temperatura durante el proceso de compostaje indica el desarrollo de la actividad metabólica microbiana relacionada con el proceso. Es por cuanto que este parámetro resulta excelente para indicar el final de la etapa biooxidativa en la que el producto ha llegado a su estado maduro, es por cuanto que la curva descrita por la temperatura llega a estabilizarse por completo aunque se realice los volteos necesarios del material. Para considerar un compost estable biológicamente es necesario lograr la estabilidad de la temperatura, pero en varias circunstancias esto no garantiza que el producto está estable, es por ello que la estabilidad práctica que describe la curva de la temperatura no indica certeza de que el producto alcanzó su estabilización biológica completa, puesto que en muchas ocasiones se llega a inactivar la actividad biológica de los microorganismos cuando la temperatura del material es superior a los 70 °C. Pocas especies microbianas alcanzan la actividad biológica sobre esta temperatura entre ellas algunas especies bacterianas como por ejemplo *Bacillus subtilis*, *Bacillus stearothermophilus* y bacterias no esporógenas, gram-negativas pertenecientes al género *Thermus* (IGLESIAS. E, 2014, pp. 9-10).

Cuando la temperatura se prolonga por algunos días por encima de este rango de inactivación se puede ocasionar una inhibición progresiva de la actividad microbiana y de la tasa metabólica global y se obtiene como resultado la supuesta culminación de la etapa bio-oxidativa y por lo tanto una descomposición solo parcial y no total de la materia orgánica frágil, caso que suele suceder en su mayor grado en la descomposición de los residuos sólidos urbanos y en los lodos de depuración (IGLESIAS. E, 2014, p. 10).

Métodos microbiológicos

▪ **Métodos de análisis bioquímico**

Se fundamenta en la medición de cómo evoluciona la actividad enzimática que está en dependencia de la actividad celular (MADRID. F, 2012, p. 25).

▪ **Métodos respirométricos**

Establecen el consumo de oxígeno del compost el cual se reduce cada vez más conforme transcurre el proceso y la actividad microbiana es menor. Dichos métodos principalmente se fundamentan en las mediciones directas de la ingestión de oxígeno o cuando se desprende anhídrido carbónico (MADRID. F, 2012, p. 25).

Métodos químicos

▪ Contenido de cenizas

La cantidad total de cenizas es invariable durante el proceso puesto que las transformaciones se concentran propiamente en la parte orgánica. Por lo tanto la cantidad relativa de cenizas se incrementa a razón de que la materia orgánica se mineraliza. Conforme evoluciona este parámetro se logra conocer la evolución de la mineralización y el nivel de transformación de la materia a producto (MADRID. F, 2012, p. 26).

▪ Grado de descomposición

El nivel de descomposición se obtiene a través de la cuantificación de la materia orgánica hidrolizable mediante la aplicación de ácido sulfúrico y es cada vez menor a medida que transcurre el proceso (MADRID. F, 2012, p. 26).

▪ Variación del contenido de polisacáridos

Mediante este parámetro se puede determinar el grado de madurez de un compost mediante la determinación del contenido de polisacáridos, que a su vez disminuyen a medida que el proceso avanza como consecuencia de la actividad de varios organismos que intervienen durante el proceso (MADRID. F, 2012, p. 26).

▪ Variación del pH

Los valores de este parámetro son empleados como indicadores de la fase final del proceso puesto que se basa en cambios específicos mientras dura el proceso, los valores de pH en la fase inicial toma valores ácidos y conforme avanza la transformación toma valores cercanos al neutro cuando termina el proceso (MADRID. F, 2012, p. 26).

▪ Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Es el parámetro que más se ha empleado para indicar el estado de madurez de un compost. En el transcurso del proceso los valores de C/N cada vez son menores hasta llegar a una estabilización que alcanzan valores que están en estrecha función con los componentes iniciales, es por este motivo que resulta complejo establecer un valor de C/N para la madurez de un compost, pero se recomienda de forma tradicional una relación C/N menor a 20 para el producto final.

Se recomienda el control de la evolución de los valores de la relación C/N mientras transcurre el proceso y de esto coger el valor más inferior que se manifiesta entre 10 a 20. Sin embargo, conviene realizar mediciones de forma puntual de la relación C/N, es mejor hacer un seguimiento durante todo el proceso, puesto que puede existir una variación del nitrógeno no estimulado por la estabilización (MADRID. F, 2012, pp. 26-27).

- **Determinación de NH_4^+ y H_2S**

Cuando el proceso se ha llevado de forma adecuada al finalizar no debe existir cantidades considerables de NH_4^+ y tampoco de H_2S , en caso de existir valores considerables indica que se deben ser reducidos, para determinar que un compost está maduro bajo este parámetro no tiene que existir presencia de H_2S y tampoco la concentración de NH_4^+ no tiene que exceder a un valor del 0,04 % (MADRID. F, 2012, p. 27).

- **Análisis del contenido en ácidos volátiles**

Durante el proceso de compostaje en la fase fermentativa de la materia orgánica son desprendidos varios compuestos orgánicos volátiles que se detectan fácilmente con el uso de técnicas cromatográficas, mediante la presencia de esta clase de sustancias es posible estimar el grado de madurez del compost (MADRID. F, 2012, p. 27).

- **Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

La capacidad de intercambio catiónico que presentan los residuos sólidos orgánicos es muy variable pero se establece cerca de 40 meq/100, varios autores manifiestan que la capacidad de intercambio catiónico está muy relacionado con el parámetro de la relación C/N, y afirman que la (CIC) se incrementa a medida que el proceso avanza hasta llegar a un valor constante. Se considera que un compost está maduro cuando su CIC es mayor a 60 meq/100 g, expresado en peso de sustancia completamente libre de cenizas, este aumento en la CIC es debido a la disminución de la materia orgánica que se degrada fácilmente y al incremento de la materia orgánica humificada (MADRID. F, 2012, p. 27).

- **Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

El parámetro de la DQO mientras avanza el proceso de descomposición su valor es cada vez menor hasta llegar a un valor constante, se dice que un compost está maduro cuando el valor de la DQO es menor a 700 mg/100 g (MADRID. F, 2012, p. 27).

Test de germinación y crecimiento

▪ Test de germinación

Para su determinación se emplean extractos de compost que sirven como el medio para cultivar las semillas de *Lepidium sativum* L. Mediante una combinación entre porcentaje de germinación y longitud media de las raíces en el extracto, con respecto al porcentaje de germinación y la longitud de las raíces obtenidas en un medio preparado con agua destilada que es utilizado como blanco, se puede obtener el índice de germinación, una vez realizado el test de germinación y el valor obtenido es mayor al 50 % el compost es considerado como un producto que ha alcanzado su madurez (MADRID. F, 2012, p. 28).

▪ Test de crecimiento

Sirve para evaluar el resultado del compost empleado sobre el crecimiento de algunas variedades de especies vegetales, entre ellas las más utilizadas para tal fin se utiliza semillas de cebada, maíz y ryegrass (MADRID. F, 2012, p. 28).

1.2.3 Condiciones del proceso de compostaje

Entre los parámetros más importantes que permiten el crecimiento de los microorganismos aerobios se encuentran la aireación, humedad, temperatura y una nutrición equilibrada, pero también existen otros parámetros adicionales que también condicionan el crecimiento de los microorganismos entre ellos se tiene el pH, las fuentes que proporcionan energía y que por su estructura son muy fáciles de solubilizar como por ejemplo los azúcares simples y el tamaño de las partículas de todos aquellos materiales que están siendo degradados por una gran variedad de organismos (JARAMILLO. G & ZAPATA. L, 2008, pp. 41-42).

Tabla 4-1: Rango ideal de algunos parámetros de compostaje

Nº	PARÁMETRO	RANGO ACEPTABLE	RANGO ÓPTIMO	UNIDAD
1	Humedad	40-65	50-60	%
2	Oxígeno	> 5	≥ 8	%
3	Relación C/N	20:1-40:1	25:1-30:1	Unidad
4	pH	5,5-9,0	6,5-8,0	Unidad
5	Tamaño de partícula	0,5-1,0	variable	cm
6	Temperatura	55-75	65-70	°C

Fuente: (JARAMILLO. G & ZAPATA. L, 2008, p. 43)

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

1.2.4 Etapas del proceso de compostaje

1.2.4.1 Etapa de latencia

Primera etapa del proceso de compostaje, se estima que esta etapa dura desde el momento en que se forma la pila hasta que existe un cambio de temperatura muy elevado en relación a los materiales iniciales, esta etapa se puede verificar cuando los materiales empleados para obtener compost son lo bastante frescos, cuando los componentes orgánicos han sido guardados o tienen un tiempo de reposo considerable estos no brindan las características necesarias para poder evidenciar esta fase.

La estabilidad que brinda esta etapa es muy variada y es por ello que depende de varios parámetros manejados en el proceso de compostaje como la relación C/N, pH, cantidad de oxígeno, temperatura ambiente y en especial de la cantidad de biomasa microbiana del material. El tiempo que dura esta fase es muy corta comparada con las demás fases del proceso de compostaje puesto que tiene un tiempo de duración entre 24 a 72 horas (VARGAS. Y, 2007, p. 12).

1.2.4.2 Etapa mesofílica

En esta fase del proceso existen poblaciones muy grandes de bacterias y hongos, en cuanto que la población de actinomicetos es muy baja, debido a la actividad que realizan este grupo de organismos la temperatura de la pila alcanza fácilmente los 40 °C, en esta etapa el pH cambia de valores básicos y neutros a valores ácidos o ligeramente ácidos que están entre 5,5 y 6, este cambio de pH es el resultado que experimentan los lípidos y glúcidos para convertirse en ácidos pirúvicos así como también las proteínas en aminoácidos, estas transformaciones dan origen al crecimiento de poblaciones de hongos mesófilos con características más resistentes a las variaciones de humedad y pH.

Es en esta fase del proceso donde la relación C/N es considerado primordial puesto el porcentaje de carbono brindará la energía necesaria que requieren los microorganismos y el nitrógeno es utilizado para que realicen la síntesis molecular. La relación C/N más adecuada dentro del proceso de compostaje es de 30/1, si la cantidad de carbono es más que la indicada la actividad biológica de los organismos se ve afectada y se reduce y en cuanto al nitrógeno si este supera el valor establecido proporciona que el oxígeno presente en la pila sea consumido de forma acelerada, y el nitrógeno excedente se pierda en forma de amoníaco lo que resulta un tóxico para los microorganismos y genera problemas para el desarrollo del proceso (CHÁVEZ. L, 2012, p. 13).

1.2.4.3 Etapa termofílica

Esta fase está determinada por variaciones de la temperatura que va desde los 40 a 70 °C, una vez que se ha logrado alcanzar temperaturas de 60 °C, organismos como los hongos empiezan a morir y se extiende las poblaciones de bacterias y actinomicetos. Una vez que la pila ha alcanzado temperaturas altas es necesario que sea controlada para no llegar a exceder los 70 °C puesto que temperaturas más altas que esta destruye la actividad microbiana y el proceso pasa a la siguiente etapa sin completarse correctamente cada una de ellas. Como consecuencia de una elevada actividad microbiana la temperatura alcanza valores muy altos, es aquí donde se libera gran cantidad de energía como producto de la degradación de los materiales orgánicos de fácil descomposición.

Es de gran importancia que la pila alcance temperaturas altas puesto que de esta forma se logra eliminar una gran cantidad de patógenos, plagas, raíces y semillas de malezas, durante el tiempo que permanezca esta etapa las bacterias consumen oxígeno en grandes cantidades lo cual es benéfico ya que sus poblaciones crecen en forma muy significativa, cuando se mantiene temperaturas altas indica que la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias es adecuado, por otro lado cuando la cantidad de oxígeno es limitado las poblaciones de bacterias disminuye lo cual reduce la degradación de la materia orgánica y genera malos olores como consecuencia de un mal manejo del proceso. Como complemento del control de la temperatura otro, parámetro importante que hay que controlar en esta fase es la humedad puesto que se pierde gran cantidad de agua por la actividad microbiana y la evaporación que es producida por las altas temperaturas alcanzadas por la pila (TITUAÑA. B, 2009, p. 9).

Tabla 5-1: Temperatura y tiempo de exposición para eliminar patógenos

Nº	ORGANISMOS	TEMPERATURA °C	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
1	<i>Brucella abortus</i>	55	Se destruyen en 1 hora
2	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	55	Se eliminan en 45 minutos
3	<i>Escherichia Coli</i>	55	La mayoría mueren en 1 hora
		60	La mayoría mueren en 15-20 minutos
4	<i>Huevos de Ascaris lumbricoides</i>	55	Mueren en menos de 1 hora
5	<i>Larvas de Trichinella spiralis</i>	55	Mueren rápidamente
		60	Mueren instantáneamente
6	<i>Micrococcus pyogenes var. aureus</i>	50	Mueren después de 10 minutos
7	<i>Mycobacterium tuberculosis var, hominis</i>	66	De 15 a 20 minutos

Continuará...

Continúa

8	<i>Salmonella sp</i>	55	Se destruyen en 1 hora
		60	Se destruyen de 15–20 minutos
9	<i>Salmonella thyphosa</i>	50–60	Son suficientes a 30 minutos
		> 46	No se desarrollan
10	<i>Shigella sp</i>	55	Se destruyen en 1 hora
11	<i>Streptococcus pyogenes</i>	54	Mueren después de 10 minutos
12	<i>Taenia Saginata</i>	55	Se eliminan en unos pocos minutos

Fuente: (MOHEDO, J, 2002, p. 46)

Realizado por: JIMÉNEZ S, 2015

1.2.4.4 Etapa de enfriamiento

Etapa en la cual la presencia de los organismos mesofílicos vuelve a ser evidente, además es en esta etapa en donde las esporas que se formaron en el tiempo que sucedió la etapa termofílica brotan y por ende se evidencia una gran cantidad de hongos, la materia orgánica que no presenta resistencia degradativa es transformada durante las primeras etapas del proceso y es por ello que para la etapa de enfriamiento queda una gran cantidad de moléculas que presentan gran resistencia para ser degradadas con facilidad como la celulosa, lignina y la biomasa formada por los organismos anteriores y es aquí donde la intensa actividad metabólica baja notablemente y el proceso se vuelve muy lento (GALEA. Z, 2013, p. 19).

1.2.4.5 Etapa de maduración

Es la fase final del proceso de compostaje en esta etapa los parámetros como la temperatura y el pH llegan a estabilizarse, puesto que el proceso ha llegado a los últimos días la actividad biológica es muy lenta, en cuanto que el proceso de humificación es beneficiado por reacciones de polimerización y policondensación. Organismos como los actinomicetos son los que se encuentran en gran cantidad en esta fase que ayudan para que exista la formación de los ácidos húmicos, además estos organismos producen antibióticos que limitan el desarrollo de patógenos y bacterias. Aparte de los organismos como los actinomicetos también en esta última etapa aparecen poblaciones de nemátodos y lombrices es por ello que cuando se desee hacer un volteo se lo realice solo cuando sea necesario para exponer nuevas superficies y continuar con el proceso aunque cada vez más lento pero se logra estabilizar el producto (GALEA. Z, 2013, p. 20).

Etapa complementaria en la cual el proceso llega a su etapa final una vez cumplido el proceso degradativo en las etapas anteriores, en esta fase la actividad metabólica se disminuye y el producto se mantiene por un tiempo aproximado de 20 días en esta etapa mientras se completa el proceso de compostaje (JARAMILLO. G & ZAPATA. L, 2008, p. 36).

Además en esta fase el material obtenido como producto final toma un color negro o marrón oscuro en dependencia del material de partida, su olor es a tierra fresca de bosque y los materiales iniciales ya no son reconocibles fácilmente, lo cual indica que el producto final está completamente maduro (CHÁVEZ. L, 2012, p. 15).

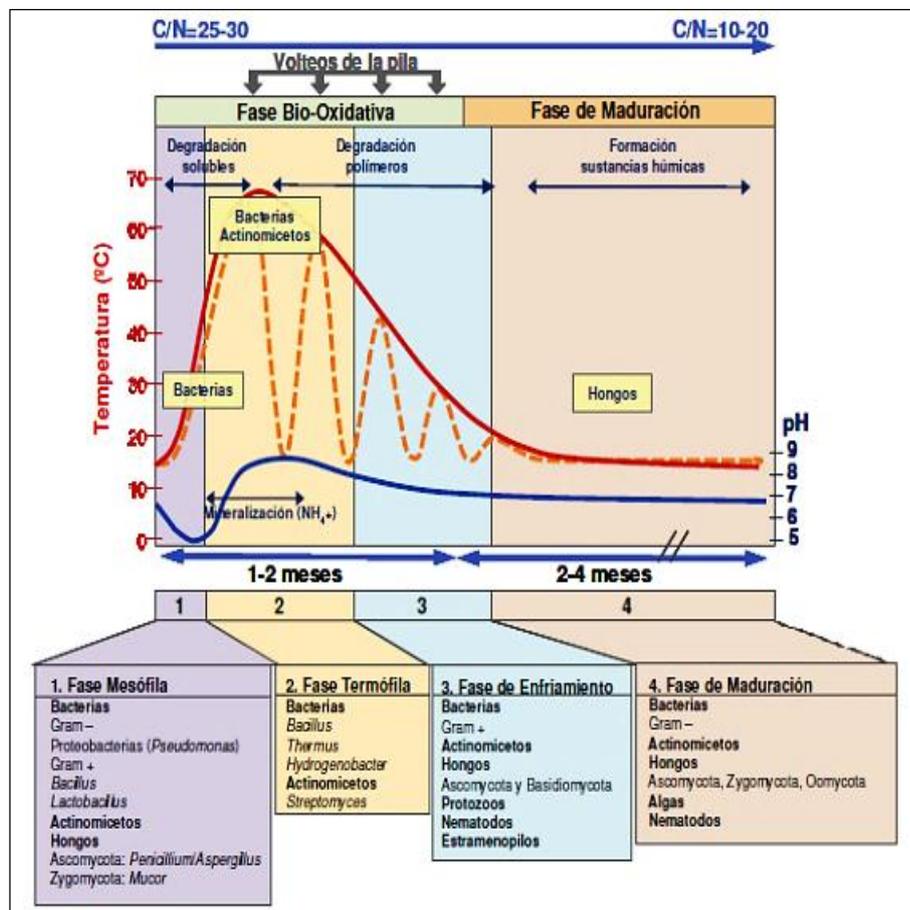


Ilustración 6-1: Fases del proceso de compostaje
Fuente: (GALEA. Z, 2013, p. 20)

1.2.5 Microorganismos que intervienen en el compostaje

En el proceso de compostaje existe una gran cantidad y variedad de microorganismos presentes en el proceso, pero a medida que el proceso avanza estos se van reemplazando unos con otros quedando al final del proceso una gran cantidad de microorganismos benéficos para el suelo lo cual le brinda las propiedades para que el producto final sea eficiente y de gran calidad.

Cuando el material orgánico ingresa al proceso de compostaje este trae consigo un gran cantidad de organismos patógenos emitidos por los animales, personas y plantas que a su vez esto se logra eliminar cuando la pila alcanza elevadas temperaturas en su fase termófila, hay que considerar que los patógenos no se eliminan necesariamente cuando la temperatura solo alcanza niveles superiores a los 60 °C sino cuando esta se mantiene por un lapso de tiempo considerable. Cuando el porcentaje de humedad es la ideal, las semillas de las malas hierbas germinan pero a su vez son destruidas cuando los valores de temperatura alcanzados es superior a 60 °C (ECHE. F, 2013, p. 38).

La pila conformada por los diferentes desechos que van a ser compostados brindan las condiciones adecuadas crean un micro-habitad con las condiciones muy distintas a las del medio exterior, por lo que permite la proliferación de microorganismos apropiados para aquellas condiciones, su clasificación será ordenado de acuerdo a la jerarquía en que se establecen en la red trófica (TIERRA. S, 2010, p. 16).

1.2.5.1 Bacterias

Organismos unicelulares extremadamente simples, que están presentes en ambientes con presencia o ausencia de oxígeno, y presentan gran destreza para mantener su desarrollo a partir de múltiples compuestos de tipo orgánico e inorgánico (IBARRA. Y, 2011, p. 47). Las bacterias son los microorganismos más pequeños y cuyas poblaciones son muy grandes, estos organismos son los que inician la descomposición de la materia puesto que tienen una variedad de enzimas que les permiten romper químicamente varios componentes orgánicos, poseen varias formas entre las más comunes, los cocos con formas esféricas, los bacilos en forma de bastoncillos, las espirillas y espiroquetas con formas de espiral (TIERRA. S, 2010, p. 16).

Las poblaciones bacterianas son las más grandes que están presentes en el compost se estima que sus poblaciones corresponden al 80 y 90 % de microorganismos presentes en el proceso, las bacterias mesofílicas se desarrollan en la fase inicial del proceso son las responsables para que la temperatura se incremente, estas bacterias desaparecen cuando la temperatura alcanza valores altos y vuelven a reaparecer en la fase final del proceso cuando la temperatura comienza a descender, estas bacterias consumen los hidratos de carbono y las proteínas de fácil degradación. Las bacterias termofílicas comienzan por degradar las proteínas y los hidratos de carbono no celulósicos, degradan también la hemicelulosa y los lípidos, pero no digieren la celulosa ni la lignina (TITUAÑA. B, 2009, pp. 23-24).

Tabla 6-1: Rango de temperatura ideal de algunas categorías bacterianas

Nº	GRUPO	RANGO DE TEMPERATURA			UNIDAD
		Mínimo	Óptimo	Máximo	
1	Facultativos	(-5)-(+5)	25-30	30-35	°C
2	Mesófilos	10-15	30-45	35-47	°C
3	Obligados	(-5)-(+5)	15-18	19-22	°C
4	Psicrofilos	-	-	-	°C
5	Termófilos	40-50	55-75	60-80	°C

Fuente: (TITUAÑA, B, 2009, pp. 23-24)

Realizado por: JIMÉNEZ, S, 2015

1.2.5.2 Hongos

De forma general los hongos permiten que todo el material de carácter orgánico sea transformado en nutrientes que son asimilados por las plantas, esta transformación de la materia orgánica se logra a través de acciones saprófitas que convierten la materia en humus, además los hongos tienen la capacidad para degradar estructuras moleculares complejas como la celulosa, hemicelulosa y la lignina presentes en los residuos, aunque estos organismos brindan grandes beneficios durante el proceso de compostaje sus poblaciones son pequeñas comparadas con las poblaciones de bacterias (GARCÍA, B, et al., 2007, p. 20).

Los hongos tienen la capacidad para degradar vegetales muy secos, ácidos o con muy poco contenido de nitrógeno que para las bacterias les resulta muy complejo para descomponer lo cual permite el avance del proceso, gran parte de los hongos poblan las capas exteriores de la pila en descomposición cuando la temperatura es muy elevada (TIERRA, S, 2010, p. 16).

1.2.5.3 Actinomicetos

Son organismos muy semejantes a los hongos en cuanto a la formación de colonias, pero presentan una relación más cercana con las bacterias, estos organismos son los que se encargan de brindar ese olor característico a tierra al producto final después de haber culminado el proceso de la degradación biológica (IBARRA, Y, 2011, p. 47).

Estos organismos son muy importantes puesto que permiten la formación del humus, poseen enzimas que les permiten romper químicamente desechos con alto contenido en celulosa, lignina, quitina y proteínas, además generan antibióticos que limitan la proliferación de poblaciones bacterianas (TIERRA, S, 2010, p. 16).

Los actinomicetos son saprófitos que producen antibióticos y geosminas que son identificados generalmente en las etapas finales del proceso a una profundidad de 10 a 15 cm de la pila, siendo la temperatura adecuada para su desarrollo entre 28 a 37 °C pero existen algunos grupos que se desarrollan a temperaturas de entre 55 a 65 °C siendo más fácil de identificarlos durante las primeras etapas del proceso de compostaje (TITUAÑA. B, 2009, pp. 24-25).

1.2.5.4 Protozoos

Organismos unicelulares que están presentes en las pequeñas gotas de agua que contienen los desechos a ser compostados, la importancia de estos organismos en el proceso degradativo no es indispensable, se alimentan de la materia orgánica de forma similar a las bacterias pero también pueden comportarse como consumidores de segundo orden que aprovechan hongos y bacterias.

1.2.5.5 Microorganismos fermentadores

Son organismos que se los pueden apreciar con el ojo humano que aprovechan la materia orgánica de forma directa, entre estas están las lombrices, moscas, ácaros fermentativos, cochinillas, caracoles, limacos etc., estos organismos son más activos y apreciables en las etapas finales de proceso de compostaje (TIERRA. S, 2010, p. 17).

1.3 Compost

El compost es el producto que se obtiene a partir de materias orgánicas luego de haber terminado el proceso de compostaje. Posee algunas cualidades específicas, es estable, no contaminante, de estructura limosa granular irregular y voluminosa con un pH neutro a básico, presenta un color marrón a negro, por su naturaleza tiene la propiedad retener gran cantidad de agua, por su composición química el compost tiene la capacidad para realzar el intercambio catiónico muy bueno el cual llega a superar al intercambio catiónico que poseen las arcillas, además proporciona al suelo macroelementos y microelementos esenciales como también permite solubilizar otros elementos para que puedan ser absorbidos por las plantas que facilitan su desarrollo. Cuando se adiciona las cantidades necesarias de compost que ha sido obtenido bajo las condiciones adecuadas la actividad microbiana del suelo tiene grandes beneficios entre ellos ayuda a que las poblaciones de bacterias y otros microorganismos aumenten de forma muy significativa lo cual permite acelerar la degradación de varios minerales insolubles entre ellos los compuestos fosfatados que son importantes para el desarrollo de las plantas así como también retiene al nitrógeno que se pierde por lixiviación cuando este es transformado principalmente en nitrógeno orgánico (TORRES. P, et al., 2005, pp. 55-56).

1.3.1 Clasificación del compost

En dependencia de la etapa del proceso de compostaje en la que se encuentre el compost, este puede ser clasificado de forma general en tres tipos siendo estos, compost frescos, maduros y compost curados, mientras avanza el proceso degradativo el producto experimentará cada una de estas fases (GALEA. Z, 2013, p. 24).

1.3.1.1 Compost fresco

Es el material que a pesar de haber experimentado la etapa termofílica durante el proceso en la cual son eliminados gran cantidad de los organismos patógenos presentes en los desechos, este material todavía se encuentra en un proceso degradativo aunque con menos intensidad que en la etapa inicial, es por ello que aún este producto no está estable y se recomienda no emplear de una forma directa sobre las raíces de las plantaciones puesto que bajo estas condiciones el material suele traer varias reacciones contrarias (GALEA. Z, 2013, p. 24).

Aunque el compost fresco en la gran mayoría de veces por ser un producto inestable suele traer problemas, en dependencia del tipo de suelo puede brindar estabilidad para suelos muy deteriorados que permite recuperarlos, una alternativa para utilizar este producto es preparar los terrenos de los cultivos pero colocar a una profundidad que varía entre 5 a 10 cm para evitar tener problemas en las plantaciones (GALEA. Z, 2013, p. 24).

1.3.1.2 Compost maduro

Es el producto que se obtiene después de que todo el material de origen orgánico se ha descompuesto por completo y además ha experimentado la última etapa del proceso de compostaje y por lo tanto este material posee varias propiedades beneficiosas para las plantas puesto que los valores de sus parámetros cumplen con los establecidos para ser clasificado como un compost maduro, pero a pesar de ello no se recomienda aplicar directamente sobre las raíces de las plantas puesto que puede tener consecuencias sobre las mismas (GALEA. Z, 2013, p. 25).

1.3.1.3 Compost curado

Es el producto que se utiliza como abono para los cultivos que a pesar que es aplicado de forma directa sobre las raíces de las plantas el abono no presenta ninguna clase de riesgos puesto que en el producto ya se ha mineralizado completamente toda la materia orgánica y por tanto es un producto que ha alcanzado su estabilidad completa (GALEA. Z, 2013, p. 25).

1.3.2 Control sanitario del compost

Un compost que se ha obtenido sin tratamiento o con un tratamiento incorrecto y es empleado como fertilizante o mejorador de suelos, tanto en la agricultura orgánica como inorgánica, conlleva a la contaminación de los productos y de las fuentes hídricas, es por cuanto que su uso sin control resulta un peligro constante para la salud humana y una amenaza de contaminación para el ambiente por la presencia de organismos patógenos que el producto presenta por no tener un proceso de higienización adecuado (GÓMEZ. Y, et al., 2004, p. 2).

Un método utilizado para el control de abonos orgánicos es emplear altas temperaturas, cuando al material compostable se expone a temperaturas de 38 °C por un lapso de tiempo de 15 días tiene lugar a la eliminación de una gran cantidad de microorganismos patógenos y a la misma vez se desarrolla la digestión mesofílica de una gran cantidad de compuestos de origen orgánico y se obtiene como resultado CO₂, metano y amonio. En la fase mesofílica se elimina el 99,9 % de patógenos, en tanto que en la fase termofílica a 55 °C se destruye el 99,999 % de patógenos presentes, y se logra de esta forma la pasteurización del material que entró al proceso de compostaje (GÓMEZ. Y, et al., 2004, p. 3).

Se ha demostrado que a temperaturas superiores a 53 °C alcanzadas en el proceso de compostaje se logra destruir por completo colonias de bacterias, virus y huevos de *Ascaris*, y solo se han encontrado una limitada población de microorganismos indicadores y formas enquistadas de protozoos (GÓMEZ. Y, et al., 2004, p. 3).

Además se ha comprobado que coliformes y varios organismos fecales se eliminan a temperaturas alcanzadas en la fase termofílica y las bacterias patógenas son eliminadas durante el proceso cuando todo el material es expuesto a temperaturas superiores a 60 °C por un tiempo entre 30 a 60 minutos (GÓMEZ. Y, et al., 2004, p. 3).

A pesar que muchos organismos se eliminan durante el proceso de compostaje y a distintas temperaturas no es confiable que todos los microorganismos sean eliminados en dicho proceso puesto que algunos patógenos pueden sobrevivir a temperaturas más elevadas como el virus de la Hepatitis A, de forma adicional para eliminar los microorganismos durante el proceso depende de las temperaturas de la zona, tiempo de exposición y prácticas de gestión ambiental adecuadas para cada caso en concreto puesto que algunos organismos patógenos pueden vivir hasta 60 días en el compost (GÓMEZ. Y, et al., 2004, p. 3).

1.3.3 Calidad del compost

Tabla 7-1: Composición físico-química media del compost

Nº	PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
1	pH H ₂ O	7,8-8,0	Unidad
2	Materia Orgánica (MO)	35,0-40,0	%
3	C/N	16,0-20,0	-
4	Humedad	40,0-45,0	%
5	Nitrógeno Total	1,5-1,8	%
6	Fósforo Total	0,8-1,0	%
7	Potasio (K)	1,0	%
8	Calcio (Ca)	1,0	%
9	Magnesio (Mg)	0,9-1,0	%
10	Cobre (Cu)	4,0	%
11	Zinc (Zn)	3,0-4,0	%
12	Manganeso (Mn)	0,5	%
13	Germinación	Inferior al 8,0	%
14	Presentación	Granos inferiores a 10	mm
15	Densidad	0,48-0,50	Ton/m ³
16	Nemátodos	Ausentes	-

Fuente: (LÓPEZ. P, 2013, p. 6)

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

1.3.4 Utilización del compost

Cada uno de los compost elaborados tienen propiedades y características diferentes que depende de los materiales con los cuales fue elaborado el producto, es por ello que unos presentaran valores más altos y otros más referente a los parámetros que sean medidos, es por ello que después de realizar una caracterización física, física-química, biológica y microbiológica cada compost es destinado para diferentes usos, por ejemplo productos con alto contenido de metales son empleados para abonos de plantas de parques y jardines de las ciudades mientras tanto que los que poseen concentraciones altas en sales son aplicados para abonar suelos agrícolas desgastados y poder recuperarlos, pero a pesar que un compost pueda tener altas concentraciones de sales la concentración de sodio no puede llegar a sobrepasar el límite más allá del 0,5 % sobre la cantidad de materia seca total (SANABRIA. M, 2013, p. 27).

1.3.5 Ventajas del compost sobre las propiedades del suelo

1.3.5.1 Propiedades físicas

- Mejora notablemente su configuración puesto que proporciona soltura a suelos duros y densos y proporciona sujeción a los suelos flojos y areniscos.

- Aumenta la porosidad, permite mejor aireación y fluidez del agua.
- Disminuye el desgaste por factores ambientales.
- Aumenta los espacios para retener el agua.
- Proporciona un tono oscuro a negro que favorece el almacenamiento de energía calorífica.

1.3.5.2 Propiedades químicas

La constitución química que el compost posee es muy variada y depende de la clase de componentes orgánicos que se han compostado y por lo general proporciona ciertos beneficios.

- Contribuye al suelo con la adición de fósforo, nitrógeno, potasio, hierro, azufre, calcio, magnesio entre otros minerales.
- A través de la adición de nitrógeno incrementa en forma notable su fertilidad.
- Mediante su capacidad tampón le proporciona gran estabilidad de reacción.
- Proporciona la capacidad de absorber los residuos fertilizantes y los inactiva.
- Limita la proliferación de bacterias y hongos que perjudican a las plantas.

1.3.5.3 Propiedades biológicas

- Proporciona un suministro de energía que incrementa la acción de los microorganismos, puesto que contribuye con las condiciones adecuadas de oxigenación, pH, temperatura, permeabilidad, entre otros; factores que mediante la acción de los microorganismos facilitan la mineralización de la fracción orgánica, nitrificación, amonificación, fijación de nitrógeno y otros (FERNÁNDEZ. A & SÁNCHEZ. F, 2007, pp. 70-71).

1.3.6 Rendimiento

De forma general, mientras dura el proceso de compostaje se genera una reducción del 40 y 50 % entre el volumen inicial y el final de los desechos a compostar, como consecuencia de los procesos bioquímicos y pérdidas por el manejo del material durante el proceso de descomposición y refinación del material (TIERRA. S, 2010, p. 19).

1.4 Marco legal para residuos sólidos y compost

En el Ecuador con el paso de los años el marco normativo sobre el manejo de los residuos sólidos ha evolucionado y modificado de acuerdo a las necesidades de la población y del cuidado del ambiente mediante una serie de leyes y reglamentos que brinden un manejo adecuado y una mejor calidad de vida a todos los habitantes. El marco legal establecido para la regulación de la gestión integral de los residuos sólidos en el Ecuador se detalla en la tabla 8-1.

1.4.1 Marco legal para residuos sólidos

Tabla 8-1: Marco legal para el manejo de residuos sólidos

CUERPO LEGAL	REGISTRO OFICIAL	ARTÍCULO / ÍTEM / LITERAL
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
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

Continuará...

Continúa

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 No. 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. No. 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
Acuerdo Ministerial 061 Sustitúyase el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente TULSMA LIBRO VI	R.O. Edición Especial No. 316, 2015/05/04	1; 2; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 47; 48; 49; 50; 51; 54; 55; 56; 57; 59; 60; 61; 62; 63; 64; 65; 66; 67; 68; 69; 70; 71; 72; 73; 74; 75; 76; 77; 78; 79; 80; 81; 86; 88; 91; 92; 100; 101; 102; 106; 112; 113; 114; 116; 117; 118; 192; 209; 212; 213; 222; 223; 232; 233; 234; 235; 236
Acuerdo Ministerial No. 052 reforma al Acuerdo No. 031 de 17 de mayo de 2013. Acuerdo Ministerial No. 031	R.O.705 del 17 mayo del 2012	5; 6; 7

Continuará...

Continúa

Acuerdo Ministerial 142	R.O. 856, 2012/12/21	1; 2 y 3
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; 12; 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 Cayambe - 2006		5; 18; 23; 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	R.O. 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

Continuará...

Continúa

<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. Objeto Campo de aplicación Referencias normativas Términos y definiciones Requisitos Código de colores</p>
<p>Norma INEN 3864</p>	<p>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</p>	<p>2000/07/11</p>	<p>Ítem: 1; 2; 3; 4; 5; 6</p>

Realizado por: JIMÉNEZ S, 2015

1.4.2 Marco legal para la elaboración de compost

En referencia al marco legal para la elaboración de compost no existen aún normativas nacionales vigentes aplicables a esta actividad por lo que para ello se utilizan normativas internacionales referentes a la presencia de metales pesados, patógenos y vectores. Por ejemplo la Normas EPA (Fed.Reg.40, CFR. Part 503,1981) y las de la Unión Europea (Council Directive 86/27/278/ EEC). Para el manejo de vectores y patógenos se emplean 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 no cumplan estos rangos de temperaturas son desechadas y reintegradas como material estructurante de pilas nuevas. Una vez finalizado el proceso, el material es cribado con una malla de 0,5 cm y el producto debe ser analizado para verificar coliformes fecales las mismas que deben ser inferior a 1000 NMP/g de material seco para posteriormente ser empacado y comercializado (MAZZARINO. J, et al, 1994, p. 2).

Según (YAÑEZ. P, et al., 2007, p. 731), varios países latinoamericanos no disponen de normas nacionales para la calidad del compostaje, sin embargo algunos países están elaborando sus propias normas de calidad siendo Chile el pionero, aunque 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 su calidad se rige a los rangos establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

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 el registro oficial No. 34 del 11 de julio del 2013, en la cual se incorporan disposiciones y técnicas para la producción, su etiquetado y control de los productos orgánicos con la finalidad de brindar a las personas y colectividades productos y alimento sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en absoluta correspondencia con sus identidades y tradiciones culturales propias (AGROCALIDAD, 2013, pp. 2-3).

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Lugar de estudio

2.1.1 *Datos generales del cantón Riobamba*

De acuerdo al ordenamiento territorial del país la provincia de Chimborazo y su cantón Riobamba por encontrarse dentro de esta corresponden a la zona 3 a la cual también pertenecen las provincias de Cotopaxi, Pastaza y Tungurahua.

2.1.1.1 *Ubicación*

Dentro de la provincia de Chimborazo se encuentra el cantón Riobamba que se localiza a una distancia de 196 km al sur de la capital del Ecuador a 1°41'46" latitud sur y a 0°3'36" longitud y a una altura de 2754,06 msnm en la región sierra central del país.

2.1.1.2 *Límites*

Norte: Cantones Guano y Penipe
Sur: Cantones Colta y Guamote
Este: Cantón Chambo
Oeste: Provincia de Bolívar

2.1.1.3 *División política*

Parroquias urbanas: Maldonado, Veloz, Lizarzaburo, Velasco y Yaruquies
Parroquias rurales: San Juan, Licto, Calpi, Quimiag, Cacha, Flores, Punín, Cubijés, Licán, San Luis.

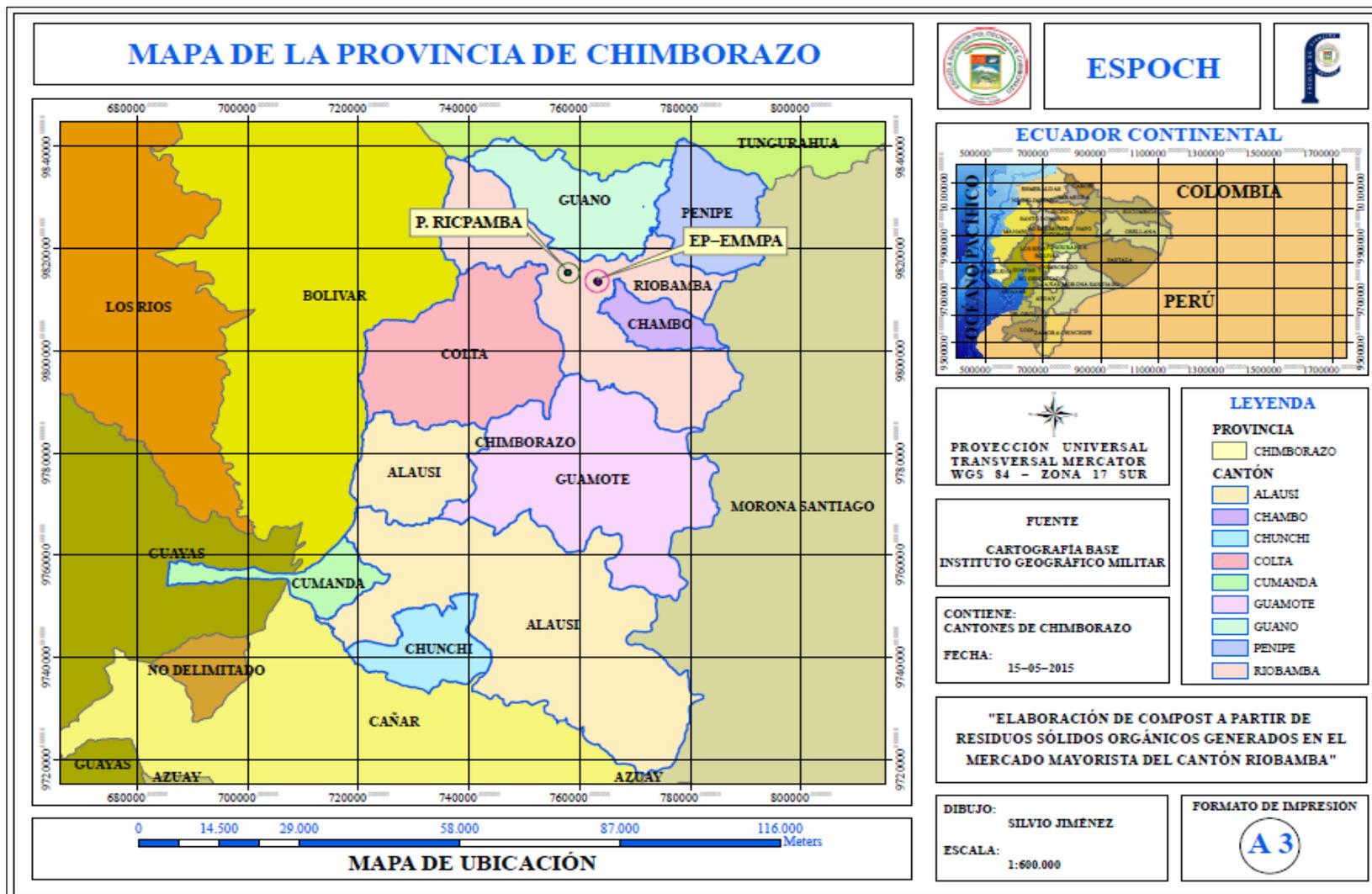


Ilustración 7-2: Mapa de la Provincia de Chimborazo
Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

2.1.2 Unidad de estudio

2.1.2.1 Ubicación geográfica

El estudio investigativo se realizó en la Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas (EP-EMMPA), ubicado en:

País: Ecuador
Provincia: Chimborazo
Cantón: Riobamba
Dirección: Av. Leopoldo Freire y Av. Circunvalación junto al Camal Frigorífico Municipal.

2.1.2.2 Estructura orgánica de la EP-EMMPA

Para ejecutar sus obligaciones, la EP-EMMPA se desarrolla bajo el nivel orgánico propuesto y aprobado por el directorio que determinó los siguientes niveles organizativos que están constituidas por sus propias unidades de desempeño.

Nivel	Constituido por:
Directivo:	Directorio
Ejecutivo:	Gerencia general
Asesor:	Asesoría jurídica y auditoría interna
Apoyo:	Dirección de administración y finanzas
Operativo:	Dirección de comercialización

Para complementar las múltiples funciones, la organización dispone del apoyo de varias unidades técnicas y administrativas que se conformarán en los manuales de orgánico, funcional y de procesos (MUÑOZ. P, 2012, p. 5).

2.1.2.3 Función de la EP-EMMPA

Los propósitos visionarios de la EP-EMMPA se fundamentan en organizar, normalizar, administrar e inspeccionar las actividades y servicios que brinda la empresa, así como fomentar el bienestar de la organización.

2.1.3 Lugar experimental

El Parque Temático Agroambiental Ricpamba está ubicado en el interior del parque lineal Chibunga, esta unidad recreativa se encuentra al nor-occidente del cantón Riobamba, próximo a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, el área del parque tiene una extensión de 9 Has. Sus límites son: al norte una vía para extraer materiales de construcción, al oeste por el río Chibunga, al este limita con terrenos particulares, y por el sur limita por un lado con el río Chibunga y parte con una vía que sirve para transporte al sector del Batán (DÍAZ. B, 2010, p. 27).

Este parque es un lugar de gran interés para la colectividad de Riobamba. Aquí se desarrollan una gran cantidad de proyectos y programas de diferente índole entre ellos educativos y de desarrollo ambiental con el único propósito que todos sus visitantes adquieran valores y destrezas sobre el cuidado del entorno natural. La administración del parque conjuntamente con sus propósitos y objetivos aceptó la propuesta para desarrollar la fase de campo del trabajo investigativo sobre la elaboración de compost. Con el trabajo realizado se pretende ampliar los proyectos educativos, demostrativos y ambientales para compartir conocimientos, valores humanos y ambientales para mejorar la calidad de vida de todos los habitantes.

2.1.3.1 Ubicación geográfica

Altitud: Zona baja 2600 msnm
 Zona alta 4500 msnm
Latitud: Entre 1°51' a 2°15' Sur
Longitud: Entre 78°23' a 78°50' Occidente

2.1.3.2 Características climáticas

Temperaturas: Máxima 22 °C
 Mínima 6 °C
 Promedio 18 °C
Humedad relativa: 73,8 %
Precipitación media anual: Entre 250 a 500 mm

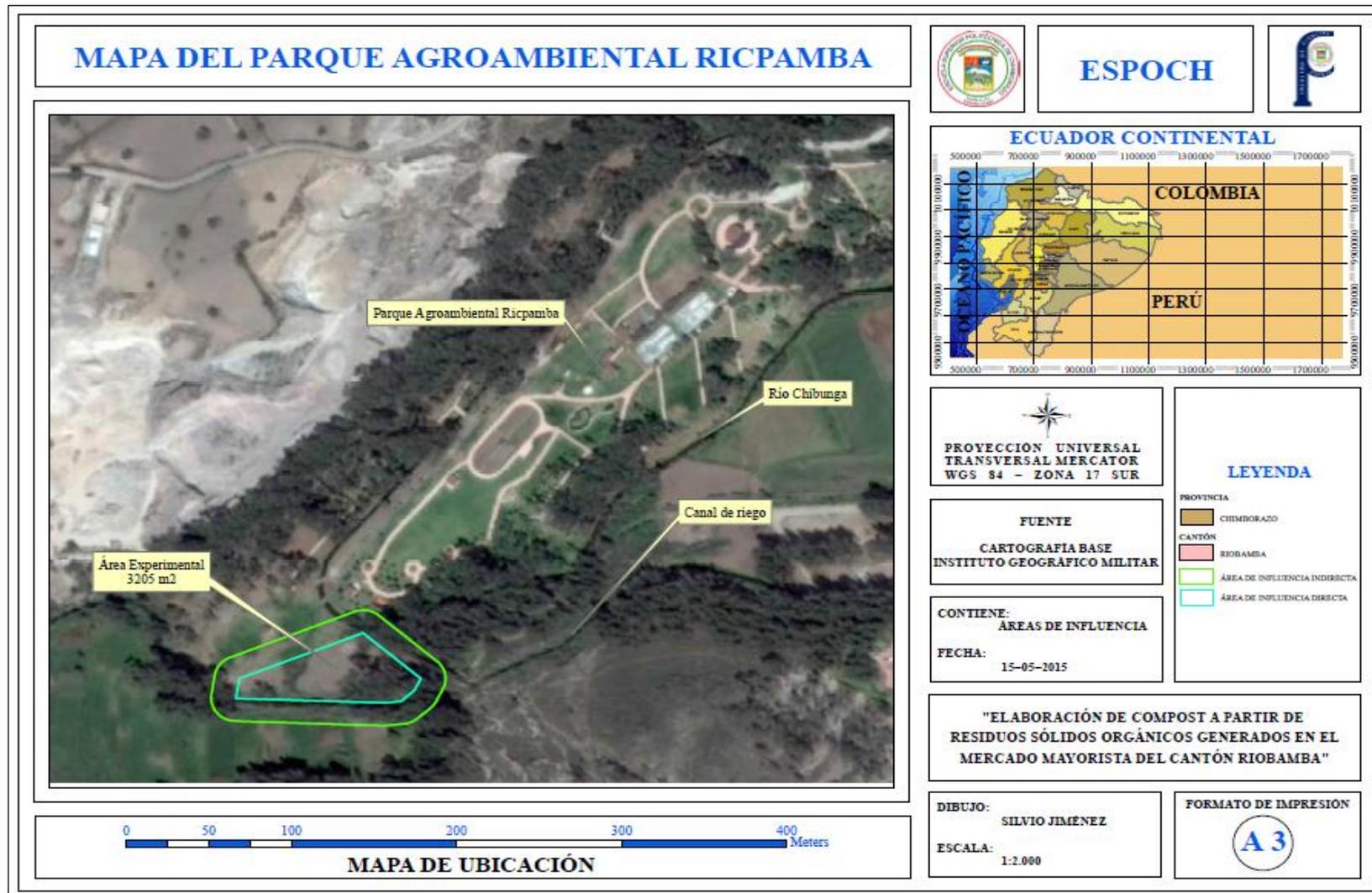


Ilustración 9-2: Mapa del Parque Agroambiental Ricpamba
Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

2.1.3.3 Clasificación ecológica

La zona tiene una clasificación de estepa Espinosa Montano bajo “eeMB”.

2.1.3.4 Flora y fauna

- **Flora**

Tabla 9–2: Flora del Parque Ricpamba

Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
1	Apogonia	Poales	Poaceae	Festuca	<i>Festuca arundinacea</i>	Cañuela
2	Equisetopsida	Equisetales	Equisetaceae	Equisetum	<i>Equisetum arvense</i>	Cola de caballo
3	Liliopsida	Arecales	Arecaceae	Phoenix	<i>Phoenix canariensis</i>	Palma canaria
4	Liliopsida	Arecales	Arecaceae	Trachycarpus	<i>Trachycarpus fortunei</i>	Palmito gigante
5	Liliopsida	Poales	Poaceae	Cortaderia	<i>Cortadeira nitida</i>	Sigse
6	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilcha
7	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Brassica	<i>Brassica napus</i>	Nabo silvestre
8	Magnoliopsida	Brassicales	Tropaeolaceae	Tropaeolum	<i>Tropaeolum majus</i>	Mastuerzo de indias
9	Magnoliopsida	Caryophyllales	Amaranthaceae	Amaranthus	<i>Amaranthus spinosus</i>	Amaranto
10	Magnoliopsida	Ericales	Ericaceae	Vaccinium	<i>Vaccinium meridionale</i>	Mortiño
11	Magnoliopsida	Fabales	Caesalpinia	Caesalpinia	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Huarango
12	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Acacia	<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia
13	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Spartium	<i>spartium junceum</i>	Retama de olor
14	Magnoliopsida	Fagales	Betulaceae	Alnus	<i>Alnus jorullensis</i>	Aliso
15	Magnoliopsida	Fagales	Casuarinaceae	Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina
16	Magnoliopsida	Fagales	Juglandaceae	Juglans	<i>juglans neotropica</i>	Nogal
17	Magnoliopsida	Gentianales	Apocynaceae	Nerium	<i>Nerium oleander</i>	Laurel rosa

Continuara...

Continúa

18	Magnoliopsida	Jacaranda	Bignoniaceae	Jacaranda	<i>Jacarandá mimosifolia</i>	Jacarandá
19	Magnoliopsida	Lamiales	Bignoniaceae	Tecoma	<i>Tecoma stans</i>	Cholán
20	Magnoliopsida	Lamiales	Oleaceae	Fraxinus	<i>Fraxinus excelsior</i>	Fresno norteño
21	Magnoliopsida	Magnoliales	Magnoliaceae	Magnolia	<i>Magnolia grandiflora</i>	Magnolia común
22	Magnoliopsida	Malpighiales	Salicaceae	Populus	<i>Populus alba</i>	Álamo blanco
23	Magnoliopsida	Malpighiales	Salicaceae	Salix	<i>Salix babilónica</i>	Sauce llorón
24	Magnoliopsida	Malpighiales	Salicaceae	Salix	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce criollo
25	Magnoliopsida	Malvales	Elaeocarpaceae	Vallea	<i>Vallea stipularis</i>	Campano
26	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Hibiscus	<i>Hibiscus</i>	Cucarda
27	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Abutilon	<i>Abutilon megapotamicum</i>	Linterna China
28	Magnoliopsida	Myrtales	Myrtaceae	Callistemon	<i>Callistémom citrinus</i>	Cepillo
29	Magnoliopsida	Myrtales	Myrtaceae	Eucalyptus	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto común
30	Magnoliopsida	Myrtales	Onagraceae	Fuchsia	<i>Fuchsia</i>	Zarcillos de la reina
31	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Prunus	<i>Prunus serotina</i>	Capulí
32	Magnoliopsida	Sapindales	Anacardiaceae	Schinus	<i>Schinus molle</i>	Molle
33	Magnoliopsida	Sapindales	Sapindaceae	Dodonaea	<i>Dodonaea viscosa</i>	Chirca de Monte
34	Pinopsida	Pinales	Araucariaceae	Araucaria	<i>Araucaria columnaris</i>	Araucaria
35	Pinopsida	Pinales	Cupressaceae	Cupressus	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés de Monterrey
36	Pinopsida	Pinales	Pinaceae	Pinus	<i>Pinus radiata</i>	Pino insigne
37	Pteridopsida	Pteridales	Dennstaedtiaceae	Pteridium	<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho

Realizado por: JIMÉNEZ, J, 2015

▪ Fauna

Tabla 10–2: Fauna del parque Ricpamba

Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
1	Amphibia	Anura	Amphignathodontidae	Gastrotheca	<i>Gastrotheca riobambae</i>	Rana marsupial andina
2	Aves	Apodiformes	Trochilidae	Colibri	<i>Colibri coruscans</i>	Colibrí rutilante
3	Aves	Apodiformes	Trochilidae	Lesbia	<i>Lesbia victoriae</i>	Colibrí colilargo alcalde
4	Aves	Trochiliformes	Trochilidae	Patagona	<i>Patagona gigas</i>	Picaflor gigante
5	Aves	Columbiformes	Columbidae	Columbina	<i>Columbina passerina</i>	Tortolita azul
6	Aves	Columbiformes	Columbidae	Zenaida	<i>Zenaida auriculata</i>	Zenaida torcaza
7	Aves	Falconiformes	Cathartidae	Cathartes	<i>Cathartes melambrotus</i>	Aura selvática
8	Aves	Falconiformes	Falconidae	Falco	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano
9	Aves	Passeriformes	Cardinalidae	Saltator	<i>Saltator maximus</i>	Saltador de garganta canela
10	Aves	Passeriformes	Cardinalidae	Pheucticus	<i>Pheucticus chrysopeplus</i>	Picogrueso amarillo
11	Aves	Passeriformes	Hirundinidae	Pygochelidon	<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina barranquera
12	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Pyrocephalus	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero sangretoro
13	Aves	Passeriformes	Turdidae	Turdus	<i>Turdus fuscate</i>	Mirla patinaranja
14	Insecta	Coleoptera	Coccinellidae	Coccinella	<i>Coccinella septempunctata</i>	Mariquita de siete puntos
15	Insecta	Coleoptera	Dryophthoridae	<u>Orthognathus</u>	<i>Orthognathus sub parallelus</i>	Escarabajo
16	Insecta	Diptera	Muscidae	Musca	<i>Musca domestica</i>	Mosca doméstica
17	Insecta	Hymenoptera	Apidae	Apis	<i>Apis mellifera</i>	Abeja europea
18	Insecta	Odonata	Aeshnidae	Anax	<i>Anax junius</i>	Libélula verde
19	Insecta	Lepidoptera	Nymphalidae	Heliconius	<i>Heliconius melpomene</i>	Mariposa de las pasionarias
20	Insecta	Lepidoptera	Nymphalidae	<u>Morpho</u>	<i>Morpho peleides</i>	Payacucha
21	Insecta	Lepidoptera	Nymphalidae	Heliconius	<i>Heliconius sara</i>	Mariposa
22	Mammalia	Artiodactyla	Camelidae	Lama	<i>Lama glama</i>	Llama
23	Reptilia	Squamata	Tropiduridae	Stenocercus	<i>Stenocercus sp</i>	Lagartija

Realizado por: JIMÉNEZ. J, 2015

2.2 Tipo de investigación

La presente investigación presenta varias características que la identifican, entre ellas se puede mencionar:

Por su naturaleza la investigación es descriptiva porque permite describir y analizar varias fases y características del proceso de producción de compost que son factibles medir y tener resultados que contribuyan a una mejor perspectiva de elaborar compost.

Por el tipo es aplicativa porque propone una solución inmediata para la disposición de los residuos sólidos generados en el mercado, para ser aprovechados mediante la elaboración de un abono orgánico (compost), y minimizar la contaminación ambiental por la mala disposición final.

Por su temporalidad es longitudinal porque se van a medir y recolectar los diferentes valores a través de un determinado tiempo, para ser analizados y verificar la evolución del proceso.

Por el tipo de enfoque es cualitativa y cuantitativa, cualitativa porque nos permite determinar las cualidades del producto como el color y textura mediante apreciación sensorial, y afirmar su estado físico; cuantitativa porque durante el proceso de clasificación, cuantificación, elaboración de compost y su evaluación de calidad y rendimiento se van a obtener datos que nos permitirán evaluar parámetros como pH, temperatura, humedad, etc., y verificar los resultados obtenidos al final de la investigación.

2.3 Parte experimental

Los parámetros a ser evaluados tanto en los materiales iniciales como en el producto final son los establecidos en literatura y en trabajos de investigación realizados. La investigación se desarrolló con una sola unidad, no se manipularon variables, únicamente se realizó un control de éstas para un adecuado manejo del proceso y para lograr establecer las condiciones idóneas para obtener un producto de calidad.

2.3.1 Muestreo

Para la clasificación y cuantificación de los residuos de mercado se trabajó durante una semana con todos los residuos diariamente generados en el Mercado Mayorista. La pila de compostaje se formó con residuos de mercado, poda de árboles y palma.

La poda corresponde a restos de hojas y ramas finas de los árboles ornamentales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y los restos de palma fueron proporcionados por empleados municipales como resultado de su poda. Las muestras tomadas de los materiales iniciales y de la pila formada fueron lo más representativas posible. Para esto se homogenizó y se tomó porciones de varios sitios procurando la presencia de todo tipo de residuos.

Tabla 11-2: Muestreo del proceso de compostaje

MUESTRA	RECEPTOR	PESO	NÚMERO DE MUESTRAS	PROCEDIMIENTO
Las muestras recolectadas estaban compuestas por una mezcla de residuos de poda de árboles, palma y residuos sólidos orgánicos de mercado.	Para la recolección y almacenaje de las muestras se utilizaron fundas plásticas con cierre hermético.	El peso de la muestra húmeda extraída en el campo fue de 2 kg y para los análisis respectivos se tomó una submuestra previamente secada de 250 g.	Se tomaron 10 muestras: una al inicio, del proceso 8 durante el proceso en cada volteo realizado y una al final del proceso.	Se establecieron 14 puntos para realizar los muestreos: 3 puntos en cada lado mayor de la pila, 2 puntos en cada lado menor de la pila y 4 puntos en la parte superior.

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

2.4 Metodología

2.4.1 Métodos, técnicas e instrumentos

2.4.1.1 Métodos

Para esta investigación se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica para establecer la mezcla inicial y los parámetros de control durante el compostaje para obtener un producto de calidad.

Existe una complementación entre los métodos para llevar a cabo esta investigación. Los materiales iniciales se secaron y molieron para la determinación del pH, la conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica y nitrógeno total, para establecer la proporción de los residuos y los porcentajes de mezcla. Todos los residuos fueron triturados. Una vez armada la pila y a lo largo de todo el proceso se controló in situ la temperatura y humedad para establecer el momento de los volteos. Antes de cada volteo se tomaron muestras para controlar el avance del proceso y determinar su finalización. Para determinar la calidad del compost obtenido se realizaron pruebas físico químicas, químicas y biológicas.

2.4.1.2 Técnicas

Tabla 12-2: Técnica para determinar el porcentaje de humedad

PARÁMETRO	FUNDAMENTO	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS		PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Humedad	Se emplea para determinar el contenido de humedad de la muestra, el porcentaje de humedad se determina por gravimetría, que consiste en pesar la muestra húmeda, ésta se somete a un calentamiento a una temperatura entre 70 y 105 °C en una mufla o un secador hasta obtener un peso constate, la muestra seca se pesa de nuevo y por diferencia entre los pesos por la pérdida de agua. El principio operacional consiste en preparar la muestra, pesado, secado, enfriado y en un nuevo pesado de la muestra seca.	Equipos	Balanza analítica Mufla o secador de bandejas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calibrar el equipo entre 70 a 105 °C. ▪ Pesar la capsula o bandeja vacía. ▪ Pesar entre 50 y 100 g de la muestra húmeda, puede incluir el peso del recipiente o no, depende de la capacidad de la balanza y del equipo para secar. ▪ Colocar el recipiente con la muestra en el equipo por un tiempo de 12 a 24 h o hasta secar la muestra. ▪ Remover la muestra cada determinado tiempo para facilitar el secado para cantidades grandes. ▪ Retirar el recipiente con la muestra, para cantidades pequeñas colocar dentro de un desecador y dejar enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente. ▪ Pesar la muestra individual o con la capsula según lo requerido ▪ Calcular el porcentaje de humedad por diferencia de pesos. 	<p>Ecuación</p> $H = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>H: Contenido de humedad en porcentaje.</p> <p>G₀: Peso de la muestra en g antes de aplicar calor.</p> <p>G₁: Peso de la muestra en g después de haber aplicado calor</p>
		Materiales	Desecador Espátula Muestra a evaluar Papel aluminio Pinzas		

Fuente: (FERNÁNDEZ. L, et al., 2006, pp. 21-22)

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

Tabla 13-2: Técnica para la determinación de la conductividad eléctrica y pH

PARÁMETRO	FUNDAMENTO	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS		PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Conductividad eléctrica y pH	<p>CE: Se determina por análisis potenciométrico y se fundamenta en la disociación electrolítica y es utilizada en aguas o extracto de suelo y residuos sólidos, el instrumento consiste de dos electrodos de platino, que son introducidos en la solución para medir la capacidad de llevar la corriente eléctrica por la presencia de iones Na⁺ o bases intercambiables (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺).</p> <p>pH: Se determina mediante análisis Potenciométrico o electroquímico para determinar el pH de una muestra, es el más empleado para medir el potencial de un electrodo muy sensible a los iones H⁺ presentes en la muestra problema, se utiliza como referencia un electrodo en la cual la solución problema no es modificada cuando cambia la concentración de los iones, el pH es la unidad potenciométrica de medición, que indica el grado de acidez o alcalinidad.</p>	Equipos	Balanza analítica pH-metro Consort C562 multifuncional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesar 5 g de la muestra y colocar en un vaso de precipitación de 100 mL. ▪ Añadir 60 mL de agua destilada, agitar y dejar reposar por 10 min hasta su total homogenización. ▪ Ajustar el instrumento para medir la conductividad eléctrica. ▪ Introducir los electrodos del instrumento en la solución acuosa y realizar la medición de la conductividad eléctrica. ▪ Retira los electrodos y lavar con agua destilada. ▪ Ajustar el instrumento para medir el pH. ▪ Introducir los electrodos del instrumento en la solución y realizar la medición del pH. ▪ Retirar los electrodos y lavar con agua destilada 	Lectura directa
		Materiales	Agitador manual Muestra a evaluar Piceta Probeta de 25 mL Vasos de precipitación de 100 mL		
		Reactivos	Agua destilada y desionizada		

Fuente: (FERNÁNDEZ. L, et al., 2006, pp. 19-21)

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

Tabla 14-2: Técnica para la determinación de cenizas y materia orgánica

PARÁMETRO	FUNDAMENTO	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS		PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Cenizas y materia orgánica	Las muestras de los materiales se caracterizan por tener compuestos inorgánicos y varios minerales entre algunos de ellos tenemos los fosfatos, cloruros, calcio, hierro, etc., para destruir todo el material orgánico presente en la muestra, por medio de incineración a temperaturas superiores a 400 ° C estos son eliminadas.	Equipos	Estufa Balanza analítica Mufla	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tomar el crisol de 30 o 50 mL, etiquetar y colocar en la mufla durante 2 horas a una temperatura de 105 °C. ▪ Sacar el crisol de la mufla, dejar enfriar en el desecador por 30 min o hasta llegar a la temperatura ambiente, pesar con una balanza analítica, con precisión de ± 0,0001 g, y anotar el valor. ▪ Al crisol vacío añadir 3 g de la muestra, pesar y anotar su valor. ▪ Ajustar el equipo a 550 °C, colocar las muestras y dejar calcinar por un tiempo de 12 a 24 h. ▪ Retirar las muestras calcinadas, colocar en el desecador por 30 min o más. ▪ Pesar el crisol incluido la muestra calcinada y anotar su valor. ▪ Determinar el porcentaje de cenizas a través de su expresión matemática. ▪ Determinar el porcentaje de materia orgánica utilizando su expresión matemática. 	<p>CENIZAS</p> <p>Ecuación</p> $C = \frac{G_2 - G_0}{G_1 - G_0} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>C: Contenido de cenizas en porcentaje</p> <p>G₀: Peso en g del crisol vacío</p> <p>G₁: Peso en g del crisol más la muestra seca.</p> <p>G₂: Peso en g del crisol más la muestra calcinada</p> <p>M. ORGÁNICA</p> <p>Ecuación</p> $MO = \frac{G_1 - G_2}{G_1 - G_0} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>MO: Contenido de materia orgánica en porcentaje</p>
	Para la determinar el porcentaje de materia orgánica total se lo efectúa por gravimetría indirecta en la cual cuantifica el peso que se pierde como consecuencia de la combustión de la materia orgánica de la muestra a elevadas temperaturas entre 400 a 550 °C en dependencia de las necesidades requeridas.				

Fuente: (ZAGAL. E & SADZAWKA. A, 2007, pp. 28-30)

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

Tabla 15-2: Técnica para determinar la densidad aparente

PARÁMETRO	FUNDAMENTO	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS		PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Densidad aparente	La densidad de un material es la masa por unidad de volumen que ocupa. Son unidades habituales de densidad el g/cm ³ , kg/m ³ o Mg/m ³ . La densidad aparente es el cociente entre la masa de producto y el volumen aparente del mismo (volumen incluyendo los huecos entre los granos). Sin embargo, los materiales porosos no rellenan todo el espacio. En el volumen que ocupan dejan unos espacios vacíos o huecos que se denominan poros. Normalmente los poros se encuentran llenos de gas o de líquido y van a dificultar la determinación del volumen y de la masa real de sólido a la hora de medir su densidad.	Materiales	Balanza digital Recipiente plástico cilíndrico Flexómetro Recipiente cilíndrico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tomar el recipiente cilíndrico y medir su diámetro, altura y determinar su volumen. ▪ Pesar el recipiente vacío. ▪ Llenar el recipiente con el material (compost) sin compactar. ▪ Pesar el recipiente con el material y disminuir el peso del recipiente vacío. ▪ Calcular la densidad del material suelto o sin compactar. ▪ Compactar el material contenido en el recipiente, mediante pequeños golpeteos dejando caer desde una altura aproximada de unos 15 cm. ▪ Medir la altura del material compactado y determinar el volumen que este ocupa. ▪ Determinar la densidad del material compactado 	<p>Ecuación</p> $V_c = \frac{\pi \phi^2}{4} \times h$ <p>Donde:</p> <p>V_c: Volumen del cilindro</p> <p>π: Número Pi</p> <p>Ø: Diámetro del recipiente</p> <p>h: Altura del recipiente</p> <p>Ecuación</p> $\delta = \frac{m}{V}$ <p>Donde:</p> <p>δ: Densidad compactada</p> <p>m: Masa compactada</p> <p>V: Volumen compactado</p>

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

Tabla 16-2: Técnica para verificar sustancias húmicas

PARÁMETRO	FUNDAMENTO	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS		PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Sustancia húmicas	Las sustancias húmicas representan posiblemente el 50 % de los materiales orgánicos distribuidos en el suelo. Estas sustancias pueden encontrarse en todos los ambientes y constituyen grupos de moléculas altamente polimerizadas con peso molecular muy alto que presentan un color entre amarillo y negro. Los ácidos húmicos son extraíbles en medio alcalino cuando precipitan al acidificar. La base estructural de estos ácidos está formado por grupos de estructuras aromáticas y cadenas alifáticas. La fracción fúlvica se extrae en medio alcalino y sus compuestos permanecen en disolución después de acidificar el extracto. Las huminas no se pueden extraer con disoluciones alcalinas, debido a que son insolubles y a su naturaleza macromolecular.	Equipos	Balanza analítica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 ácidos fúlvicos. ▪ Tomar 10mL 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. 	Identificación por observación
		Materiales	Agitador manual Espátula Gradilla Muestra a evaluar Piceta Tubos de ensayo Vasos de precipitación de 50 mL		
		Reactivos	Ácido clorhídrico Agua destilada y desionizada Hidróxido de calcio Hidróxido de sodio		

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

Tabla 17-2: Técnica para determinar el índice de germinación

PARÁMETRO	FUNDAMENTO	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS		PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Índice de germinación	Técnica desarrollada para valorar las propiedades fitotóxicas de residuos orgánicos o compost inmaduros. Se basa en utilizar un extracto acuoso de los materiales orgánicos para evaluar la germinación y crecimiento de semillas de plantas de respuesta rápida como es el Berro (<i>Lepidium Sativum L.</i>). En la cual se compara estos valores con los obtenidos para un control con agua destilada, se puede saber el porcentaje de germinación de las semillas y el porcentaje de elongación de las raíces, obteniendo por multiplicación el denominado índice de Germinación (IG). Valores superiores al 80 % acreditan que el compost es un producto estable para su uso en agricultura.	Equipos	Autoclave Balanza analítica Bomba de vacío Centrifuga de 7000 rpm Estufa de incubación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Del material seco hacer una extracción acuosa, relación 1:20 (p/v) agitando mecánicamente durante 2 horas. ▪ Centrifugar a 7 000 rpm durante 10 min y filtrar con papel de 0,45 µm mediante vacío para esterilizar el extracto. ▪ En placas Petri de 10 cm de diámetro, cubiertas con papel filtro, colocar 10 semillas de rábano y añadir 10,0 mL del extracto acuoso que moje 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 unidades para evitar resequedad y brindar oscuridad. ▪ Calibrar la estufa de incubación a 80 % de humedad y a 22 °C. ▪ 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 placa. ▪ Determinar el índice de germinación a través de su ecuación matemática. 	<p>Ecuación</p> $IG (\%) = \frac{GRS \times CRR}{100}$ <p style="text-align: center;">Número de semillas germinadas con el extracto de compost</p> $GRS (\%) = \frac{\text{Número de semillas germinadas con agua destilada (testigo)}}{\text{Número de semillas germinadas con el extracto de compost}} \times 100$ <p style="text-align: center;">Longitud promedio de la raíz con el extracto de compost</p> $CRR (\%) = \frac{\text{Longitud promedio de la raíz con agua destilada (testigo)}}{\text{Longitud promedio de la raíz con el extracto de compost}} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>IG: Índice de germinación en porcentaje</p> <p>GRS: Germinación relativa de semillas en porcentaje</p> <p>CRR: Crecimiento relativo de la raíz en porcentaje</p>
		Materiales	Erlenmeyer de 250 mL Muestra a evaluar Papel aluminio Papel filtro Pipeta de 10 mL Pera de succión Placas Petri Semillas de rábano		
		Reactivos	Agua destilada y desionizada Alcohol		

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

Para la determinación de macro y microelementos se realizó en los laboratorios de la Agencia Ecuatoriana de aseguramiento de la calidad del Agro (AGROCALIDAD), para lo cual se emplearon los métodos o técnicas propias del laboratorio.

Tabla 18-2: Técnica para determinar macro y microelementos

Nº	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO/TÉCNICA	UNIDAD
1	Calcio	Absorción atómica	%
2	Cobre	Absorción atómica	ppm
3	Fosforo	Colorimétrico	%
4	Hierro	Absorción atómica	ppm
5	Magnesio	Absorción atómica	%
6	Manganeso	Absorción atómica	ppm
7	Nitrógeno	Dumas	%
8	Potasio	Absorción atómica	%
9	Zinc	Absorción atómica	ppm

Fuente: (AGROCALIDAD, 2015)

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

2.4.1.3 Instrumentos y materiales

Los instrumentos y materiales que se emplearon para el desarrollo de la investigación en la fase de campo se especifican en las tablas que se presentan a continuación.

Clasificación y cuantificación de los residuos sólidos

Tabla 19–2: Componentes empleados para clasificar los RS

ACTIVIDAD	INSTRUMENTOS, MATERIALES Y HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Clasificación y cuantificación de los residuos sólidos	Instrumentos	Balanza industrial	1 unidad
		Calculadora científica	1 unidad
		Ordenador	1 unidad
	Materiales	Guantes de látex	2 pares
		Libreta de campo	1 unidad
		Mascarilla desechable rectangular	4 unidades
		Recipientes metálicos	varios
		Recipientes plásticos	varios
	Maquinaria	Sacos de plástico	varios
		Vehículo	1 unidad

Realizado por: JIMÉNEZ S, 2015.

Elaboración de compost

Tabla 20–2: Componentes utilizados para elaborar compost

ACTIVIDAD	INSTRUMENTOS, MATERIALES Y HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Adecuación del terreno para construir la pila	Herramientas	Palas manuales	2 unidades
		Machete	1 unidad
	Maquinaria	Minicargadora	1 unidad
Toma de muestras de los RSO	Instrumentos	Balanza digital portátil	1 unidad
	Materiales	Fundas plásticas para basura de 70 × 90 cm	2 unidades
		Guantes de látex	1 par
		Libreta de campo	1 unidad
		Mascarilla desechable rectangular	2 unidades
Sacos de plástico	2 unidades		

Continuará...

Continúa

Preparación del material estructurante seco	Instrumentos	Balanza digital portátil	1 unidad
	Materiales	Cuerda plástica	1 rollo
		Gafas de seguridad plásticas	1 unidad
		Guantes de látex	1 unidad
		Mascarilla desechable rectangular	2 unidades
		Sacos de plástico	35 unidades
	Herramientas	Barra llana de 16 lbs	1 unidad
Pala cuadrada		1 unidad	
Maquinaria	Molino de cuchillas	1 unidad	
Recolección de los R.S.O	Instrumentos	Balanza industrial	1 unidad
	Materiales	Cuerda plástica	1 rollo
		Guantes de látex	1 par
		Mascarilla desechable rectangular	2 unidades
Sacos de plástico	30 unidades		
Construcción de la pila	Instrumentos	Termómetro digital	1 unidad
		Medidor de humedad	1 unidad
	Materiales	Carretilla de mano	1 unidad
		Flexómetro	1 unidad
		Guantes de látex	1 par
		Mascarilla desechable rectangular	2 unidades
		Plástico Negro Antihierbas para Horta	12 m ²
	Herramientas	Barra llana de 16 lbs	2 unidades
		Pala cuadrada	1 unidad
Machete		1 unidad	
Maquinaria	Molino de cuchillas	1 unidad	
Monitoreo del proceso	Instrumentos	Termómetro digital	1 unidad
		Medidor de humedad	1 unidad
Materiales	Regadera manual	1 unidad	
Determinación de la densidad aparente	Instrumentos	Balanza digital	1 unidad
	Materiales	Pala cuadrada	1 unidad
		Flexómetro	1 unidad
Recipiente metálico	1 unidad		
Verificación del rendimiento del proceso	Instrumentos	Balanza digital	1 unidad
	Materiales	Malla metálica	1 m ²
		Sacos de plástico	25 unidades
Herramientas	Pala cuadrada	2 unidades	

Elaborado por: JIMÉNEZ. S, 2014

2.5 Datos experimentales

Tabla 21–2: Datos de los residuos usados en la pila

Nº	RESIDUOS	PESO (kg)	ESTADO
1	Poda de árboles	300	Seco
2	Palma ornamental	100	Seco
3	RSO	600	Fresco

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2014

Tabla 22–2: Registro de la pérdida de humedad promedio de los RSO

Nº	TIEMPO DE SECADO (h)	PESOS DE LA MUESTRA 1 (g)	PESOS DE LA MUESTRA 2 (g)	PESOS PROMEDIO (g)
1	0	2000,0	2000,0	2000,0
2	1	1865,6	1892,6	1879,1
3	2	1768,0	1794,3	1781,1
4	3	1705,4	1711,3	1708,3
5	4	1634,0	1625,7	1629,8
6	5	1575,7	1546,0	1560,8
7	6	1516,2	1463,3	1489,8
8	7	1455,7	1375,5	1415,6
9	8	1408,7	1303,5	1356,1
10	9	1354,9	1231,2	1293,1
11	10	1308,6	1170,2	1239,4
12	11	1253,6	1108,1	1180,8
13	12	1202,3	1041,3	1121,8
14	13	1154,6	982,5	1068,6
15	14	1112,8	931,3	1022,0
16	15	1065,1	883,3	974,2
17	16	1028,2	821,5	924,8
18	17	985,3	776,2	880,7
19	18	946,1	740,4	843,2
20	19	908,5	705,2	806,8
21	20	872,4	670,9	771,6
22	21	837,6	640,0	738,8
23	22	804,3	610,0	707,1
24	23	772,4	583,6	678,0
25	24	741,7	555,0	648,3
26	25	714,1	531,5	622,8
27	26	681,4	511,7	596,5
28	27	652,2	488,9	570,5
29	28	623,8	466,1	544,9
30	29	596,7	448,5	522,6
31	30	570,7	430,1	500,4
32	31	543,4	412,1	477,7
33	32	516,7	398,6	457,6

Continuará...

Continúa

34	33	491,3	387,2	439,2
35	34	467,2	376,3	421,7
36	35	450,1	366,7	408,4
37	36	436,5	357,5	397,0
38	37	422,3	348,6	385,4
39	38	415,2	347,6	381,4
40	39	407,4	346,7	377,0
41	40	399,7	345,8	372,7
42	41	392,3	344,9	368,6
43	42	384,9	343,4	364,2
44	43	377,7	343,0	360,4
45	44	354,7	332,6	343,6
46	45	354,6	332,3	343,4

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2014

Tabla 23-2: Registro de la temperatura y humedad de la pila durante el proceso

Nº	TIEMPO DE COMPOSTAJE (días)	TEMPERATURA MEDIA DE LA PILA (°C)	HUMEDAD MEDIA DE LA PILA (%)
1	0	23,0	46,4
2	7	62,0	56,2
3	14	55,7	46,7
4	21	59,1	35,0
5	28	50,5	50,9
6	35	54,1	52,6
7	42	43,9	54,1
8	49	51,2	51,0
9	56	36,3	49,9
10	63	45,2	75,1
11	70	52,6	84,1
12	77	47,0	73,1
13	84	38,1	70,7
14	91	30,0	76,2
15	98	27,4	79,3
16	105	30,5	84,5
17	112	38,2	86,0
18	119	33,5	84,9
19	126	28,8	88,7
20	133	34,4	85,9
21	140	35,0	84,8
22	147	30,8	87,4
23	154	28,9	87,2
24	161	30,8	87,6
25	168	27,8	84,1
26	175	21,6	79,6
27	182	19,3	65,7

Continuará...

Continúa

28	189	19,2	54,0
29	196	19,0	51,4
30	203	18,9	44,6
31	210	18,8	43,6
32	217	18,9	38,7
33	224	18,7	37,2

Realizado por: JIMÉNEZ S, 2015

Tabla 24-2: Datos de fitotoxicidad del material orgánico

№	NÚMERO DE CAJA	TESTIGO			P _M T ₀			P _M T ₉		
		Semillas germinadas	sin Semillas germinar	Longitud media de la raíz (cm)	Semillas germinadas	sin Semillas germinar	Longitud media de la raíz (cm)	Semillas germinadas	sin Semillas germinar	Longitud media de la raíz (cm)
1	1	10	0	15,08	10	0	6,81	10	0	11,74
2	2	9	1	13,20	7	3	6,80	8	2	10,63
3	3	8	2	13,78	9	1	8,41	9	1	11,53
4	4	9	1	11,96	8	2	7,10	9	1	12,62
5	5	10	0	12,87	6	4	8,03	9	1	11,06
6	6	10	0	12,48	7	3	6,80	8	2	12,04
7	7	9	1	14,43	6	4	7,92	10	0	11,98
8	8	9	1	13,84	9	1	10,78	10	0	11,43
TOTAL		74	6	13,45	62	18	7,83	73	7	11,63

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

Tabla 25-2: Datos de la densidad aparente del material orgánico

№	MUESTRA	ALTURA DEL RECIPIENTE (m)	DIÁMETRO DEL RECIPIENTE (m)	PESO DEL RECIPIENTE (kg)	ALTURA DEL MATERIAL COMPACTADO (m)	PESO DEL MATERIAL (kg)
1	P _M T ₀	0,60	0,37	3,70	0,43	18,15
2	P _M T ₁	0,60	0,37	3,70	0,44	19,16
3	P _M T ₂	0,60	0,37	3,70	0,44	20,23
4	P _M T ₃	0,60	0,37	3,70	0,45	21,36
5	P _M T ₄	0,60	0,37	3,70	0,45	22,55
6	P _M T ₅	0,60	0,37	3,70	0,46	23,81
7	P _M T ₆	0,60	0,37	3,70	0,46	25,14
8	P _M T ₇	0,60	0,37	3,70	0,47	26,54
9	P _M T ₈	0,60	0,37	3,70	0,47	28,02
10	P _M T ₉	0,60	0,37	3,70	0,48	29,58

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

2.6 Datos adicionales

Tabla 26-2: Temperatura y humedad media ambiente

Nº	TIEMPO DE COMPOSTAJE (días)	TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE (°C)	HUMEDAD RELATIVA MEDIA AMBIENTE (%)
1	0	14,4	75,6
2	7	14,2	75,7
3	14	13,4	66,6
4	21	13,7	75,5
5	28	13,1	75,9
6	35	13,0	72,9
7	42	13,3	71,6
8	49	13,8	71,0
9	56	13,0	75,2
10	63	13,6	72,1
11	70	14,1	72,2
12	77	14,4	71,6
13	84	15,0	61,6
14	91	14,3	70,5
15	98	14,0	73,7
16	105	14,1	74,5
17	112	12,9	77,4
18	119	13,8	78,4
19	126	13,6	78,3
20	133	13,7	74,4
21	140	12,9	77,8
22	147	13,2	78,0
23	154	13,4	74,8
24	161	13,0	75,8
25	168	13,3	76,9
26	175	13,4	74,8
27	182	13,0	76,2
28	189	12,4	77,8
29	196	13,5	72,6
30	203	12,2	76,2
31	210	12,2	70,6
32	217	13,5	71,2
33	224	13,1	71,6

Fuente: (ESPOCH, 2015)

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

2.7 Metodología de la elaboración de compost

2.7.1 Fase de campo

2.7.1.1 Clasificación de los residuos sólidos

Para realizar la clasificación de los residuos sólidos generados en la EP-EMMPA se realizó un recorrido por todas las instalaciones del mercado, secciones, locales comerciales y puestos de ventas para verificar cuales son los residuos que se generan en mayor cantidad en este mercado, además para contribuir con más información se realizó una entrevista a todo el personal que está a cargo de realizar la limpieza en esta institución y se llegó a constatar que los residuos que en mayor cantidad se generan se podían clasificar en 6 agrupaciones siendo estas en orgánicos, plástico, papel, cartón, madera y otros, en la agrupación denominada como otros están incluidos los desechos que se generan en cantidades muy pequeñas como vidrio, telas, metal y caucho entre otros , que para lograr obtener un peso significativo es obligatorio ser agrupados en esa forma.

Para realizar la clasificación se desarrolló de dos formas, en la primera todos los desechos que se generan en el centro comercial, la administración, en las naves de la sección de mariscos, productos agrícolas y frutas tropicales fueron llevados a la zona de pesaje, para posteriormente ser pesados, clasificados en cada uno de sus componentes y finalmente obtener el peso de cada componente. La segunda forma de clasificación solo se utilizó en la plataforma que contiene 12 secciones de venta de productos, la cual consta en clasificar todos los residuos en su propio lugar donde estos se generan para posterior a ello ser pesados y cuantificados.

2.7.1.2 Cuantificación de los residuos solidos

Una vez obtenido una lista diaria de valores en peso de cada componente logrado mediante la aplicación de las dos modalidades utilizadas se procedió a cuantificar el peso total de cada componente generado en cada día de actividad comercial. Para obtener valores más cercano de la cantidad de residuos en cada pesaje realizado se descontó el peso del contenedor dependiendo del peso del mismo siendo en promedio 16 kg para los recipientes metálicos y 9 kg para los recipientes plásticos, esta modalidad se utilizó durante todo el tiempo en que se realizó la clasificación y cuantificación de los residuos producidos en el mercado.

2.7.1.3 *Elaboración de compost*

Materiales de partida

Para realizar este trabajo, los materiales orgánicos que se emplearon para formar la pila se obtuvieron de tres fuentes diferentes donde estos son generados, los residuos secos de árboles se obtuvo de la poda de los árboles que crecen dentro de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y los residuos de palma ornamental fueron de la poda de las palmeras de los parques, jardines y avenidas de la ciudad de Riobamba, mientras que los residuos frescos se obtuvo del mercado mayorista que en mayor cantidad estaban conformados por residuos frescos de legumbres, hortalizas y frutas y en menor cantidad por restos de comida preparada. Los componentes estructurantes se mezclaron de modo que la relación C/N se estableció con un valor de 25,83 el cual está dentro del rango establecido por la (FAO, 2013, p. 29) que establece una relación de C/N de 15:1 a 35:1 como rango ideal para realizar compostaje.

Preparación del terreno

Con la ayuda de una Minicargadora Caterpillar se realizó un terraplén con espacio suficiente para realizar el proceso de compostaje, una vez realizado el terraplén, se determinó dos áreas de 2 m × 3 m para realizar los volteos, para evitar la contaminación por contacto directo con el suelo se colocó una capa de material vegetal entre el suelo y la pila, para realizar el volteo en la segunda área que se estableció para tal fin nuevamente se colocó una capa vegetal en donde era transpuesta la pila, este proceso se repitió hasta finalizar los volteos.

Preparación del material orgánico

Los residuos secos de poda de árboles se tomaron de varios montículos los mismos que estaban dispuestos en una área dentro de la ESPOCH que es destinada para depositar este tipo de desechos, los residuos de poda de palma se transportaron y se depositaron en el área destinada para el desarrollo trabajo dentro del parque Ricpamba, en cuanto a los residuos orgánicos generados en el mercado mayorista estos se recolectaron en sacos de plástico de los recipientes recolectores dispuestos en las diferentes secciones de comercio, puestos de venta y de los contenedores donde se almacena gran cantidad de los residuos del mercado, una vez obtenido los 600 kg se transportaron al parque Ricpamba.

Una vez obtenido los tres componentes, estos fueron triturados con un molino de cuchillas hasta obtener 300 kg de residuos de árboles, 100 kg de residuos de palma y 600 kg de desechos de mercado en donde se obtuvo un tamaño de partícula de 1,8 cm para los residuos de árboles y palma y para los residuos de mercado se obtuvo un tamaño de partícula variado en ambos casos el tamaño de partícula variaba entre 1 y 5 cm, (SANABRIA. M, 2013, p. 23).

Implantación de la pila

Una vez establecida el área de trabajo, los materiales orgánicos de mercado se mezclaron con los materiales secos, para ello uso palas manuales hasta lograr una combinación homogénea de los residuos a ser compostados, con la combinación de los materiales se formó una pila con forma trapezoidal, de 2 m de ancho, 3 m de largo, 1 m de alto y un peso de 1,0 tonelada. La mezcla homogénea quedo establecida con un porcentaje de humedad del 46,4 % valor que está dentro de lo establecido por la (FAO, 2013, p. 27) que recomienda un porcentaje de humedad entre 45 y 60 % como adecuado para elaborar compost.

Control de la temperatura y humedad

Una vez conformada la pila el control de la temperatura y humedad se realizó diariamente durante la primera semana y después una vez por semana, para medir estos dos parámetros se establecieron 14 puntos de muestreos en la pila, 3 puntos en cada lado mayor de la pila, 2 puntos en cada lado menor de la pila y 4 puntos en la parte superior de la misma, para medir la temperatura se utilizó un termómetro digital portátil en forma de T modelo HI 145 con una precisión $\pm 0,3$ °C que alcanza a medir la temperatura a una profundidad de 30 cm y para medir la humedad se utilizó un higrómetro que toma medidas a una profundidad de 20 cm de profundidad. La frecuencia de riego dependió de la precipitación de la zona.

Realización de volteos

Los volteos se realizaron de forma manual para lo cual se utilizaron palas manuales, el material en descomposición fue traspuesta en una área adyacente a la pila y para su posterior volteo era traía a su posición inicial. Los primeros volteos se realizaron cada 14 días para posterior a ello solo cuando la temperatura de la pila alcanzó valores inferiores a los 30 °C. Los volteos de la pila se realizó hasta que la temperatura de la misma logro una estabilidad cercana a la temperatura ambiente promedio que varía entre 12 °C y 15 °C según los datos de la estación meteorológica (ESPOCH, 2015) una vez que se alcanzó la estabilidad se terminaron los volteos para que el proceso entre a su etapa de maduración y finalizar el proceso de compostaje.

Toma de muestras

La pila se armó el 01 de diciembre del 2014. El compost se obtuvo después de 224 días después que inició al proceso, la fase degradativa tuvo un tiempo de duración de 168 días dándose por terminado el 05 de mayo del 2015, para posterior a ello entrar a la fase de maduración que duró 56 días tiempo superior a lo establecido como óptimo en la fase de maduración que varía ente 20 y 30 días según (JARAMILLO. G & ZAPATA. L, 2008, p. 36), para dar por finalizado el proceso el 13 de julio del 2015. Todas las muestras que se tomaron desde el inicio del proceso hasta que finalizó fueron codificadas para evitar obtener datos erróneos

Tabla 27-2: Fechas del muestreo del proceso de compostaje

Nº	FECHA DE MUESTREO	COMPONENTE	CÓDIGO
1	01-12-2014	Muestra inicial	P _M T ₀
2	15-12-2014	Primer volteo	P _M T ₁
3	29-12-2014	Segundo volteo	P _M T ₂
4	12-01-2015	Tercer volteo	P _M T ₃
5	26-01-2015	Cuarto volteo	P _M T ₄
6	09-03-2015	Quinto volteo	P _M T ₅
7	06-04-2015	Sexto volteo	P _M T ₆
8	04-05-2015	Séptimo volteo	P _M T ₇
9	18-05-2015	Octavo volteo	P _M T ₈
10	13-07-2015	Muestra final	P _M T ₉

Realizado por: JIMÉNEZ S, 2015

Descripción de códigos

P_M: Pila del Mercado Mayorista

T_x: Tiempo de duración del proceso

Refinado

Concluido el proceso de maduración, se procedió a una clasificación física del material mediante un tamiz para desechar todos los elementos gruesos para lo cual se utilizó una malla con orificios cuadrados de 0,5 cm de diámetro lo cual nos permitió aislar todo el material no deseado, el tamaño de partícula del material es el adecuado puesto que un producto de calidad presenta un tamaño de partícula inferior a 1,6 cm según la (FAO, 2013, p. 31).

Determinación del rendimiento

Por diferencia de peso se determinó el rendimiento del proceso. Se tomó en cuenta el peso del material extraído para muestreos y el material de diámetro superior a un centímetro.

Almacenamiento

El compost se colocó en sacos de plástico con su respectiva etiqueta y se almacenó en la bodega del parque Temático Agroambiental Ricpamba para su posterior distribución a las instituciones auspiciantes.

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

3.1.1 Clasificación de los residuos sólidos

Los componentes encontrados en los residuos sólidos del Mercado Mayorista son los siguientes:

Tabla 28-3: Componentes de los residuos sólidos del M. Mayorista

Nº	COMPONENTE	SUBCOMPONENTE
1	Orgánico	Hojas Cáscaras de frutas Restos de carne Restos de comida preparada Restos de frutas Residuos de hortalizas Restos de verduras Tallos
2	Plástico	Botellas Cucharas Fundas Gavetas Platos Sacos Tarrinas Tinas Balde Vasos
3	Papel	Papel bond Periódicos Revistas Servilletas
4	Cartón	Cajas de cartón Cubetas de huevos Esquineros de cartón acoplado
5	Madera	Cajas de madera
6	Otros	Botellas de vidrio Envases de lata Pilas Restos de caucho Objetos metálicos Telas

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

3.1.2 Cuantificación de los residuos sólidos

La cuantificación en porcentaje y en peso se realizó durante una semana con el fin de establecer posibles diferencias en los distintos días.

Tabla 29-3: Porcentaje de residuos sólidos generados en el M. Mayorista

DÍA	COMPONENTES						UNIDAD
	Orgánico	Plástico	Papel	Cartón	Madera	Otros	
Lunes	94,96	2,15	1,61	0,54	0,43	0,32	%
Martes	94,18	2,50	1,71	0,61	0,55	0,45	%
Miércoles	94,73	2,73	1,28	0,51	0,48	0,27	%
Jueves	96,14	1,67	1,36	0,24	0,32	0,27	%
Viernes	96,73	1,45	1,16	0,24	0,27	0,15	%
Sábado	96,30	1,72	1,12	0,33	0,26	0,26	%
Domingo	93,35	2,85	2,10	0,51	0,75	0,45	%
Promedio	95,59	1,99	1,37	0,38	0,39	0,27	%

Realizado por: JIMÉNEZ S, 2015

Tabla 30-3: Cantidad de residuos sólidos generados en el M. Mayorista

DÍA	COMPONENTES						TOTAL (Ton)
	Orgánico	Plástico	Papel	Cartón	Madera	Otros	
Lunes	4,426	0,100	0,075	0,025	0,020	0,015	4,661
Martes	3,573	0,095	0,065	0,023	0,021	0,017	3,794
Miércoles	5,554	0,160	0,075	0,030	0,028	0,016	5,863
Jueves	6,374	0,111	0,090	0,016	0,021	0,018	6,630
Viernes	10,000	0,150	0,120	0,025	0,028	0,015	10,338
Sábado	7,280	0,130	0,085	0,025	0,020	0,020	7,560
Domingo	3,114	0,095	0,070	0,017	0,025	0,015	3,336
Promedio	5,760	0,120	0,083	0,023	0,023	0,017	6,026
Semana	40,321	0,841	0,580	0,161	0,163	0,116	42,182

Realizado por: JIMÉNEZ S, 2015

3.1.3 Elaboración de compost

Se realizó la caracterización físico-químicas, químicas y biológicas de los diferentes residuos a ser utilizados para la pila de compostaje para conocer sus características y establecer la relación C/N de la mezcla.

Tabla 31-3: Resultados de los componentes orgánicos de la pila

Nº	PARÁMETRO ANALIZADO	MUESTRAS			UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE ANÁLISIS
		Árboles	Palma	RSO		
1	*Cenizas	7,79	32,21	14,05	%	Gravimétrico
2	Conductividad Eléctrica	8,09	4,02	6,68	mS	Potenciométrico
3	Humedad	9,11	13,37	82,24	%	Gravimétrico
4	*M. Orgánica	92,21	67,79	85,95	%	Gravimétrico
5	pH	5,23	5,80	8,28	Unidades	Potenciométrico
6	Relación C/N	22,47	43,34	25,67	Unidades	Relación matemática
7	*Calcio	1,67	1,62	1,16	%	Absorción atómica
8	Carbono	50,11	36,84	46,71	%	Relación matemática
9	*Cobre	6,39	28,08	9,49	ppm	Absorción atómica
10	*Fósforo	0,1	0,1	0,2	%	Colorimétrico
11	*Hierro	289,4	4400,9	1063,0	ppm	Absorción atómica
12	*Magnesio	0,42	0,39	0,25	%	Absorción atómica
13	*Manganeso	26,78	66,15	52,55	ppm	Absorción atómica
14	*Nitrógeno	2,23	0,85	1,82	%	Dumas
15	*Potasio	0,55	0,80	1,88	%	Absorción atómica
16	*Zinc	14,39	52,66	29,37	ppm	Absorción atómica

Fuente: (AGROCALIDAD, 2014)*

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

Los resultados de los parámetros que se presentan en la tabla xxx se realizaron en los laboratorios de análisis técnicos de la facultad de ciencias de la ESPOCH como en los laboratorios de Agrocalidad.

Tabla 32-3: Evolución de algunos parámetros durante el proceso de compostaje

Nº	PARÁMETRO ANALIZADO	MUESTRAS										UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE ANÁLISIS
		P _M T ₀	P _M T ₁	P _M T ₂	P _M T ₃	P _M T ₄	P _M T ₅	P _M T ₆	P _M T ₇	P _M T ₈	P _M T ₉		
1	Tiempo de obtención	0	14	28	42	56	98	126	154	168	224	días	–
2	*Cenizas	13,97	29,07	32,67	39,62	42,47	45,32	47,35	47,97	48,89	50,41	%	Gravimétrico
3	C. Eléctrica	2,10	2,07	2,00	1,96	1,95	2,10	2,22	2,10	2,00	2,20	mS/cm	Potenciométrico
4	*M. Orgánica	86,03	70,93	67,33	60,38	57,53	54,68	52,65	52,03	51,11	49,59	%	Gravimétrico
5	pH	6,50	7,10	7,75	8,25	8,50	8,67	8,70	8,75	8,80	8,85	Unidades	Potenciométrico
6	Relación C/N	25,83									12,25	Unidades	Relación matemática
7	*Calcio	1,60										%	Absorción atómica
8	Carbono	46,76	38,55	36,59	32,82	31,27	29,72	28,62	28,28	27,78	26,95	%	Relación matemática
9	*Cobre	43,57										ppm	Absorción atómica
10	*Fósforo	0,10									0,34	%	Colorimétrico
11	*Hierro	2476,0										ppm	Absorción atómica
12	*Magnesio	0,23										%	Absorción atómica
13	*Manganeso	38,47										ppm	Absorción atómica
14	*Nitrógeno	1,81									2,20	%	Dumas

Continuará...

Continúa

15	*Potasio (K ₂ O)	0,89									1,69	%	Absorción atómica
16	*Zinc	46,86										ppm	Absorción atómica
17	Color	Pardo-claro									Pardo-oscuro	-	Sensorial
18	Densidad aparente	392,57	404,99	427,61	441,46	466,06	481,40	508,29	525,18	554,47	573,14	kg/m ³	Relación matemática
19	Olor	Amoniacal									Tierra fresca	-	Sensorial
20	Tamaño de partícula	Variado									< 1	cm	Cribado
21	Índice de germinación	48,76									85,25	%	Germinación y elongación

Fuente: (AGROCALIDAD, 2015)*

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

Tabla 33-3: Resultado del índice de germinación de semillas de rábano

Nº	COMPONENTES	TESTIGO	P _M T ₀	P _M T ₉	UNIDAD
1	SG	92,50	77,50	91,25	%
2	SSG	7,50	22,5	8,75	%
3	GRS	-	83,78	98,65	%
4	CRR	-	58,20	86,42	%
5	IG	64,18	48,76	85,25	%

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

Donde:

- SG: Semillas germinadas
SSG: Semillas sin germinar
GRS: Germinación relativa de las semillas
CRR: Crecimiento relativo de la raíz
IG: Índice de germinación
P_MT₀: Muestra inicial
P_MT₉: Muestra final

Tabla 34-3: Resultado del rendimiento del proceso de compostaje

Nº	COMPONENTES	PESO (kg)	PORCENTAJE (%)
1	Peso inicial	1000,0	100,0
2	Producto final	540,0	54,0
3	Pérdida de peso por descomposición y volteos	364,0	36,4
4	Pérdida de peso por refinación	76,0	7,6
5	Pérdida de peso por extracción de material para muestreos	20,0	2,0

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

3.2 Discusión**3.2.1 Clasificación de los residuos sólidos**

Los residuos sólidos generados en la EP-EMMPA, se dividieron en 6 grupos: residuos orgánicos, plástico, papel, cantón, madera y otros. La clasificación se lo realizó de esta forma porque a la información proporcionada por el personal de limpieza y por observación propia, se determinó que estos son los residuos que se generan en cantidades significantes para ser clasificados en los grupos predeterminados.

3.2.2 Cuantificación de los residuos sólidos

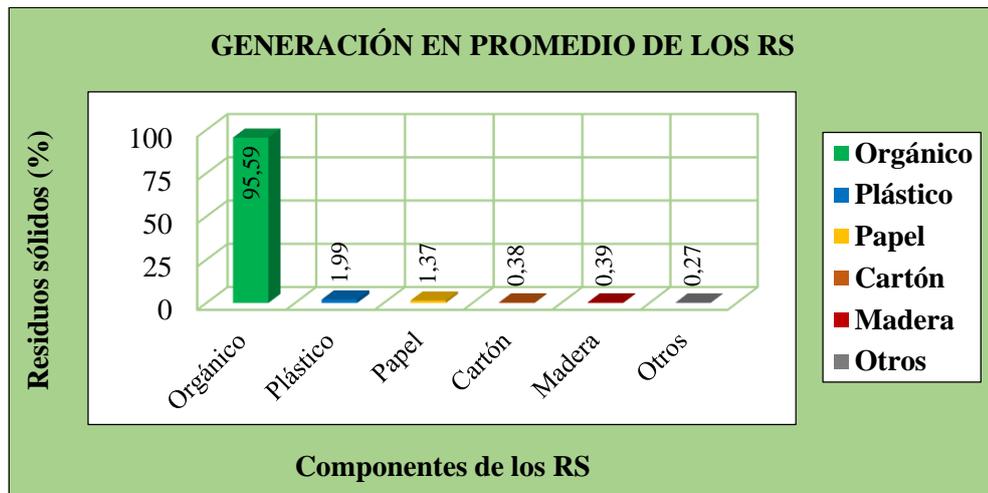


Gráfico 1-3: Porcentaje de residuos sólidos generados en el M. Mayorista
Realizado por: JIMÉNEZ, S, 2015

Como se puede apreciar en el Gráfico 1-3, el 95,59 % de los residuos generados en el mercado corresponden a residuos de tipo orgánico. Este resultado corresponde a lo esperado por cuanto en este mercado la actividad primordial es la comercialización de productos agrícolas perecibles que son intercambiados con otros mercados provinciales e interprovinciales.

Estos resultados son muy similar a los encontrados en una investigación de seis mercados municipales de México que indica que si se agrupan todos los rubros de materia orgánica biodegradable, ésta ocupa cerca del 93 % según (BUENROSTRO, et al., 1999, p. 30).

El porcentaje restante está conformado por otros componentes que en conjunto suman 4,41 % y proceden de locales comerciales y puestos de venta que generan poca cantidad de plásticos, papel, cartón y madera. El porcentaje representado por la cantidad de plástico, papel y madera no corresponde a la cantidad real en la que estos son generados debido a que son reciclados por personas que se dedican a esta actividad para ser reutilizados o vendidos a gestores ambientales para su debido proceso. Dentro del grupo denominado como “otros” se encuentran materiales inertes como metales que no son comunes en los residuos de mercado, de ahí que se presenten en muy bajo porcentaje.

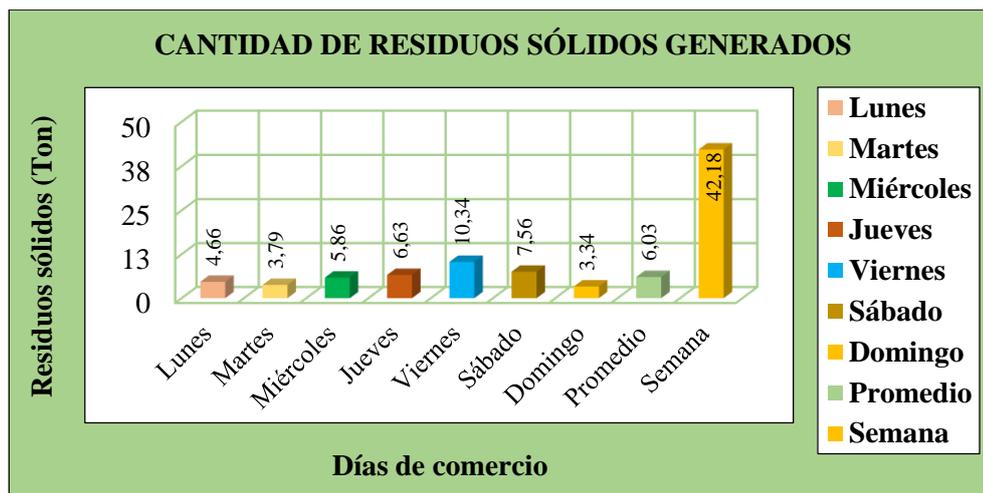


Gráfico 2-3: Cantidad de residuos sólidos generados en el M. Mayorista
 Realizado por: JIMÉNEZ S, 2015

En la cuantificación que se realizó realizada se verificó que el día viernes se genera la mayor cantidad de residuos, por cuanto principalmente en este día se realiza la comercialización de productos que vienen de otras regiones del país y se distribuyen a los distintos mercados de la ciudad y de la provincia. El día sábado también se genera una cantidad considerable de residuos puesto que los productos que no se expendieron el día anterior se lo realiza en este día. Los días restantes existe una actividad comercial de menor intensidad, por ello la cantidad de residuos generados en estos días es menor en relación a los días viernes y sábado. En total se cuantificó 42,18 toneladas de residuos sólidos.

3.2.3 *Elaboración de compost*

3.2.3.1 *Caracterización de los componentes orgánicos*

En la tabla 31-3 se muestra los resultados de los análisis que se realizaron a los componentes que formaron la pila. Con respecto al pH, los residuos de poda de árboles presentaron un valor ligeramente ácido de 5,23 mientras que los residuos orgánicos de mercado tuvieron un valor ligeramente básico de 8,28 esto probablemente se debe a que sus residuos estaban conformados en gran porcentaje de restos verduras y en poca cantidad de frutas y cítricos, además estos residuos aun no entraron a una etapa de descomposición en la cual se generan ácidos.

En cuanto a la humedad, los residuos de poda de árboles contenía un porcentaje de 9,11 % y la poda de palma 13,37 % puesto que estos dos componentes fueron residuos secos mientras que los residuos de mercado su humedad fue de 82,24 % debido a que se trataba de residuos frescos de verduras, hortalizas, frutas, restos de comida preparada, entre otros.

El porcentaje más alto de contenido de carbono presentó los residuos de árboles con un valor de 50,11 % (residuos secos) y el más bajo los residuos de poda de palma con un valor de 36,84 %. El contenido de nitrógeno más alto se reportó en los residuos de árboles con un valor de 2,23%, el valor más bajo se reportó los residuos de poda de palma con un valor de 0,85 %. En cuanto al contenido de fósforo, los materiales secos reportaron valores de 0,1 % y los residuos de mercado 0,2 % debido a la presencia de residuos de verduras y hortalizas que son productos que contienen en mayor cantidad este elemento. El contenido más elevado de potasio reportaron los residuos de mercado con un valor de 1,88 % debido a que en este tipo de residuos contenían restos de comida preparada, rechazos de plátano y frutas que se expenden en el mercado y el más bajo los residuos de palma con un valor de 0,43 %.

Humedad

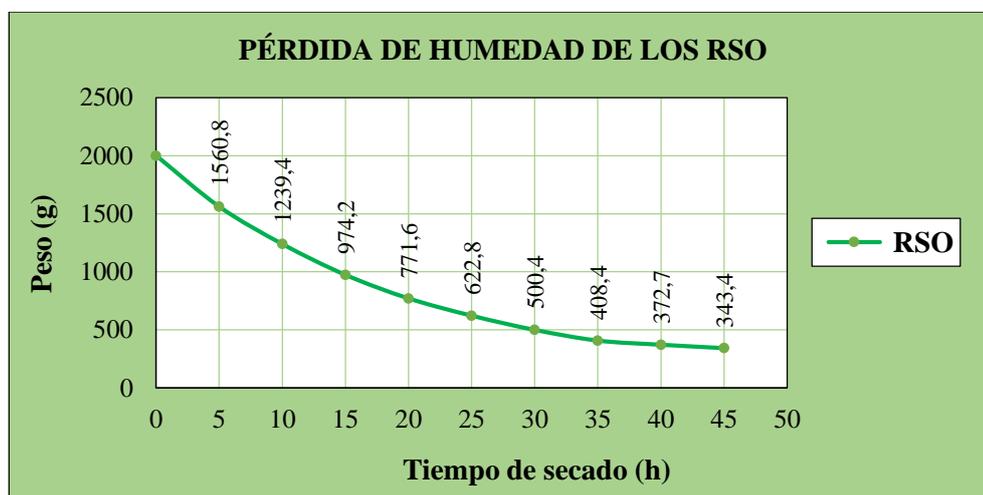


Gráfico 3-3: Pérdida de humedad de los RSO
Realizado por: JIMÉNEZ, S, 2014

Por cuanto la caracterización de todos los parámetros medidos se hace en base a materia seca, es importante secar todos los materiales hasta peso constante. En el Gráfico 3-3 se muestra la curva de secado y la pérdida de peso de la muestra de los residuos sólidos orgánicos de mercado. Para obtener el porcentaje de humedad se tomó una muestra homogénea con un peso de 2000 gramos en promedio, el peso que se tomó para la muestra se lo realizó en base a la capacidad de la bandeja del equipo así como también a otros trabajos de investigación que consideran que es suficiente para realizar los análisis de los parámetros requeridos. El tiempo que se tardó en obtener un peso constante fue de 45 horas a una temperatura de 70 °C en estufa de aire forzado. Una vez finalizado el proceso de secado se obtuvo un 82,24 % tanto el tiempo que tardó en secar los residuos como el porcentaje elevado de humedad se debe a que se trató de residuos sólidos orgánicos muy frescos.

3.2.3.2 Monitoreo del proceso

Temperatura

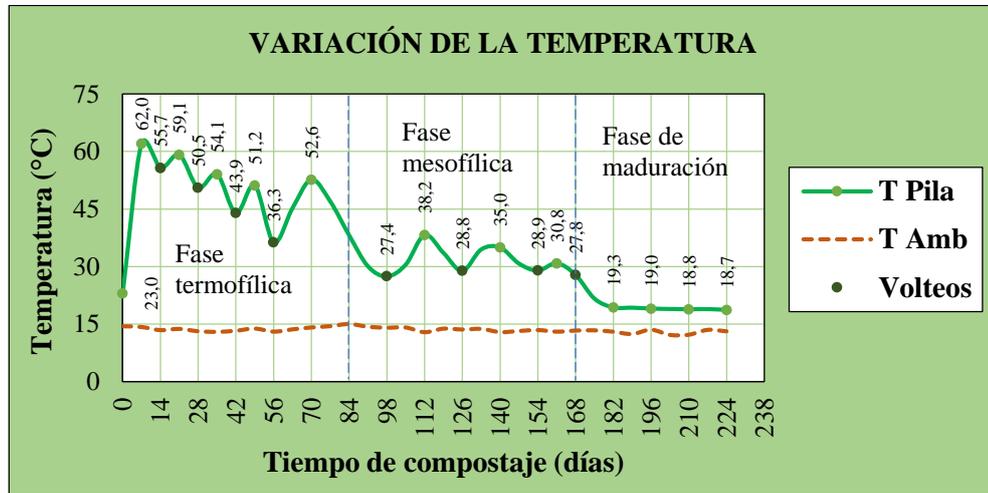


Gráfico 4-3: Temperatura de la pila orgánica
Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

Una vez iniciado el proceso de compostaje, se determinó a través de los cambios de temperatura que la etapa de latencia y mesofílica inicial fue muy corta es por cuanto que a partir del día 7 el proceso ya alcanzó la etapa termofílica que marcó temperaturas superiores a los 60 °C debido a que en la fase mesofílica una intensa actividad metabólica realizada por los microorganismos facilitaron la descomposición rápida de los lípidos, glúcidos y proteínas presentes en el medio que aprovecharon la gran cantidad de materia orgánica y sus nutrientes.

Tanto la fase termofílica y mesofílica duraron 84 días, en la que la fase mesofílica debido a la transformación de la materia orgánica alcanzó temperaturas inferiores a los 40 °C en los que parámetros como la humedad, el oxígeno y la temperatura ambiente de la zona no intervinieron como factores limitantes del proceso. Bajo estas condiciones de temperatura el material sufrió un proceso de higienización que se considera que se eliminaron organismos patógenos y semillas de malezas puesto que para higienizar, el material debe ser expuesto a temperaturas de 38 °C durante 15 días en la etapa mesofílica para eliminar el 99,9 % de patógenos y en la etapa termofílica a 55 °C se elimina el 99,999 % de estos organismos con lo cual se logra una pasteurización eficiente del material (GÓMEZ. Y, et al., 2004, p. 3).

Cumplida las fases anteriores y con temperatura promedio cercana a la ambiente que varía entre 12 y 16 °C, (ESPOCH, 2015) el proceso entró en su etapa de maduración que duró 56 días, tiempo necesario para cumplir esta fase final puesto que lo recomendado para tal fin es de 20 días aproximadamente (JARAMILLO. G & ZAPATA. L, 2008, p. 36).

Las temperaturas que se alcanzaron indican que las mezclas de los componentes orgánicos se combinaron en las proporciones adecuadas, así como las dimensiones de la pila también fueron las correctas que facilitaron el correcto desarrollo del proceso (MOHEDO. J, 2002, p. 97).

Humedad

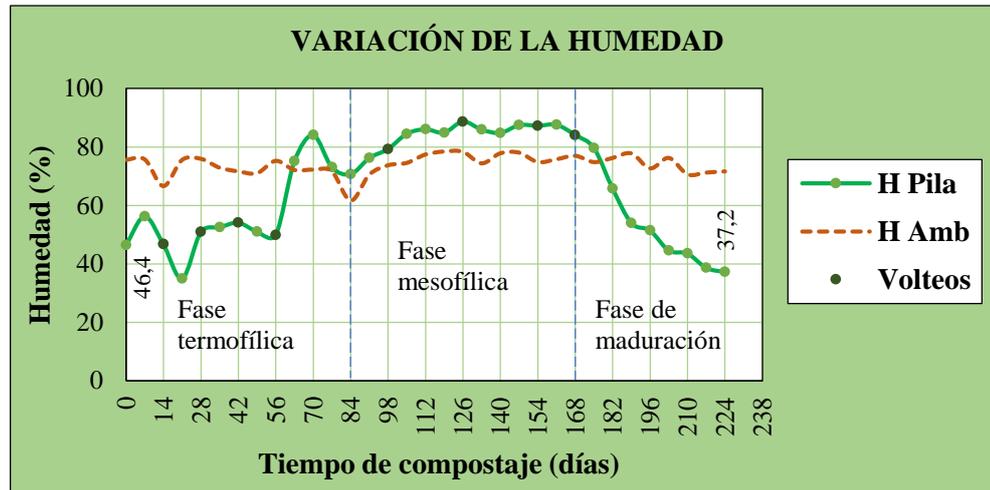


Gráfico 5-3: Porcentaje de humedad del material orgánico
Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

La humedad tuvo un comportamiento diferente en cada una de las fases, en la fase termofílica la humedad se estableció en un rango de 35 a 84,1 % siendo sus valores intermedios muy variados esto es consecuencia del consumo de agua por los microorganismos para realizar su síntesis celular, además las elevadas temperaturas alcanzadas en los primeros días de compostaje y los volteos permitieron la rápida evaporación del agua retenida en los espacios entre las partículas del material.

Durante los días inmediatos se logró una mayor estabilidad de la humedad con porcentajes superior al 60 %; esto fue factible porque la actividad microbiana y la temperatura fueron menores lo cual evitó la pérdida de agua. En la etapa final el porcentaje de temperatura tuvo una disminución muy pronunciada y se logró estabilizar con un porcentaje de humedad del 37,2 %, valor que está dentro de los rangos permisibles (30–50 %) que un compost debe tener para su uso.

Los resultados obtenidos en este trabajo contribuyen con los resultados obtenidos por (ALTAMIRANO. M & CABRERA. C, 2006, p. 81), en su estudio de elaboración de compost por técnica manual. Es necesario indicar que la humedad no es homogénea en toda la pila, la parte superficial está mucho más seca que la parte interior, por tanto estos datos son orientativos y ayudan a controlar el proceso.

Conductividad eléctrica (CE)

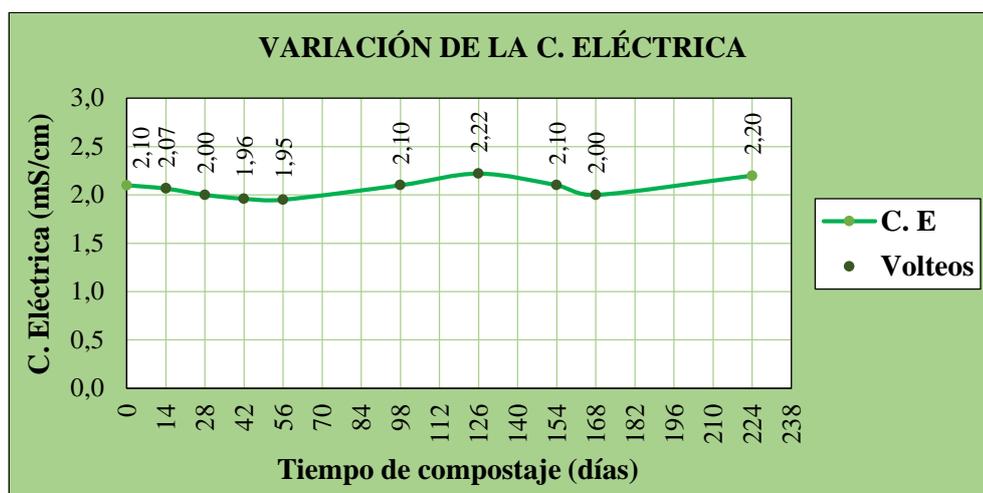


Gráfico 6-3: Conductividad eléctrica del material orgánico

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

La conductividad eléctrica no varió significativamente como consecuencia de la mineralización de los elementos o por el lavado de sales formadas debido a la precipitación pluvial en la zona o por los riegos realizados para mantener la humedad del material durante el proceso de compostaje. La CE varió en un rango de 1,95 a 2,22 mS/cm. En todo caso, es preferible que el compost presente valores bajos de CE puesto que la existencia de sales está asociada con la concentración de elementos como el sodio y potasio así como también compuestos de cloruro, nitrato, sulfato y sales de amonio que en concentraciones elevadas inhiben el crecimiento de las plantas. La conductividad eléctrica en nuestro estudio fue de 2,20 mS/cm valor que tiene un producto de calidad que es inferior a 3000 $\mu\text{S/cm}$ (GORDILLO. F & CHÁVEZ. E, 2010, p. 4).

Materia orgánica (MO)

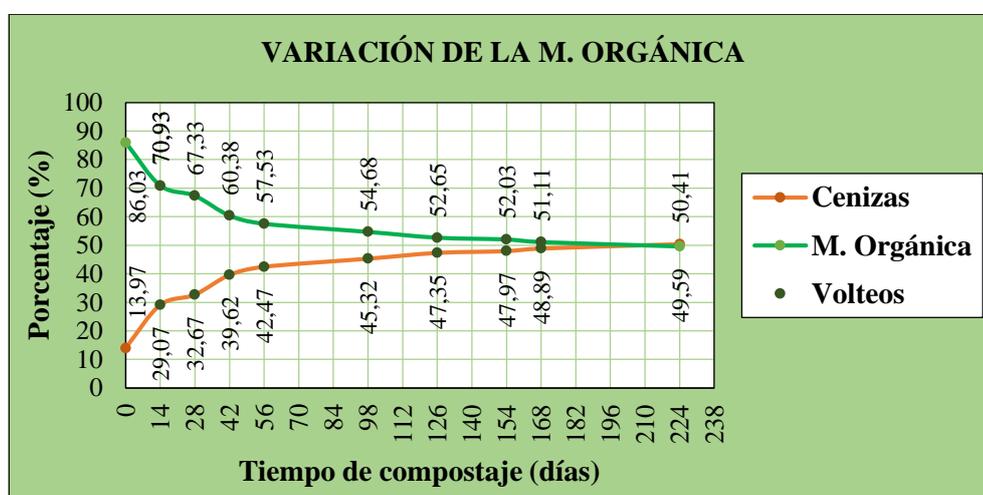


Gráfico 7-3: Porcentaje de MO del material orgánico

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

El cambio en el porcentaje de MO se debe a la mineralización de los materiales a lo largo del proceso como también a la actividad microbiana que transforman el carbono, principal elemento constituyente de la materia orgánica, en CO₂ y otros compuestos. El porcentaje de materia orgánica que se obtuvo una vez finalizado el proceso fue de 49,59 %. Este valor está dentro de los valores permisibles de materia orgánica que un compost debe tener para ser comercializado que es entre 25 y 70 % según datos corroborados por (CHÁVEZ. L, 2012, pp. 64-68), en su trabajo sobre elaboración de compost. El resultado obtenido además es consecuencia del alto contenido de materia orgánica tanto de los residuos orgánicos de mercado como de los materiales secos, que por contener un alto contenido de celulosa y fibra presentan una estructura muy rígida y poco degradable lo cual influyó en el tiempo de descomposición. Mientras la materia orgánica disminuye, la cantidad de cenizas aumenta en forma proporcional.

Potencial de hidrógeno (pH)

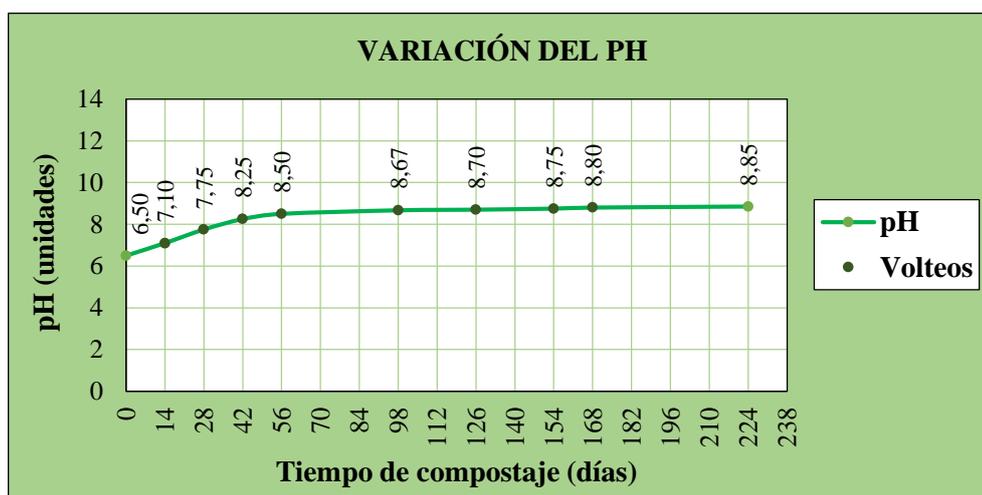


Gráfico 8-3: Potencial de hidrógeno del material orgánico
Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

La variación de pH está relacionado con la actividad metabólica de los microorganismos y los nutrientes del medio, el pH de la materia en descomposición disminuye en la etapa mesofílica como consecuencia de la actividad metabólica de los microorganismos por la descomposición rápida de los lípidos y glúcidos en ácidos pirúvicos y de proteínas en aminoácidos, el pH aumentó de 6,50 a 8,85 debido a la degradación de estos ácidos en la etapa termofílica. A demás este incremento de pH se produjo por la descomposición del nitrógeno presente en el material orgánico formándose amoniaco (NH₃) que por la presencia de la humedad se diluye formando amonio (NH₄) (MARMOLEJO. L, et al., 2010, pp. 324-325), en su investigación reportó valores similares para el tratamiento de residuos municipales.

Los valores de pH obtenidos durante el proceso y al final del mismo se consideran como óptimos puesto que tanto el valor mínimo y máximo que presentó la pila están dentro de los rangos permisibles según a lo establecido por (ALTAMIRANO. M & CABRERA. C, 2006, p. 80), en su trabajo que considera que valores de pH entre 6 a 9 son óptimos en el proceso de compostaje.

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

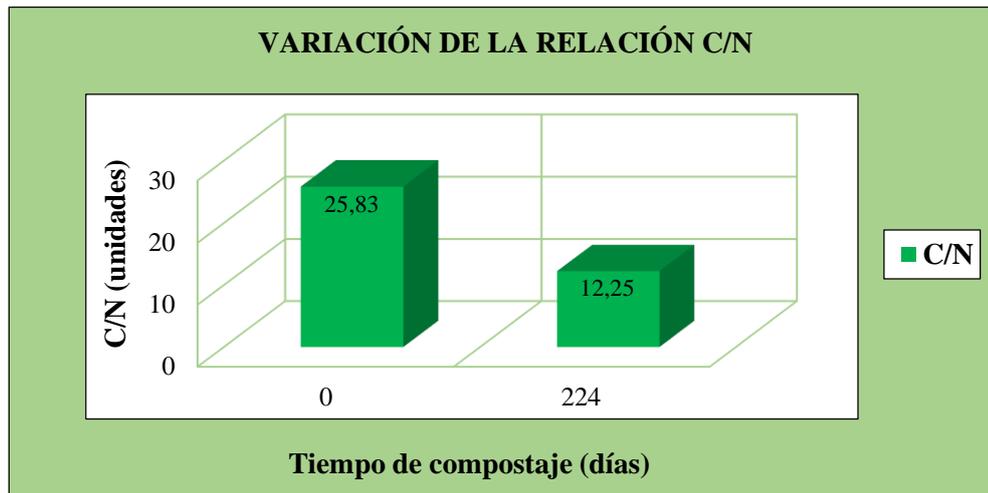


Gráfico 9-3: Relación C/N del material orgánico
Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

El carbono disminuye por la pérdida de masa durante el proceso como CO_2 o como producto de las reacciones de biooxidación, el nitrógeno aumenta como consecuencia de la mineralización de materia orgánica aunque también se puede perder en forma de óxidos de nitrógeno. Como consecuencia de la transformación de estos elementos la relación C/N disminuyó desde de 25,83 hasta 12,25.

Varios autores indican que la relación óptima C/N para un compost maduro es inferior a 20, en dependencia de la naturaleza de los materiales iniciales. El proceso fue eficiente puesto que al finalizar el mismo se obtuvo valores similares a los obtenidos en el trabajo investigativo realizado por (QUISHPE. D & SUQUILANDA. M, 2008, p. 7).

Índice de germinación (IG)

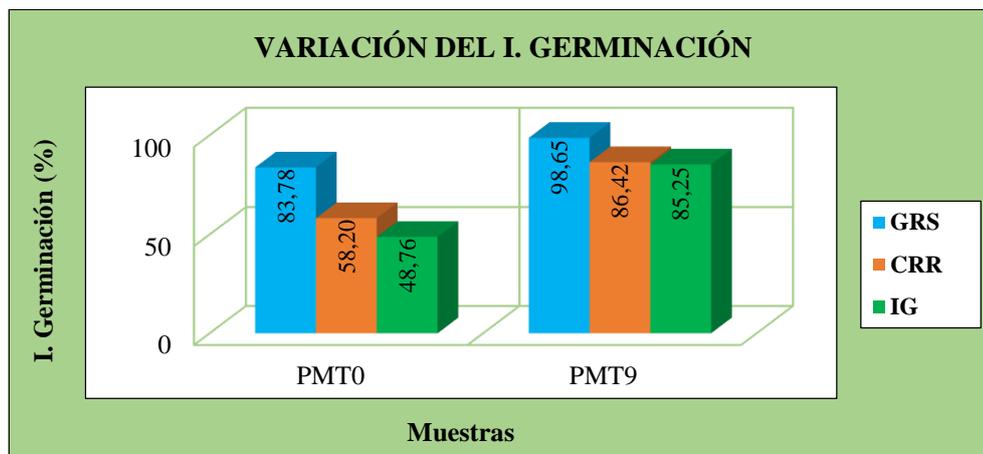


Gráfico 10-3: Índice de germinación de semillas
Realizado por: JIMÉNEZ, S, 2015

Donde:

GRS: Germinación relativa de semillas

CRR: Crecimiento relativo de

IG: Índice de germinación

En el gráfico 10-3 se muestra que el porcentaje de germinación del compost es de 85,25 % siendo muy superior al de la mezcla de los componentes iniciales de la pila que se obtuvo un índice de germinación de 48,76 % el aumento del porcentaje de índice de germinación se debe a la conversión eficiente de la materia orgánica durante el proceso, la eliminación de semillas de malas hierbas mediante la exposición del material a temperaturas termófilas y la ausencia de sustancias fitotóxicas que inhiben el crecimiento de las semillas cultivadas, el porcentaje de germinación alcanzado es un buen indicador que el grado de madurez alcanzado por el producto es el adecuado.

Sustancias húmicas

En la etapa de maduración ocurren una serie de reacciones de condensación que se forman ácidos fúlvicos y húmicos con estructuras químicas muy parecidas a las sustancias húmicas presentes en los suelos fértiles. La determinación de estos ácidos se realizó al finalizar el proceso y su presencia es el resultado de la transformación de la materia orgánica de los residuos compostados, que además sirven como un indicador de estabilización de la materia orgánica. No fue posible cuantificar estos ácidos, pero se detectó su presencia por medio de reacciones cualitativas.

Fósforo

El porcentaje de fósforo expresado en forma de óxido de fosforo (P_2O_5), en el compost fue de 0,34 % el aumento de la concentración de este elemento una vez que finalizó el proceso es consecuencia de la pérdida de materia orgánica que es mineralizada durante todo el proceso, la concentración de este elemento en la cantidad obtenida ayuda a enriquecer los suelos y mejora los cultivos mediante la absorción de este elemento en forma de fosfatos.

Nitrógeno

El porcentaje de nitrógeno en el compost fue de 2,20 %, un valor superior al obtenido en varias investigaciones similares, puesto que se considera que un compost maduro presenta valores aproximados al 1 % el valor alto de nitrógeno obtenido en el producto final se debe a que los materiales orgánicos iniciales que se compostaron fueron residuos ricos en nitrógeno como los residuos de poda de árboles con un porcentaje de 2,23 % y los residuos de mercado con un valor de 1,82, puesto que materias orgánicas pobres en el contenido de nitrógeno alcanzan valores entre 0,8 y 1 % y residuos ricos en nitrógeno al madurar el compost alcanzan valores entre 2 y 3 % según (SÁEZ. A., 2000, p. 130). El nitrógeno se encuentra en su forma química como nitratos que facilita su absorción por las plantas, mientras que en los compost frescos el nitrógeno se presenta en forma de amonio NH_4 menos tolerable para ser absorbido por las plantas.

Potasio

El potasio se puede obtener de diferentes fuentes de residuos orgánicos el porcentaje de potasio como Oxido de potasio (K_2O) del compost fue de 1,69 % este porcentaje se alcanzó puesto que los residuos orgánicos del Mercado Mayorista contenían desechos de plátano, verduras, hortalizas y restos de preparada que se comercializan en este mercado.

Color

El producto presentó un color entre café oscuro a negro, como resultado de la transformación de la materia orgánica en sustancias húmicas así como también la formación de cromóforos y melanoidinas, moléculas que se conformaron una vez que el material orgánico se expuso a temperaturas altas y experimentó un tiempo degradativo prolongado lo cual indica la finalizó el proceso, resultados que se correlacionan con los obtenidos por (IGLESIAS. E, 2014, p. 12), en su trabajo sobre métodos y parámetros para evaluar la madurez del compost.

Olor

El compost presentó un olor a tierra fresca de bosque, este olor característico se alcanzó debido a la ausencia de ácidos orgánicos en el producto una vez que finalizó el proceso de compostaje cuando el material orgánico inicial alcanzó su degradación biológica realizada por los organismos; un resultado semejante se obtuvo en el trabajo realizado por (LÓPEZ. W, 2010, pp. 92,93).

Duración del proceso

El tiempo necesario que debe transcurrir para obtener un producto estable depende de varios factores principalmente de la temperatura ambiente de la zona, la estación del año en la que se realice el proceso, el tipo de materiales a compostar, del tamaño de partícula, el sistema utilizado entre otros (ALTAMIRANO. M & CABRERA. C, 2006, p. 80).

En nuestro estudio el tiempo transcurrido desde la implantación de la pila hasta la obtención del producto final fue de 224 días. El tiempo requerido para obtener el compost se debió a la temperatura ambiente promedio del cantón Riobamba lo cual retrasa el proceso y hace que se requiera de más tiempo para la degradación completa del material compostable, la temperatura de la zona varía entre 13 °C y 15 °C según los datos meteorológicos (ESPOCH, 2015).

Por otra parte el proceso tardo debido a que los residuos orgánicos vegetales de poda de árboles y palma los mismos que por contener en su estructura altas concentraciones de fibra, lignina, celulosa y hemicelulosa, compuestos que no pueden ser degradados de forma rápida sino que requieren un tiempo más prolongado para ser degradados por completo por los microorganismos aerobios (GALEA. Z, 2013, p. 19).

Textura

Un cambio físico notable que presentó el material una vez finaliza el proceso es su textura la misma que era muy granular y bastante suelta, debido principalmente a la actividad microbiana que se desarrolló por un elevado contenido de materia orgánica de los materiales compostables como también a los volteos del material y el control permanente del proceso.

Rendimiento

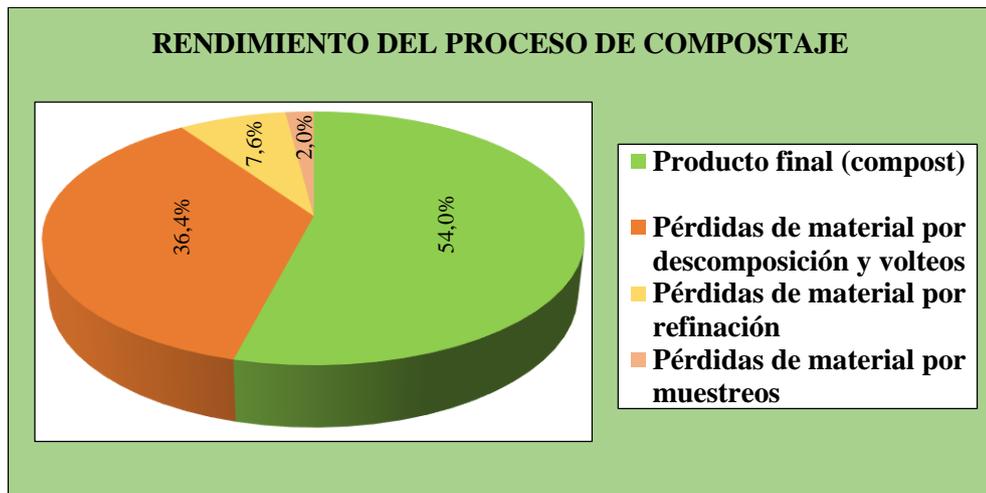


Gráfico 11-3: Rendimiento del proceso de compostaje

Realizado por: JIMÉNEZ, S, 2015

El proceso de compostaje se inició con un peso de 1000 kg de residuos sólidos los cuales se utilizaron como material orgánico, una vez que finalizó el proceso se obtuvo como producto (compost) 540 kg. Es decir, el rendimiento del proceso fue del 54,0 %. La pérdida de peso se dio en un 36,4 % por la descomposición microbiana debido a las transformaciones bioquímicas de la materia orgánica y actividades de volteo, el 7,6 % corresponden a la pérdida de material por la refinación del producto para eliminar los materiales que no se degradaron totalmente durante el proceso de compostaje y que presentaron un tamaño de partícula superior a 1 cm y un 2 % son pérdidas de material que se extrajeron para realizar los análisis de los parámetros físicos y químicos utilizados para el control del proceso.

CONCLUSIONES

- Se elaboró compost a partir de 600 kg de residuos sólidos orgánicos de mercado, 300 kg de poda de árboles y 100 kg de poda de palma, que una vez finalizado el proceso de compostaje se obtuvo 540 kg de producto y 460 kg de pérdidas de peso por descomposición, material extraído para el control del proceso y refinado del material.
- Se realizó compost mediante la técnica de biodegradación de un sistema abierto con apilamiento del material de 1 m de alto, 2 m de ancho y 3 m de largo con forma trapezoidal y volteo manual en el que el proceso duró 224 días.
- Se clasificó los residuos sólidos generados en el mercado Mayorista en 6 grupos en el cual los residuos orgánicos se generan en un 95,59 %, plásticos 1,99 %, papel 1,37 %, cartón 0,38 %, madera 0,39 % y otros con 0,27 %.
- Se cuantificó la cantidad de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado Mayorista durante una semana en la cual se obtuvo que la cantidad de residuos producidos es de 42,18 toneladas.
- Se verificó la calidad del compost a través de análisis físico-químicos, químicos y biológicos de varios parámetros entre ellos se obtuvo un 49,59 % de materia orgánica, un pH de 8,85, una conductividad eléctrica de 2,20 y un índice de germinación del 85,25 %.
- Se realizó análisis de macro y micro elementos cuyos valores están dentro de los rangos establecidos por la OPS y fuentes bibliográficas.

RECOMENDACIONES

- Para tratar los residuos orgánicos del mercado Mayorista mediante compostaje, se debe partir de materia orgánica libre de contaminantes, por lo que se recomienda una recolección selectiva en los puestos de venta y áreas de almacenamiento.
- Para realizar la manipulación de forma manual de la pila la altura de la misma no debe ser mayor a un 1,5 m de alto y 2,0 m de ancho por facilidad de manejo y para conservar la temperatura adecuada.
- La maquinaria que se utilice para triturar los diversos componentes orgánicos para elaborar compost debe ser la adecuada para reducir costos y tiempo operación.
- Los instrumentos que se utilicen para la medición de los parámetros del proceso deben ser confiables para obtener datos más reales y optimizar tiempos de medición.
- Para obtener información más real de la cantidad de residuos sólidos que se generan en el Mercado Mayorista se recomienda clasificar y cuantificar al menos durante una semana de cada trimestre del año.

BIBLIOGRAFÍA

AGROCALIDAD. *Instructivo de la normativa general para promover y regular la producción orgánica-ecológica-biológica en el Ecuador.* Quito-Ecuador. 2013, pp. 3-4.

ALTAMIRANO F, María., & CABRERA C, Carlos. "Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual". *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG.* [En línea]. 2006, Perú. 9 (17), pp. 80-81. [Consulta: 05 abril 2015]. ISSN 1561-0888. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol9_n17/a10.pdf

BUENO M, Pedro., et al. CABRERA. *Factores que afectan al proceso de compostaje.* [En línea]. (Tesis pregrado). (Ingeniero Químico). Universidad de Huelva, Facultad de Ciencias Experimentales, Departamento de Ingeniería Química. Sevilla-España. 2008, pp. 2-7. [Consulta: 16 marzo 2015]. Disponible en:<http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>

BUENROSTRO, Otoniel., et al. BOCCO. "Análisis de la generación de residuos sólidos en los mercados municipales de Morelia, México". *Int. Contam. Ambient* [En línea]. 1999, México. 15 (1), p. 30. [Consulta: 14 junio 2015]. Disponible en:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37015104>

CADENA O, Napoleón. *La renovación de Riobamba.* Riobamba-Ecuador. 2013, p. 9-51.

CHÁVEZ R, Luis M. *Uso de desechos de camal (contenido ruminal, sangre y estiércol) en la elaboración de compost con la utilización de diferentes sustratos.* (Tesis pregrado). (Ingeniero Agrónomo). Escuela Politécnica del Ejército. Departamento de Ciencias de la Vida. Sangolquí-Ecuador. 2012, pp. 12-68.

CRUZ S, Angélica Ma. *La composta como alternativa para la gestión de residuos sólidos municipales en Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca, 2009.* (Tesis pregrado). (Licenciada en Administración Municipal). Universidad de la Sierra Sur, Oaxaca-México. 2010, pp. 31-33 [Consulta: 26 abril 2015]. Disponible en: http://www.unsis.edu.mx/tesis/tesis_digitales_UNSIS/Administracion_municipal/La%20composta%20como%20alternativa%20para%20la%20gestion%20de%20residuos%20solidos%20municipales.pdf

DÍAZ B, María S. *Elaboración del plan de manejo para el centro de interpretación ambiental Ricpamba, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.* (Tesis). (Ingeniera Economista). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería en Ecoturismo. Riobamba–Ecuador. 2010, pp. 21–129.

ECHE N, Froilán P. *Elaboración de compost, utilizando desechos orgánicos del centro de faenamiento de Julio Andrade. Carchi–Ecuador.* (Tesis pregrado). (Ingeniero en Desarrollo Agropecuario). Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Facultad de Industrias agropecuarias y Ciencias Ambientales, Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario. Tulcán–Ecuador. 2013, p. 38.

ESPOCH. *Resumen climático de la Estación meteorológica Espoch.* [Blog]. Riobamba–Ecuador. 2015. [Consulta: 15 julio 2015]. Disponible:<http://www.espoch.edu.ec/index.php?action=facultades&id=7>

FAO. *Manual de compostaje del agricultor.* Santiago de Chile–Chile. pp. 27–31.

FERNÁNDEZ C, Alejandro., & SÁNCHEZ O, Mayra. *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.* Habana–Cuba. 2007, pp. 70–71.

FERNÁNDEZ L, Luis C., et al. ARCE. *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados.* México. 2006, pp. 19–22.

GALEA C, Zesay. *Ensayo de producción y caracterización de compost a partir de residuos de guacamole, poda y gallinaza.* (Tesis pregrado). (Licenciada Ambiental). Universidad Pablo de Olavide, Departamento de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales. Sevilla–España. 2013, pp. 14–25. [Consulta: 26 mayo 2015]. Disponible en:<http://digital.csic.es/bitstream/10261/80186/1/Ensayo%20de%20producci%C3%B3n.pdf>

GARCÍA, B., et al. INSUASTY. *Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera.* Bogotá–Colombia. 2007, pp. 119–120.

GÓMEZ D'A, Yamiris T., et al. CHIROLES. "Microorganismos presentes en el compost. Importancia de su control sanitario". *Medio Ambiente y Desarrollo.* [En línea]. 2004, (Haba–Cuba), (7). pp. 2–3. [Consulta: 17 abril 2015]. ISSN 1683–8904. Disponible en:<http://ama.redciencia.cu/articulos/7.01.pdf>

GORDILLO, F., & CHÁVEZ, E. *Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros.* (Tesis pregrado). (Ingeniero en Biotecnología). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil–Ecuador. 2010, pp. 3–4.

IBARRA B, Yuli. *Sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos.* (Tesis pregrado). (Ingeniero Ambiental). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Bogotá–Colombia. 2011, pp. 28–47. [Consulta: 11 mayo 2015]. Disponible en: http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CDAQFjAC&url=http%3A%2F%2Fdata.teca.unad.edu.co%2Fcontenidos%2F358012%2F358012_Modulo_de_curso.pdf&ei=PG1uU4baGa7ksASL1YLABQ&usg=AFQjCNGKMJ4at8sEntbXY-fxXAhCW3LTJA&bvm=bv

IGLESIAS J, Emeterio. *Métodos y parámetros para evaluar la madurez del compost.* (Tesis posgrado). (Master en gestión, tratamiento y valorización de residuos orgánicos). Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. Departamento de Estrés Abiótico. Salamanca–España. 2014, pp. 9–12. [Consulta: 16 junio 2015]. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/92881/1/3%202%20Unidad%20tematica%204.pdf>

JÁCOME S, Guillermo A. *Elaboración de compost utilizando cabello humano y aplicando dos fuentes de microorganismos: Microorganismos Eficientes (EMs) y Trichoderma spp, como agentes aceleradores de compostaje.* (Tesis pregrado). (Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario). Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales. Escuela de Desarrollo Integral y Agropecuario. Tulcán–Ecuador. 2013, p. 19.

JARA S, Janneth., et al. BUSTAMANTE. *Gestión de Residuos Urbanos y Uso Agrícola potencial en los países en desarrollo de América del Sur: Un estudio de caso de la Región Chimborazo (Ecuador).* Riobamba–Ecuador. 2014, p. 6.

JARAMILLO H, Gladis., & ZAPATA M, Liliana M. *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia.* (Tesis pregrado). (Especialista en Gestión Ambiental). Universidad de Antioquia, Facultad de ingeniería, Departamento de Posgrados de ambiental. Antioquía–Colombia. 2008, pp. 25–41. [Consulta: 16 marzo 2015]. Disponible en: <http://unicencia.ambientalexinfo/infoCT/Apressolorgco.pdf>

LARCO R, ERICK S. *Desarrollo y evaluación de lixiviados de compost y lombricompost para el manejo de sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet), en plátano.* (Tesis posgrado). (Magister). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba–Costa Rica. 2004, p. 13. [Consulta: 23 junio 2015]. Disponible en:<http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0282E/A0282E.PDF>

LÓPEZ L, Paola C. *Elaboración de compost a partir de cascarilla de cacao.* (Tesis pregrado). (Bioquímica y Farmacia). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba–Ecuador. 2013. p. 16.

LÓPEZ W, 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 pregrado). (Maestra en Biotecnología Aplicada). Instituto Politécnico Nacional. Tlaxcala–México. 2010, pp.25–93. [Consulta: 26 abril 2015]. Disponible en:<http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/6940/TESIS%20WENNDY%20LOPEZ%20WONG.pdf?sequence=>

MADRID D, Fernando. *Caracterización y utilización del compost de residuos sólidos urbanos de la planta de Villarrasa, Huelva.* [En línea]. (Tesis posgrado). (Doctor en Química). Universidad de Sevilla, Facultad de Química, Departamento de Cristalografía. Mineralogía y Química Agrícola. Sevilla–España. 2012, p. 24–28. [Consulta: 20 febrero 2015]. Disponible en:<http://digital.csic.es/handle/10261/89419>

MARMOLEJO, Luis F., et al. TORRES. "Influencia de la separación en la fuente sobre el compostaje de residuos sólidos municipales". *Agronomía Colombiana.* [En línea], 2010, Cali–Colombia 28 (2), pp. 321–325. [Consulta: 19 abril 2015]. Disponible en:<http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v28n2/v28n2a21>.

MAZZARINO, J., et al. LABUD. *Aprovechamiento Integral de Residuos orgánicos en el N.O. de Patagonia.* Patagonia. 1994, p. 2.

MOHEDO G, Juan J. *Estudio de la estabilidad durante el compostaje de residuos municipales.* [En línea]. (Tesis posgrado). (Doctor en Química). Universidad de Córdoba, Departamento de Ingeniería Química. Córdoba–España. 2002, p. 35–47. [Consulta: 12 mayo 2015]. Disponible en:<http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/365/13207295.pdf?sequence=1>

MORENO C, Joaquín., & MORAL H, Raúl. *Compostaje.* Madrid–España. Mundi–Prensa. 2007, pp. 99–100.

MUÑOZ R, Pablo. *Ordenanza de creación de la empresa pública municipal mercado de productores agrícolas san pedro de Riobamba.* Riobamba–Ecuador. 2012, p. 5.

NEGRO M, J., et al. ZARAGOZA. Producción y gestión del compost. España. 2000, pp.12–17.

QUISHPE L, Diego., & SUQUILANDA V, Manuel. *Evaluación de tres mezclas de desechos biodegradables inoculados con tres dosis de microorganismos efectivos en la elaboración de compost. Cayambe–Pichincha.* (Tesis Pregrado). (Ingeniero Agrónomo). Universidad central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Cayambe–Ecuador, 2008, pp. 3–10.

RUÍZ R, Albina. *Mejora de las condiciones de vida de las familias porcicultoras del Parque Porcino de Ventanilla, mediante un sistema de biodigestión y manejo integral de residuos sólidos y líquidos, Lima, Perú.* (Tesis pregrado). (Ingeniero Químico). Universidad Ramón Llull, Centro Instituto Químico de Sarria, Departamento de Ingeniería Química. Lima–Perú. 2010, p.16. Disponible en: http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/9296/Tesis_doctoral_ARR_version_final.pdf?sequence=1

SÁEZ O, Andrés. *Métodos para mejorar la calidad del compost de la fracción orgánica de los residuos sólidos.* [En línea]. (Tesis pregrado). (Licenciado Geólogo). Universidad Politécnica de Madrid. Escuela técnica superior de ingenieros de caminos, canales y puertos Madrid–España. 2000. p. 130. [Consulta: 15 mayo 2015]: Disponible en: [ht4://oa.upm.es/613/1/04200011.pdf](http://oa.upm.es/613/1/04200011.pdf)

SANABRIA C, María F. *Proceso de validación en manejo y uso de residuos orgánicos.* Bogotá–Colombia. 2013, pp. 10–27.

TIERRA T, Susana del P. *Evaluación nutrimental de compost proveniente de cuatro combinaciones de desechos orgánicos frente a la aplicación de eco–abonaza en el cultivo de lechuga (lactuca sativa).* (Tesis pregrado). (Ingeniero Agrónomo). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de ingeniería Agronómica, Riobamba–Ecuador. 2010, pp. 16–21.

TITUAÑA M, Beatriz E. *Elaboración de compost mediante la inoculación de tres fuentes de microorganismos a tres dosis.* (Tesis pregrado). (Ingeniero Agrónomo). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Escuela de Ingeniería Agronómica. Tumbaco–Ecuador. 2009, pp. 9–27.

TORRES L, Patricia., et al. BERMÚDEZ. "Influencia del material de enmienda en el compostaje de lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR". *Ingeniería e investigación*. [En línea]. 2005, Bogotá-Colombia. 25 (2). pp. 55-61. [Consulta: 20 mayo 2015]. ISSN 0120-5609. Disponible en: http://www.redalyc.org/pdf/643/64325208.pdf?origin=publication_detail.

VARGAS T, Yadira B. *Evaluación del contenido nutrimental del compost elaborado con tres tipos de mezclas de desechos orgánicos y su efecto en el rendimiento del cultivo de brocoli (Brassica oleracea var. Italica Plenck)*. (Tesis pregrado). (Ingeniero Agrónomo). Escuela superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba-Ecuador. 2007, p. 12.

YAÑEZ Q, Paola. "Evaluación del compostaje de residuos de dos agroindustrias palmiteras del Trópico de Cochabamba en silos hiperventilados". *Acta nova*. [En línea]. 2007, Cochabamba-Bolivia. 3 (4). pp. 721-731. [Consulta: 18 febrero 2015]. Disponible en: <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/ran/v3n4/v3n4a06.pdf>

ZAGAL E., & SADZAWKA A. *Protocolo de métodos de análisis para suelos y lodos*. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía Chillán, Chile. 2007, pp. 39-59.

ANEXOS

Anexo A: Análisis físico-químico de los residuos de poda de árboles

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

Informe N°: IN-SFA-E15-1283
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	X: ----
Cantón: Riobamba	Coordenadas: 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-151452	2	Cenizas	Gravimétrico	%	7,79
		Materia orgánica	Gravimétrico	%	92,21
		Nitrógeno	Dumas	%	2,23
		Fósforo	Colorimétrica	%	0,1
		Potasio	Absorción atómica	%	0,55
		Calcio	Absorción atómica	%	1,67
		Magnesio	Absorción atómica	%	0,42
		Hierro	Absorción atómica	ppm	289,4
		Manganeso	Absorción atómica	ppm	26,78
		Cobre	Absorción atómica	ppm	6,39
		Zinc	Absorción atómica	ppm	14,39

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:



AGROCALIDAD
 AGENCIA ECUATORIANA
 DE ASESORAMIENTO
 DE LA CALIDAD DEL AGRO
**LABORATORIO DE SUELOS,
 FOLIARES Y AGUAS**
 Ing. Juan Carlos Villalobos
**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 B: Análisis físico-químico de los residuos de poda de palma

 AGROCALIDAD AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRICULTO	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
	INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR	Rev. 2 Hoja 1 de 1

Informe N°: EN-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

CODIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-151453	3	Cenizas	Gravimétrico	%	32,23
		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 Cacuango

Observaciones:


AGROCALIDAD
 AGENCIA ECUATORIANA
 DE ASEGURAMIENTO
 DE LA CALIDAD DEL AGRICULTO
**LABORATORIO DE SUELOS,
 FOLIARES Y AGUAS**
 Ing. Juan Carlos Bedoya
**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.

Anexo C: Análisis físico-químico de los residuos de mercado

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

Informe N°: IN-SFA-E15-2246
Fecha emisión Informe: 10/07/2015

DATOS DEL CUENTE

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-151455	5	Cenizas	Gravimétrico	%	14,05
		Materia orgánica	Gravimétrico	%	85,95
		Nitrógeno	Dumas	%	1,82
		Fósforo	Colorimétrico	%	0,2
		Potasio	Absorción atómica	%	1,88
		Calcio	Absorción atómica	%	1,16
		Magnesio	Absorción atómica	%	0,25
		Hierro	Absorción atómica	ppm	1063,0
		Manganeso	Absorción atómica	ppm	52,55
		Cobre	Absorción atómica	ppm	9,49
		Zinc	Absorción atómica	ppm	29,37

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:



AGROCALIDAD
 AGENCIA ECUATORIANA
 DE ASESORAMIENTO
 DE LA CALIDAD DEL AGRO
**LABORATORIO DE SUELOS,
 FOLIARES Y AGUAS**
 Ing. Susana Cordero
 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.

Fuente: (AGROCALIDAD, 2015)

Anexo D: Análisis físico-químico de la muestra inicial de la pila

 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 Telef.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-FO02
	INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR	Rev. 2
		Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-E15-1254
Fecha emisión Informe: 30/07/2015

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-151463	13	Cenizas	Gravimétrico	%	12,38
		Materia orgánica	Gravimétrico	%	87,62
		Nitrógeno	Dumas	%	1,26
		Fósforo	Colorimétrico	%	0,1
		Potasio	Absorción atómica	%	0,89
		Calcio	Absorción atómica	%	1,60
		Magnesio	Absorción atómica	%	0,23
		Hierro	Absorción atómica	ppm	2476,0
		Manganeso	Absorción atómica	ppm	33,47
		Cobre	Absorción atómica	ppm	43,57
Zinc	Absorción atómica	ppm	46,86		

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. Rufina Rodríguez
 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 E: Cálculo de la relación Carbono/Nitrógeno

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 (EP-EMMPA)	82.83	600	45.93	1.81	
Poda (Árboles)	9.11	300	51.25	2.14	
Poda (Palma)	13.37	100	35.82	0.86	
				Result:	25.825462076269

Calculate Reset

Here's the Formula:
Given overall moisture percentage goal of (g)

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

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

Realizado por: JIMÉNEZ, S, 2014

Anexo F: Datos del tiempo de secado de los RSO

FECHA	TIEMPO (h)	BANDEJA Nº 1	BANDEJA Nº 2	BANDEJA Nº 3	BANDEJA Nº 4	PROMEDIO (kg)
08-10-2014	0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0
	1	1869,9	1861,2	1893,6	1891,5	1879,1
	2	1769,4	1766,6	1801,0	1787,5	1781,1
	3	1706,3	1704,4	1731,8	1690,8	1708,3
	4	1634,2	1633,7	1656,2	1595,1	1629,8
	5	1576,1	1575,3	1582,1	1509,8	1560,8
09-10-2014	6	1516,3	1516,1	1505,5	1421,1	1489,8
	7	1459,2	1452,2	1427,3	1323,6	1415,6
	8	1409,9	1407,5	1370,1	1236,8	1356,1
	9	1356,7	1353,1	1308,3	1154,1	1293,1
	10	1311,7	1305,4	1259,8	1080,5	1239,4
	11	1254,4	1252,7	1209,5	1006,6	1180,8
10-10-2014	12	1202,8	1201,7	1152,4	930,1	1121,8
	13	1156,8	1152,4	1100,9	864,1	1068,6
	14	1112,9	1112,6	1055,1	807,5	1022,0
	15	1065,5	1064,7	1014,7	751,9	974,2
	16	1025,5	1030,8	957,3	685,7	924,8
	17	984,6	985,9	912,3	644,0	881,7
11-10-2014	18	946,3	945,8	870,0	617,8	845,0
	19	909,6	907,3	829,7	592,7	809,8
	20	874,3	870,4	791,3	568,5	776,1
	21	840,3	834,9	754,6	545,4	743,8
	22	807,7	800,9	719,7	523,2	712,9
	23	776,3	768,4	686,3	501,9	683,2
12-10-2014	24	746,2	737,2	654,5	481,4	654,8
	25	717,2	711,0	624,2	461,8	628,6
	26	680,6	682,1	595,3	443,0	600,3
	27	650,1	654,3	567,7	425,0	574,3
	28	619,9	627,7	541,4	407,7	549,2
	29	591,2	602,1	516,8	391,1	525,3
13-10-2014	30	563,8	577,6	491,9	375,2	502,1
	31	537,7	549,0	468,2	359,9	478,7
	32	512,8	520,5	445,6	351,6	457,6
	33	489,1	493,5	424,1	350,2	439,2
	34	466,4	467,9	403,7	348,8	421,7
	35	453,9	446,3	385,9	347,5	408,4
13-10-2014	36	436,3	436,6	369,5	345,5	397,0
	37	419,4	427,1	353,8	343,4	385,9
	38	412,4	417,9	352,2	343,0	381,4
	39	405,9	408,9	350,7	342,6	377,0
	40	399,4	400,0	349,2	342,3	372,7
	41	393,1	391,4	347,8	341,9	368,6
13-10-2014	42	386,9	382,9	345,3	341,5	364,2
	43	380,8	374,6	344,9	341,1	360,4
	44	374,8	369,5	343,4	340,7	357,1
	45	371,8	365,5	342,7	340,5	355,1

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2014



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**
**HOJA DE REGISTRO DE LA CLASIFICACIÓN Y
CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**



Anexo G: Registro de los datos del día lunes

FECHA	COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (kilogramos)							
	Orgánico			Plástico	Papel	Cartón	Madera	Otros
02-03-2015	98,93	89,49	44,50	1,10	11,05	1,20	3,20	2,10
	44,80	67,38	31,10	5,85	11,00	0,70	4,20	3,20
	59,65	84,47	60,15	13,90	6,00	5,30	2,00	1,10
	70,25	91,54	77,90	4,35	7,65	6,30	3,20	3,20
	63,75	95,56	51,35	3,90	8,85	5,30	2,10	2,10
	59,05	62,36	57,45	4,65	5,35	6,20	5,30	3,30
	93,35	82,46	70,75	4,50	2,80			
	90,35	74,42	60,45	4,35	2,85			
	121,45	77,43	53,70	3,10	4,95			
	57,65	90,53	48,00	5,45	5,00			
	39,35	59,34	51,25	3,55	9,50			
	76,15	76,43	54,65	11,00				
	76,75	66,38	66,15	3,00				
	74,75	89,49	33,45	9,15				
	85,95	79,44	61,80	4,30				
	55,10	57,33	79,05	6,75				
	76,70	41,27	56,75	11,10				
	67,30	89,49	38,85					
	76,43	48,29	41,85					
	85,47	76,43	45,40					
77,43	74,42	80,48						
84,50	51,68							
TOTAL (kg)	4425,77			100,00	75,00	25,00	20,00	15,00

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**
**HOJA DE REGISTRO DE LA CLASIFICACIÓN Y
CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**



Anexo H: Registro de los datos del día martes

FECHA	COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (kilogramos)							
	Orgánico			Plástico	Papel	Cartón	Madera	Otros
03-03-2015	33,15	70,65	75,42	10,90	7,30	1,50	3,30	1,75
	63,15	40,60	43,26	8,50	5,50	1,50	3,00	2,72
	56,45	57,00	79,44	13,11	12,00	5,26	2,69	3,12
	33,00	49,00	47,40	12,95	11,80	5,40	8,80	4,31
	38,80	65,05	39,00	11,35	8,35	5,21	2,11	5,10
	56,90	67,85	45,80	12,00	9,00	4,13	1,10	
	59,70	36,70	51,45	13,24	11,05			
	44,40	70,00	71,10	12,95				
	73,95	85,80	53,95					
	68,20	60,35	67,50					
	42,50	62,36	67,75					
	69,40	74,42	57,85					
	40,05	64,37	53,20					
	35,20	80,45	56,50					
	66,25	82,49	46,20					
	64,20	56,33	67,15					
	68,85	85,47	51,20					
	39,25	73,45	46,30					
69,50	67,38	41,05						
48,65	38,24	19,00						
43,55	51,30	38,55						
TOTAL (kg)	3573,43			95,00	65,00	23,00	21,00	17,00

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
HOJA DE REGISTRO DE LA CLASIFICACIÓN Y
CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS



Anexo I: Registro de los datos del día miércoles

FECHA	COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (kilogramos)							
	Orgánico			Plástico	Papel	Cartón	Madera	Otros
04-03-2015	41,85	71,50	42,29	43,65	6,55	4,10	9,70	4,20
	58,70	63,65	40,28	11,30	3,50	5,30	6,30	3,00
	69,35	95,25	70,43	7,95	3,60	2,65	4,60	5,60
	22,00	46,70	43,26	9,90	4,70	6,45	7,40	3,20
	16,00	57,30	75,42	14,50	12,63	5,20		
	53,65	52,90	75,46	12,45	14,15	6,30		
	49,15	61,45	33,25	15,00	14,95			
	54,00	20,70	60,35	14,15	14,92			
	56,80	61,45	86,48	12,10				
	44,55	62,25	58,37	10,10				
	48,00	37,95	87,48	8,90				
	51,15	50,65	51,63					
	54,25	55,85	78,75					
	83,25	53,70	87,45					
	38,30	43,70	57,05					
	47,45	49,35	60,10					
	70,80	72,20	46,70					
	49,45	48,95	23,15					
	42,05	77,47	34,25					
	37,95	43,26	26,95					
	43,30	96,56	95,17					
	62,30	45,27	67,70					
	49,75	75,42	62,50					
	66,35	95,52	18,35					
	46,60	42,29	63,50					
	71,70	87,52	53,60					
	65,55	68,42	53,45					
	61,65	69,43	59,35					
60,70	80,48	51,65						
39,10	91,50	63,00						
97,70	41,25	53,31						
67,25	71,40	61,39						
TOTAL (kg)	5554,01			160,00	75,00	30,00	28,00	16,00

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**
**HOJA DE REGISTRO DE LA CLASIFICACIÓN Y
CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**



Anexo J: Registro de los datos del día jueves

FECHA	COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (kilogramos)							
	Orgánico			Plástico	Papel	Cartón	Madera	Otros
05-03-2015	36,00	82,75	32,21	13,80	8,30	0,50	5,00	2,00
	27,15	69,30	86,48	5,60	3,75	1,00	2,80	3,20
	74,95	79,95	43,30	6,00	2,90	4,20	3,20	7,50
	81,90	44,70	70,40	13,11	6,80	3,00	4,20	5,30
	63,70	59,15	85,47	11,85	6,90	4,10	2,60	
	43,45	72,25	50,30	10,75	12,85	3,20	3,20	
	40,45	49,40	93,55	14,12	17,55			
	61,00	55,25	49,29	12,11	15,98			
	62,50	57,25	92,54	12,11	14,97			
	66,55	56,00	90,53	11,55				
	62,80	26,20	49,29					
	40,15	96,15	86,51					
	61,35	58,60	75,42					
	62,60	90,40	51,34					
	54,20	67,90	87,48					
	69,65	75,90	34,22					
	68,20	41,80	87,48					
	50,55	80,95	73,41					
	59,05	45,95	49,29					
	60,10	89,53	32,89					
	59,35	59,34	64,75					
	78,65	71,44	31,05					
	68,15	84,47	30,15					
	74,30	70,43	65,60					
	68,50	72,41	62,50					
	92,50	40,28	46,85					
	55,85	37,23	15,00					
	61,85	68,39	44,55					
	65,85	63,36	46,15					
	67,25	67,38	66,00					
77,65	39,24	46,00						
69,95	47,32	44,00						
71,30	82,49	51,30						
68,90	52,31							
85,75	71,44							
TOTAL (kg)	6374,31			111,00	90,00	16,00	21,00	18,00

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**
**HOJA DE REGISTRO DE LA CLASIFICACIÓN Y
CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**



Anexo K: Registro de los datos del día viernes

FECHA	COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (kilogramos)							
	Orgánico			Plástico	Papel	Cartón	Madera	Otros
06-03-2015	52,81	86,05	54,32	24,71	17,96	3,20	6,50	2,10
	54,59	57,20	56,30	8,95	6,14	5,30	4,40	3,20
	50,36	62,20	80,45	2,90	2,90	3,80	5,50	1,45
	50,63	75,20	107,62	4,44	11,10	5,30	4,85	3,30
	76,00	46,25	58,34	13,11	10,00	7,40	6,75	4,95
	49,14	129,50	80,45	11,10	11,10			
	37,06	97,75	51,30	13,11	10,12			
	19,38	78,75	101,59	12,20	11,33			
	41,40	68,60	85,51	12,14	8,69			
	49,55	86,15	105,59	11,10	9,25			
	55,60	129,60	48,29	12,54	11,87			
	66,10	121,05	99,58	13,56	9,54			
	54,65	51,15	79,57	10,14				
	48,75	86,40	47,28					
	52,40	66,90	62,36					
	38,35	73,20	99,58					
	41,35	56,60	62,00					
	51,65	84,36	84,55					
	60,90	85,52	85,47					
	48,10	85,47	89,53					
	46,95	85,51	107,19					
	64,85	82,46	99,58					
	64,45	71,40	68,39					
	61,20	114,65	108,72					
	62,70	58,34	44,27					
	57,75	45,27	92,54					
	64,80	55,32	126,71					
	71,20	79,44	53,31					
	57,00	83,50	87,48					
	72,50	88,49	40,25					
	66,70	51,45	72,41					
	50,70	41,70	69,39					
	71,70	54,25	82,49					
	138,20	46,85	38,24					
	64,40	75,80	75,42					
	58,65	43,25	108,62					
	63,54	74,42	53,31					
	46,00	66,38	86,48					
	86,29	44,81	109,98					
	48,90	37,95	106,61					
38,45	47,28	89,49						
51,72	99,58	78,44						
66,73	72,41	63,36						
46,30	42,26	58,34						
41,20	57,33	85,61						
39,85	70,40	42,26						
41,65	86,48	96,66						
98,65	96,56	71,53						
TOTAL (kg)	10000,00			150,00	120,00	25,00	28,00	15,00

Realizado por: JIMENEZ. S, 2015



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**
**HOJA DE REGISTRO DE LA CLASIFICACIÓN Y
CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**



Anexo L: Registro de los datos del día sábado

FECHA	COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (kilogramos)							
	Orgánico	Plástico	Papel	Cartón	Madera	Otros		
07-03-2015	54,30	73,50	48,80	17,00	6,85	5,00	2,00	2,00
	36,90	47,50	43,90	15,75	7,90	6,00	5,00	3,00
	15,10	53,05	35,95	16,40	4,10	1,00	3,00	3,04
	6,50	65,15	53,80	5,75	11,00	3,00	2,00	3,23
	31,00	64,50	45,55	6,00	3,75	2,00	3,00	2,31
	32,00	55,32	79,05	27,00	7,20	3,00	3,00	4,30
	41,25	36,23	52,40	14,20	11,00	5,00	2,00	2,12
	51,90	42,29	41,25	14,00	11,20			
	66,95	70,40	81,45	7,20	10,45			
	74,00	71,44	43,26	6,70	11,55			
	74,47	55,62	64,37					
	30,95	35,35	83,54					
	57,50	30,70	38,24					
	64,70	46,95	44,27					
	44,00	50,35	75,42					
	37,25	34,10	74,42					
	28,30	71,90	57,33					
	36,55	49,95	72,41					
	64,00	46,10	82,52					
	76,90	38,85	82,66					
	45,80	49,50	66,38					
	69,25	51,77	80,09					
	44,40	71,95	66,38					
	47,80	29,25	84,47					
	53,50	50,45	83,50					
	57,70	53,55	83,46					
	62,75	48,20	59,34					
	57,80	42,90	79,48					
	76,10	64,47	73,41					
	49,35	68,05	76,46					
	57,05	67,75	54,36					
	87,15	67,60	39,24					
	70,85	51,20	39,24					
72,85	72,10	56,33						
48,95	48,75	54,32						
72,25	47,25	54,32						
40,20	47,15	54,32						
58,35	83,85	78,44						
77,30	51,05	48,29						
69,00	54,40	80,48						
36,00	68,70	52,31						
35,75	67,35	82,49						
70,00	50,85							
TOTAL (kg)	7279,71		130,00	85,00	25,00	20,00	20,00	

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
HOJA DE REGISTRO DE LA CLASIFICACIÓN Y
CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS



Anexo M: Registro de los datos del día domingo

FECHA	COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (kilogramos)							
	Orgánico			Plástico	Papel	Cartón	Madera	Otros
08-03-2015	49,75	106,65	78,90	4,65	5,50	1,00	2,15	5,00
	62,05	84,85	71,25	4,20	2,60	3,00	4,25	3,00
	59,10	45,35	46,70	14,65	4,30	2,00	3,20	4,00
	40,70	39,75	77,15	13,40	4,60	1,00	3,30	3,00
	43,85	10,75	70,30	13,00	11,50	4,00	5,65	
	51,00	26,95	56,45	10,05	2,90	6,00	6,45	
	31,85	69,39	68,70	8,15	18,25			
	41,95	51,50	57,15	8,25	8,50			
	6,00	70,85	64,85	8,15	11,85			
	46,90	66,60	60,55	10,50				
	60,80	59,55	45,80					
	59,60	35,15	82,50					
	17,65	32,95	72,41					
	68,70	71,30	73,45					
	57,20	69,35	75,42					
	103,95	67,15	58,37					
	7,85	79,35	52,31					
84,10	67,05	54,32						
TOTAL (kg)	3114,07			95,00	70,00	17,00	25,00	15,00

Realizado por: JIMÉNEZ. S, 2015

Anexo N: Clasificación y cuantificación de los RS

Clasificación de los residuo sólidos



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Transporte y descarga de los residuos clasificados



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Residuos clasificados para ser pesados



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Pesaje de los residuos sólidos



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Anexo O: Preparación del material estructurante

Residuos de árboles, palma y mercado



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Trituración de los residuos de árboles



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Trituración de los residuos de poda de palma



Fuente: JIMÉNEZ. S,2015

Trituración de los residuos de mercado



Fuente: JIMÉNEZ. S,2015

Anexo P: Desarrollo del proceso de compostaje

Implantación de la pila



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2014

Determinación de la densidad aparente



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2014

Material a los 14 días de transcurrido el proceso



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Control de la humedad y temperatura



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Continuación

Material a los 42 días de transcurrido el proceso



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Material a los 56 días de transcurrido el proceso



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Material a los 98 días de transcurrido el proceso



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Material a los 126 días de transcurrido el proceso



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Continuación

Material a los 154 días de transcurrido el proceso



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Material a los 168 días de transcurrido el proceso



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Material a los 224 días de transcurrido el proceso



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Tamizado del material compostado



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Continuación

Material de rechazado



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Material tamizado



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Empacado del producto



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Almacenado del producto



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Anexo Q: Análisis de los parámetros físico-químicos y biológicos

Secado de las muestras para realizar los análisis



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Determinación de la conductividad eléctrica y potencial hidrógeno



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Material calcinado para determinar cenizas y materia orgánica



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Identificación de huminas, ácidos húmicos y fúlvicos



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

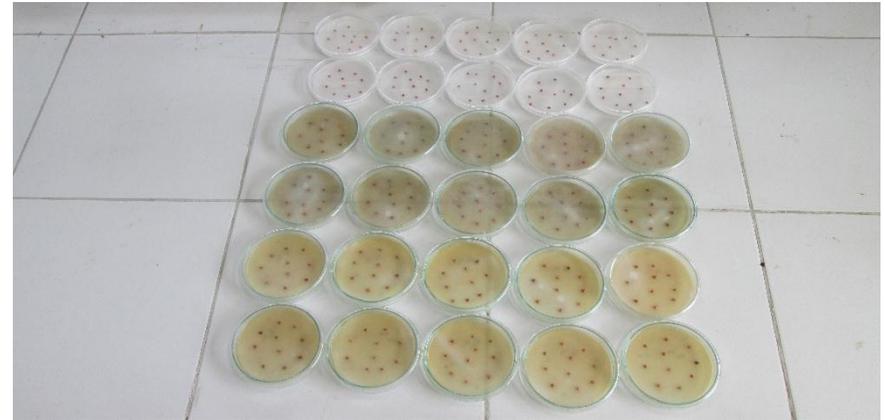
Continuación

Identificación de ácidos pardos y grises



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Inoculación de semillas de rábano con agua y extracto de compost



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Cajas petri con semillas de rábano germinadas



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015

Medición de la elongación radical de semillas germinadas



Fuente: JIMÉNEZ. S, 2015



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



Anexo R: Datos meteorológicos del mes de diciembre del 2014

AÑO: 2014

MES: DICIEMBRE

FECHA (días)	TEMPERATURA (°C)			H. RELATIVA (%)			TENSIÓN VAPOR (mlb)	PUNTO ROCÍO (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	HELIOFANÍA		VIENTO		PRESIÓN ATM (mm Hg)
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima				(horas)	(%)	Dirección	Velocidad (m/s)	
1	14,4	21,8	11,0	75,6	96,0	46,0	12,0	9,6	0,0	5,8	48,0	SE	2,3	547,7
2	13,4	20,4	9,9	76,3	96,0	46,0	11,5	9,0	0,0	5,8	48,0	SE	2,8	547,5
3	13,9	22,2	6,8	68,5	96,0	37,0	9,8	6,6	0,0	10,8	90,0	NE-SE	2,0	546,8
4	13,6	21,3	8,9	79,7	96,0	53,0	11,9	9,5	0,0	2,9	24,0	SE	2,4	547,4
5	13,4	21,2	10,4	78,0	96,0	44,0	11,8	9,4	1,3	3,3	27,0	NE	2,0	548,0
6	15,4	24,9	9,6	72,4	96,0	29,0	11,7	9,2	1,0	7,7	64,0	SW-SE	2,0	548,1
7	14,6	22,9	11,8	82,2	96,0	41,0	12,8	10,6	2,5	7,7	64,0	SE	1,8	547,9
8	15,2	24,2	11,0	73,0	96,0	33,0	12,2	9,9	0,0	4,4	37,0	SE	1,3	547,3
9	13,6	22,2	11,8	81,5	96,0	42,0	12,4	10,1	0,9	3,4	28,0	SE	1,8	547,2
10	13,3	21,4	8,4	71,8	96,0	35,0	10,8	8,1	1,6	5,2	43,0	SE-NW	1,4	547,3
11	12,4	22,0	6,4	75,7	96,0	41,0	11,0	8,2	1,4	5,8	48,0	SE	2,2	547,9
12	13,4	22,7	10,0	72,0	96,0	39,0	10,9	8,3	0,0	4,4	37,0	SE	2,0	548,6
13	13,9	24,0	5,0	59,6	92,0	28,0	9,0	5,5	0,0	10,1	84,0	SE	2,0	548,1
14	13,9	25,0	3,8	55,3	93,0	24,0	9,2	5,6	0,0	11,5	96,0	SW	2,3	547,8
15	13,4	24,4	2,8	50,3	86,0	23,0	7,1	2,1	0,0	11,5	96,0	SE	1,3	548,4
16	13,2	23,6	6,0	70,0	96,0	33,0	9,7	6,2	0,0	7,4	62,0	SE	1,5	548,8
17	13,7	23,8	8,4	73,4	96,0	41,0	11,2	8,5	0,0	6,1	51,0	SE	2,6	548,5
18	14,1	20,8	9,9	75,7	96,0	49,0	11,5	9,0	0,5	2,9	24,0	SE	2,4	547,9
19	14,4	25,0	10,9	76,7	96,0	32,0	11,1	8,4	2,7	7,0	58,0	SE	2,0	547,4
20	13,3	21,0	10,2	79,7	96,0	46,0	11,3	8,7	0,4	2,2	18,0	SW-SE	1,0	547,8
21	14,4	21,9	10,6	81,1	96,0	47,0	13,0	10,8	17,0	6,4	53,0	SE	1,8	547,9
22	13,0	19,0	10,8	72,2	96,0	46,0	11,1	8,3	0,0	2,7	22,0	SE	3,3	547,8
23	12,2	20,4	5,4	65,9	94,0	36,0	9,4	6,1	0,0	9,0	75,0	NE	3,3	547,4
24	13,5	21,9	8,0	72,4	96,0	38,0	10,9	8,2	0,0	7,4	62,0	SE	1,8	547,6
25	12,8			80,2	96,0	50,0			8,3	5,6	47,0			
26	13,6	20,0	10,0	76,2	96,0	49,0	11,7	9,2	0,4	4,0	33,0	NE	1,7	547,5
27	13,5	20,3	10,2	80,5	96,0	50,0	12,1	9,8	0,4	4,2	35,0	E	2,3	547,9
28	13,3	19,8	10,2	79,8	96,0	49,0	11,8	9,4	0,4	2,5	21,0	SE	2,7	548,4
29	13,0	19,7	10,0	76,4	95,0	47,0	10,7	7,9	0,0	0,9	7,0	SE	2,3	548,3
30	13,4	22,2	8,5	75,2	96,0	40,0	11,1	8,5	0,0	5,3	44,0	NE	2,3	548,0
31	13,2	20,2	9,2	75,0	96,0	47,0	10,6	7,9	0,0	2,1	17,0	SE	1,3	548,0
SUMA	422,4	660,2	265,9	2282,3	2956,0	1261,0	331,3	248,6	38,8	176,0	1463,0	SE	61,9	16435,2
DÍAS DE DATOS	31,0	30,0	30,0	31,0	31,0	31,0	30,0	30,0	31,0	31,0	31,0		30,0	30,0
MEDIA	13,6	22,0	8,9	73,6	95,4	40,7	11,0	3,3		5,7	47,2		2,1	547,8
MÁX. 24 Hs.	15,4	25,0	11,8	82,2	96,0	53,0	13,0	10,8	17,0	11,5	96,0		3,3	548,8
FECHA	6	14-19	7-9	7	VARIOS	4	21	21	21	14-15	14-15		22-23	16
Nº DE DÍAS	1	2	2	1	26	1	1	1	1	2	2		2	1
MÍN. 24 Hs.	12,2	19,0	2,8	50,3	86,0	23,0	7,1	2,1	0,0	0,9	7,0		1,0	546,8
FECHA	23	22	15	15	15	15	15	15	VARIOS	29	29		20	3
Nº DE DÍAS	1	1	1	1	1	1	1	1	17	1	1		1	1

Fuente: (ESPOCH, 2015)



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



Anexo S: Datos meteorológicos del mes de enero del 2015

AÑO: 2015

MES: ENERO

FECHA (días)	TEMPERATURA (°C)			H. RELATIVA (%)			TENSIÓN VAPOR (mlb)	PUNTO ROCÍO (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	HELIOFANÍA		VIENTO		PRESIÓN ATM (mm Hg)
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima				(horas)	(%)	Dirección	Velocidad (m/s)	
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
DÍAS 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
MÍN. 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	VARIOS	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
BOLETÍN MENSUAL



Anexo T: Datos meteorológicos del mes de enero del 2015

AÑO: 2015

MES: FEBRERO

FECHA (días)	TEMPERATURA (°C)			H. RELATIVA (%)			TENSIÓN VAPOR (mlb)	PUNTO ROCÍO (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	HELIOFANÍA		VIENTO		PRESIÓN ATM (mm Hg)
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima				(horas)	(%)	Dirección	Velocidad (m/s)	
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	0,0	5,8	47,9	SE	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	SE	4,3	543,7
FECHA	19	21	26	8	7	8	8	8	8	5	5	SE	14	14
Nº DE DÍAS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	SE	1	1
MÍN. 24 Hs.	13,3	19,6	5,2	49,7	77,0	21,0	7,6	3,0	0,0	1,3	11,0	SE	1,3	547,2
FECHA	2	2-28	21	20	20	20	20	20	VARIOS	15	15	SE	21-24	4
Nº DE DÍAS	1	2	1	1	1	1	1	1	16	1	1	SE	2	1

Fuente: (ESPOCH, 2015)



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



Anexo U: Datos meteorológicos del mes de marzo del 2015

AÑO: 2015

MES: MARZO

FECHA (días)	TEMPERATURA (°C)			H. RELATIVA (%)			TENSIÓN VAPOR (mlb)	PUNTO ROCÍO (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	HELIOFANÍA		VIENTO		PRESIÓN ATM (mm Hg)
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima				(horas)	(%)	Dirección	Velocidad (m/s)	
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
DÍAS DE DATOS	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31		31	31
MEDIA	13,8	20,5	10,4	75,8	93,7	45,2	12,0	9,6		3,4	28,3		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		4,0	550,2
FECHA	1-14	2	31	18	VARIOS	18	31	31	18	3	3		11	29
Nº DE DÍAS	2	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1		1	1
MÍN. 24 Hs.	11,7	14,2	7,8	67,5	90,0	31,0	11,1	8,4	0,0	0,0	0,0		0,4	546,9
FECHA	18-20	20	3	21	21	2	1-23	1	VARIOS	18-20-22	18-20-22		18	13
Nº DE DÍAS	2	1	1	1	1	1	2	1	15	3	3		1	1

Fuente: (ESPOCH, 2015)



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



Anexo V: Datos meteorológicos del mes de abril del 2015

AÑO: 2015

MES: ABRIL

FECHA (días)	TEMPERATURA (°C)			H. RELATIVA (%)			TENSIÓN VAPOR (mlb)	PUNTO ROCÍO (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	HELIOFANÍA		VIENTO		PRESIÓN ATM (mm Hg)
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima				(horas)	(%)	Dirección	Velocidad (m/s)	
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
DÍAS DE DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		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	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
MÍN. 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)



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



Anexo W: Datos meteorológicos del mes de mayo del 2015

AÑO: 2015

MES: MAYO

FECHA (días)	TEMPERATURA (°C)			H. RELATIVA (%)			TENSIÓN VAPOR (mlb)	PUNTO ROCÍO (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	HELIOFANÍA		VIENTO		PRESIÓN ATM (mm Hg)
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima				(horas)	(%)	Dirección	Velocidad (m/s)	
1	12,8	20,0	10,0	76,0	94,0	48,0	11,6	9,1	0,0	2,2	18,0	SE-NE	1,8	548,9
2	13,1	22,9	5,4	69,9	95,0	36,0	10,8	8,1	0,0	8,9	74,0	SE	2,5	548,0
3	14,6	23,6	10,2	73,8	96,0	32,0	12,0	9,6	2,4	7,6	63,0	SE	1,8	548,2
4	13,9	20,4	9,7	77,0	96,0	44,0	12,0	9,6	23,3	5,4	45,0	NE	1,0	548,5
5	13,1	18,9	10,8	79,6	94,0	49,0	12,2	9,9	2,9	3,9	32,0	SE	1,5	549,2
6	11,9	18,0	10,0	77,2	93,0	51,0	11,1	8,5	0,0	0,9	7,0	SE-NE	2,8	549,0
7	11,9	20,7	6,2	75,6	96,0	41,0	10,6	7,8	0,0	5,9	49,0	SE	1,6	548,4
8	13,3	21,0	9,0	72,8	93,0	39,0	11,2	8,6	0,0	5,8	48,0	SE	2,8	548,5
9	13,7	20,9	8,2	72,3	95,0	39,0	10,5	7,7	0,0	5,9	49,0	SE	3,5	548,5
10	14,3	21,7	10,2	72,2	95,0	41,0	11,5	8,9	0,0	6,9	57,0	SW	2,5	548,2
11	12,9	17,2	10,0	80,6	95,0	60,0	12,0	9,6	0,9	2,1	17,0	SE	2,0	548,2
12	12,6	17,4	10,2	78,6	94,0	53,0	11,9	9,5	0,2	2,5	21,0	SE	2,5	547,9
13	13,4	20,5	10,6	76,8	96,0	47,0	11,9	9,5	1,0	4,3	36,0	SE	3,0	547,9
14	13,0	18,9	10,6	77,0	95,0	53,0	11,7	9,2	0,0	2,0	17,0	SE	2,0	548,1
15	12,7	18,7	10,0	78,5	95,0	51,0	11,9	9,5	0,2	2,4	20,0	SE	1,8	548,3
16	14,3	22,6	10,2	72,0	95,0	36,0	11,4	8,9	0,0	6,6	55,0	SE	2,0	549,0
17	13,9	20,9	11,0	75,8	96,0	43,0	11,6	9,2	0,1	4,3	36,0	SW	2,0	549,3
18	13,2	18,4	11,2	79,9	95,0	58,0	12,2	9,9	0,0	2,4	20,0	SE	1,8	549,8
19	13,8	22,2	10,2	69,4	93,0	36,0	11,1	8,5	0,0	6,8	57,0	SE	2,0	549,5
20	13,4	21,6	8,8	74,7	94,0	47,0	12,0	9,7	0,9	4,1	34,0	SE	1,6	548,6
21	12,7	21,3	9,8	80,9	94,0	41,0	12,3	10,0	1,9	5,1	42,0	SE	2,8	549,3
22	14,2	21,3	10,3	69,7	95,0	40,0	11,4	8,9	0,0	6,3	52,0	SE	3,0	549,3
23	12,4	18,4	10,0	80,9	94,0	50,0	11,8	9,5	1,2	0,5	4,0	SE-SW	1,0	550,1
24	13,4	21,4	7,6	71,6	94,0	36,0	11,1	8,5	0,2	6,6	55,0	SE	1,8	548,6
25	13,6	20,6	11,6	76,4	94,0	47,0	12,0	9,6	0,1	3,1	26,0	SE	1,3	548,7
26	13,5	21,0	9,2	73,3	93,0	41,0	11,6	9,2	0,0	4,6	38,0	SE	2,5	548,7
27	13,8	20,7	10,2	73,7	94,0	40,0	11,3	8,8	0,0	6,9	57,0	SE	2,2	548,3
28	11,8	15,0	10,4	83,2	96,0	66,0	11,7	9,2	6,6	1,1	9,0	SE	1,0	548,6
29	12,7	20,1	9,0	80,5	96,0	49,0	12,4	10,1	0,4	4,3	36,0	SE	1,6	548,0
30	13,7	20,7	10,4	74,0	95,0	41,0	11,6	9,2	0,1	4,7	39,0	SE	2,0	548,1
31	13,0	20,9	10,2	78,1	94,0	41,0	11,7	9,3	0,7	5,0	42,0	SW	2,3	548,7
SUMA	410,6	627,9	301,2	2352,0	2934,0	1396,0	360,1	283,6	43,1	139,1	1155,0	SE	64,0	17008,4
DÍAS DE DATOS	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31		31	31
MEDIA	13,2	20,3	9,7	75,9	94,6	45,0	11,6	9,1		4,5	37,3		2,1	548,7
MÁX. 24 Hs.	14,6	23,6	11,6	83,2	96,0	66,0	12,4	10,1	23,3	8,9	74,0		3,5	550,1
FECHA	3	3	25	28	VARIOS	28	29	29	4	2	2		9	23
Nº DE DÍAS	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1		1	1
MÍN. 24 Hs.	11,8	15,0	5,4	69,4	93,0	32,0	10,5	7,7	0,0	0,5	4,0		1,0	547,9
FECHA	28	28	2	19	6-8-19-26	3	9	9	VARIOS	23	23		4-23-28	12-13
Nº DE DÍAS	1	1	1	1	4	1	1	1	14	1	1		3	2

Fuente: (ESPOCH, 2015)



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



Anexo X: Datos meteorológicos del mes de junio del 2015

AÑO: 2015

MES: JUNIO

FECHA (días)	TEMPERATURA (°C)			H. RELATIVA (%)			TENSIÓN VAPOR (mlb)	PUNTO ROCÍO (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	HELIOFANÍA		VIENTO		PRESIÓN ATM (mm Hg)
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima				(horas)	(%)	Dirección	Velocidad (m/s)	
1	12,5	18,8	7,9	70,7	95,0	41,0	10,3	7,4	0,0	6,7	56,0	SW-SE	1,8	548,9
2	12,7	21,0	5,4	67,3	94,0	37,0	9,8	6,7	0,0	9,7	81,0	NE	3,0	548,5
3	12,2	20,5	7,8	76,8	95,0	42,0	10,8	8,0	0,2	5,3	44,0	SE	3,0	548,0
4	12,0	18,8	9,0	85,0	96,0	56,0	12,1	9,8	2,1	2,6	22,0	SE	2,4	548,5
5	11,6	17,6	9,0	83,1	96,0	52,0	11,5	8,9	2,1	3,9	32,0	SE	1,4	548,6
6	12,6	20,4	8,8	79,2	96,0	42,0	11,6	9,1	1,5	6,5	54,0	SE	2,0	548,2
7	13,4	19,3	9,8	74,0	95,0	43,0	11,4	3,8	0,4	6,7	56,0	SE	2,2	548,4
8	12,4	18,1	9,8	78,9	95,0	50,0	11,5	9,1	0,4	1,0	8,0	SE	2,2	548,5
9	13,0	20,8	8,8	75,5	94,0	44,0	11,7	9,2	0,0	4,3	36,0	SE	3,0	548,0
10	13,3	19,8	10,0	76,8	95,0	46,0	12,2	10,0	2,1	4,8	40,0	SE	2,6	548,2
11	13,3	21,6	9,2	71,5	94,0	37,0	11,1	8,5	0,0	6,3	52,0	SE	2,8	548,6
12	13,3	21,2	8,8	70,7	94,0	41,0	10,8	8,0	0,2	7,6	63,0	NE	2,6	548,5
13	13,1	20,2	10,0	77,0	95,0	44,0	11,4	8,8	0,0	4,3	36,0	SE	2,2	548,5
14	14,3	24,4	9,2	70,3	95,0	33,0	11,3	8,7	0,0	7,9	66,0	SE	3,4	547,9
15	14,4	22,1	9,0	66,7	93,0	38,0	10,9	8,2	4,0	10,8	90,0	NE	2,6	548,3
16	13,4	20,0	9,8	74,9	96,0	42,0	11,7	9,2	7,0	6,8	57,0	SE-NE	3,0	548,4
17	12,9	19,6	10,2	76,8	96,0	47,0	11,8	9,3	2,9	5,1	42,0	SE	3,6	547,9
18	11,9	18,9	8,0	76,6	95,0	49,0	11,2	8,7	0,0	5,6	47,0	SE	2,6	548,1
19	11,6	19,7	7,8	74,9	96,0	40,0	10,0	6,9	0,8	7,8	65,0	SE	2,4	548,2
20	11,8	19,7	8,0	80,8	96,0	41,0	11,4	8,8	0,3	3,3	27,0	SE	2,0	548,3
21	11,8	19,2	8,2	76,9	94,0	45,0	10,7	8,0	0,0	2,9	24,0	SE	2,2	548,9
22	11,9	18,2	7,2	72,6	93,0	44,0	10,4	7,5	0,0	3,8	32,0	SE	2,8	549,2
23	11,3	18,2	8,0	76,2	96,0	47,0	10,7	8,0	0,0	4,2	35,0	SE	3,4	549,3
24	12,3	19,8	8,2	70,7	94,0	42,0	10,7	8,0	0,0	6,7	56,0	SE	4,0	549,1
25	12,0	18,4	8,8	76,0	94,0	49,0	11,2	8,7	0,8	3,0	25,0	SE	1,6	548,8
26	12,1	19,2	9,2	68,0	89,0	40,0	10,1	7,2	0,1	4,8	40,0	SE-NE	3,0	549,4
27	12,8	20,3	8,4	65,5	90,0	33,0	9,7	6,4	0,0	10,6	88,0	SE-NE	2,4	549,9
28	12,3	20,2	9,0	70,0	94,0	34,0	10,1	7,1	0,0	6,8	57,0	SE-NE	3,2	549,2
29	12,8	21,4	6,4	67,8	94,0	32,0	10,0	6,9	0,0	9,1	76,0	SE-NE	2,8	548,8
30	13,5	22,1	8,6	71,2	93,0	37,0	10,7	8,0	0,0	6,6	55,0	SE	2,6	548,7
31														
SUMA	378,5	599,5	258,3	2222,4	2833,0	1268,0	328,8	247,9	24,9	175,5	1462,0	SE	78,8	16457,8
DÍAS DE DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		30	30
MEDIA	12,6	20,0	8,6	74,1	94,4	42,3	11,0	8,3		5,9	48,7		2,6	548,6
MÁX. 24 Hs.	14,4	24,4	10,2	85,0	96,0	56,0	12,2	10,0	7,0	10,8	90,0		4,0	549,9
FECHA	15	14	17	4	VARIOS	4	10	10	16	15	15		24	27
Nº DE DÍAS	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1		1	1
MÍN. 24 Hs.	11,3	17,6	5,4	65,5	89,0	32,0	9,7	6,4	0,0	1,0	8,0		1,4	547,9
FECHA	23	5	2	27	26	29	27	27	VARIOS	8	8		5	14-17
Nº DE DÍAS	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1	1		1	2

Fuente: (ESPOCH, 2015)



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



Anexo Y: Datos meteorológicos del mes de julio del 2015

AÑO: 2015

MES: JULIO

FECHA (días)	TEMPERATURA (°C)			H. RELATIVA (%)			TENSIÓN VAPOR (mlb)	PUNTO ROCÍO (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	HELIOFANÍA		VIENTO		PRESIÓN ATM (mm Hg)
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima				(horas)	(%)	Dirección	Velocidad (m/s)	
1	13,3	22,0	9,2	65,0	91,0	33,0	10,4	7,5	0,0	8,6	71,0	SE-NE	2,8	549,0
2	13,3	22,5	8,6	69,5	93,0	36,0	11,4	8,9	0,0	5,4	45,0	SE-NE	2,2	548,4
3	13,9	21,8	7,4	67,4	92,0	35,0	9,6	6,4	0,0	10,3	86,0	NE	3,0	547,8
4	13,2	20,1	9,4	75,3	95,0	45,0	11,7	9,2	0,0	2,6	22,0	NE	3,2	547,6
5	13,6	21,0	9,5	73,9	96,0	41,0	11,6	9,1	0,2	3,7	31,0	SE	2,0	548,6
6	13,6	20,4	10,0	76,2	93,0	46,0	12,5	10,2	0,0	3,2	27,0	SE	2,0	548,5
7	13,9	22,3	11,0	75,5	95,0	40,0	12,7	10,5	4,5	5,7	47,0	SE	1,4	548,3
8	13,5	21,0	9,9	68,0	93,0	38,0	11,2	8,7	1,1	4,6	38,0	SE	2,6	548,2
9	13,6	21,3	9,6	66,5	93,0	36,0	10,8	8,0	0,0	7,7	64,0	NE	2,2	548,3
10	12,9	19,2	10,6	73,0	92,0	43,0	11,2	8,7	0,3	1,3	11,0	SE	1,8	548,2
11	12,7	20,5	8,8	72,3	96,0	39,0	10,8	8,0	0,0	5,6	47,0	SW-NE	2,0	548,8
12	12,4	19,4	8,9	75,6	95,0	43,0	11,6	9,1	2,2	2,8	23,0	SE	2,0	548,7
13	12,8	22,4	4,8	70,4	96,0	40,0	9,5	6,2	0,0	10,7	89,0	NE	2,6	548,6
14	11,8	22,8	3,2	71,8	96,0	36,0	9,2	5,7	0,0	6,5	54,0	NE	2,2	548,9
15	11,8	21,0	6,6	79,6	96,0	45,0	10,9	8,2	0,4	4,5	37,0	SE	1,4	548,6
16	12,4	20,3	9,6	72,7	96,0	39,0	10,6	7,8	0,2	5,2	43,0	NE	2,2	548,8
17	12,0	20,9	5,2	65,0	94,0	33,0	8,8	5,2	0,0	9,8	82,0	NE	2,2	549,0
18	10,6	16,4	7,8	84,5	96,0	63,0	11,2	8,6	1,7	0,8	7,0	SE	1,6	548,8
19	12,7	20,5	9,0	76,3	96,0	45,0	11,3	8,7	4,2	5,8	48,0	SE	1,2	548,9
20	13,3	21,4	8,6	75,4	95,0	39,0	11,7	9,3	5,3	8,2	68,0	SE	1,6	548,8
21	13,1	19,6	9,9	75,7	96,0	45,0	11,8	9,5	1,2	5,6	47,0	SE	2,2	548,3
22	11,1	16,3	9,2	85,3	96,0	61,0	11,5	9,0	7,8	2,2	18,0	SE	1,6	548,9
23	11,5	18,2	8,9	79,1	96,0	51,0	11,2	8,7	0,7	4,4	37,0	SE	2,0	549,0
24	13,0	21,0	8,4	71,3	95,0	36,0	10,8	8,1	0,0	8,8	73,0	NE	2,6	549,2
25	12,9	20,6	9,0	73,2	94,0	42,0	10,9	8,2	0,0	8,6	71,0	NE	2,6	548,8
26	13,1	20,8	5,9	69,7	96,0	37,0	10,2	7,3	0,0	8,5	71,0	SE-NE	4,0	548,1
27	12,1	18,8	9,6	80,7	96,0	51,0	11,9	9,6	0,1	2,5	21,0	SE	2,0	547,8
28	12,7	19,5	8,8	75,7	96,0	44,0	11,1	8,5	0,3	6,6	55,0	SE-NE	3,2	547,7
29	12,1	19,5	7,0	73,9	96,0	45,0	10,6	7,8	1,5	5,4	45,0	SW-SE	2,0	548,1
30	12,2	17,8	7,9	74,7	94,0	42,0	10,6	7,8	0,8	4,2	35,0	SE	2,6	548,6
31	12,0	18,3	8,9	73,3	94,0	46,0	10,7	8,0	0,0	5,3	44,0	SE	3,0	548,8
SUMA	393,1	627,6	261,2	2286,5	2938,0	1315,0	340,0	256,5	32,5	175,1	1457,0	SE	70,0	17004,1
DÍAS DE DATOS	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31		31	31
MEDIA	12,7	20,2	8,4	73,8	94,8	42,4	11,0	8,3		5,6	47,0		2,3	548,5
MÁX. 24 Hs.	13,9	22,8	11,0	85,3	96,0	63,0	12,7	10,5	7,8	10,7	89,0		4,0	549,2
FECHA	3-7	14	7	22	VARIOS	18	7	7	22	13	13		26	24
Nº DE DÍAS	2	1	1	1	15	1	1	1	1	1	1		1	1
MÍN. 24 Hs.	10,6	16,3	3,2	65,0	91,0	33,0	8,8	5,2	0,0	0,8	7,0		1,2	547,6
FECHA	18	22	14	1-17	1	1-17	17	17	VARIOS	18	18		19	4
Nº DE DÍAS	1	1	1	2	1	2	1	1	14	1	1		1	1

Fuente: (ESPOCH, 2015)