



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

COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS
PROVENIENTES DE LOS MERCADOS MUNICIPALES DE LA
CIUDAD DE MACAS, MEDIANTE LA TÉCNICA DE TAKAKURA

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: JUAN MIGUEL RIVADENEIRA SUÁREZ

TUTORA: DRA. IRENE DEL CARMEN GAVILANES TERÁN, PhD.

Macas-Ecuador

2018

©2018, Juan Miguel Rivadeneira Suárez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

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

El Tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación Tipo: Proyecto de investigación: COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PROVENIENTES DE LOS MERCADOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DE MACAS, MEDIANTE LA TÉCNICA DE TAKAKURA, de responsabilidad del Señor egresado Juan Miguel Rivadeneira Suárez, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Irene del Carmen Gavilanes Terán, PhD.

**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACION**

Dr. Julio Cesar Idrovo Novillo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Juan Miguel Rivadeneira Suárez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos que constan en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo toda la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Macas, 23 de marzo de 2018

Juan Miguel Rivadeneira Suárez

C.I. 140069232-1

Yo, Juan Miguel Rivadeneira Suárez, soy responsable de todas las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual del trabajo de Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Juan Miguel Rivadeneira Suárez

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo primeramente a DIOS porque él ha estado en las buenas y en las malas apoyándome y enseñándome el camino del bien.

A mis padres Edmundo Rivadeneira e Hilda Suárez que han sido el pilar fundamental en mi vida ya que ellos con su amor, cariño y consejos han sabido guiarme y motivarme a que cumpla mis metas.

A mi abuelito Juan Rivadeneira por apoyarme moralmente y económicamente en toda mi carrera y por sus consejos que me siguen sirviendo en mi vida.

Al grupo GAIBAQ en especial a la Dra. Irene Gavilanes y al Dr. Julio Idrovo por apoyarme y brindarme sus conocimientos en el presente trabajo de titulación.

A mis tíos por los ánimos que me han sabido dar siempre.

Juan.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a DIOS por darme salud y vida para poder cumplir mis metas en el transcurso de mi vida.

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de estudiar y ser un ente valioso para la sociedad. A sus docentes por impartirme conocimientos científicos que me ayudaran a ser un buen profesional.

A la Dra. Irene Gavilanes por apoyarme y guiarme desde un inicio para desarrollar el trabajo de titulación investigativo. Por darme consejos de vida que me servirán para ser una buena persona y buen profesional.

Al Dr. Julio Idrovo por apoyarme en el desarrollo estadístico del trabajo de titulación. Por ser un buen ejemplo de un profesional y persona a seguir.

A toda mi familia que me ayudaron, que me soportaron, que me motivaron y que siempre estuvieron ahí para darme lo mejor de ellos.

A mis amigos Ariel, Marcos, Viño y Diana, que me aconsejaron y motivaron para realizar el trabajo de titulación

Juan.

TABLA DE CONTENIDO:

RESUMEN.....	xviii
SUMARY.....	xix
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL:	7
1.1. Generación de residuos sólidos a nivel mundial:.....	7
1.2. Gestión ambiental de los residuos a nivel mundial.	7
1.3. Generación de residuos sólidos en Ecuador.....	7
1.4. Gestión ambiental de los residuos sólidos en Ecuador.....	8
1.5. Gestión de los residuos sólidos en la ciudad de Macas:	8
1.5.1. Campañas de concientización:	8
1.5.2. Barrido:	8
1.5.3. Recolección:	9
1.5.4. Transporte:	9
1.5.5. Tratamiento:	9
1.5.6. Disposición final:	9
1.6. Residuos sólidos:.....	9
1.6.1. Clasificación de residuos sólidos:.....	9
1.7. Producción per cápita:.....	11
1.8. Compostaje:	11
1.8.1. Sistemas de compostaje:	12
1.8.2. Sistemas cerrados:	14
1.8.3. Parámetros del compostaje:	16
1.9. Parámetros para evaluar la calidad del compost:	21
1.9.1. Métodos físicos:	22

1.9.2.	<i>Métodos químicos:</i>	22
1.9.3.	<i>Test de germinación y crecimiento:</i>	25
1.10.	Etapas del proceso de compostaje:	26
1.10.1.	<i>Etapa mesófila:</i>	26
1.10.2.	<i>Etapa termófila:</i>	26
1.10.3.	<i>Etapa de estabilización:</i>	26
1.10.4.	<i>Etapa de maduración:</i>	27
1.11.	Microorganismos que intervienen en el compostaje:	27
1.11.1.	<i>Bacterias:</i>	28
1.11.2.	<i>Hongos:</i>	28
1.11.3.	<i>Protozoos:</i>	28
1.11.4.	<i>Actinomicetos:</i>	28
1.11.5.	<i>Microorganismos fermentadores:</i>	28
1.12.	Técnicas de compostaje:	29
1.12.1.	<i>Vermicompostaje:</i>	29
1.12.2.	<i>Bocashi:</i>	30
1.12.3.	<i>Takakura</i>	30
1.13.	Compost:	31
1.13.1.	<i>Clasificación del compost:</i>	31
1.13.2.	<i>Control sanitario del compost:</i>	32
1.13.3.	<i>Calidad del compost:</i>	32
1.13.4.	<i>Usos del compost:</i>	33
1.14.	Marco legal para residuos sólidos y compost:	33

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLOGICO:	35
2.1.	Diseño experimental:	35
2.1.1.	<i>Tipo y diseño de investigación:</i>	35
2.1.2.	<i>Unidad de Análisis</i>	35

2.1.3.	<i>Población de estudio</i>	36
2.1.4.	<i>Tamaño de la muestra</i>	36
2.1.5.	<i>Selección de la muestra:</i>	36
2.1.6.	<i>Metodología:</i>	36
2.1.7.	<i>Lugar de estudio:</i>	36
2.1.8.	<i>Unidad de estudio:</i>	37
2.1.9.	<i>Metodología de elaboración del compost:</i>	38
2.1.10.	<i>Ensayos de análisis físicos, químicos y microbiológicos.</i>	46
2.1.11.	<i>Técnicas de laboratorio empleadas en las muestras</i>	49

CAPITULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN:	65
3.1.	Caracterización inicial de los materiales.	65
3.1.1.	<i>Caracterización físico-química inicial de los materiales.</i>	65
3.1.2.	<i>Caracterización química inicial de los materiales</i>	68
3.1.3.	<i>Caracterización microbiológica inicial de los materiales.</i>	70
3.2.	Evolución de los diferentes parámetros en el proceso de compostaje:	71
3.3.	Evolución de la temperatura en el proceso de compostaje:	78
3.4.	Análisis de los parámetros del proceso de compostaje:	81
3.4.1.	<i>Análisis físico-químico y químico del proceso de compostaje.</i>	81
	CONCLUSIONES:	90
	RECOMENDACIONES:	91

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1-1: Clasificación de los residuos sólidos.....	10
Tabla 2-1: Sistemas de compostaje.....	12
Tabla 3-1: Porcentaje de humedad.....	18
Tabla 4-1: Porcentaje de aireación de la pila.....	19
Tabla 5-1: Tamaño de la partícula.....	20
Tabla 6-1: Relación carbono nitrógeno.....	21
Tabla 7-1: Organismos encontrados en el proceso de compostaje.....	29
Tabla 8-1: Usos en la agricultura.....	33
Tabla 9-1: Marco legal.....	34
Tabla 1-2: Variación de porcentajes de las soluciones.....	35
Tabla 2-2: Códigos de camas y pilas.....	35
Tabla 3-2: Códigos de compostaje:.....	38
Tabla 4-2: Fechas de muestreos.....	45
Tabla 5-2: Métodos físico-químicos y químicos utilizados en el laboratorio de suelos.....	46
Tabla 6-2: Métodos microbiológicos utilizados en el CESTTA.....	47
Tabla 7-2: Métodos químicos utilizados en el CESTTA.....	47
Tabla 8-2: Métodos químicos realizados en el laboratorio de CENTROCESAL.....	48
Tabla 9-2: Métodos físico-químicos y químicos realizados en la ESPOCH.....	49
Tabla 1-3: Caracterización físico-química inicial de los materiales.....	65
Tabla 2-3: Caracterización química inicial de los materiales.....	68
Tabla 3-3: Caracterización microbiológica inicial de los materiales.....	70
Tabla 4-3: Evolución de los diferentes parámetros en el proceso de compostaje.....	71
Tabla 5-3: Resultados de los análisis físico-químicos, químicos del compostaje.....	82
Tabla 6-3: resultados de los análisis de las propiedades físicas del compost.....	84
Tabla 7-3: Resultado de los análisis de metales pesados del compost.....	86
Tabla 8-3: Resultados de los análisis de macronutrientes y micronutrientes.....	87
Tabla 9-3: Resultados de los análisis de relación carbono nitrógeno.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1-1: Volteo mecánico	13
Figura 2-1: Pila estática.	14
Figura 3-1: Sistema de pistón vertical	15
Figura 4-1: Sistemas cerrados. Reactores horizontales.....	16
Figura 5-1: Comportamiento de parámetros en el compostaje.	17
Figura 6-1: Curva de temperatura.....	19
Figura 7-1: Índice de germinación.....	25
Figura 8-1: Etapas del proceso de compostaje.....	27
Figura 9-1: Ciclo de vida de la lombriz.	30
Figura 10-1: Pila de compost takakura.	31
Figura 1-2: Mapa del Relleno Sanitario de la Ciudad de Macas.	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS:

Gráfico 1-3: Evolución de las temperaturas de las camas 1,2 y 3.....	78
Gráfico 2-3: Evolución de las temperaturas de las camas 4,5 y 6.....	78
Gráfico 3-3: Evolución de las temperaturas de las camas 7,8 y 9.....	79
Gráfico 4-3: Evolución de las temperaturas de las pilas 1, 2 y 3.	79
Gráfico 5-3: Evolución de las temperaturas de las pilas 4,5 y 6.	80
Gráfico 6-3: Evolución de las temperaturas en las pilas 7, 8 y 9.	80

ÍNDICE DE ANEXOS:

ANEXO A: Elaboración de la semilla Takakura. Elaboración de la solución dulce

ANEXO B: Elaboración de la solución salada.

ANEXO C: Elaboración de la semilla.

ANEXO D: Caracterización de los residuos sólidos urbanos.

ANEXO E: Implantación de las pilas.

ANEXO F: Volteos.

ANEXO G: Hongos en las camas y pilas.

ANEXO H: Análisis físicos, propiedades físicas del compost.

ANEXO I: Materia orgánica.

ANEXO J: Conductividad eléctrica y pH.

ANEXO K: Índice de germinación.

ÍNDICE DE ECUACIONES:

Ecuación 1-1:	Producción Per cápita	11
Ecuación 1-2:	Materia Organica	51
Ecuación 2-2:	Cloruros	53
Ecuación 3-2:	Nitratos	54
Ecuación 4-2:	Fosfatos.....	56
Ecuación 5-2:	Sulfatos	57
Ecuación 6-2:	Densidad Aparente.....	60
Ecuación 7-2:	Densidad Aparente Compactada.....	61
Ecuación 8-2:	Capacidad de Retención de Agua	62
Ecuación 9-2:	Espacio Poroso Total	63
Ecuación 10-2:	Contracción de Volumen	63

ABREVIATURAS:

Código	Significado
C1S1D1	Cama 1 con semilla de solución salada 1 y solución dulce 1
C2S1D2	Cama 2 con semilla de solución salada 1 y solución dulce 2
C3S1D3	Cama 3 con semilla de solución salada 1 y solución dulce 3
C4S2D1	Cama 4 con semilla de solución salada 2 y solución dulce 1
C5S2D2	Cama 5 con semilla de solución salada 2 y solución dulce 2
C6S2D3	Cama 6 con semilla de solución salada 2 y solución dulce 3
C7S3D1	Cama 7 con semilla de solución salada 3 y solución dulce 1
C8S3D2	Cama 8 con semilla de solución salada 3 y solución dulce 2
C9S3D3	Cama 9 con semilla de solución salada 3 y solución dulce 3.
CENTROCESAL	Centro de Soluciones Analíticas Integrales
CESTTA	Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnología Ambiental
COOTAD	Código Orgánico de organización Territorial
D1	Solución dulce 1
D2	Solución dulce 2
D3	Solución dulce 3
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado.
P1S1D1	Pila 1 con semilla de solución salada 1 y solución dulce 1
P2S1D2	Pila 2 con semilla de solución salada 1 y solución dulce 2
P3S1D3	Pila 3 con semilla de solución salada 1 y solución dulce 3
P4S2D1	Pila 4 con semilla de solución salada 2 y solución dulce 1
P5S2D2	Pila 5 con semilla de solución salada 2 y solución dulce 2
P6S2D3	Pila 6 con semilla de solución salada 2 y solución dulce 3
P7S3D1	Pila 7 con semilla de solución salada 3 y solución dulce 1
P8S3D2	Pila 8 con semilla de solución salada 3 y solución dulce 2
P9S3D3	Pila 9 con semilla de solución salada 3 y solución dulce 3
S1	Solución salada 1
S1D1	Semilla de la solución salada 1 y solución dulce 1
S1D2	Semilla de la solución salada 1 y solución dulce 2
S1D3	Semilla de la solución salada 1 y solución dulce 3
S2	Solución salada 2
S2D1	Semilla de la solución salada 2 y solución dulce 1
S2D2	Semilla de la solución salada 2 y solución dulce 2

S2D3	Semilla de la solución salada 2 y solución dulce 3
S3	Solución salada 3
S3D1	Semilla de la solución salada 3 y solución dulce 1
S3D2	Semilla de la solución salada 3 y solución dulce 2
S3D3	Semilla de la solución salada 3 y solución dulce 3
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

RESUMEN:

El objetivo principal fue compostar residuos orgánicos provenientes de los mercados municipales de la ciudad de Macas, mediante la técnica de Takakura. Se realizaron controles del proceso de compostaje a través de diferentes pruebas de laboratorio, determinando la calidad del compost a través de diferentes parámetros físicos-químicos, químicos y biológicos. En este estudio se realizó la semilla Takakura elaborada a partir de una solución salada, una solución dulce, hojarasca, harina y aserrín, donde se variaron las concentraciones de sal y azúcar al 60%, 100% y 140%, formando 9 semillas con diferentes concentraciones. Se realizaron 9 camas y 9 pilas, donde las camas contenían 500Kg de residuos, 1000 Kg de semilla, 27,54 Kg de aserrín y las pilas 1000 Kg. Se caracterizaron los sustratos y líquidos iniciales con análisis de: Materia orgánica (MO), Conductividad eléctrica (CE), Relación Carbono/Nitrógeno (C/N), macronutrientes y micronutrientes. En el proceso de compostaje se controló la temperatura, pH y humedad. Se realizaron 8 muestreos con un total de 144 muestras donde se analizaron varios parámetros tales como: pH, CE, IG, CIC y MO. En el compost final se analizaron: metales pesados, macro y micronutrientes, propiedades físicas del compost y relación C/N. Los principales mostraron una reducción de la MO y la temperatura mayor a 55 °C por más de 2 semanas garantizando la higienización del producto. La relación C/N bajó a los rangos permitidos ($C/N < 20$) y los metales pesados estuvieron dentro de la norma, clasificando al compost en clase A siendo apto para la agricultura. En conclusión, todos los tratamientos tuvieron C/N, IG, MO y metales pesados dentro de las normas internacionales siendo el mejor tratamiento el C3-S1D3, en cantidades adecuadas a la semilla Takakura.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGÍA>, <COMPOSTAJE> <RESIDUOS ORGÁNICOS>
<MERCADOS MUNICIPALES> <TAKAKURA (TÉCNICA)> <CALIDAD DEL
COMPOSTAJE> <MORONA (CANTÓN)>

ABSTRACT

The main objective was to compost organic waste from the municipal markets of Macas city, using the Takakura technique. Controls of the composting process were carried out through different laboratory tests, determining the quality of the compost through different physical-chemical, chemical and biological parameters. In this study, the Takakura seed was elaborated from a salty solution, a sweet solution, leaf litter, flour and sawdust, where salt and sugar concentrations were varied to 60%, 100% and 140%, forming 9 seeds with different concentrations. 9 terraces and 9 hills were made, where the terraces contained 500Kg of waste, 1000 Kg of seed, 27.54 Kg of sawdust and the hills 1000 Kg. The substrates and initial liquids were characterized with analysis of: Organic matter (OM), Electrical conductivity (CE), Carbon / Nitrogen relation (C/N), macronutrients and micronutrients. In the composting process temperature, pH and humidity were controlled. 8 samplings were made with a total of 144 samples where several parameters were analyzed such as: pH, CE, IG, CIC and MO. In the final compost it was analyzed: heavy metals, macro and micronutrients, physical properties of the compost and C / N relation. The main ones showed a reduction of the MO and the temperature higher than 55°C for more than 2 weeks, guaranteeing the sanitization of the product. The C / N relation fell to the allowed ranges (C/N <20) and the heavy metals were within the norm, classifying the compost in class A being suitable for agriculture. In conclusion, all the treatments had C / N, IG, MO and heavy metals within the international standards, being C3-S1D3 the best treatment, in adequate amounts to the Takakura seed.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <COMPOSTING> <ORGANIC WASTE>
<MUNICIPAL MARKETS> <TAKAKURA (TECHNIQUE)> <COMPOSTING
QUALITY> <MORONA (CANTON)>

INTRODUCCIÓN

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La ciudad de Macas según el censo de población y vivienda del año 2010 posee 19176 habitantes, con una tasa de crecimiento de 3,45%, (INEC, 2010). Hoy en día en la ciudad de Macas se genera gran cantidad de residuos, estos pueden ser orgánicos (provenientes de mercados y del hogar como cascara de tubérculos, frutas, huevos, vegetales, etc.), inorgánicos (procedentes de procesos industrializados como plásticos, cauchos etc.) e infecciosos (procedentes de hospitales, clínicas de salud y subcentros como jeringas) (Olvera, 2012, p.12).

El Departamento de Gestión de Residuos Sólidos del GADMM se encarga de realizar la debida recolección de los residuos orgánicos los días lunes, miércoles y viernes. Los residuos orgánicos generados en los mercados son recolectados de lunes a sábados por la gran cantidad que representan.

Según el Ing. Iván Crespo, Encargado del Departamento de Gestión de Residuos Sólidos del GADMM, el casco urbano de la ciudad de Macas diariamente produce una cantidad aproximada de 20 toneladas de residuos, tanto orgánicos como inorgánicos. De igual manera se posee un dato aproximado de residuos provenientes de los mercados que corresponde a 2 toneladas.

Actualmente, en el Relleno Sanitario de Macas se da un tratamiento a los residuos orgánicos provenientes de la recolección de los mercados mediante la utilización del método Takakura; el mismo que consiste en la conversión de basura orgánica a abono orgánico empleando soluciones salada, dulce y microorganismos; cabe resaltar que la basura orgánica provenientes de fuentes domiciliarias no es aprovechada en esta técnica pues la falta de cultura de la población en cuanto a la clasificación de la basura impide su uso (Jica, 2010, p.12).

Se ha seleccionado este tema de estudio pues en el relleno Sanitario de Macas se realiza el abono Takakura, pero de una manera empírica es decir no existen estudios científicos previos a gran escala dentro del país, solo existe información de un método artesanal domiciliario, a más de ello, no existen investigaciones, proyectos técnicos y estudios que respalden si se está realizando de una manera adecuada el respectivo procedimiento y si los resultados obtenidos son satisfactorios. Esto genera inconformidad en el GADMM ya que no cuenta con la información necesaria para comercializar su producto.

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La ciudad de Macas se encuentra ubicada en el cantón Morona en la provincia de Morona Santiago en la región Amazónica a una altura de 1020m a nivel del mar. El clima de Macas es cálido-húmedo con temperaturas elevadas durante todo el año, debido a la poca altitud de la zona. Según el INEC, la población de Macas es 41,155 hab. En la actualidad la tasa de crecimiento poblacional es de 2,8% lo cual genera una mayor demanda de consumo de productos (Olvera, 2012, p.4).

Macas tiene 2 mercados municipales: El mercado de La Unión se encuentra ubicado en el barrio la Unión y el mercado Central en el barrio centro de la ciudad. En estos mercados se genera residuos de hortalizas, frutas, cereales, verduras, granos y carnes (porcina, res, avícola y cardumen). En los mercados municipales de la ciudad se generan grandes cantidades de residuos, los cuales son llevados al relleno sanitario de la ciudad donde son sometidos a un tratamiento de compostaje llamado Takakura. Este método se lo realiza de una manera empírica es decir no existen estudios previos acerca de cómo realizar el compost en la ciudad, ni análisis calidad que determinen que el compostaje se está realizando de la mejor manera posible. Tampoco existen datos previos acerca de cómo se controla el compostaje en todas sus etapas. Por esta razón se ve la necesidad de realizar un estudio experimental en donde se varíe algunas concentraciones de sal y azúcar para mejorar la calidad del compost. También se realizará el mismo proceso, pero en pilas volteadas.

La gestión integral de residuos sólidos es de vital importancia para cualquier municipalidad de todos los países, pero bajo estrictas leyes y reglamentos vigentes y confiables. A continuación, se enuncian artículos que mencionan como se debe llevar acabo la gestión de residuos.

El objetivo del estudio de la gestión de residuos es proporcionar la información de antecedentes completos y posibles propuestas técnicas sobre criterios de fin de residuo para residuos biodegradables sujetos a tratamiento biológico, indicando que existen diferentes formas de tratamiento (biológico) para los residuos biodegradables y biodegradables, pero el compostaje y la digestión representan la gran mayoría de los procesos utilizados (Martínez, 2005, p.45).

El manejo de los residuos sólidos en todo el país será responsabilidad de los municipios, de acuerdo a la Ley de Régimen Municipal Y el código de salud. Los municipios o individuos responsables del servicio de aseo, de conformidad con las normas administrativas correspondientes podrán contratar o conceder a otras entidades las actividades de servicio (TULSMA LIBROVI, 2010, p.437)

Según el Art 16 de la Ordenanza Municipal que regula la Gestión Integral de los desechos sólidos en el cantón Morona, la recolección de los residuos sólidos en mercados se realizara con la frecuencia que determine la Unidad de Desechos Sólidos. Se indicará el horario de recolección. Por lo tanto, queda negado arrojar residuos en los interiores y exteriores del mercado. Todo dueño tiene el deber de conservar en perfecto estado el aseo de su local, así como tener sus propios tachos de basura. Los responsables del mercado cuidarán de las instalaciones, en caso de incumplimiento se castigará de acuerdo a la ordenanza de sanciones por contravenciones municipales (GADMM, 2016, p.11).

Se han realizado algunos estudios en relación a este tema de titulación, tales como. “El compostaje de Residuos Sólidos Orgánicos. Aplicación de técnicas Respirometricos en el Proceso”, cuyo objetivo fue estudiar el proceso del compost y el co-compost en el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos mediante la utilización de técnicas respirometricos utilizando los siguientes residuos: a) Lodos de EDAR frescos y lodos de la industria papelera. b) residuos de pelo provenientes de la industria del curtido. c) Residuos cárnicos. d) RSU recogidos en masa bio-estabilizados en una instalación de tratamiento mecánico biológico obteniendo un compost de buena calidad (Barrera, 2006, p.2).

En Managua, se realizó una investigación que trata sobre el efecto de los residuos vegetales y animales en las características físicas y químicas del compost donde se van a evaluar diferentes materiales orgánicos como (abono verde más cascarilla de arroz, basuras verde más cascarillas de arroz y residuos de comedor) aportando al compost propiedades físicas y químicas que mejoran su calidad (Rojas y Zeledón, 2007: p.6).

Se realizó un proyecto de tesis relacionado con la producción de 4 tipos de bio-abonos para fertilizar los pastos, el cual consistía en la evaluación de cuatro bio-abonos como el Bocashi, compost, te de estiércol y biol. En la última fase de compostaje los abonos mostraron buenos resultados en potencial hidrogeno, nutrientes, materia orgánica y relación carbono nitrógeno (Vásquez, 2008, p.12).

En la Provincia de Carchi- Ecuador se realizó un estudio para la elaboración de un compost de buena calidad, usando desechos orgánicos de un centro de faenamamiento que tiene como fin, evaluar mezclas de residuos como (contenido ruminal más sangre) que se producen ahí mismo aprovechando sus nutrientes (Eche, 2013, p.13).

Se realizó un proyecto para comparar los desechos azucareros provenientes de un Ingenio azucarero con el fin de elaborar un compost utilizando los siguientes residuos: bagazo, cachaza, vinaza y ceniza. Se hicieron 3 combinaciones, obteniendo valores significativos de relación carbono nitrógeno (Gordillo, 2010, p.10).

Se realizó un proyecto de tesis relacionado con el compostaje domiciliario, realizado en la provincia de Córdova, que tenía como principal objetivo la reducción la generación de los residuos e implementar la técnica de compostaje en la provincia (Suárez, 2012, p.10)

JUSTIFICACIÓN

El GADMM está realizando actualmente la gestión de los residuos que se producen en la ciudad de Macas. Esta gestión consiste en la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los mismos. La recolección se realiza por separado tanto orgánicos, inorgánicos e infecciosos. El transporte de los residuos se efectúa con los vehículos recolectores, estos deben ser impermeables para evitar el derrame de lixiviados, a su vez, el tratamiento de los residuos orgánicos se lo realiza empleando el método Takakura y la disposición final se da en plataformas de confinamiento que posteriormente son cubiertas con suelo.

Según el Art 246 de la de la Constitución de la República del Ecuador vigente, los gobiernos municipales se encargarán de “Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley”. En ese contexto es de vital importancia que el GADMM preste especial atención al tratamiento de los residuos orgánicos generados por los pobladores.

Por lo que el motivo de la presente investigación tiene por finalidad identificar las correctas concentraciones de solución salada y solución dulce que contiene la semilla para que el proceso de compostaje se realice de la mejor manera. Así mismo en esta investigación realizara un control del proceso de compostaje a través de diferentes pruebas de laboratorio y se determinara la calidad del abono orgánico obtenido a través de diferentes parámetros físico químicos, químicos y biológicos

Igualmente se logrará satisfacer la necesidad del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Morona de contar con una adecuada guía de consulta referida a la elaboración de este abono, la misma que podrá ser de gran utilidad para la optimización de recursos invertidos, entre ellos:

tiempo, dinero, mano de obra etc. Por otro lado, este estudio permitirá evidenciar la evolución del abono Takakura llevando registros y análisis de forma periódica y ordenada.

Es primordial puntualizar que dentro de la Provincia y por ende del Cantón no existía antecedentes de la elaboración del abono en estudio a nivel, tan solo se mantienen registros nivel domiciliar. Por todo lo mencionado, se justifica la necesidad de la elaboración de la presente investigación contribuyendo al manejo de procedimientos requeridos para una Gestión Integral de Residuos Sólidos Orgánicos en el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Morona.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

Objetivo general:

Elaborar compost utilizando los residuos orgánicos provenientes de los mercados municipales de la ciudad de Macas, aplicando el método Takakura.

Objetivos específicos:

- Preparar la semilla Takakura con la que se inicia el proceso de elaboración del compost
- Realizar un control del proceso de compostaje a través de diferentes pruebas de laboratorio.
- Determinar la calidad del abono orgánico obtenido a través de diferentes parámetros físico-químicos, químicos y biológicos para recuperación de suelos.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL:

1.1. Generación de residuos sólidos a nivel mundial:

En 1992 se generó 720 millones de toneladas de basura a nivel mundial donde, 280 millones son de países en vías de desarrollo con un promedio que varía entre 0,5 a 1,2 Kg/hab/día y 444° mil millones pertenecen a países desarrollados con un promedio entre 2,5 y 3,0 Kg/hab/día. La generación per cápita en Europa es de 513 kilos de residuos donde solo se recicla el 24%. En América Latina la producción per cápita de basura se duplicó en los últimos treinta años, alcanzando de medio a 1 kilo diario /persona, y peor aún, con participación creciente de materiales no degradables como tóxicos. En Estados Unidos se generan aproximadamente 750 kilos de basura, en el año/persona, y 400 kilos de basura en el año/persona se genera en Japón. En España, se producen 1.59 kilos/persona/día que dan lugar a 580.35 kg/año, habiéndose constatado que para el año 2006, la generación en la Península Ibérica fue de 585 kilos / año (Yauli, 2011, p.11).

1.2. Gestión ambiental de los residuos a nivel mundial.

A nivel mundial, especialmente en las ciudades grandes, se presentan problemas en el manejo de los residuos sólidos por las altas cantidades de residuos sólidos producidos por la población; cuando la gestión y el manejo de estos residuos no es lo adecuado, puede afectar la salud de las personas y a la contaminación del ambiente. Las personas de todas las ciudades debido a su calidad de vida cada vez generan más residuos sin importarles donde se depositarán estos. La gestión integral de los residuos de cada municipio depende de las características del entorno y los recursos económicos que se dispone (Sáez y Urdaneta, 2014, p.121).

1.3. Generación de residuos sólidos en Ecuador.

La generación de desechos en el país es de 4.139,512 millones de toneladas métricas al año, estimándose que para los próximos años suban a 5.546,921 millones de toneladas métricas anuales. Actualmente existe una producción per cápita de 0,74 Kg (Ministerio del Ambiente, 2016, p.18).

La costumbre de la población es primitiva ya que desconocen lo que los residuos sólidos pueden provocar al ambiente y sin pensarlo arrojan basuras a los ríos, calles, quebradas y mares destruyendo la biodiversidad de especies que existen en estos ecosistemas. El 70% de población bota los residuos sólidos a cielo abierto; el 15% en los ríos y un 9% la incinera (Yauli, 2011, p.13).

1.4. Gestión ambiental de los residuos sólidos en Ecuador.

Hoy en día las ciudades del Ecuador no cuentan con rellenos sanitarios donde se den un adecuado tratamiento a los residuos. Son pocas las que disponen de un relleno donde se dé una correcta gestión y manejo de los desechos generados por la población. Gran cantidad son botaderos a cielo abierto donde existen malos olores, proliferación de vectores y plagas (Yauli, 2011, p.12).

La población del Ecuador se estima en unos 14 millones, con un 64% a nivel urbano y el resto en las áreas rurales. La gestión y manejo de los residuos sólidos en Ecuador, establece que más de 6 millones de la población que equivale a un 49,10%, cuenta con cobertura y aseo que incluye a menos de 415.000 habitantes que se asientan en el medio rural (Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud, 2002: p.2).

1.5. Gestión de los residuos sólidos en la ciudad de Macas:

Según la Ordenanza que Regula la Implementación, Organización, Administración y Ejecución de la Gestión Integral de Desechos Sólidos en el Cantón Morona (2016, pp.16-21) Macas realiza las siguientes actividades para la gestión de los residuos sólidos:

1.5.1. Campañas de concientización:

Desde el año 2013 el departamento de gestión de residuos sólidos de GAD del Cantón Morona realiza campañas de concientización, en escuelas, colegios, parroquias, para la correcta clasificación de los residuos. Además de una campaña de recuperación de pilas y baterías para posterior encapsulamiento.

1.5.2. Barrido:

El barrido se realiza únicamente en la ciudad de Macas mediante el diseño de ruta fija, empleando el método de vereda-calzada para ello se han contratado 13 personas encargadas de recorrer una ruta de aproximadamente 2,5 km, en un horario de: 2h30-5h30.

1.5.3. Recolección:

La recolección se realiza de forma diferenciada, siendo separados los desechos hospitalarios de los domésticos. Los desechos domésticos se recolectan en diferentes días, clasificando Inorgánicos y Orgánicos. Para la recolección de desechos domésticos el GAD Municipal ha contratado a la empresa CEDERESO. La frecuencia de recolección en la zona urbana es diaria, Para la recolección se emplea el método de vereda y doble peine.

1.5.4. Transporte:

Para el transporte de residuos sólidos se emplean cuatro Vehículos recolectores, dos para el área urbana y dos para el área rural, los mismos que deben ser herméticos para evitar lixiviados y proliferación de malos olores.

1.5.5. Tratamiento:

Se da mediante el compostaje Takakura.

1.5.6. Disposición final:

Se emplea una capa de suelo local que cubre los desechos en la plataforma de confinamiento, este proceso se realiza cada 15 días, con 30 cm de suelo. Las plataformas de confinamiento cuentan con geomembrana y canalización de lixiviados y chimeneas.

1.6. Residuos sólidos:

Son elementos que pueden estar en los diferentes estados de la materia que son producidos por distintas actividades de elaboración y consumo. Estos elementos son desechados debido a que ya no son útiles para la actividad principal que se está desarrollando. Estos desechos pueden ser inorgánicos (cauchos, plásticos) y orgánicos (residuos vegetales y animales) (Elías, 2012, p. 67).

1.6.1. Clasificación de residuos sólidos:

Los residuos sólidos se clasifican de muchas maneras. Estos pueden ser según el origen, de acuerdo al tipo de manejo y de acuerdo a su composición física (Rivera, 2009, pp: 36-38).

Tabla 1-1: Clasificación de los residuos sólidos.

DE ACUERDO A SU COMPOSICIÓN FÍSICA.	Orgánicos:	Son los desechos sólidos que proceden de la degradación de los seres vivos como plantas, animales, y microorganismos. Son los que se van a descomponer en un corto periodo de tiempo debido a su alta capacidad de descomposición.
	Inorgánicos:	Son desechos sólidos que preceden, no se degradan naturalmente como los plásticos, botellas, vidrios, cauchos y muchos más. Estos tardan muchos años en poder degradarse completamente
DE ACUERDO A SU ORIGEN.	Residenciales domésticos.	Son los desechos provenientes de las actividades realizadas por el ser humano dentro del hogar. Pueden ser orgánicos e inorgánicos. Estos tienen un alto contenido de materia Orgánica.
	Comerciales	Son desechos sólidos que se producen en almacenes, establecimientos donde la gente ofrece productos de venta al cliente. Estos desechos pueden ser cartones, plásticos y materia orgánica. Se clasifican en comerciales de alimentos y plazas de mercado.
	Industriales	Son desechos generados por la actividad de producir objetos, y elementos que van a ser utilizados por el ser humano. El tipo y composición de residuo va a depender de la actividad de cada industria.
	Institucional	Son procedentes de la actividad realizada en establecimientos educativos, políticos, militares, públicos y marítimos. Pueden ser cartones, plásticos y materia orgánica.
	Especiales.	Son los generados en espectáculos especiales como partidos de futbol, conciertos y fiestas. Pueden ser plásticos, cartones y materia orgánica.
	Barrido de calles	Son los producidos por la actividad de limpieza de las calles y aceras.
	Lugares públicos	Son los procedentes de la limpieza de lugares recreativos como parques. Estos tienen alto contenido de papel y cartón
	Residuo peligroso.	Son los residuos difíciles de manejar. Para poder manejarlos se necesita mucha precaución
DE ACUERDO AL TIPO DE MANEJO		

		y conocimiento. Son provenientes de centros de salud, de minas de elementos tóxicos, de lugares radioactivos. Estos pueden generar daño a la salud o incluso la muerte.
	Residuo inerte.	Son los que no producen daño al ambiente ni a los seres vivos. Son estables durante todo el tiempo que tarde en degradarse.

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

Fuente: (Rivera, 2009, pp:36-38).

1.7. Producción per cápita:

La producción per cápita nos da a conocer la cantidad de residuos sólidos que se puede producir en un día. Esta va depender de la cantidad de población y de las actividades o hábitos que tengan cada habitante de una comunidad o ciudad (Freire, 2015, p.26).

Es la relación que existe entre la cantidad en peso de residuos sólidos recolectados y la población que cuenta con este servicio. Su fórmula es la siguiente:

$$PPC = \frac{\text{kg de residuos solidos recolectados al dia}}{\text{numero de habitantes por dia}}$$

(Ec. 1-1)

El resultado nos dará en kg/Persona/día (Freire, 2015 p.26).

1.8. Compostaje:

Es un tratamiento biológico que consiste en la degradación de la materia orgánica para obtener un producto estable libre de patógenos que posteriormente se puede aplicar al suelo para mejorar su composición. En el momento en el que se realiza el proceso, la temperatura sube drásticamente y al final la temperatura se estabiliza. Los microorganismos son los encargados de degradar la materia orgánica que se encuentra en la pila (Raquel, 2006, p.15).

El compostaje nos da un producto de buena calidad con macronutrientes y micronutrientes, que hacen que el suelo aumente sus nutrientes, para posteriormente beneficiar a las plantas y organismos que viven ahí (Raquel, 2006, p.15).

1.8.1. Sistemas de compostaje:

Hay una gran variedad de sistemas de compostaje, desde muy pequeños hasta sistemas con un alto grado de tecnología, que nos van a permitir utilizar una gran cantidad de residuos. El tipo o diseño del compostaje, depende del tiempo del proceso, del volumen que abarcan, del gasto energético y de la higiene de la planta de tratamiento de compostaje. El sistema de compostaje elegido será el que dé resultados de calidad, en un tiempo aceptable libre de patógenos (Tortosa, 2010, p.1).

Los sistemas de compostaje de manera general, se clasifican en abiertos y cerrados. El sistema de compostaje abierto es al aire libre en cambio, el sistema de compostaje cerrado es el que se realiza en un medio controlado, se puede manipular la aireación, es el más costoso en implementos y en el mantenimiento las instalaciones (Tortosa, 2010, p.1).

Tabla 2-1: Sistemas de compostaje.

SISTEMAS ABIERTOS	Pila móvil	Volteo mecánico. Permite la aireación.
	Pila estática	Sin volteo mecánico. La oxigenación se hace inyectando aire por succión o mezcla
SISTEMAS CERRADOS	Reactores horizontales	Continuos. Discontinuos.
	Reactores verticales	Estáticos. Rotación

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018.

Fuente: (Tortosa, 2010, p.1).

1.8.1.1. Sistemas abiertos:

Son los más utilizados debido a su fácil diseño y a la utilización de recursos económicos bajos. Pueden estar al aire libre o también con un techo que los protege de la lluvia y el sol. Consisten en colocar los residuos en montones o pilas. Los dos sistemas fundamentales son los de pila móvil y los de pila estática (Tortosa, 2010, p.1).

a. Sistemas de pila móvil:

Los sistemas de pila móvil también son llamados de volteo mecánico. Este necesita mayor espacio debido a que se mueve la masa durante los volteos. El proceso de compostaje progresa más lentamente que los de ventilación. El control de la temperatura no es seguro, son menos efectivos que los estáticos en la destrucción de los patógenos, debido a los volteos constantes realizados ya que se reinicula los microorganismos presentes en toda la pila (Tortosa, 2010, p.1).

Mejora sustancialmente la mezcla del residuo con los otros componentes en la pila, también homogeniza los materiales distribuyéndolos adecuadamente. Reduce el tamaño de la partícula. Las pérdidas de agua son bajas (Tortosa, 2010, p.1).



Figura 1-1: Volteo mecánico

Fuente: (Tortosa, 2010, p.1).

b. Sistema de pila estática:

El sistema de pila estática es conocido también como ventilación forzada. Se forma la pila, pero esta se va a quedar en ese mismo sitio sin moverse. Para poder airear la pila se lo hace a presión, mediante un método llamado Beltsville, este sistema de aireación opera a temperaturas elevadas reduciendo la capacidad de degradación, por este motivo se introdujo el método Rutgers que actúa en el momento en que la temperatura aumenta y mediante un sistema que airea toda la pila, evitando de esta manera la destrucción de una parte de la población microbiana Este método de

compostaje tiene una falta de homogenización de los materiales que se encuentran en la pila, además tiene pérdida de porosidad. Esto se produce por la falta de volteo (Tortosa, 2010, p.1).



Figura 2-1: Pila estática.

Fuente: (Tortosa, 2010, p.1).

Por este motivo en la actualidad se combinado los dos sistemas, el de volteo y ventilación forzada, para así juntar las características benéficas de los dos procesos y obtener un compostaje de calidad (Tortosa, 2010, p.1).

1.8.2. Sistemas cerrados:

Los sistemas cerrados son los menos utilizados debido a su alto costo de inversión y mantenimiento. Controlan de mejor manera las condiciones del proceso, también sus emisiones como el olor y reducen el tiempo en que demora el proceso de compostaje. Controlan los olores Los tipos fundamentales son los siguientes: reactores fundamentales, reactores estáticos, reactores horizontales y reactores verticales (Jiménez, 2015, pp.10-12).

a. Reactores verticales:

Los reactores verticales pueden ser continuos y discontinuos. Los continuos en los que el material residual va ser colocado una sola vez al inicio del proceso. Son cerrados herméticamente y aislados térmicamente. Los principales parámetros que indican el avance del proceso son la temperatura y las propiedades que tienen los gases que salen. El residuo en el tanque permanece 2 semanas (Jiménez, 2015, pp.10-12).

En los reactores verticales discontinuos los residuos son añadidos varias veces durante todo el proceso de compostaje. El material es cargado por la parte de arriba y de acuerdo avance el proceso son pasados a las secciones de más abajo. Se utiliza sistemas mecánicos para realizar los volteos. Para que se mantenga la humedad se utiliza el vapor contenido en los tanques (Jiménez, 2015, pp. 10-12)

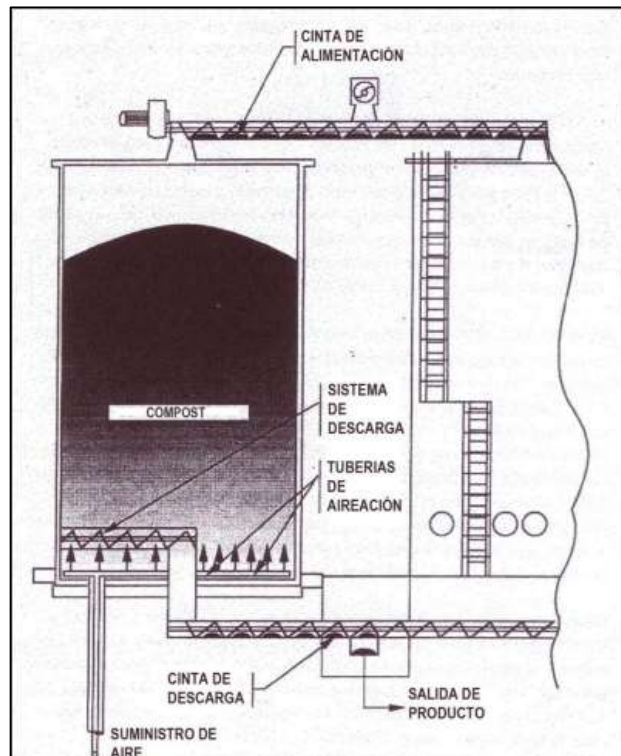


Figura 3-1: Sistema de pistón vertical

Fuente: (Porras, 2011, p. 13).

b. Reactores horizontales:

Los reactores horizontales pueden ser estáticos y dinámicos. Cuando es un sistema estático el residuo permanece aproximadamente entre 15 y 30 días. También los puede haber en túnel los

cuales tiene una forma rectangular que miden 4m de ancho y 5,5m de ancho (Jiménez, 2015, p.10-12).

En los reactores con sistemas dinámicos sustrato dura aproximadamente entre 15 a 21 días. Acaba el proceso, el material es extraído y vuelve a entrar nuevamente en el reactor. El material o sustrato es colocado por la parte superior como otros reactores, la aireación se da por un dispositivo controlado (Jiménez, 2015, p.10-12).



Figura 4-1: Sistemas cerrados. Reactores horizontales.

Fuente: (Plana, 2008, p.1).

1.8.3. Parámetros del compostaje:

Cuando se realiza un proceso de compostaje se debe realizar un control del proceso, para ello existen parámetros para ver como evoluciona el compost. Los parámetros más importantes son: humedad, aireación, pH, temperatura, y relación carbono nitrógeno (Román, et al., 2013: p.25).

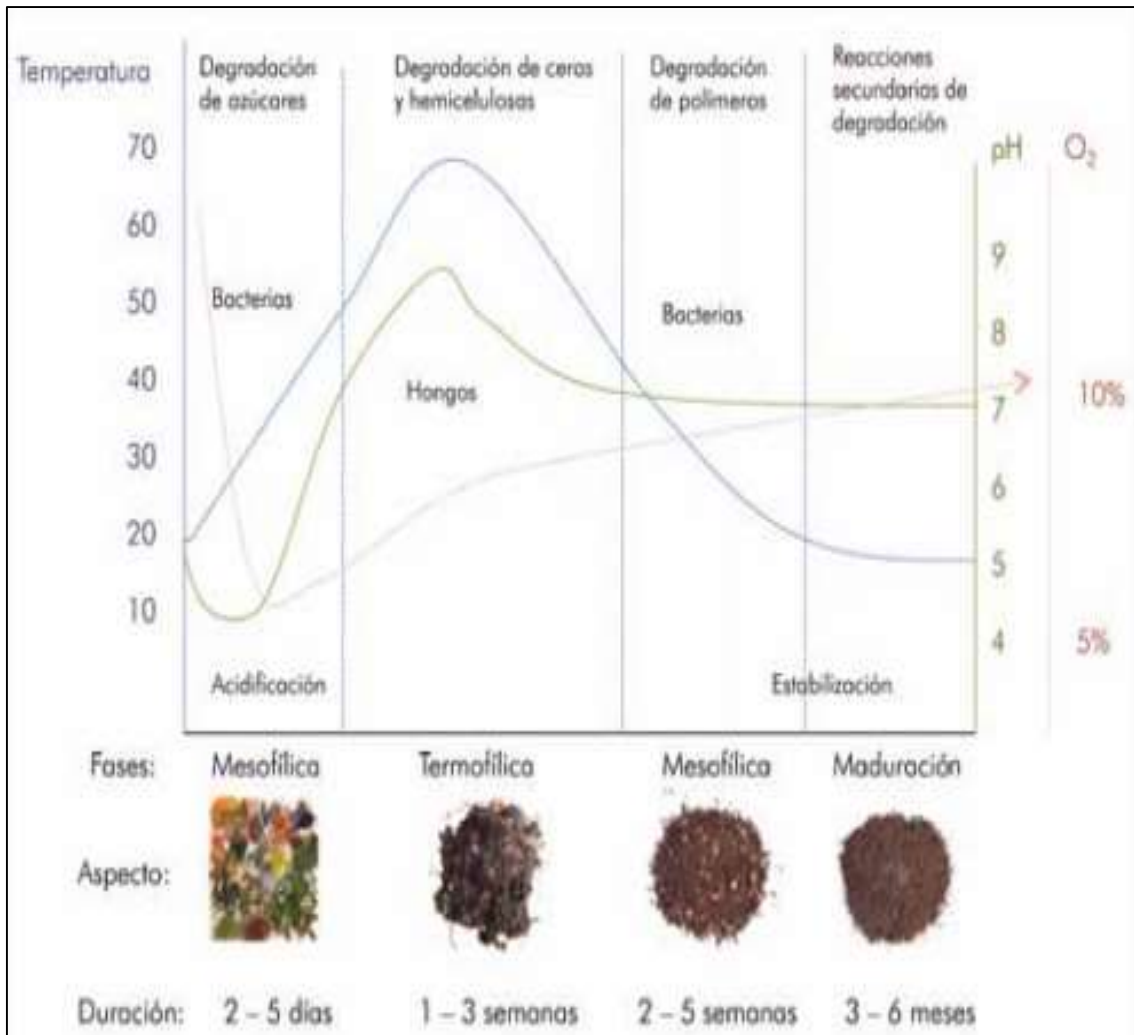


Figura 5-1: Comportamiento de parámetros en el compostaje.

Fuente: (Román, et al., 2013: p.25)

1.8.3.1. Humedad:

La humedad es un parámetro de mucha importancia en el proceso de compostaje ya que los microorganismos necesitan de agua para realizar sus necesidades fisiológicas, también porque sirve como medio de transporte para las sustancias solubles que sirven de alimento a las células (Román, et al., 2013: p.27).

La humedad de la pila no debe llenar totalmente los poros ya que por ahí ingresa el aire para la oxigenación y también porque el proceso debe realizarse en condiciones aerobias. La humedad adecuada se encuentra entre los 45% y 60%, menos del 45% la actividad microbiana baja y cuando la humedad supera el 60% obstaculiza la correcta oxigenación del compost (14) (Román et al., 2013: p.27).

Tabla 3-1: Porcentaje de humedad.

Porcentaje de humedad	Problema		Soluciones
<45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros).
45%-60% rango ideal			
>60%	Demasiada humedad.	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado, puede dar lugar a zonas anaerobias.	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas.

Fuente: (Román et al., 2013: p.27).

1.8.3.2. Aireación:

Para que el proceso de compostaje se vaya desarrollando adecuadamente, tiene que existir una correcta oxigenación ya que los microorganismos usados son aerobios. En la parte más externa de la pila existe mucho oxígeno de un (18 a 20%) casi como en el aire exterior, adentrándose más profundo el oxígeno va disminuyendo y a unos 60cm en el interior de la pila habrá entre 0.5% y 2% de este gas. Cuando más profundo es, va aumentando el dióxido de carbono (Román et al., 2013: pp.25-26).

Cuando la aireación es insuficiente provoca que los microorganismos aerobios sean reemplazados por los anaerobios, también se generan malos olores y la producción de sulfuro de hidrógeno. Cuando existe mucha ventilación baja la temperatura en las pilas haciendo que la actividad microbiana se reduzca y por lo tanto se vea influenciado en el tiempo de degradación de los residuos (Román et al., 2013: pp.25-26).

Tabla 4-1: Porcentaje de aireación de la pila

Aireación	Efecto		Solución
>15%	Mucha aireación	Temperaturas bajas y evaporación del agua.	Humedecer la pila, añadir materiales más pequeños.
5% al 15% adecuado			
<5 %	Poca aireación	Exceso de humedad, no existe evaporación del agua.	Volteos.

Fuente: (Román et al., 2013: pp.25-26).

1.8.3.3. Temperatura:

La temperatura es un parámetro que tiene una amplia variación en el proceso de compostaje. El compostaje inicia a una temperatura ambiente y va subiendo de acuerdo como avance el proceso. A mayor temperatura, más es la actividad de los microorganismos en la pila y por lo tanto existe una mayor degradación de los residuos. La temperatura puede llegar a un límite de 65 centígrados. También la temperatura es importante porque se da la higienización en el compost (Román et al., 2013., pp.28).

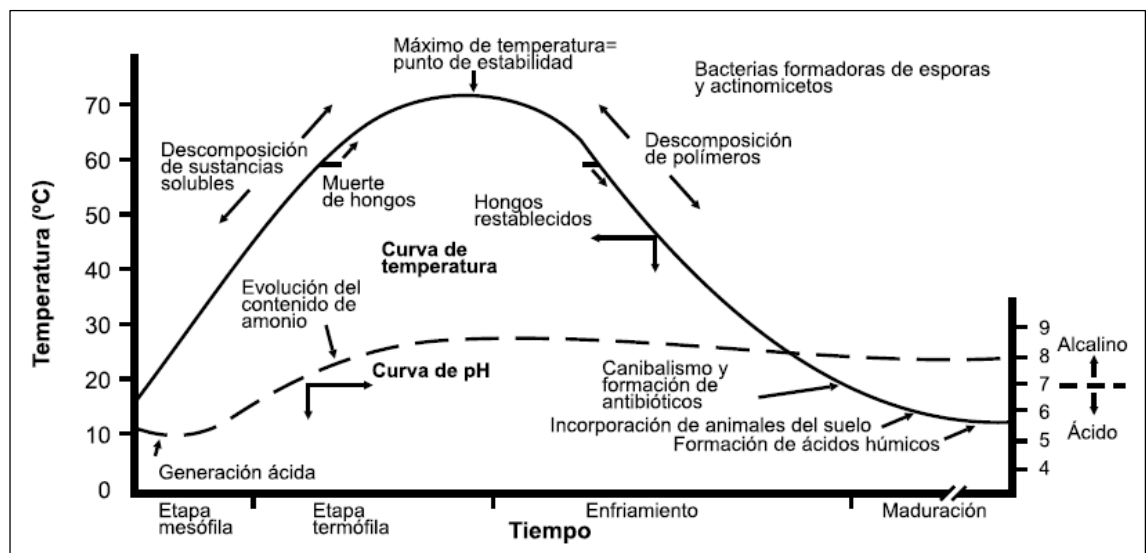


Figura 6-1: Curva de temperatura

Fuente: (Palmero, 2010, p.8).

1.8.3.4. pH:

El potencial hidrogeno en el proceso de compostaje inicia de forma acida, después pasa a básica y posteriormente se estabiliza casi llegando a valores cercanos al neutro. Este depende de los materiales de origen y cambia en cada fase del proceso de compostaje (4,5 a 8,5). El pH determina la supervivencia de algunos grupos de microorganismos (Román et al., 2013: p.29).

El pH va de 5.8 a 7.2. La actividad microbiana tiene un rango de pH de 6 a 7, 5 mientras que la mayor actividad fúngica va de 5,5 a 8 (Román et al., 2013: p.29).

1.8.3.5. Tamaño de la partícula:

El tamaño de la partícula es un parámetro importante ya que interviene en la actividad biológica y por ende afecta a la degradación de los residuos. Mientras más pequeño es el tamaño de la partícula mayor es el ataque de la actividad microbiana y mayor es la degradación del sustrato. Pero al ser demasiado pequeñas las partículas aumenta la fricción del material y como resultado obstaculiza el paso del oxígeno es decir afecta a la oxigenación. El Tamaño adecuado del sustrato al iniciar el proceso de compostaje es de 5 a 20 cm (Román et al., 2013: p.30).

Tabla 5-1: Tamaño de la partícula

Tamaño de la partícula	Efecto		Solución
<5 cm	Compactación	Se produce anaerobiosis debido a que las partículas son demasiado finas, lo cual hace que los poros se llenen de agua	Volteos
5 a 30 cm adecuado			
>30 cm	Mucha aireación.	Desaceleración del proceso y reducción de la temperatura debido a los materiales grandes	Colocar material más pequeño.

Fuente: (Román et al., 2013: p.30).

1.8.3.6. Relación carbono nitrógeno:

La relación carbono nitrógeno depende del material de partida. La relación carbono nitrógeno adecuada es de 15:1-35:1. Cuando es mayor a 35:1 existe gran cantidad de materiales con carbono lo cual hace que el proceso se enfríe y se haga lento. Cuando es menor 15:1 hay una mayor cantidad de materiales ricos en nitrógeno lo cual hace que el compostaje se caliente excesivamente y genera gran cantidad de malos olores (Román et al., 2013: p.29).

Cuando existe mayor cantidad de carbono la posible solución es la adición de materiales ricos en nitrógeno en cambio, cuando existe mayor cantidad de nitrógeno se debe adicionar materiales ricos en carbono como restos de poda, hojas secas y aserrín. (Román et al., 2013: p.29).

Tabla 6-1: Relación carbono nitrógeno.

C:N	CAUSAS		SOLUCION
<15:1	Mucho nitrógeno	Exceso de elementos mezclados de nitrógeno. Malos olores, temperaturas altas	Agregar elementos ricos en nitrógeno.
15:1 – 35:1 Adecuado			
>35:1	Demasiado carbono	Muchos elementos de carbono mezclados. Proceso lento y frío.	Poner elementos con carbono.

Fuente: (Román et al., 2013: p.29).

1.9. Parámetros para evaluar la calidad del compost:

Cuando se termina el proceso de compostaje es necesario evaluar calidad del compost, pero también es importante saber cómo se fue desarrollando desde un inicio. Existen un sinnúmero de métodos y técnicas que permiten analizar el proceso completo.

Para poder analizar la calidad del compost existen una gran cantidad de análisis que pueden ser químicos físicos, microbiológicos, test de germinación y crecimiento. No existe un método único estandarizado para determinar la calidad del compost (Bohórquez, 2013, p.30).

1.9.1. Métodos físicos:

1.9.1.1. Temperatura:

La temperatura es uno de los mejores parámetros que sirve para determinar cómo evoluciona el proceso del compostaje y como avanza la degradación de los residuos. Al aumentar la temperatura en el proceso de compostaje tiene dos efectos. El primer efecto es la aceleración en la descomposición de la materia orgánica y el segundo es eliminar las poblaciones de microorganismos patógenos. Además, la alta temperatura elimina las larvas de moscas (Rojas y Zeledón, 2007, p.10).

1.9.1.2. Olor:

En el proceso de compostaje el olor aparece por la presencia de los ácidos orgánicos de bajo peso molecular. El ácido que se encuentra en mayor cantidad es el acético y los que se encuentra en bajas cantidades son el ácido propanoico, butírico, valerico y caproico (Iglesias, 2014, p.12).

El olor aparece con mayor porcentaje a inicios del proceso de compostaje, también aparece en la fase termófila y desaparece cuando el compost va madurando. Cuando ya ha madurado completamente no presenta olores desagradables debido a que no existe la presencia de los ácidos orgánicos, el abono tiene los mismos olores que un suelo común (Iglesias, 2014, p.12).

1.9.1.3. Color:

El color sirve para determinar el grado de madurez del compost es decir mientras más se va oscureciendo el compost más maduro esta. El color al terminar el proceso de compostaje esta entre café oscuro y negro debido a la formación de agrupaciones de cromoforos (Iglesias, 2014, p.12).

1.9.2. Métodos químicos:

1.9.2.1. Carbono orgánico hidrosoluble:

Es un parámetro que evalúa la calidad y madurez del compost. Indica la cantidad de materia orgánica que está disponible en la pila de compostaje para los microorganismos. Cuando mayor sea la presencia de este parámetro mayor será la población de

microorganismos, esto ocurre cuando se inicia el proceso y cuando las temperaturas están en lo más alto. Cuando se estabiliza el carbono hidrosoluble el compost comienza a ser estable biológicamente y está cerca de la madurez (Tortosa, 2013, p.1).

1.9.2.2. Nitrógeno orgánico total:

Si se analiza el nitrógeno orgánico total se refiere a la totalidad de sus formas inorgánicas (nitrito, nitrato y amonio) e inorgánicas (proteínas, ácidos nucleicos y aminoácidos). Existen dos métodos para poder analizarlo los cuales son el método de Dumas y el de Kjeldahl. El primer método es por digestión húmeda y el segundo es por digestión seca (Tortosa, 2013, p.1).

1.9.2.3. Materia orgánica:

La materia orgánica en el compost va disminuyendo conforme avanza el proceso de compostaje. La materia orgánica en un compost tiene que ser superior al 40%. Ayuda a las propiedades del suelo tanto químicas, físicas y biológicas, así como a los ciclos geoquímicos. El Contenido de MO indica el avance del proceso y la madurez del compost (Soliva, 2011, p.11).

1.9.2.4. Relación carbono nitrógeno:

Se refiere a la materia orgánica que se encuentra estabilizada en un suelo. La relación carbono nitrógeno se calcula al dividir la cantidad de carbono con el contenido de nitrógeno orgánico. Se considera de importancia conocer la relación C/N al inicio para tener una idea de cómo es la velocidad del proceso y las pérdidas de nitrógeno (Soliva, 2011, p .12).

1.9.2.5. Densidad aparente:

La densidad aparente es un parámetro que se ve afectado por la humedad, por el contenido de MO y por el grado de descomposición. Es la relación que existe entre el peso del material y el volumen. Aumenta con el tiempo de compostaje por la mayor descomposición y la reducción de tamaño de las partículas. El compost presenta una densidad entre 400 y 700 kg. m³ (Acosta y Peralta, 2015: p.41).

1.9.2.6. Conductividad eléctrica:

La conductividad eléctrica se incrementa en el desarrollo del compostaje por el motivo de la mineralización de la materia orgánica lo que causa el crecimiento de los nutrientes. Los valores

tanto al inicio y al final del proceso de compostaje no deben superar los 3000 us/cm (Acosta y Peralta, 2015: p.42).

Se encuentra determinada por la naturaleza de los materiales de partida, amonio, nitrato y concentración de sales que se forman en el desarrollo del compostaje. Cuando existe demasiada humedad en la pila la conductividad eléctrica baja. Cuando se añade compost al suelo debe ser proporcional es decir no debe haber un exceso porque la presencia de sales perjudica la asimilación del agua (Acosta y Peralta, 2015: p.42).

1.9.2.7. Capacidad de intercambio catiónico:

Es la totalidad de los cationes que son absorbidos por la unidad de peso del compost. Da a conocer los cationes para las plantas y los que no son lixiviados. Al aumentar el pH se incrementa la capacidad de intercambio catiónico. La capacidad de intercambio catiónico también se incrementa con el proceso del compostaje debido a los cationes y a los grupos carboxílicos y fenólicos (Acosta y Peralta, 2015: p.42).

1.9.2.8. Iones

Los iones contribuyen a la salinidad del proceso de compostaje. La acumulación de estos al ser absorbidos por las plantas crea toxicidad afectando a la fotosíntesis, procesos fisiológicos y alterando el transporte de mineral y la absorción. Los más importantes son los cloruros, sulfatos, carbonatos y nitratos (López et al., 2014: p.215).

1.9.2.9. Contenidos de macronutrientes y micronutrientes:

Los análisis de estos parámetros sirven para determinar la calidad del compost. Estos pueden ser C, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn. Estos elementos al ser agregados al suelo van a ser absorbidos por las plantas y posteriormente pasara por toda una cadena trófica. Cuando el compost madura completamente tiene todos los macro elementos y micro elementos que el suelo necesita. Los macronutrientes aportan con los elementos más necesarios para las plantas en cambio los micronutrientes aportan con elementos poco necesarios para las plantas (Guerrero, 2005, p.10).

1.9.2.10. Metales pesados:

Los metales pesados en el compost hacen que baje la calidad del mismo y por ende el precio de dicho producto. Afecta al suelo y estos son absorbidos por las plantas que posteriormente llegaran

a los animales y el hombre. La cantidad de metales pesados en el compost varían del tipo de residuos que forman parte de él (Roca, 2015, p.1).

Es de vital importancia siempre hacer una caracterización de los residuos antes de empezar el proceso de compostaje ya que algunos elementos no orgánicos son los que contienen los metales pesados que deterioran la calidad. Por ejemplo, las pilas, son residuos que contienen metales pesados en su estructura. Hay ciertos cultivos orgánicos que tienen la capacidad de acumular metales pesados como el tomate y la lechuga (Roca, 2015, p.1).

Los elementos más peligrosos para los seres vivos son el Ni, Zn, As, Cd, Hg, Mo y Pb. El Cd es el metal que se encuentra en mayor cantidad por lo que hay que tener cuidado en que tierras hay que usarlo (Roca, 2015, p.1).

1.9.3. Test de germinación y crecimiento:

1.9.3.1. Test de germinación:

Esta técnica fue desarrollada por Franco Zucconi, por lo cual también se lo conoce como el método de Zucconi. Esta técnica evalúa el grado de madurez del compost y las propiedades fitotóxicas de los compuestos orgánicos. La prueba se basa en utilizar un extracto acuoso del compost para evaluar la germinación de las semillas. Las semillas más utilizadas son el berro. Se hace un blanco con agua destilada y se compara con los otros tratamientos para determinar el porcentaje de elongación de las semillas y su germinación. Si supera el 80% sirve para el uso agrícola (Tortosa, 2010, p.1).

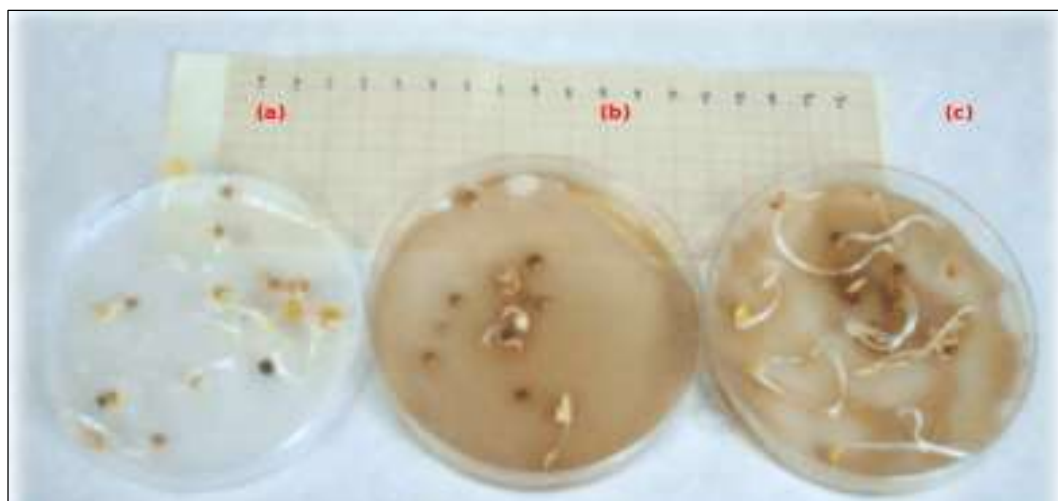


Figura 7-1: Índice de germinación

Fuente: (Tortosa, 2010, p.1).

1.9.3.2. Test de Crecimiento:

Sirve para analizar la calidad del compost utilizando algunas especies de semillas vegetales como cebada y maíz. Las semillas tienen que ser sensibles a compuestos fitotóxicos. También se puede determinar el grado de toxicidad que presenta el compost (Lima et al., 2014: p. 6).

Se utilizan recipientes de vidrio en los cuales se añade 250g de suelo y 250g de compost los cuales tienen que tener un diámetro de 10mm y bien humedecidos. Luego se añaden las semillas. El test es por duplicado (Lima et al., 2014: p. 6).

1.10. Etapas del proceso de compostaje:

En el desarrollo del proceso de compostaje existen diferentes etapas las cuales son: Etapa mesófila, etapa termófila, etapa de estabilización y etapa de maduración (Mayashiro, 2014, p.5).

1.10.1. Etapa mesófila:

La etapa mesófila empieza cuando las bacterias y los hongos se multiplican y comienzan a degradar los materiales como azúcares, proteínas, almidones y hemicelulosa haciendo que la temperatura suba a unos 40 centígrados. Al subir temperatura el pH comienza a bajar, las células vegetativas mueren y solo sobreviven esporas (Mayashiro, 2014, p.5).

1.10.2. Etapa termófila:

En la etapa termófila los microorganismos mesófilos mueren. La temperatura sube entre unos 60 y 70 centígrados. Al incrementarse la temperatura se produce la higienización del proceso, esto quiere decir que los microorganismos patógenos y larvas mueren. También se libera gran cantidad de CO₂ (Mayashiro, 2014, p.6).

1.10.3. Etapa de estabilización:

También se la conoce como etapa de enfriamiento. En esta etapa la temperatura comienza a descender debido a la falta de nutrientes. Las velocidades de degradación disminuyen y aparecen

nuevamente los microorganismos mesófilos, los cuales van alimentarse de los nutrientes más resistentes como la lignina y la celulosa (Mayashiro, 2014, p.6).

1.10.4. Etapa de maduración:

Es la última etapa del proceso de compostaje. En ella las bacterias desaparecen, se incrementa la población de los hongos, las propiedades químicas se estabilizan y no se realizan volteos porque el nivel de oxígeno baja. Cuando la temperatura de la pila está casi igual con la temperatura ambiental y la concentración del oxígeno esta entre un 10 a 15% por algunos días el compost está estabilizado y listo para usarse (Mayashiro, 2014, p.7).

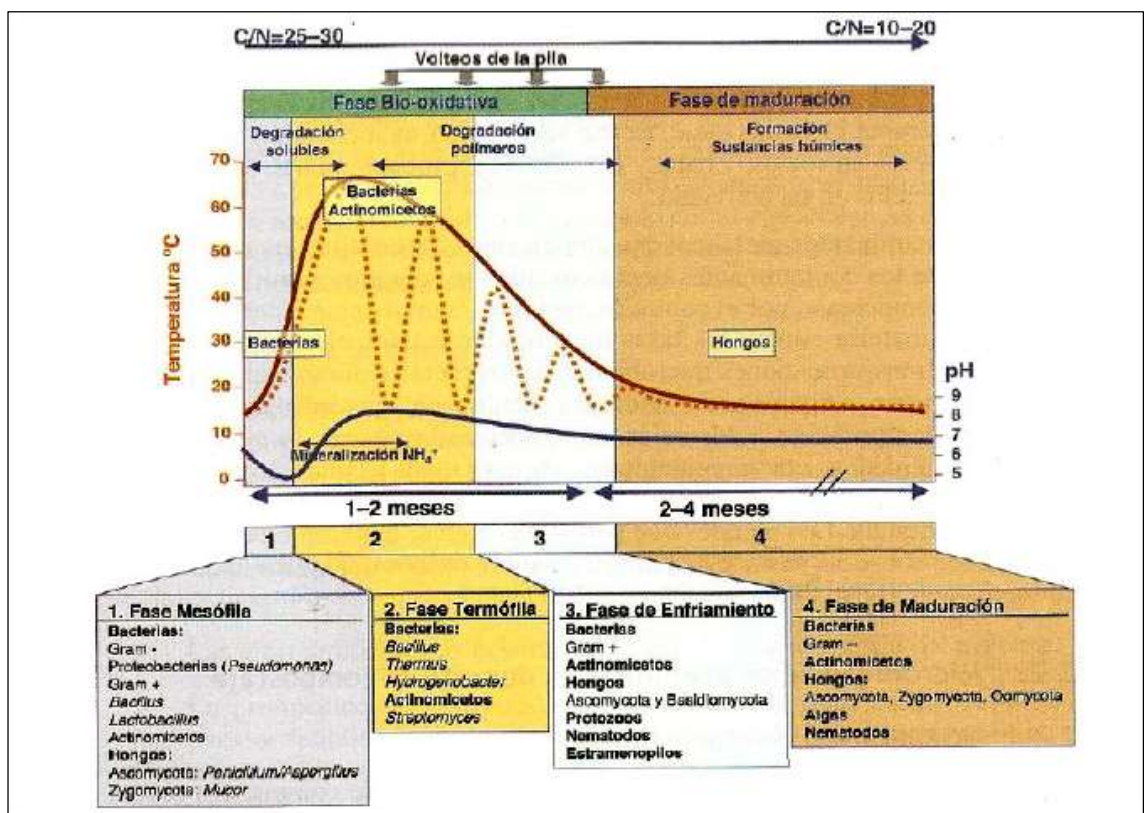


Figura 8-1: Etapas del proceso de compostaje

Fuente: (Acosta y Peralta, 2015: p.32).

1.11. Microorganismos que intervienen en el compostaje:

En el proceso de compostaje intervienen una gran variedad de microorganismos, van apareciendo en cada fase y desapareciendo a la vez ya que dependen de algunos factores para poder sobrevivir. Estos factores pueden ser la temperatura, humedad y pH. Los microorganismos que intervienen en el proceso son:

1.11.1. Bacterias:

Las bacterias son las que están en la mayoría de las fases de compostaje, solo comienzan a decrecer en la fase de maduración, constituyen desde el 80% al 90% de los organismos que se encuentran en un gramo de compost. Las bacterias que se encuentran más comúnmente en un proceso de compostaje son *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Actinomyces*. Los actinomicetos las cuales son bacterias filamentosas degradan compuestos orgánicos. Las bacterias termófilas se encargan de degradar las grasas lípidos y proteínas (Acosta y Peralta, 2015: pp.34-35).

1.11.2. Hongos:

Los hongos son los que van a ser predominantes en las etapas de enfriamiento y maduración, esto se produce por que los alimentos asimilables se han acabado. Los hongos más comunes son los *Zygomycetes*, *Ureidomycetes*, *Saccharomycetes*, *Basidiomycetes* y *Ascomycetes*. Se encargan de degradar compuestos complejos. Aparecen durante la fase termófila y mesófila. Si las temperaturas son muy altas están en la superficie de la pila (Acosta y Peralta, 2015: pp. 34-35).

1.11.3. Protozoos:

No son tan indispensables en el proceso de compostaje ya que hacen lo mismo que las bacterias, son considerados un consumidor de segundo grado porque se alimentan de bacterias y hongos. Se encuentran en las gotas de agua (Jiménez, 2015, p.32).

1.11.4. Actinomicetos:

Son bacterias filamentosas que se parecen a los hongos. En el proceso de compostaje se encargan de degradar materiales complejos como las proteínas, lignina, celulosa y quitina. Debido a las enzimas que contienen degradan elementos duros como troncos, cortezas, raíces, tallos y papeles. Algunas especies aparecen en la fase termófila y otras en la fase de enfriamiento. Estos organismos se extienden en tela de araña por toda la pila de compostaje (Mollinedo, 2009, p.16).

1.11.5. Microorganismos fermentadores:

Los microorganismos fermentadores son los que pueden ver a simple vista como los ácaros, lombrices, limacos, cochinillas y moscas. Se encargan de degradar la materia orgánica directamente (Jiménez, 2015, p.32).

Tabla 7-1: Organismos encontrados en el proceso de compostaje.

MICROORGANISMOS	CLASIFICACION
Bacterias	Hipomicrobiales
	Heterótrofas
	Eubacteriales.
	Pseudomonas
Actinomicetos	Actinomicetos
Hongos	Sifomicetos mixomicetos.
	Basidiomicetos
	Eumicetos o septomicetos, zigomicetos y mucorales
	Mixomicetales y acrasiales
	Entomoftorales ascomicetos, protoascomicetos y Euascomisetas.

Realizado por: RIVADENEIRA Juan, 2018

Fuente: (Mollinedo, 2009, p.16).

1.12. Técnicas de compostaje:

Existen diferentes técnicas de compostaje las cuales son las siguientes: Vermicompostaje, Bocashi y técnica Takakura.

1.12.1. Vermicompostaje:

Es un proceso de estabilización de la materia orgánica donde actúan las lombrices de tierra y los microorganismos obteniendo un producto de buena calidad, homogéneo y estabilizado que es muy cotizado en el mercado. Este método de compostaje utiliza la digestión de las lombrices para degradar la materia orgánica en un abono orgánico llamado vermicompost. Este compost mejora la calidad del suelo tanto en propiedades físicas, químicas y el drenaje. Es considerado como un mejorador de suelos, protege contra las plagas y organismos patógenos a las plantas, evita la degradación de suelos, enriquece de microorganismos al suelo. La lombriz que comúnmente se utiliza es la californiana (28) (Sánchez, 2017, p.5).



Figura 9-1: Ciclo de vida de la lombriz.

Fuente: (Pilar, Et al., 2013: pag.71).

1.12.2. *Bocashi:*

Es una técnica japonesa que resulta de la degradación de residuos animales y vegetales. Se le pueden añadir microorganismos para acelerar la capacidad de degradación de la materia orgánica. Es un proceso aeróbico, es muy beneficioso ya que aporta de nutrientes al suelo como fósforo, nitrógeno, potasio, hierro, magnesio, calcio, zinc, cobre, manganeso y boro, no es tóxico para los seres humanos, ambiente, fauna y diversidad de plantas. Mejora las condiciones físicas y químicas del suelo. No produce malos olores y llega a temperaturas entre los 45 y 50 °C. Si no se maneja de la forma adecuada el proceso puede que aparezcan patógenos. El proceso puede durar unas 2 semanas (Girón, et al., 2012: pp.16-17).

1.12.3. *Takakura*

El compost Takakura utiliza los microorganismos fermentados que se formaron inicialmente en soluciones dulces y saladas mezcladas con residuos orgánicos como animales y vegetales dando como resultado un compost rico en nutrientes que favorecen a la calidad del suelo y desarrollo de la planta. En este método intervienen gran cantidad de microorganismos como bacterias y hongos que ayudan a degradar la materia orgánica. Parámetros como la temperatura ayudan a eliminar los posibles patógenos que están en el proceso. Es económico debido a que los elementos utilizados son fáciles de conseguir (Takakura, 2010, p.12).



Figura 10-1: Pila de compost takakura.

Fuente: (Alcaldía de Loja, 2016, p.14).

1.13. Compost:

El compost es el resultado de la biodegradación aeróbica de la materia orgánica. El compost contiene en su estructura macronutrientes y micronutrientes los cuales van a enriquecer el suelo. También es considerado como recuperador de suelos el cual contiene elementos ricos en nutrientes. Los microorganismos presentes en el proceso de compostaje son los que se van a encargar de descomponer la materia orgánica (Porrás, 2011, p.9).

1.13.1. Clasificación del compost:

El compost se clasifica de acuerdo a la etapa en la que se encuentra. Los tipos de compost pueden ser: compost fresco, compost maduro compost curado.

1.13.1.1. Compost fresco:

Es el compost que ha pasado la etapa termófila y que aún no es lo suficientemente estable para agregarlo directamente al suelo ya que todavía se encuentra en una fase degradaría, ya que puede traer efectos no deseados. El tiempo que se mantuvo fue de 2 a 3 meses aproximadamente. Se distingue del compost maduro porque todavía hay materiales que faltan descomponer y sus altas temperaturas protegen a las plantas de la humedad y el crecimiento de malezas (Jiménez, 2015, p.33).

1.13.1.2. Compost maduro:

Es el resultado de todo el proceso de compostaje, es el que ha cumplido todas las fases. Dura de 5 a 6 meses aproximadamente. Es estable y contiene los nutrientes que son beneficiosas para las plantas y el suelo. No se recomienda añadirlo directamente sobre las raíces. Su color es oscuro, no presenta materiales que falten por descomponer excepto los materiales que son de difícil descomposición (Jiménez, 2015, p.33).

1.13.1.3. Compost curado:

Es un producto que ha alcanzado su estabilidad completa. Puede ser colocado directamente sobre las raíces. Toda la materia orgánica se ha mineralizado completamente (Jiménez, 2015, p.33).

1.13.2. Control sanitario del compost:

Un proceso de compostaje que no se ha realizado de la forma adecuada y no ha pasado por todas sus etapas, tiene el riesgo de ser contaminante para el ambiente y los seres vivos. Por eso se recomienda realizar este proceso de la manera más adecuada e higiénicamente posible (Trillas et al., 2014: p.26).

Existen gran cantidad microorganismos y hongos que son patógenos y que necesitan de temperaturas altas para ser eliminados, por esta razón el compost tiene que pasar por todas las etapas ya que cada una funciona con una temperatura distinta. Hay que tener en cuenta que un compost completamente maduro es el más adecuado (Trillas et al., 2014: p.26).

1.13.3. Calidad del compost:

El compost es un proceso donde interviene gran variedad de microorganismos los cuales actúan sobre el sustrato y o transforman en elementos ricos en nutrientes para el suelo. Existen algunos

parámetros que nos indican la calidad del compost, estos deben estar en los rangos que dicta la ley. Si es que se encuentra en dentro de estos rangos es considerado compost de calidad. Estos parámetros pueden ser físicos, químicos y biológicos (Soliva y López, 2004: p.5).

1.13.4. Usos del compost:

- Incrementan la acumulación de agua por el suelo para que las plantas soporten la sequía.
- Ayudan a la estabilización del suelo, modificando la porosidad para que exista una buena concentración de aire y humedad.
- Aporta gran cantidad de macronutrientes y micronutrientes al suelo.
- Mejoran la capacidad de los microorganismos los cuales se encargan del crecimiento de las plantas.
- Actúan como protector de las plantas contra plagas y enfermedades.
- Aumentan las cosechas de los productos (Gallardo, 2013, p.48).

Tabla 8-1: Usos en la agricultura

Uso	Cantidad de compost	Continuidad de aplicación	Como aplicar.
Praderas, pasto	3-6kg/m ²	1 vez por 2 años.	Botar sobre la superficie
Maíz, avena, trigo, centeno y cebada.	2-6kg/m ²	1 vez por 2 años.	Mezcla superficial de compost con tierra
Preparación de terreno	< a 15kg/m ²	1 vez por 2 años.	Mezcla de compost profundamente con el suelo.
Cultivo de legumbres zanahorias y papas.	3-5kg/m ²	1 vez por 2 años.	Mezcla superficial de compost con tierra

Realizado por: RIVADENEIRA Juan, 2018

Fuente: (Mollinedo, 2009, p.16).

1.14. Marco legal para residuos sólidos y compost:

En el siguiente cuadro se describe la legislación de la Gestión y manejo de los residuos sólidos en el Ecuador.

Tabla 9-1: Marco legal

CUERPO LEGAL	REGISTRO OFICIAL	ARTICULO/LITERAL
Constitución de la república del Ecuador.	R.O. No 449, 2008/10/20	14; 15; 72; 73; 264 numeral 4; 413; 414; 415
Ley Orgánica de Salud	Ley No. 64, R.O.S. 423, 2006/12/22	97; 98; 99; 100; 103; 104; 107; 259
Ley de Prevención y control de la Contaminación Ambiental	R.O. Suplemento 418, 2004/09/10	8; 11; 13; 14; 15; 2 literal a
Ley de Régimen Municipal		14 numeral 3a; 148 literal g;
COOTAD	R.O. 2010/10/15	55 literal d; 136; 137; 418 literal e; 431
Acuerdo Ministerial 061	R.O. Edición especial No.316,2015/05/04.	2; 47; 48; 49 literal a, b, e, f, i y j; 51; 52 literal b, c, f, g, h, i, k, l, m, t, u; 54 literal a, b, c, d; 55; 56; 57 literal a, b, c, d, e, f, h, i, j, k, l; 58; 59; 60 literal b, d, e, f, g, h; 61; 62; 63 literal a, b, c; 66 literal a, b, c, d, e; 67 literal a, d; 68; 73 literal a, c, d, e, f; 74; 75
Acuerdo Ministerial 026	R.O. Suplemento 334,2008/05/12	1; 2
Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Publicas		149; 150; 151
Ordenanza que Regula la Implementación, Organización, Administración y Ejecución de la Gestión Integral de los Desechos Sólidos en el Cantón Morona	R.O. No.277 del 24 de mayo del 2006.	1; 3; 7 literal a, f, i, j, l; 8; 9; 10; 11; 13; 14; 15; 16; 17 literal b, c, d, e, f, g y n; 18; 19; 20; 21, 22; 23 literal a, d, f y j; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 34; 35; 36; 40; 42; 47 literal b, d, e y g; 48 literal a, b, d, e; 49 literal d; 50 literal a y c; 51 literal a y c; 58; 63; 69 literal a, b y c; 70; literal a y b; 72; 73

Realizado por: RIVADENEIRA Juan, 2018

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO:

2.1. Diseño experimental:

2.1.1. Tipo y diseño de investigación:

La presente investigación del compostaje de residuos orgánicos provenientes de los mercados municipales de la ciudad de Macas, mediante la técnica Takakura fue de diseño experimental donde se estudiaron la cantidad de sal y la cantidad de azúcar con las que se elaboraron las soluciones salada y dulce. Fue un diseño factorial 3^2 donde se utilizó la anova de un factor y el Tukey b tanto para pilas y camas. Se realizó 9 camas con diferentes semillas y 9 pilas con diferentes semillas.

Tabla 1-2: Variación de porcentajes de las soluciones

% REF	SAL (g)		AZUCAR (g)	
60%	S1	7,50	D1	90,31
100%	S2	12,50	D2	150,52
140%	S3	17,51	D3	210,73

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

Tabla 2-2: Códigos de camas y pilas

CAMAS				PILAS			
TRAT	D1	D2	D3	TRAT	D1	D2	D3
S1	C-S1D1	C-S1D2	C-S1D3	S1	P-S1D1	P-S1D2	P-S1D3
S2	C-S2D1	C-S2D2	C-S2D3	S2	P-S2D1	P-S2D2	P-S2D3
S3	C-S3D1	C-S3D2	C-S3D3	S3	P-S3D1	P-S3D2	P-S3D3

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

2.1.2. Unidad de Análisis

La unidad experimental estará formada por 9 tratamientos en camas horizontales de 100 Kg y 9 tratamientos en pilas volteadas de 1 Tonelada por tratamiento, con un total de 18 tratamientos.

2.1.3. Población de estudio

La población de estudio será el Relleno Sanitario del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Morona Santiago.

2.1.4. Tamaño de la muestra

No se calcula el tamaño de la muestra, ya que se trabajará con todas las muestras obtenidas durante el desarrollo del experimento, considerando un total de 8 muestras por unidad experimental, con un total de 144 muestras durante el compostaje. Todas las muestras serán tomadas por triplicado para el respectivo análisis de laboratorio.

2.1.5. Selección de la muestra:

El método utilizado para la recolección de las muestras será el método del cuarteo tomando 7 sub-muestras de diferentes partes de las unidades experimentales, para al final tomar una sola muestra representativa de aproximadamente 1 kg para su respectivo análisis en el laboratorio.

2.1.6. Metodología:

2.1.7. Lugar de estudio:

2.1.7.1. Datos generales del cantón Morona:

Según el orden territorial de Ecuador la provincia de Morona Santiago y su cantón Morona se encuentran ubicados en la zona 6 donde también están las provincias de Azuay y Cañar.

Ubicación:

Macas se encuentra ubicada en el cantón Morona. Esta ciudad se encuentra localizada entre los meridianos 76°37' y 78°58' aproximadamente de longitud occidental y entre los paralelos 1°25' y 3° 54' al sur de la línea equinoccial.

Limites:

Norte: Pastaza.

Sur: Zamora Chinchipe.

Este: Perú.

Oeste: Tungurahua, Chimborazo, Cañar y Azuay.

División política:

- **Parroquias urbanas:** Proaño, Macas y Río Blanco.
- **Parroquias rurales:** 9 de octubre, Cuchaentza, San Isidro, Sevilla Don Bosco, Sinaí y Zuñac.

2.1.8. Unidad de estudio:**2.1.8.1. Ubicación geográfica:**

La investigación se realizó en el relleno sanitario de la ciudad de Macas ubicado en:

País: Ecuador

Provincia: Morona Santiago.

Cantón: Morona.

Dirección: ubicado en las siguientes coordenadas E 819003, N 9741583. Se encuentra entre el Río Úpano y el Río Jurumbaino, la vía de acceso tiene una longitud de 0,7 km desde la Avenida 29 de mayo. Tiene un área de 12,1 hectáreas.



Figura 1-2: Mapa del Relleno Sanitario de la Ciudad de Macas.
Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018.

2.1.9. Metodología de elaboración del compost:

2.1.9.1. Elaboración del compost Takakura:

Para la elaboración del compost takakura se debe seguir una serie de pasos los cuales son los siguientes: elaboración de las semillas, e implantación de la cama. En la elaboración del compost se utilizará los siguientes códigos.

Tabla 3-2: Códigos de compostaje:

Código	Significado
D1	Solución dulce 1
D2	Solución dulce 2
D3	Solución dulce 3
S1	Solución salada 1
S2	Solución salada 2
S3	Solución salada 3
S1D1	Semilla de la solución salada 1 y solución dulce 1
S1D2	Semilla de la solución salada 1 y solución dulce 2
S1D3	Semilla de la solución salada 1 y solución dulce 3

S2D1	Semilla de la solución salada 2 y solución dulce 1
S2D2	Semilla de la solución salada 2 y solución dulce 2
S2D3	Semilla de la solución salada 2 y solución dulce 3
S3D1	Semilla de la solución salada 3 y solución dulce 1
S3D2	Semilla de la solución salada 3 y solución dulce 2
S3D3	Semilla de la solución salada 3 y solución dulce 3
C1S1D1	Cama 1 con semilla de solución salada 1 y solución dulce 1
C2S1D2	Cama 2 con semilla de solución salada 1 y solución dulce 2
C3S1D3	Cama 3 con semilla de solución salada 1 y solución dulce 3
C4S2D1	Cama 4 con semilla de solución salada 2 y solución dulce 1
C5S2D2	Cama 5 con semilla de solución salada 2 y solución dulce 2
C6S2D3	Cama 6 con semilla de solución salada 2 y solución dulce 3
C7S3D1	Cama 7 con semilla de solución salada 3 y solución dulce 1
C8S3D2	Cama 8 con semilla de solución salada 3 y solución dulce 2
C9S3D3	Cama 9 con semilla de solución salada 3 y solución dulce 3.
P1S1D1	Pila 1 con semilla de solución salada 1 y solución dulce 1
P2S1D2	Pila 2 con semilla de solución salada 1 y solución dulce 2
P3S1D3	Pila 3 con semilla de solución salada 1 y solución dulce 3
P4S2D1	Pila 4 con semilla de solución salada 2 y solución dulce 1
P5S2D2	Pila 5 con semilla de solución salada 2 y solución dulce 2
P6S2D3	Pila 6 con semilla de solución salada 2 y solución dulce 3
P7S3D1	Pila 7 con semilla de solución salada 3 y solución dulce 1
P8S3D2	Pila 8 con semilla de solución salada 3 y solución dulce 2
P9S3D3	Pila 9 con semilla de solución salada 3 y solución dulce 3

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

Elaboración de la semilla:

Para poder elaborar la semilla Takakura se deben realizar 3 pasos principales los cuales son: Solución, dulce, solución salada y el lecho donde se van a mezclar todos los ingredientes.

Solución dulce

Materiales.

- Levadura.
- Yogurt.
- Cuajo de queso.
- Azúcar.
- Agua.
- 3 tachos.
- Balanza de laboratorio.
- Cámara fotográfica.

Procedimiento:

En la solución dulce se utilizaron una gran cantidad de ingredientes. Lo que primero se realizo fue la adquisición de los productos los cuales son: levadura, yogurt, cuajo de queso, azúcar y agua. Se realizaron 3 tachos de solución dulce con el mismo procedimiento y misma cantidad de ingredientes excepto en el azúcar. Este último elemento vario para los 3 tachos.

Se llenó los 3 tachos con 108 litros de agua, posteriormente en cada tacho se añadió 108g de levadura, 11 litros de yogurt, 14.38g de cuajo de queso. En el primer tacho D1 se añadió 4200 g de azúcar, en el segundo tacho D2 7010g de azúcar y en el tercer tacho D3 9810g de azúcar. Se homogenizo el contenido del tacho, seguido se tapó los tachos con una funda para que se produzca la fermentación adecuada.

También es importante mencionar que cada tacho tiene su código. Se mantuvo la solución dulce por una semana en reposo para que se dé una buena fermentación. Cada tacho está en diferente porcentaje de azúcar: D1 al 60%, D2 al 100% y D3 al 140%.

Se tomó 1 litro de muestra de las 3 soluciones al inicio y después de la semana de fermentación, posteriormente se envió al laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH para sus respectivos análisis.

Solución salada:

Materiales:

- Cascara de uva.
- manzana.
- Cascara de pepinillo.
- Hojas de col.
- Hojas de nabo.
- Agua.
- Sal
- 3 tachos.
- Balanza de laboratorio.
- Cámara fotográfica

Procedimiento:

Para la elaboración la solución salada se utilizó una gran cantidad de ingredientes. Estos fueron: cascara de uva, cascara de naranja, cascara de manzana, cascara de pepinillo, hojas de col, hojas de nabo, azúcar y agua. Se realizaron 3 tachos de solución salada con el mismo procedimiento y misma cantidad de ingredientes excepto en la sal. Este último elemento fue diferente para cada tacho.

Se procedió a llenar 3 tachos con 108 litros de agua, luego en cada tacho de agua se añadió 565,4 g de uva, 997.55g de cascara de naranja, 447.10g de cascara de manzana, 1270,24g de cascara de pepinillo, 15181,97g de hoja de col, y 9342.83g de hoja de nabo. En el primer tacho S1 se colocó 349.26g de sal, en el tacho S2 582.11g de sal y en el tacho S3 814.97g de sal. Se homogenizo el contenido del tacho, seguido se tapó los tachos con una funda para que se produzca la fermentación adecuada.

Es importante mencionar que cada tacho tiene su código. La solución salada tiene que estar una semana en reposo para que se dé una buena fermentación. Cada tacho está en diferente porcentaje de sal: S1 al 60%, S2 al 100% y S3 al 140%.

Se tomó 1 litro de muestra de las 3 soluciones al inicio y después de la semana de fermentación, posteriormente se envió al laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH para sus respectivos análisis.

Elaboración del lecho y mezcla con las soluciones.

Materiales:

- Aserrín.
- Hojarasca.
- Harina.
- Solución dulce fermentada.
- Solución salada fermentada.
- Carretillas.
- Palas.
- Agua.
- Pala.
- Carretilla.
- Cámara fotográfica.

Procedimiento:

Para elaboración del lecho se necesitó algunos ingredientes: aserrín, hojarasca, solución, harina, dulce fermentada y solución salada fermentada. Se realizaron 9 semillas con diferentes concentraciones cada una. Cada semilla tiene su código. En cada semilla el proceso va a ser igual, las soluciones saladas como dulces siempre varían.

Para elaborar la semilla S1D1 se tendió en la plataforma 171.50 kg de aserrín, luego sobre el aserrín se puso 34,43 kg de hojarasca, seguidamente se agregó 17,15 kg de harina, posteriormente se añadió 37,4 Kg de solución dulce y 45.68 kg de solución salada. Se homogenizo bien la semilla y se dejó fermentar o reposar una semana.

Para hacer la semilla S1D2 se realizó el mismo proceso añadiendo la misma cantidad de ingredientes excepto la solución dulce D2 que fue de 38.38 kg. Para S1D3 se puso 45.68Kg de S1 y de D3 fue de 39.31kg. Para S2D1 se añadió 45.76 Kg de S2 y 37,44kg de D1. Para S2D2 se puso 45.76 Kg de S2 y 38.38 kg de D2. Para S2D3 fue 45.76 kg de S2 y 39.31kg de D3. Para la S3D1 se puso 45.84 de S3 y 37.44 de D1. Para la S3D2 se añadió 45.84 kg de S3 y 38.38Kg de D2. Para la S3D3 fue 45.84 Kg de S3 y 39.31 kg de D3. Se dejaron reposar las 9 semillas por una semana para que se fermenten adecuadamente.

Se tomó 1 Kg de muestra de las 9 semillas al inicio y después de la semana de fermentación y se envió al laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH para sus respectivos análisis

Separación, y trituración de los residuos orgánicos.

Los residuos se recolectaron por los camiones del municipio y se llevaron al relleno sanitario donde se procedió a la separación de orgánicos e inorgánicos. Posteriormente se trituro los residuos orgánicos para hacerlos más pequeños con el fin de que haya una mejor degradación de la materia orgánica.

Implantación de la pila y cama.

Materiales:

- Semilla.
- Residuo triturado y pesado.
- Aserrín.
- Palas.
- Carretillas.
- Bascula.
- Cámara fotográfica.

Procedimiento:

Una vez completada la semana de fermentación de las semillas se procedió a realizar la implantación de las camas y pilas. Se realizaron 9 camas y 9 pilas siendo un total de 18 tratamientos. Tanto las camas como las pilas tienen códigos distintos.

Para elaborar las camas se tendió en la plataforma 27.53 kg de aserrín, sobre esto se agregó 50 Kg de semilla, luego se añadió 500 Kg de residuos orgánicos, posteriormente se puso 50 Kg de semilla y finalmente 27.53 kg de aserrín. Este proceso se realiza para todas las camas. En lo único que varía es en la semilla.

Para la cama C1S1D1 se utiliza la semilla S1D1, para la C2S1D2 se usa la semilla S1D2, para la C3S1D3 se usa la semilla S1D3, para la C4S2D1 se usa la semilla S2D1, para la C5S2D2 se usa la semilla S2D2, para la C6S2D3 se usa la semilla S3D1, para la C7S3D1 se usa la semilla S3D1, para la C8S3D2 se usa la semilla S3D2, y para la C9S3D3 se usa la semilla S3D3.

Para elaborar las pilas se puso en la plataforma de compostaje 55.26 kg de aserrín, sobre este se agregó 100 kg de semilla, seguidamente se ubicó 1000kg de residuos, 100 kg de semilla y 55.26kg de aserrín. Las semillas son las únicas que varían igual que las camas.

Para la pila P1S1D1 se usa la semilla S1D1, para la P2S1D2 se usa la semilla S1D2, para la P3S1D3 se usa la semilla S1D3, para la P4S2D1 se usa la semilla S2D1, para la P5S2D2 se usa la semilla S2D2, para la P6S2D3 se usa la semilla S3D1, para la P7S3D1 se usa la semilla S3D1, para la P8S3D2 se usa la semilla S3D2, y para la P9S3D3 se usa la semilla S3D3.

Cada vez que se realizaban los volteos se tomaban muestras de las camas y pilas. Se realizaron 8 muestreos. Se tomó 1 Kg de muestra de los 18 tratamientos para poder realizar los análisis respectivos. También durante todo el proceso de compostaje se realizó un control de parámetros como temperatura, pH y humedad.

Control de parámetros en el desarrollo del compost:

Desde ya implantadas las pilas se realizó el control de los parámetros todos los días. Estos parámetros fueron temperatura, humedad, pH, humedad ambiental y temperatura ambiental. Para medir el pH y la humedad se utilizó un aparato digital, para medir la temperatura se utilizó un

termómetro de suelos y para la humedad ambiental y temperatura ambiental se usó un termohigrometro.

Volteos durante el proceso de compostaje.

Durante el proceso de compostaje se realizaron 5 volteos. Los volteos se realizaban manualmente con palas, carretillas y los debidos equipos de protección personal ya que las pilas y camas emanaban gases y olores fuertes. Por cada volteo que se realizaba, se tomaba las muestras para sus respectivos análisis.

Toma de muestras:

El proceso de compostaje inicio el 10 de abril del 2017, con 9 camas y 9 pilas. La fase de degradaría demoro 122 días y la fase de maduración 62 días es decir el proceso de compostaje culmino después de 168 días. Después de cada volteo se realizaban los muestreos. Se realizó 8 muestreos que da como resultado 144 muestras.

Para la toma de muestras se usó algunos materiales como palas, fundas ziploc, guantes y mascarilla. Con los guantes se cogieron submuestras de 6 lugares diferentes de la pila y cama, se homogenizo y se realizó el método de cuarteo para tener una muestra representativa. Se recolectó un kg de sustrato en cada muestra. Las muestras se secaron al sol por 24 horas y posteriormente se secaron en la estufa a 75 centígrados. Los muestreos se realizaron las siguientes fechas:

Tabla 4-2: Fechas de muestreos.

Fecha de muestreo	Numero de muestras
10/4/2017	18 muestras
21/4/2017	18 muestras
12/5/2017	18 muestras
3/6/2017	18 muestras
20/6/2017	18 muestras
7/7/2017	18 muestras
10/8/2017	18 muestras
10/10/2017	18 muestras

Realizado por: RIVADENEIRA Juan, 2018

Refinado:

Acabada la fase de maduración se separó el material grande del pequeño mediante un tamiz. Se tamizó todas las pilas y camas para obtener un compost de calidad. Se pasó por una malla de 0.5 cm de diámetro.

Almacenamiento:

El compost ya maduro y tamizado se almacenó en sacos en un lugar seco libre de humedad. Se recolectó alrededor de 134 sacos de compost. Cada saco se marcó con el código correspondiente al tratamiento.

2.1.10. Ensayos de análisis físicos, químicos y microbiológicos.

Durante el proceso de compostaje se tomó 144 muestras representativas las mismas que fueron trasladadas a laboratorio de CENTROCESAL en Quito donde se realizaron análisis de metales, pesados, capacidad de intercambio catiónico, micro y macronutrientes. En el laboratorio del CESTA de la ciudad de Riobamba se mandó a realizar carbono, nitrógeno y análisis microbiológicos.

2.1.10.1. Análisis que se realizaron en el laboratorio de suelos.

En laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales se realizaron a análisis de soluciones líquidas y elementos sólidos. Todos los análisis se realizaron por triplicado. A continuación, se describe las tablas con los parámetros analizados en el laboratorio y sus respectivas técnicas.

Tabla 5-2: Métodos físico-químicos y químicos utilizados en el laboratorio de suelos.

Parámetro	Unidad	Técnica
Potencial hidrogeno	Unidades	Potenciometrico
Conductividad eléctrica	mS	Potenciometrico
Carbonato de calcio	%	Volumétrico
Nitrógeno	%	Digestion-destilacion
Fosforo	%	Colorimétrico
Potasio	%	Absorción atómica

Calcio	%	Absorción atómica
Magnesio	%	Absorción atómica
Sólidos	g/L	Gravimétrico
Materia orgánica	%	Volumétrico
Manganeso	ppm	Absorción atómica
Hierro	ppm	Absorción atómica
Zinc	ppm	Absorción atómica
Carbono orgánico.	%	Volumétrico

Fuente: Laboratorio de suelos de la facultad de Recursos Naturales, 2018

Realizado por: RIVADENEIRA Juan, 2018

2.1.10.2. Análisis que se realizaron en el laboratorio del CESTA.

En laboratorio del CESTTA de la ciudad de Riobamba se analizaron elementos sólidos. Todos los análisis se realizaron por triplicado. A continuación, se describe las tablas con los parámetros analizados en el laboratorio y sus respectivas técnicas.

Tabla 6-2: Métodos microbiológicos utilizados en el CESTTA.

Nº	Parámetro	Unidad	Técnica
1	Aerobios Mesofilos.	UFC/g	Recuento en placa.
2	Bacterias totales	UFC/g	Recuento en placa.
3	Mohos y levaduras.	UFC/g	Recuento en placa.

Fuente: CESTTA, 2018

Realizado por: RIVADENEIRA Juan, 2018

Tabla 7-2: Métodos químicos utilizados en el CESTTA.

Nº	Parámetro	Unidad	Técnica
1	Carbono orgánico total	%	Oxidación húmeda/ Walkley & Black
2	Nitrógeno total.	%	PEE/CESTTA/88 KJeldhal

Fuente: CESTTA, 2018

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

2.1.10.3. Análisis realizados en CENTROCESAL:

En laboratorio de CENTROCESAL de la ciudad de Quito se realizaron elementos sólidos. Todos los análisis se realizaron por triplicado. A continuación, se describe las tablas con los parámetros analizados en el laboratorio y sus respectivas técnicas.

Tabla 8-2: Métodos químicos realizados en el laboratorio de CENTROCESAL.

Nº	Parámetro	Unidad	Técnica
1	Capacidad de intercambio catiónico.	Meq/100g	MU 674
2	Cadmio	Mg/kg	MU 674
3	Cromo	Mg/kg	MU 674
4	Mercurio	Mg/kg	MU 674
5	Arsénico	Mg/kg	MU 674
6	Fosforo	% p/p	MU 674
7	Potasio	% p/p	MU 674
8	Hierro	Mg/kg	MU 674
9	Cobre	Mg/kg	MU 674
10	Manganeso	Mg/kg	MU 674
11	Zinc	Mg/kg	MU 674
12	Sodio	Mg/kg	MU 674
13	Calcio	% p/p	MU 674
15	Magnesio	% p/p	MU 674
15	Selenio.	Mg/kg	MU 674

Fuente: CENTROCESAL, 2018

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

2.1.10.4. Análisis realizados en la facultad de ciencias de la ESPOCH.

En los laboratorios de la facultad de Ciencias de la ESPOCH de la ciudad de Riobamba se realizaron análisis de elementos sólidos. Todos los análisis se realizaron por triplicado. A continuación, se describe las tablas con los parámetros analizados en el laboratorio y sus respectivas técnicas.

Tabla 9-2: Métodos físico-químicos y químicos realizados en la ESPOCH.

Nº	Parámetro	Unidad	Técnica
1	Sulfatos	%	Colorimétrico
2	Nitratos	mg/L	Colorimétrico
3	Cloruros	mg/L	Volumétrico
4	Fosfatos	%	Colorimétrico
5	Materia Orgánica	%	Gravimétrico
6	pH	-	Potenciometrico
7	Conductividad eléctrica	mS/cm	Potenciometrico
8	Índice de germinación	%	Físico
9	Pruebas hidráulicas	-	Parámetros físicos

Realizado por: Rivadeneira Juan, 2018

2.1.11. Técnicas de laboratorio empleadas en las muestras

A continuación, se describe las técnicas de laboratorio empleadas en las muestras:

Preparación de las muestras:

Se colocaron 200 ml de muestras en vasos de precipitación, posteriormente se etiquetan y se colocaron en la estufa a 105 °C por 24 horas ya que los resultados son reportados sobre muestra seca. Luego se dejan en la estufa por media hora hasta que se enfríen. Se colocan las muestras en vasos estériles.

2.1.11.1. *Determinación de pH:*

Materiales:

- Muestras.
- Tubo falcón.
- Agua destilada.

Equipos:

- Balanza analítica.
- Shaker.

Procedimiento:

Se pesó de 3 a 4g de muestras en un tubo falcón, posteriormente se adiciono de 30 a 40 ml de agua, seguidamente se agito con el Shaker por dos horas, luego se quitó el agitador, el material orgánico se sedimentó y se midió el pH.

2.1.11.2. *Determinación de la conductividad eléctrica:*

Materiales:

- Tubo falcón.
- Agua destilada.
- Muestras.

Equipos:

- Balanza analítica.
- Shaker.
- Centrifuga.

Procedimiento:

Se pesó de 3 a 4g de muestras en un tubo falcón, posteriormente se adiciono de 30 a 40 ml de agua, seguidamente se agito con el Shaker por dos horas, luego se quitó el agitador y se centrifugo a 1000 rpm por 4 minutos. Después se filtró con papel filtro en un tubo falcón y por último se midió la conductividad.

*2.1.11.3. Determinación de la materia orgánica:***Materiales**

- Muestra.
- Crisol.

Equipos:

- Desecador.
- Mufla.

Procedimiento:

Se taro el crisol a 105 centígrados por 2 horas, posteriormente se pasó al desecador por 30 minutos, seguidamente se etiqueto el crisol en la base y se pesó vacío. Luego se añadió 3g de muestra y se anotó el peso. Después se colocó el crisol en la mufla a 430 grados centígrados por 24 horas, por último se colocó el crisol en el desecador por 30 minutos, se saca y se pesa.

Formula:

Para poder calcular la materia orgánica se utilizó la siguiente formula:

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

(Ec 1-2.)

Calculo con la formula

A continuación, el cálculo el %MO de la primera muestra C1S1D1-01:

$$\%MO = \frac{(32.5650 + 3.008) - (33.2478)}{(32.5660 + 3.008) - (32.5650)} * 100$$

$$\%MO = \frac{2.32}{3.00} * 100$$

$$\%MO = 77.33$$

De igual manera los cálculos se realizaron para todas las muestras.

2.1.11.4. Determinación de iones:

Los iones que analizamos son los siguientes: Cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos. Estos análisis se realizaron en el laboratorio de calidad de agua de la Facultad de ciencias de la ESPOCH.

Cloruros:

Materiales:

- Probeta
- Embudo simple
- Balón de aforo
- Varilla de agitación
- Pipeta volumétrica
- Vaso de precipitación de 250 mL
- Papel filtro
- Vaso de precipitación de 250 mL
- Erlenmeyer
- Pipeta volumétrica
- Bureta

Reactivos:

- Nitrato de plata 0,01 N.

- Indicador Cromato de potasio

Procedimiento:

Se disolvieron 5 gramos de muestra en 100 mL de agua destilada, posteriormente se agito la solución para homogenizar, seguidamente se dejó la mezcla reposar durante la noche, al día siguiente se filtró la solución, se puso 20 mL de la solución y se aforo a 100 mL en, luego se cogió con una pipeta volumétrica 25 mL de la solución en un Erlenmeyer. Después se puso de 5 a 6 gotas de cromato de potasio sobre la solución, se colocaron en la bureta nitrato de plata 0,01 N para titular, por último, se tituló hasta que exista el viraje de amarillo a rojo ladrillo.

Formula:

$$\text{Cl}^- = X * 14.18$$

(Ec 2-2.)

Dónde:

X= resultado de la titulación de la muestra con Nitrato de Plata 0.001N

14.18= Cantidad constante para cálculo de cloruros según el método de Mohr.

Calculo de la fórmula:

A continuación, el cálculo el %MO de la primera muestra C1S1D1-01:

$$\text{Cl}^- = 2.25 * 14.18$$

$$\text{Cl}^- = 31.91 \text{ mg/L}$$

De igual manera los cálculos se realizaron para todas las muestras.

Nitratos:**Materiales:**

- Erlenmeyer.
- Varilla de agitación.
- Embudo simple.
- Probeta.
- Balón de aforo.
- Cuba.
- Vaso de precipitación de 250 mL
- Papel filtro

Equipos:

- Espectrofotómetro.

Reactivos:

- Kit para determinación de nitratos.

Procedimiento:

Se disolvió 5 gramos de muestra en 100mL, se homogenizo y se dejó reposar la noche, posteriormente se filtró, después se colocó 10ml en la cuba, seguidamente se añadió el kit y finalmente se midió con el espectrofotómetro.

Formula:

$$\text{NO}_3 = X * 8.33$$

(Ec 3-2.)

Dónde:

X= resultado dado por el fotómetro DR 2800.

8.33= factor de corrección de nitratos

Calculo de la fórmula:

A continuación, el cálculo de nitratos de la primera muestra C1S1D1-01:

$$\text{NO}_3 = 4.8 * 8.33$$

$$\text{NO}_3 = 39.98 \text{ mg/L}$$

De igual manera los cálculos se realizaron para todas las muestras.

Fosfatos:**Materiales:**

- Varilla de agitación.
- Vaso de precipitación de 250ml
- Embudo simple papel filtro
- Probeta
- Balón de aforo
- Erlenmeyer.

Equipos:

- Fotómetro.

Reactivos:

- Cloruro estannoso.
- Amonio Molibdato.

Procedimiento:

Se disolvieron 5 gramos del sustrato en 100mL, se agito y se dejó reposar la noche. En un balón de aforo se colocó 50mL de muestra, 4mL de amonio de molibdato a 0.01N y 0.5 mL de glicerina, se aforo con la muestra. Por último, se midió con el fotómetro a 520nm.

Formula.

$$PO_4 = X * 0.8$$

(Ec 4-2.)

Donde:

X= resultado dado por el fotómetro visible 20D

0.8= Factor producto de las disoluciones realizadas a la muestra.

Calculo de la fórmula:

A continuación, el cálculo de fosfato de la primera muestra C1S1D1-01:

$$PO_4 = 18 * 0.8$$

$$PO_4 = 14.40$$

De igual manera los cálculos se realizaron para todas las muestras.

Sulfatos:

Materiales:

- Vaso de precipitación de 250mL
- Varilla de agitación.
- Mandil
- Guantes.
- Cofia.
- Balón de aforo
- Papel filtro
- Embudo simple
- Erlenmeyer
- Probeta.

Equipos:

- Balanza.
- Fotómetro.

Reactivos:

- Cloruro de bario.
- Solución acondicionadora.

Procedimiento:

Se disolvió 5 gramos de muestra en 100mL de agua destilada, se homogeniza y se deja reposar la noche luego se coge 10 mL y se afora a 100ml. En un balón de aforo se colocó 1 gramo de cloruro de bario y 2mL de solución acondicionadora. Se aforo con la muestra y por último se obtuvo el resultado en el fotómetro a 410nm

Formula:

$$SO_4 = X * 0.8$$

(Ec 5-2.)

Dónde:

X= resultado dado por el fotómetro visible 20D

0.8= Factor producto de las disoluciones realizadas a la muestra.

Calculo de la fórmula:

A continuación, el cálculo de sulfatos de la primera muestra C1S1D1-01:

$$SO_4 = 0.79 * 0.8$$

$$SO_4 = 0.63\%$$

De igual manera los cálculos se realizaron para todas las muestras.

2.1.11.5. *Índice de germinación:*

Materiales:

- Probeta.
- Pera.
- Tijera.
- Agua destilada.
- Frasco margarita.
- Matraces buckner
- Papel filtro
- Pipeta
- Caja Petri.
- Papel aluminio

Equipos:

- Estufa.
- Refrigeradora.

Reactivos:

- Alcohol al 50%

Procedimiento:

Se pesó 10g de muestra a la cual se añadió 15mL de agua en un vaso de precipitación, se agito suavemente y se dejó en reposo por unos 30 minutos, posteriormente se añadió 6.75 mL de agua. Toda esta mezcla se mueve a un frasco margarita, después se filtró en un matraz buckner con un papel filtro de 0.45 micras. El resultado de esto se puso en un vaso de precipitación. Posteriormente se pipeteo 5mL de muestra en las 10 cajas petri por muestra que ya deben estar con el papel filtro y las 8 semillas de lechuga. Se hizo un blanco con agua destilada. Luego de que todas las cajas ya estén con la muestra se tapó, etiqueto y se envolvió en papel aluminio para evitar que se sequen. Se precalentó la estufa a 27,5 °C durante 30 minutos. Seguidamente se colocó las cajas en la estufa y se dejó por 48h. Luego se sacó las cajas y se añadió un mL de

alcohol al 50% para que las semillas no crezcan más. Seguidamente se puso las cajas en la refrigeradora por 10 minutos y por último se procedió a contarlas y medirlas.

Todos los resultados relacionados con el porcentaje del índice de germinación fueron realizados en base al porcentaje del índice de germinación del blanco.

2.1.11.6. Propiedades físicas del compost:

Densidad aparente:

Materiales:

- Anillas de acero inoxidable.
- Tela de nylon.
- Espátula.
- Tijera
- Papel filtro.
- Arena
- Acoples pvc
- Marcador permanente
- Cinta masqui.
- Tina.
- Baldes
- Tapas de caja petri.
- Guantes térmicos

Equipos:

- Estufa
- Balanza

Procedimiento:

Se determinó la altura y el diámetro de las anillas inferiores, se cubrió con tela nylon y se sujetó con unas ligas, se determina el peso en conjunto de los 3 (anilla +tela nylon + liga). Al otro extremo se acopla la anilla superior y por cilindro que esas dos anillas forman, luego se añadió la

muestra a caracterizar (previamente humedecida), sin apelmazar ni apretar, hasta un milímetro del borde superior. Seguidamente el cilindro se colocó en un recipiente al que se le añade agua hasta 0.5 mm del borde superior y se deja saturar durante 48 horas.

Transcurrido el tiempo mencionado, y con el fin de someter la muestra a una tensión de 10 cm de la columna de agua, se sacó el cilindro del recipiente en los que estaban dispuestos, se trasladó a un recipiente cilíndrico que contiene arena y sobre ella se colocó papel filtro y se dispuso los cilindros durante 48 horas. Posteriormente se sacó el cilindro del baño de arena y se procedió a retirar la anilla superior y se cortó con una espátula el material sobrante de la anilla inferior, se pesó el conjunto anilla sustrato. Por último, se llevó el conjunto anilla sustrato a la estufa a 105 °C durante 24 horas.

Formula:

$$DA = ((B - A)/V) * ((100 - X)/100)$$

(Ec 6-2)

Donde:

- A:** Peso del conjunto anilla – tela Nylon (g)
- B:** Peso del conjunto anilla – sustrato húmedo (g)
- C:** Peso del conjunto anilla- sustrato seco (g)
- V:** Volumen de anilla (cm³)
- X:** Humedad del sustrato tras haber sido sometido a una succión de 10 cm de columna de agua.

Calculo de fórmula:

A continuación, el cálculo de la densidad aparente de la primera muestra C1S1D1-01:

$$DA = ((B - A)/V) * ((100 - X)/100)$$

$$DA = ((171.838 - 97.5681)/315.5426) * ((100 - 30.780)/100)$$

$$DA = 0.16 \text{ g/cm}^3$$

De igual manera los cálculos se realizaron para todas las muestras.

Densidad aparente compactada:

Materiales:

- Cilindro de un litro.
- Balanza
- Pesa para ejercer presión.

Procedimiento:

Se determinó mediante el llenado de un cilindro de ensayo de un litro de sustrato, se ajustó con un collar, tamiz fijo/controlador de flujo y embudo. Se aplicó una compactación estática, excepto en el caso de materiales, muy comprimibles o elásticos, y se pesa el contenido final de cilindro.

Formula:

$$\text{DAC} = \frac{(\text{peso comprimido} - \text{peso vacío})}{\text{volumen}}$$

(Ec 7-2)

Calculo Formula:

$$\text{DAC} = \frac{(527.91 - 234.98)}{980.4045}$$

$$\text{DAC} = 0.3 \text{ g/ml}$$

De igual manera los cálculos se realizaron para todas las muestras.

Espacio poroso total:

Procedimiento:

El espacio poroso total se calculó a partir de los datos de densidad real y densidad aparente, aplicando la ecuación.

Formula:

$$\text{ETP} = (1 - (\text{DA})/(\text{DR})) * 100$$

Calculo de fórmula:

$$\text{ETP} = (1 - (0.163)/(1.679)) * 100$$

$$\text{ETP} = 90.29 \%$$

De igual manera los cálculos se realizaron para todas las muestras.

Capacidad de retención de agua:

Procedimiento:

La CRA se determinó según la modificación de la metodología de Booldt, propuesta por Martínez, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{CRA} = (\text{B} - \text{C})/(\text{V}) * 1000$$

(Ec 8-2)

Donde:

V: Volumen de la anilla de 4cm utilizada por la determinación de la densidad aparente:

B y C: Son los pesos obtenidos para su cálculo.

Calculo de fórmula:

$$\text{CRA} = (171.838 - 148.978)/(35.5426) * 1000$$

$$\text{CRA} = 72.44$$

De igual manera los cálculos se realizaron para todas las muestras.

Capacidad de aireación:

Procedimiento:

Se calculó el contenido del aire presente en la muestra, después de haber usado una presión hidrostática de menos de 10cm aplicando la ecuación siguiente:

Formula:

$$CA = EPT - (CRA/10)$$

(Ec 9-2)

Calculo de la fórmula:

$$CA = 90.295 - (72.447/10)$$

$$CA = 83.05 \%$$

De igual manera los cálculos se realizaron para todas las muestras.

Contracción de volumen:

Procedimiento:

Se calculó a partir de la pérdida de volumen experimentada por el sustrato contenido en la anilla de 4cm, tras secarlo a 105 °C. Se utiliza la siguiente ecuación.

Formula:

$$C = ((V - Vss)/V) * 100$$

(Ec 10-2)

Donde:

V: volumen de la anilla utilizada para la determinación de la densidad aparente.

Vss: Volumen de sustrato contenido en la anilla tras secarlo a 105 °C.

Calculo de la Formula:

$$C = ((315.5426 - 268.484)/315.5426) * 100$$

$$C = 14.91 \%$$

De igual manera los cálculos se realizaron para todas las muestras.

2.1.11.7. Análisis estadístico de los resultados:

Durante todo el proceso de compostaje se realizaron 8 muestreos, recolectando un total de 144 muestras, de cada muestra se realizaron análisis físico-químicos, químicos y microbiológicos; con esos datos encontrados se realizó el análisis de varianza ANOVA, permitiéndonos saber las medias y el grado de significancia de los parámetros analizados. Luego analizamos con el Tukey b, el cual nos permitió, separar por grupos los resultados. Cuando la significancia era menor 0,05 existen diferencias significativas y cuando era mayor a ese rango no existe diferencias significativas.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

3.1. Caracterización inicial de los materiales.

En la caracterización inicial se encuentran los diferentes residuos, soluciones dulce y salada y semillas:

3.1.1. Caracterización físico-química inicial de los materiales.

Tabla 1-3: Caracterización físico-química inicial de los materiales.

Materiales	pH	Conductividad (mS)
D1 inicial	3,91	0.84
D1 fermentada	3.77	1.04
D2	3,99	0.78
D2 fermentada	3.74	0.98
D3	4,08	0.75
D3 fermentada	3.68	0.94
S1	4,08	4.84
S1 fermentada	4.10	6.37
S2	4,27	5,15
S2 fermentada	4.08	8.47
S3	4,38	4,80
S3 fermentada	4.18	10.11
S1D1	7,78	0.76
S1D1 Fermentada	6,72	1.14
S1D2	5,63	0.46
S1D2 fermentada	6,42	0.92
S1D3	7,73	0.67
S1D3 fermentada	6.67	0.84
S2D1	5.61	1.07

S2D1 fermentada	6,69	1.31
S2D2	5,63	1.04
S2D2 fermentada	6,63	1.35
S2D3	5,79	0.88
S2D3 fermentada	6,31	1.35
S3D1	5,51	1.25
S3D1 fermentada	6,05	1.39
S3D2	5,70	1.17
S3D2 fermentada	6,12	1.46
S3D3	7,77	0.84
S3D3 fermentada	5,84	1.23
Residuos Orgánicos	8,10	8.02
Harina	6,35	0.81
Hojarasca	6,25	1.00
Aserrín	6,50	0.84

Fuente: Laboratorio de suelos de la facultad de Recursos Naturales, 2018
Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

En la (Tabla 1-3) se observa todos los materiales usados para la elaboración del compostaje donde se analizaron los parámetros de conductividad eléctrica y pH. En las soluciones dulces y saladas que sirven para elaborar la semilla Takakura, se observa que el pH es ácido, así mismo la conductividad eléctrica aumento debido a la presencia de sustancias disueltas en las soluciones, estas sustancias se llaman electrolitos. Parecidos resultados fueron encontrados por otros investigadores (García, 2007, p. 8).

En las semillas Takakura en cuanto al pH se observó que la mayoría son ligeramente ácidos. También es importante mencionar que las soluciones fermentadas subieron del pH ácido a ligeramente ácido, esto se debe a que la semilla está compuesta por residuos vegetales lo que hace que el pH se acerque a la neutralidad, así también está constituida por residuos de frutas lo que lo hace ácido. La semilla que presento el mayor contenido de pH es la S1D1 con 6.72 en cambio la semilla que presento el menor contenido es la S3D3 con 5,84. Parecidos resultados fueron encontrados por otros investigadores (Jara, 2014, pp. 36-37).

En las semillas la cual la conductividad eléctrica aumentó, debido a la mineralización de la materia orgánica. La salinidad no es un factor que influye significativamente en la calidad del proceso de compostaje, pero si en la calidad agronómica. La semilla con mayor contenido de

conductividad eléctrica es la S3D2 con 1,46 y la semilla con menor contenido es la S1D3 con 0.84. Similares resultados fueron encontrados por otros investigadores (Jara, 2014, p. 37).

El pH en los residuos sólidos municipales es básico con un resultado de 8,10, esto se debe a que los residuos estaban conformados por gran cantidad de verduras y pocas cantidades de cítricos y frutas. Así mismo para la conductividad eléctrica los residuos tienen un valor de 8,02 que se debe a la mineralización de la materia orgánica, ya que mientras más es la mineralización de materia orgánica mayor es la conductividad eléctrica. Para la harina, hojarasca y serrín el pH es ligeramente básico, el que presentó mayor contenido es el de la harina con 6,35 y el que presentó valores menores es el de la hojarasca, así también la conductividad eléctrica es baja. Estudios similares fueron encontrados por otros investigadores (Suárez, 2012, pp. 15-17).

3.1.2. Caracterización química inicial de los materiales

Tabla 2-3: Caracterización química inicial de los materiales.

Material	MO %	Corg. %	N %	P %	%K	Ca %	Mg %	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	CaCO ₃ %	Sólidos (g/L)
D1	-	-	0.0017	0.0017	0.01	0.013	1.18	-	-	-	0.33	6.0
D1 fermentada	-	-	0,0015	0,0032	0,015	0,00668	0,54	-	-	-		
D2	-	-	0.0021	0.0021	0.01	0.006	0.44	-	-	-	0.23	5.3
D2 fermentada	-	-	0,0006	0,0039	0,02	0,000295	0,49	-	-	-		
D3	-	-	0.0022	0.0022	0.01	0.005	1.24	-	-	-	1.25	4.5
D3 fermentada	-	-	0,00065	0,0037	0,01	0,019815	0,525	-	-	-		
S1	-	-	0.0008	0.0008	0.02	0.004	1.18	-	-	-	0.45	3.3
S1 fermentada	-	-	0,0013	0,0035	0,06	0,020975	0,58	-	-	-		
S2	-	-	0.0008	0.0008	0.06	0.006	0.98	-	-	-	0.18	3.3
S2 fermentada	-	-	0,0006	0,0036	0,07	0,011770	0,805	-	-	-		
S3	-	-	0.0011	0.0011	0.02	0.015	1.35	-	-	-	0.55	1.3
S3 fermentada	-	-	0,00155	0,0047	0,06	0,000545	0,6	-	-	-		
S1D1	72.45	42.0	0.59	0.09	0.65	2.65	0.57	0.012	14.52	0.63	-	-
S1D1 fermentada	60,40	32,60	0,59	0,09	0,65	2,65	0,57	0,01	14,45	0,63	-	-
S1D2	29.50	17.1	0.48	0.04	0.33	1.44	0.74	0.018	21.9	0.74	-	-
S1D2 fermentada	54,15	31,35	0,48	0,04	0,33	1,44	0,74	0,02	21,85	0,74	-	-
S1D3	17.25	10.0	0.51	0.16	0.54	0.98	0.56	0.019	61.2	1.67	-	-
S1D3 fermentada	60,75	35,15	0,51	0,16	0,54	0,98	0,56	0,02	61,15	1,67	-	-
S2D1	42.80	24.8	0.42	0.16	0.59	2.52	0.77	0.013	2.8	0.56	-	-
S2D1 fermentada	83,45	48,35	0,42	0,16	0,59	2,52	0,77	0,01	2,75	0,56	-	-

S2D2	79.25	45.0	0.62	0.16	0.85	2.35	0.73	0.011	18.4	0.51	-	-
S2D2 fermentada	88,65	51,40	0,62	0,16	0,85	2,35	0,73	0,01	18,40	0,51	-	-
S2D3	49.50	28.7	0.59	0.1	0.32	2.36	0.83	0.014	11.8	0.56	-	-
S2D3 fermentada	87,15	50,50	0,59	0,10	0,32	2,36	0,83	0,01	11,80	0,56	-	-
S3D1	61.65	35.7	0.48	0.32	0.55	3.83	0.61	0.014	10.0	0.59	-	-
S3D1 fermentada	85,45	49,50	0,48	0,32	0,55	3,83	0,61	0,01	9,95	0,59	-	-
S3D2	49.80	28.9	0.56	0.32	0.54	2.83	0.55	0.012	36.3	0.61	-	-
S3S2 fermentada	80,50	46,65	0,56	0,32	0,54	2,83	0,55	0,01	36,30	0,61	-	-
S3D3	61.95	35.9	0.62	0.2	0.69	1.91	0.64	0.010	10.9	0.57	-	-
S3D3 fermentada	81,65	47,30	0,62	0,20	0,69	1,91	0,64	0,01	10,90	0,57	-	-
Residuos Orgánicos	0.95	12.1	0.46	3.88	0.07	0.15	4.06	0.013	56.2	0.47	-	-
Harina	38.80	22.2	2.05	1.28	0.02	0.15	0.44	0.245	0.7	0.19	-	-
Hojasasca	28.30	16.4	2.05	1.41	0.02	0.71	0.53	2.670	68.0	0.79	-	-
Aserrín	61.60	35.7	0.36	0.06	0.0027	10.75	4.59	0.130	1.1	0.02	-	-

Fuente: Laboratorio de suelos de la facultad de Recursos Naturales, 2018

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

En la tabla (2-3) el contenido de macronutrientes y micronutrientes de las soluciones dulces y saladas en diferentes dosis aumentan el contenido nutricional del compost. El tratamiento que presento una mayor cantidad de nitrógeno fue la solución D2 y el contenido más bajo encontrado fue en la solución S3, así también para el fosforo y el potasio las soluciones presentaron cantidades muy bajas de estos. En cuanto a los micronutrientes el que presentó una mayor cantidad en todas las soluciones fue el Mg seguido del Ca. Parecidos resultados fueron encontrados por otros investigadores (Ordoñez, 2016, p.117).

Las semillas Takakura presentan un porcentaje de materia orgánica alto. Siendo la semilla S2D2 el que presenta la mayor cantidad con 88,65% y la semilla que presento una menor cantidad es la S1D2 con 54, 15%. Según la norma US guidelines la mayoría de los resultados obtenidos con las semillas son superiores a la norma (%MO del 50% al 60%). Similares resultados fueron encontrados (Gavilanes et al., 2016: p.132).

La semilla posee un gran contenido de macronutrientes y micronutrientes que posteriormente pasarán a formar parte del proceso de compostaje. De todas las semillas estudiadas la muestra S2D2 es la que tiene mayor concentración de nutrientes como el N que tiene una cantidad de 0,62, esto se debe a que la semilla contiene gran cantidad de residuos vegetales. Similares resultados fueron encontrados por otros investigadores (Jara, 2014, pp.39-40).

Los residuos sólidos urbanos presentan un valor de materia orgánica de 20,95 el cual se encuentra por debajo de la norma EPA (%MO de 30% a 70%) y en norma con la comisión europea (%MO > 20%). En cuanto a los nutrientes el de mayor cantidad es el Fe con 56,2 y el nutriente de menor cantidad es el Mn con 0,013 Similares resultados fueron encontrados por otros investigadores (Jara, 2014, pp.39-40).

3.1.3. Caracterización microbiológica inicial de los materiales.

Tabla 3-3: Caracterización microbiológica inicial de los materiales.

Muestra	Microorganismos.		
	Aerobios mesofilos	Bacterias totales	Mohos y levaduras
S1D1	75x10 ⁸	18x10 ¹⁰	14x10 ⁶
S1D2	36x10 ¹⁸	37x10 ¹⁰	21x10 ⁷
S1D3	27x10 ⁸	10x10 ¹¹	45x10 ⁸
S2D1	14x10 ⁹	17x10 ¹⁰	42x10 ⁷
S2D2	31x10 ⁸	6x10 ¹⁰	16x10 ⁸

S2D3	54x10 ⁸	11x10 ¹¹	25x10 ⁸
S3D1	26x10 ⁹	64x10 ¹⁰	13x10 ⁷
S3D2	18x10 ⁹	24x10 ¹¹	10x10 ⁷
S3D3	46x10 ⁸	38x10 ¹⁰	43x10 ⁸

Fuente: Laboratorio de suelos de la facultad de Recursos Naturales, 2018

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

A continuación, en la (tabla 3-3) se presentan los datos más significativos. Los microorganismos que se analizaron en las semillas son los aerobios mesofilos, bacterias totales, mohos y levaduras. En las distintas semillas existen diferencias significativas de los microorganismos presentes. La semilla S1D2 presenta la mayor cantidad de aerobios mesofilos con 36x10¹⁸, la semilla S3D2 presenta mayor cantidad de bacterias totales con 24x10¹¹ y la semilla S3D3 es la presenta mayor cantidad de mohos y levaduras con 43x10⁸. En cada semilla la concentración de estos microorganismos es alta debido a los elementos que se pusieron al inicio como las soluciones dulces y saladas, hojarasca, harina y aserrín, lo cual hizo que la semilla contenga gran variedad de estos. Similares resultados fueron encontrados por otros investigadores (Laich, 2011, p.8).

3.2. Evolución de los diferentes parámetros en el proceso de compostaje:

Tabla 4-3: Evolución de los diferentes parámetros en el proceso de compostaje.

COMPOSTAJE EN DIAS	%MO (%)	pH	CE (mS/cm)	CIC (meq/100g)	IG (%)
C1S1D1					
0	77,24	8,75	3,16	34,40	0
12	75,58	8,27	3,50	40,96	1,8
33	63,25	8,54	2,47	27,42	6,1
55	67,29	8,41	2,45	26,21	10,8
72	63,61	8,10	2,28	26,31	15,7
89	67,70	8,61	2,34	34,61	34
123	77,09	7,99	2,81	30,80	55,6
Maduro	69,92	8,33	2,61	33,96	69,2
C2S1D2					
0	80,25	7,56	2,61	32,61	0,1
12	74,94	8,27	3,54	33,20	0,3
33	72,42	8,79	2,62	33,99	7,1

55	78,42	8,46	2,16	30,12	8,6
72	74,59	7,68	1,84	30,42	16,2
89	76,86	8,41	2,12	32,90	49,1
123	75,21	8,24	2,06	25,52	57,4
Maduro	73,46	8,09	1,97	32,77	69,5
C3S1D3					
0	75,15	7,88	1,52	27,34	0,1
12	74,73	8,22	3,09	30,45	2,1
33	73,30	8,24	2,03	28,99	4,3
55	75,46	8,46	2,30	28,45	11,7
72	65,31	7,98	2,42	25,56	16,2
89	66,14	8,57	2,02	32,58	49,5
123	73,05	8,37	2,29	31,33	58,3
Maduro	66,78	8,19	2,36	36,47	69,6
C4S2D1					
0	90,84	8,74	2,69	33,28	0,1
12	51,26	8,19	2,94	29,61	0,9
33	76,59	8,56	2,75	21,33	3,7
55	82,79	8,56	2,04	27,63	8,7
72	77,79	8,03	2,33	30,84	15,5
89	79,62	8,37	2,36	32,10	20,1
123	59,94	8,75	2,66	32,64	61,8
Maduro	74,65	8,07	2,21	33,23	70,2
C5S2D2					
0	72,44	7,76	1,35	28,83	0
12	82,39	8,37	3,00	30,48	1,2
33	73,85	8,73	2,81	25,67	5,7
55	79,41	8,31	2,24	30,15	12
72	73,50	8,28	2,38	21,71	15,6
89	72,06	8,49	2,34	34,82	46,7
123	74,70	8,25	2,75	32,10	56,6
Maduro	68,45	8,28	2,61	32,33	69,3
C6S2D3					

0	80,21	7,91	2,38	34,28	0,1
12	64,07	8,39	4,11	27,47	0,2
33	78,10	8,65	2,22	26,29	4,3
55	74,89	8,57	2,04	30,98	9
72	82,65	8,07	1,96	33,20	16,1
89	78,50	8,38	2,36	29,81	31,5
123	70,69	8,25	2,04	35,47	64,6
Maduro	74,40	8,12	2,59	33,16	69,6
C7S3D1					
0	81,41	7,80	2,01	30,12	0
12	79,45	8,20	3,37	28,25	2,1
33	78,51	8,83	2,29	34,84	5,4
55	79,39	8,72	2,15	27,89	10,4
72	75,50	8,07	2,30	28,36	15
89	81,15	8,46	2,24	30,04	35,2
123	80,42	8,23	2,76	25,85	65,3
Maduro	73,26	8,00	2,96	34,18	69,2
C8S3D2					
0	72,40	7,84	1,81	31,21	0,1
12	74,69	8,25	3,29	34,3	1,7
33	74,18	8,87	3,20	25,77	4,4
55	76,84	8,86	2,24	31,15	10
72	76,52	7,94	2,40	37,63	15,4
89	81,25	8,59	2,50	29,89	39,2
123	77,51	8,26	2,22	38,71	58,3
Maduro	60,05	8,29	2,65	34,51	69,9
C9S3D3					
0	78,89	8,33	1,96	32,34	0
12	72,64	8,22	2,96	28,09	0,9
33	73,24	8,92	2,57	26,17	4
55	73,86	8,47	2,24	29,99	11,8
72	72,90	8,31	2,65	35,28	15,1
89	62,57	8,85	2,05	33,83	51,2

123	76,94	8,62	3,08	31,62	65,6
Maduro	71,27	8,38	3,06	33,54	69,6
P1S1D1					
0	80,41	9,03	2,41	31,56	0,1
12	68,20	9,13	2,77	30,21	3
33	78,05	8,77	2,08	31,11	6
55	79,69	8,66	1,54	30,15	12,6
72	76,11	8,13	2,00	31,14	15,1
89	79,46	8,58	2,31	38,57	40,7
123	62,08	8,14	2,11	25,98	66
Maduro	68,82	8,45	2,24	34,68	69,7
P2S1D2					
0	81,40	8,53	1,69	26,89	0
12	78,68	9,20	2,19	33,46	1,7
33	76,27	8,89	2,43	28,12	7,2
55	80,07	8,52	2,00	29,24	10,8
72	78,70	7,96	1,96	35,56	16,2
89	76,66	8,48	1,85	35,12	22,2
123	72,73	8,25	2,23	25,91	68,8
Maduro	74,43	7,92	2,39	30,71	70,8
P3S1D3					
0	87,74	7,71	1,27	36,42	0,1
12	80,94	8,98	2,68	34,22	0,7
33	74,26	8,84	2,31	29,11	6
55	77,91	8,25	1,92	32,54	13,3
72	79,69	8,12	1,84	35,08	15,6
89	77,19	8,47	1,67	30,69	45
123	77,67	7,98	1,91	40,59	67
Maduro	61,94	8,20	2,08	33,51	69,3
P4S2D1					
0	86,29	7,75	1,89	34,67	0,1
12	79,98	8,25	2,28	31,9	1,6
33	78,77	8,52	2,24	28,32	5,5

55	77,80	8,41	2,16	32,43	8,7
72	79,00	8,14	2,15	26,37	13,7
89	82,07	8,47	2,06	34,14	42,3
123	78,02	8,28	2,18	25,36	65,4
Maduro	75,78	8,06	2,33	37,37	69,3
P5S2D2					
0	80,16	8,75	2,56	30,19	0
12	78,90	8,20	1,88	29,11	2,4
33	78,63	8,63	2,02	25,87	7,3
55	80,60	8,65	1,51	30,56	12,3
72	80,40	8,02	1,81	30,46	15,6
89	82,36	8,33	1,71	35,53	52,7
123	75,72	8,24	1,46	31,53	60
Maduro	75,25	8,18	1,95	34,96	69,1
P6S2D3					
0	94,09	7,46	2,47	31,05	0,1
12	75,54	8,04	3,58	25,63	1,1
33	84,43	8,44	1,86	29,64	7,8
55	84,71	8,65	1,51	26,45	9,5
72	80,07	8,04	1,80	26,98	16,3
89	75,07	8,49	2,08	38,07	44,6
123	83,29	8,24	2,57	31,29	63,1
Maduro	76,97	8,20	2,10	39,12	69,7
P7S3D1					
0	83,54	8,65	2,63	30,19	0,1
12	79,79	8,50	2,35	35,53	1,7
33	84,16	8,68	2,30	32,46	4,3
55	77,66	8,65	1,49	31,71	13,5
72	80,35	8,13	1,85	30,93	15,3
89	80,32	8,43	2,08	34,19	31,9
123	75,75	8,19	2,47	29,68	59,6
Maduro	74,89	8,39	2,24	45,15	70,1
P8S3D2					

0	90,37	8,56	2,42	31,05	0
12	72,04	8,39	2,30	28,35	3
33	78,96	8,76	2,11	32,28	6,7
55	81,05	8,25	2,46	27,32	9
72	74,17	8,04	2,33	35,44	15,4
89	75,79	8,62	2,25	38,06	19,7
123	76,68	8,43	2,31	36,69	54,4
Maduro	71,12	8,03	2,99	42,11	69,1
P9S3D3					
0	83,03	7,88	2,47	38,17	0,1
12	80,41	8,48	2,27	39,26	2,8
33	85,52	8,23	1,84	34,95	6,1
55	78,52	8,72	1,89	36,19	10,8
72	73,13	8,08	1,90	30,89	15,6
89	81,92	8,44	2,09	43,63	52,9
123	81,58	8,44	2,13	25,34	60,1
Maduro	74,81	8,04	2,12	40,89	69,1

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

La concentración de la materia orgánica en las camas en el tratamiento C8S3D2, tuvo mayor degradación de la MO que todas las 9 camas y el tratamiento P3S1D3 presento mayor degradación de la MO de las pilas, debido una mayor desintegración de los materiales iniciales integrados. Los valores de este parámetro disminuyeron de 72,40 a 60,05 y de 87,74 a 61,94 respectivamente, para el tratamiento C8S3D2 y P3S1D3 mostrando poca cantidad de mineralización de la materia orgánica. Hubo pérdida de MO durante en la etapa bio-oxidativa debido los microorganismos y a las elevadas temperaturas. En la etapa de maduración se degrado una cantidad significativa de materia orgánica. Todas las camas y pilas superaron el rango (50% a 60%) establecido en la norma US guidelines. Similares resultados fueron encontrados por otros investigadores (Gavilanes et al., 2016: pp.129-130).

En cuanto al contenido de pH el tratamiento C7S3D1 tuvo mayor reducción de pH que todas las camas y el tratamiento P2S1D2 presentó mayor reducción de las pilas. Los valores de este parámetro aumentaron y disminuyeron de 7,80 a 8 y de 8,53 a 7,92 respectivamente para el tratamiento C7S3D1 y P2S1D2, esto se debe a la degradación de los materiales que contienen compuestos ácidos como grupos fenólicos y carboxílicos, y la mineralización de las proteínas.

Todos los parámetros superaron el rango (6-7,5) establecido por la US guidelines. Parecidos resultados fueron encontrados por otros investigadores (Gavilanes et al., 2016: p.130).

La conductividad eléctrica indica el grado de salinidad del compost. En esta investigación tanto las pilas y las camas en su gran mayoría tuvieron un descenso de este parámetro como señala (Suárez, 2012, p.17). Este descenso es debido a los riegos que se realizaron en la etapa de maduración del proceso de compostaje, lo cual indica que todos los tratamientos se encuentran bajo la norma US guidelines ($CE < 5$). Similares resultados fueron encontrados por otros investigadores (Gavilanes et al., 2016: p.130).

La capacidad de intercambio catiónico es un indicativo del proceso de compostaje y de la calidad del producto final (Camiletti, 2016, pp.49-50). Todos los tratamientos analizados incluidos las camas y pilas no se encuentran en la norma ($CIC > 60$ meq/100g) esto nos indica que al proceso de compostaje le falta un tiempo más ya que la capacidad de intercambio catiónico avanza conforme evoluciona el proceso de compostaje. Parecidos resultados fueron encontrados por otros investigadores (Gavilanes et al., 2016: p.130).

En cuanto al índice de germinación los valores obtenidos por las pilas y camas empezaron muy bajos, debido a la concentración de polifenoles solubles de los materiales iniciales. Pero estos valores superaron el 50% demostrando que el producto final de las camas y pilas no son fitotóxicos. Similares resultados fueron encontrados por otros investigadores (Gavilanes et al., 2016: p. 131).

3.3. Evolución de la temperatura en el proceso de compostaje:

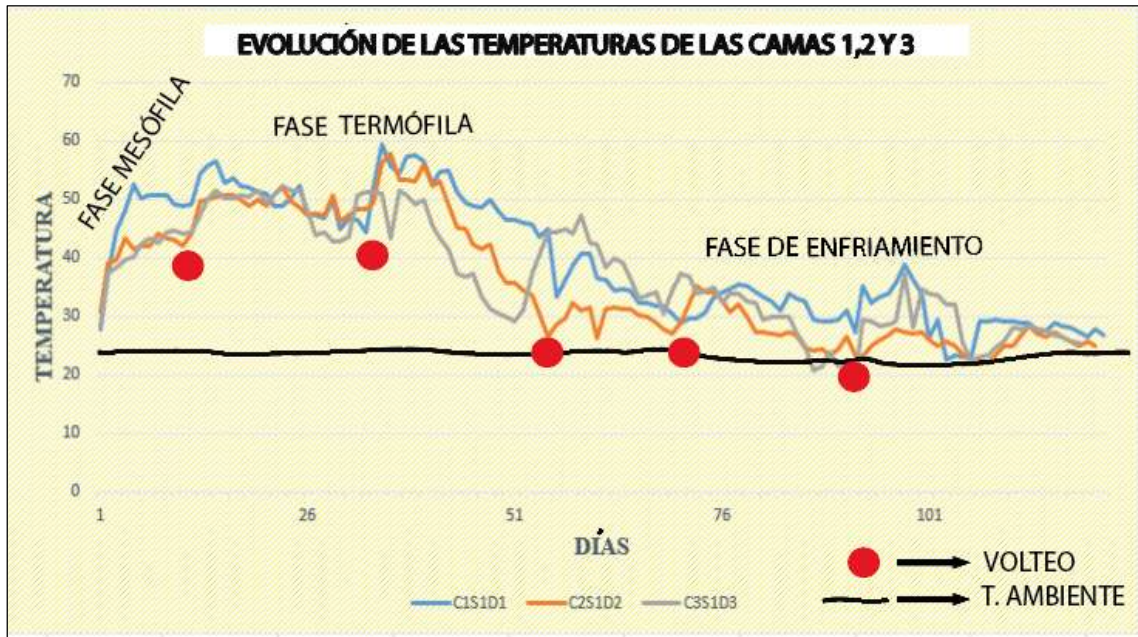


Gráfico 1-3: Evolución de las temperaturas de las camas 1, 2 y 3.

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

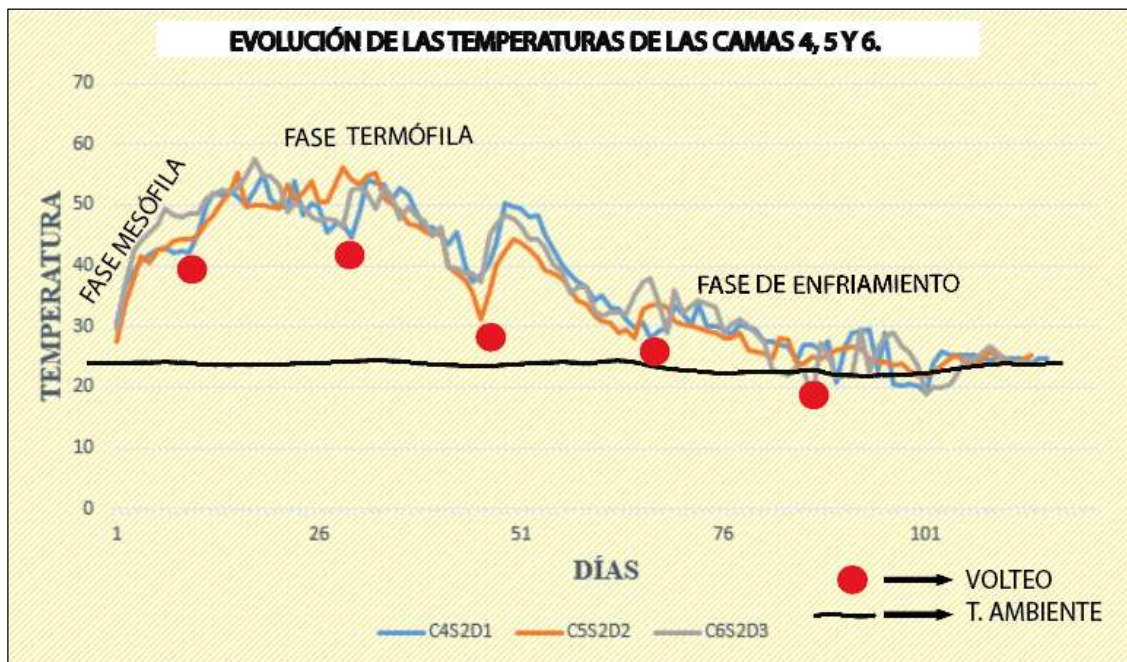


Gráfico 2-3: Evolución de las temperaturas de las camas 4, 5 y 6.

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

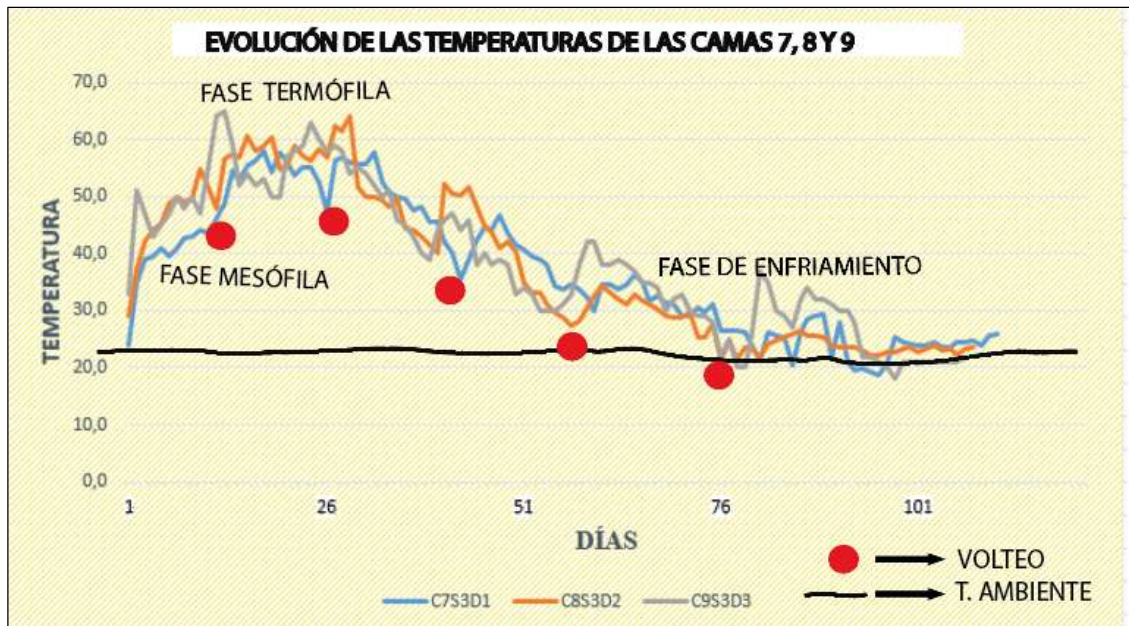


Gráfico 3-3: Evolución de las temperaturas de las camas 7,8 y 9.

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

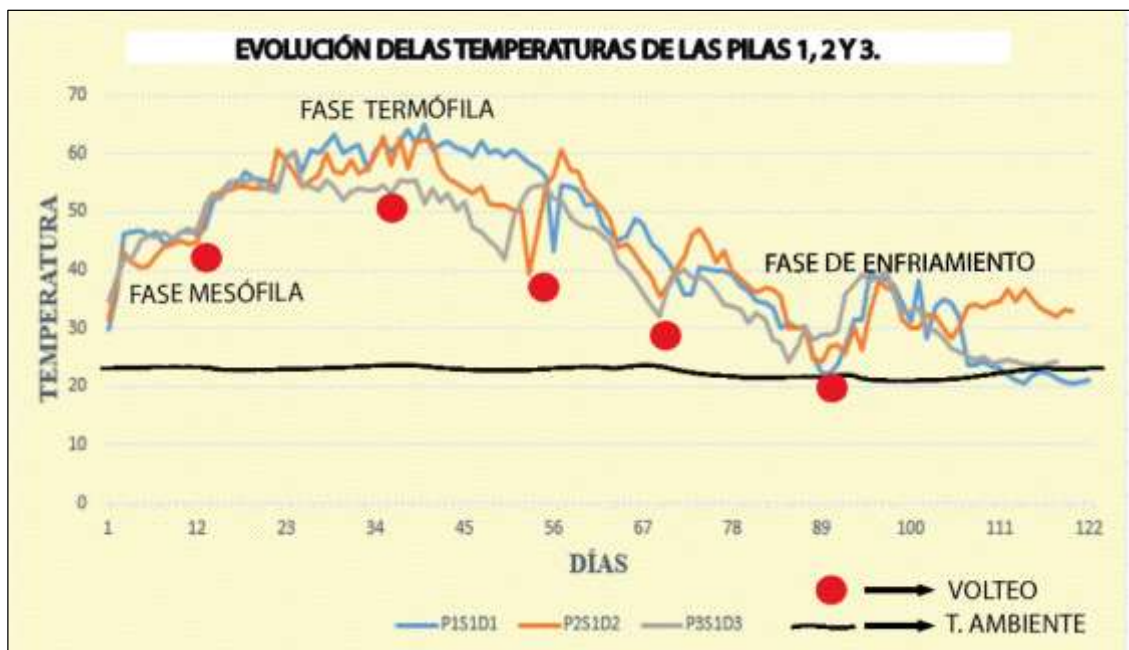


Gráfico 4-3: Evolución de las temperaturas de las pilas 1, 2 y 3.

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

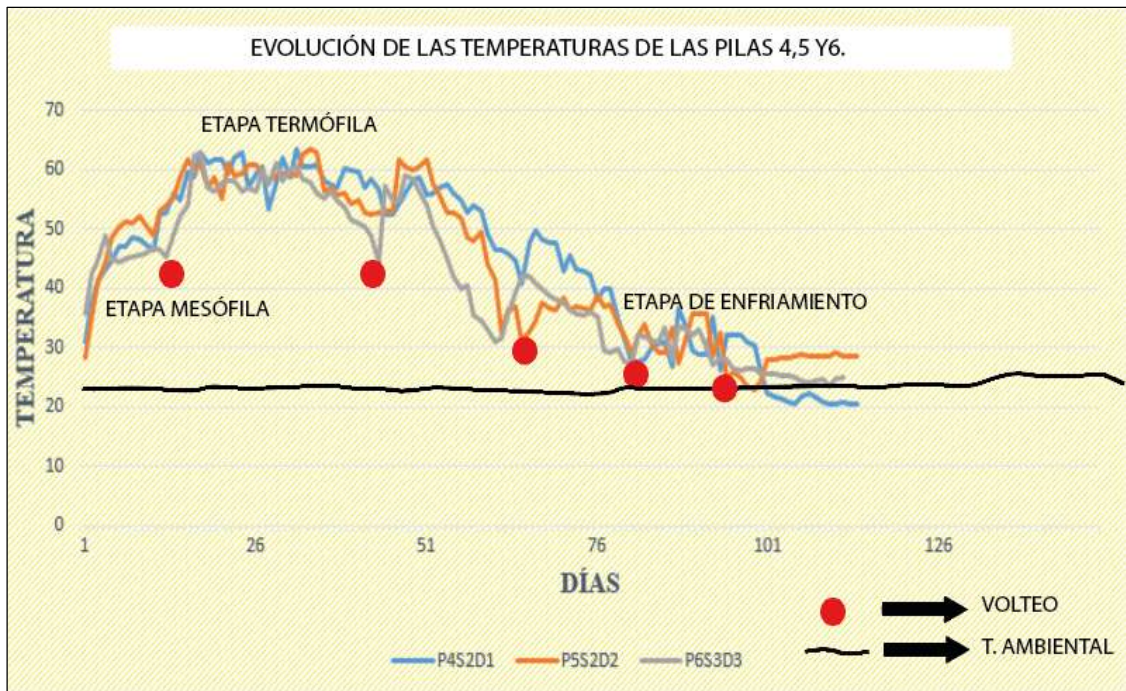


Gráfico 5-3: Evolución de las temperaturas de las pilas 4,5 y 6.
 Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

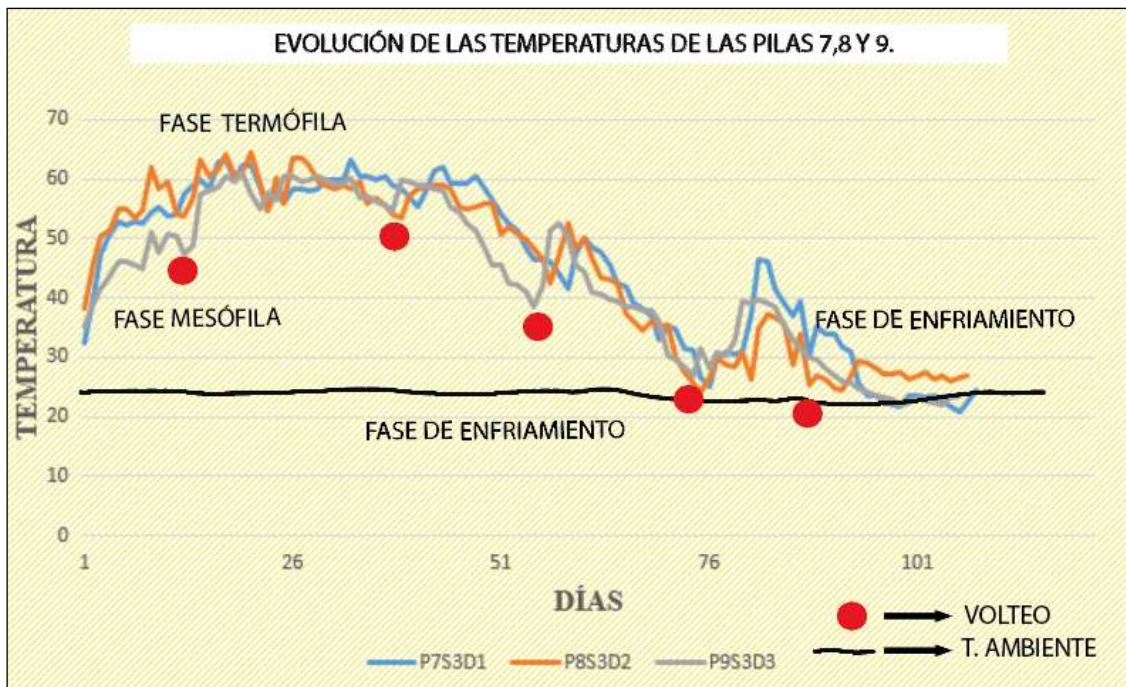


Gráfico 6-3: Evolución de las temperaturas en las pilas 7, 8 y 9.
 Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

La temperatura en las camas y pilas de compostaje aumentaron rápidamente hasta llegar a los 40 °C, donde se pasa a la etapa termófila manteniéndose en esta fase de compostaje durante, 50 días y 60 días respectivamente para las camas y pilas, gracias a esto se puede decir que las pilas tuvieron más lapso de tiempo en la etapa termófila debido a la cantidad de residuos procedentes de los mercados (Suárez, 2012, p.12). Cuando la temperatura comenzaba a bajar en la etapa termófila se realizaron volteos para que las camas y pilas se reactiven y aumenten rápidamente de temperatura. Luego la temperatura fue bajando hasta llegar a los 40 °C donde comienza la etapa de enfriamiento, hasta descender a la etapa de maduración. (Gavilanes et al., 2016: p. 129). Las camas y pilas superaron los 60 °C, gracias a estas elevadas temperaturas los patógenos presentes desaparecen. Similares resultados fueron encontrados por otros investigadores (Porras, 2011, p.41)

3.4. Análisis de los parámetros del proceso de compostaje:

3.4.1. Análisis físico-químico y químico del proceso de compostaje.

Durante y al final del proceso de compostaje se realizaron 8 muestreos recolectando un total de 144 muestras, de las cuales se analizaron los siguientes parámetros: conductividad eléctrica, porcentaje de materia orgánica, potencial hidrogeno, capacidad de intercambio catiónico, macronutrientes, micronutrientes, propiedades físicas, metales pesados, cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos y relación carbono nitrógeno.

Tabla 5-3: Resultados de los análisis físico-químicos, químicos del compostaje

TRAT	MO (%)		pH		CE mS/cm		Cloruros (mg/L)		Sulfatos (mg/L)		Nitratos (%)		Fosfatos (g/100g)		CIC (meq/100g)	
C1S1D1	70,21	a	8,38	abc	2,71	e	17,19	a	0,31	a	28,16	a	9,07	a	31,83	a
C2S1D2	75,77	abcde	8,19	a	2,36	bcde	15,42	a	0,28	a	18,50	a	7,31	a	31,44	a
C3S1D3	71,11	ab	8,24	ab	2,25	abcd	12,69	a	0,00	a	17,00	a	6,94	a	30,15	a
C4S2D1	74,18	abcd	8,41	abc	2,49	bcde	23,04	a	0,69	a	30,66	a	8,06	a	30,08	a
C5S2D2	74,60	abcd	8,31	ab	2,47	bcde	17,72	a	0,00	a	26,16	a	7,03	a	29,51	a
C6S2D3	75,44	abcde	8,29	ab	2,46	bcde	12,41	a	0,00	a	8,67	a	7,22	a	31,33	a
C7S3D1	78,64	cde	8,29	ab	2,50	cde	17,55	a	0,00	a	13,66	a	8,77	a	29,94	a
C8S3D2	74,18	abcd	8,36	abc	2,53	de	17,37	a	0,00	a	15,33	a	7,44	a	32,90	a
C9S3D3	72,79	abc	8,51	bc	2,56	de	5,49	a	0,57	a	36,82	a	7,83	a	31,36	a
P1S1D1	74,10	abcd	8,61	c	2,18	abcd	6,20	a	0,57	a	25,49	a	5,80	a	31,68	a
P2S1D2	77,37	bcde	8,47	abc	2,10	abc	5,49	a	0,00	a	8,33	a	4,72	a	30,63	a
P3S1D3	77,17	bcde	8,32	abc	1,96	a	5,14	a	0,00	a	6,16	a	3,38	a	34,02	a
P4S2D1	79,71	de	8,24	ab	2,16	abcd	4,96	a	0,00	a	18,33	a	4,70	a	31,32	a
P5S2D2	79,00	cde	8,37	abc	1,86	a	5,85	a	0,00	a	7,66	a	5,53	a	31,03	a
P6S2D3	81,77	e	8,20	a	2,17	abcd	4,43	a	0,00	a	64,14	a	7,77	a	31,03	a
P7S3D1	79,56	de	8,45	abc	2,24	abcd	5,32	a	0,00	a	73,80	a	8,01	a	33,73	a
P8S3D2	77,52	bcde	8,38	abc	2,39	bcde	3,55	a	0,00	a	44,98	a	5,75	a	33,91	a
P9S3D3	80,20	de	8,32	abc	2,08	ab	4,73	a	0,00	a	134,83	b	10,27	a	36,17	a
ANOVA	***		***		***		NS		***		***		NS		NS	

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

La concentración de materia orgánica indica que en todos los tratamientos el que presentó una menor cantidad promedio fue el C1S1D1 de 70,21% y el que presentó una mayor cantidad promedio fue el P9S3D3 con un 80,20%. En las camas se observa que la materia orgánica bajo, esto se debe a que la cantidad de residuos usados es menor, en cambio en las pilas que son de mayor tamaño hubo una reducción de materia orgánica menor debido a la gran cantidad de residuos usados. Por lo general el % de materia orgánica baja en todos los tratamientos debido a la degradación y mineralización de los componentes orgánicos ya que los microorganismos oxidativos obtienen energía al degradar el carbono y el agua. El porcentaje de materia orgánica se encuentra fuera de la norma EPA (%MO es > 20%). Similares resultados fueron encontrados por otros autores (Suárez, 2012, p.19).

En cuanto al pH se observa que todos los tratamientos son básicos, todos los tratamientos ya sean para las camas y las pilas todas tienen pH alcalino, esto se debe a la degradación de los ácidos pirúvicos en la etapa termofílica y a la descomposición del nitrógeno presente en el material orgánico formándose amoníaco que por la humedad se diluye formando amonio. El pH no se encuentra dentro de los rangos de la norma de la EPA (5,5-8). Similares resultados fueron encontrados por otros autores (Brito et al, 2016: p.87).

En la conductividad eléctrica de todos los tratamientos tienen diferencias significativas, esto se debe a la mineralización de la materia orgánica; cuando mayor sea la mineralización más es la conductividad eléctrica, en cambio cuando es menor la mineralización de la materia orgánica, la conductividad eléctrica es menor. La conductividad eléctrica en las camas es mayor, en cambio en las pilas la conductividad es menor. El tratamiento con un contenido mayor de conductividad eléctrica es el C1S1D1 con 2,71 y el con menor contenido es el P5S2D2. Todos los tratamientos se encuentran dentro de los rangos de la norma EPA ($CE < 3\text{mS/cm}$). Similares resultados fueron encontrados por otros investigadores (Brito et al, 2016: p.86).

3.4.1.1. Resultados de las propiedades físicas del compost

Tabla 6-3: resultados de los análisis de las propiedades físicas del compost.

TRAT	DA (g/cm ³)		DR (g/cm ³)		EPT %		CRA g agua/g de sustrato		C %		CA %		DAC g/ml	
C1S1D1	0,156	a	1,679	f	90,715	b	47,1145	c	15,531	a	83,391	a	0,42	a
C2S1D2	0,198	b	1,648	d	88,023	a	15,0605	ab	11,353	a	85,048	bcd	0,48	a
C3S1D3	0,203	b	1,712	h	88,143	a	9,1935	ab	14,201	a	86,414	d	0,57	a
C4S2D1	0,192	b	1,638	c	88,291	a	14,1850	ab	14,943	a	85,591	cd	0,41	a
C5S2D2	0,198	b	1,692	g	88,297	a	15,3900	ab	13,040	a	85,249	cd	0,43	a
C6S2D3	0,200	b	1,640	c	87,835	a	12,1320	ab	17,652	a	85,450	cd	0,46	a
C7S3D1	0,210	b	1,650	d	87,291	a	8,0165	ab	14,137	a	85,612	cd	0,49	a
C8S3D2	0,205	b	1,770	j	88,429	a	9,7305	ab	15,894	a	86,474	d	0,48	a
C9S3D3	0,151	a	1,667	e	90,972	b	50,6120	c	15,543	a	83,367	a	0,40	a
P1S1D1	0,203	b	1,688	g	87,982	a	13,1655	ab	8,681	a	85,324	cd	0,46	a
P2S1D2	0,192	b	1,640	c	88,312	a	23,1755	b	9,171	a	83,878	ab	0,46	a
P3S1D3	0,205	b	1,770	i	88,297	a	11,4825	ab	16,311	a	85,952	cd	0,45	a
P4S2D1	0,217	b	1,629	b	86,701	a	3,3005	a	8,786	a	85,987	cd	0,46	a
P5S2D2	0,208	b	1,633	bc	87,269	a	8,5390	ab	17,745	a	85,527	cd	0,46	a
P6S2D3	0,204	b	1,619	a	87,411	a	9,5080	ab	13,124	a	85,478	cd	0,44	a
P7S3D1	0,201	b	1,636	c	87,722	a	10,9540	ab	15,036	a	85,525	cd	0,48	a
P8S3D2	0,191	b	1,668	e	88,591	a	18,6985	ab	12,150	a	85,033	bcd	0,44	a
P9S3D3	0,195	b	1,637	c	88,118	a	17,6230	ab	4,608	a	84,693	bc	0,47	a
ANOVA	***		***		***		***		NS		***		NS	
NORMA TURBA	0,076		1,350		94,30		1.049,00		5,70		29,00			

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

En la (tabla 6-3) se observa las pruebas hidráulicas que se realizaron a la última muestra del compostaje, donde se analizaron varios parámetros como la densidad aparente, densidad real, espacio poroso total, capacidad de retención de agua, contracción de volumen, capacidad de aireación y densidad aparente compactada, estos datos se compararon con la Turba rubia la cual es una norma especialmente para los sustratos. La densidad aparente (DA) se encarga del traslado y la manipulación de los sustratos de la porosidad, fuerza y compactibilidad; el tratamiento con mayor cantidad de densidad aparente es el P4S2D1 con 0.217 y el con menor cantidad es el C9S3D3 con 0.156; las pilas se encuentran distribuidas en un grupo por lo que no hay diferencias significativas en cambio en las camas unas pertenecen al grupo a y otras al grupo b existiendo diferencias significativas. Los datos encontrados son superiores a la norma de la turba rubia (0.06-0,01). Los datos encontrados en la densidad real son altos, esto se debe a que conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño de la partícula disminuye y por lo tanto la densidad real aumenta; el tratamiento con el mayor contenido de densidad real es el P3S1D3 con 1.770 y el con menor cantidad es el P6S2D3 con 1,619. Los datos encontrados son superiores a la norma de la turba rubia ($DR < 1,35$). En cuanto al espacio poroso total (EPT) las camas como las pilas presentaron valores altos, esto se debe a que el espacio poroso depende al tamaño y forma de la partícula y la disponibilidad de aire y agua en el material; el tratamiento con mayor espacio poroso fue el C9S3D3 con 90,972 y el que presentó menor fue el P4S2D1 con 86,701; los datos analizados se encuentran dentro de la norma ($EPT > 85\%$). En lo que tiene que ver con la capacidad de retención de agua (CRA) se evidenció diferencias significativas tanto para las camas como para las pilas, el tratamiento con el valor más alto fue el C8S3D2 con 50,6120 y el con menos valor fue 3,3005; la mayoría de los datos encontrados se encuentran dentro de la norma. En cuanto a la contracción del volumen (C) se puede observar que no existían diferencias significativas tanto para las pilas como para las camas, el tratamiento con la contracción de volumen más alto es el P3S1D3 con 15,311 y el tratamiento más bajo es el P9S3D3 con 4,608; la mayoría de los datos encontrados en los análisis de este parámetro superan la norma. En la capacidad de aireación (CA) se observó diferencias significativas, tanto para los tratamientos de las camas como para los tratamientos de las pilas; mayor porcentaje de capacidad de aireación fue del tratamiento C3S1D3 con 86,414 y el menor porcentaje en capacidad de aireación fue el C1S1D1 con 83,391; los resultados de estos análisis superaron la norma. En lo que tiene que ver con la densidad aparente compactada (DCA) no existieron diferencias significativas en las camas ni en las pilas; el tratamiento con mayor cantidad de densidad aparente compactada fue el C7S3D1 con 0,49 y la cantidad más baja fue C9S3D3 con 0.49 (López, 2015, pp.147-148).

3.4.1.2. Resultado de los análisis de metales pesados del compost:

Tabla 7-3: Resultado de los análisis de metales pesados del compost.

Muestra	Metales pesados				
	Cr (ppb)	As (ppb)	Se (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)
C1S1D1	4,43	0,0064	7,64	0,158	0,0092
C2S1D2	4,53	0,0069	6,80	0,392	0,0061
C3S1D3	4,50	0,0075	4,87	0,405	0,0101
C4S2D1	4,49	0,0064	7,96	0,393	0,0065
C5S2D2	3,07	0,0044	10,46	0,395	0,0075
C6S2D3	3,07	0,0057	7,13	0,120	0,0062
C7S3D1	3,20	0,0051	7,13	0,111	0,0097
C8S3D2	2,91	0,0061	20,90	0,132	0,0103
C9S3D3	2,93	0,0068	10,95	0,098	0,0054
PROMEDIO	3,68	0,0061	9,32	0,245	0,0079
P1S1D1	3,29	0,0064	10,24	0,106	0,0047
P2S1D2	3,28	0,0057	5,99	0,021	0,0082
P3S1D3	3,28	0,0068	8,74	0,015	0,0109
P4S2D1	1,19	0,0073	5,02	0,010	0,0076
P5S2D2	1,30	0,0064	4,18	0,141	0,0092
P6S2D3	2,01	0,0079	2,25	0,140	0,0063
P7S3D1	2,15	0,0089	5,24	0,088	0,0090
P8S3D2	2,14	0,0064	7,84	0,053	0,0077
P9S3D3	4,06	0,0050	4,51	0,074	0,0101
PROMEDIO	2,52	0,0068	6,00	0,072	0,0082

Fuente: CENTROCESAL, 2018

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

En la tabla (7-3) se encuentra los metales pesados que se analizaron de la última muestra del proceso de compostaje; estas pruebas son muy importantes porque nos permiten ver qué clase de compost es y para qué sirven. Los metales pesados que se analizaron son los siguientes: Cr, As, Se, Cd y Hg; estos se compararon con las normas EPA y la Comisión Europea. Todos los tratamientos incluidos las camas y pilas se encuentran dentro de las dos normas con las cuales se relacionaron. Se hizo un promedio de camas y pilas para ver cómo se encuentran en cantidad de metales pesados. En cuanto al Cr se evidencio que las camas presentan un valor de 3,68 y las pilas presentan un valor de 2,52, siendo estas últimas mejores en este parámetro. Para el arsénico se

pudo observar que las camas tienen una cantidad de 0.0061, en cambio las pilas tienen una cantidad promedio de 0.0068, siendo las camas mejores en este parámetro. En lo que tiene que ver al selenio las camas presentaron un valor promedio de 9,32, y las pilas presentaron un valor promedio de 6, siendo estas últimas mejores en este parámetro. Para el cadmio las camas presentaron un valor promedio de 0,245, y las pilas mostraron un promedio de 0.072. Para el mercurio las camas tienen una cantidad promedio de 0,0079, y para las pilas mostraron un valor de 0,082 siendo las camas mejores en este parámetro. Según la norma de la Comisión de Europa todos los tratamientos pertenecen a un compost de clase A, el cual sirve para la agricultura. Similares resultados fueron encontrados por otros investigadores (European, 2014, p.225).

3.4.1.3. Resultados de los análisis de macronutrientes y micronutrientes:

Tabla 8-3: Resultados de los análisis de macronutrientes y micronutrientes.

Muestra	Macronutrientes y micronutrientes									
	N g/Kg	P g/kg	K ppm	Na ppm	Mn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Ca ppm	Mg ppm
C1S1D1	16,20	0,70	8,650	565,32	42,92	2,68	28,55	0,12	1200,00	900,00
C2S1D2	14,50	0,70	8,290	577,69	43,64	2,62	28,45	0,11	1100,00	500,00
C3S1D3	16,10	0,90	8,370	549,61	43,52	2,58	28,45	0,15	1500,00	900,00
C4S2D1	15,90	1,00	8,500	556,35	41,49	2,63	27,80	0,12	1200,00	1100,00
C5S2D2	14,50	0,90	7,610	614,90	37,38	2,93	28,56	0,10	1000,00	700,00
C6S2D3	15,40	1,50	7,510	614,90	36,98	2,93	28,17	0,12	1200,00	800,00
C7S3D1	14,80	1,40	7,440	624,82	35,98	2,91	28,37	0,10	1000,00	900,00
C8S3D2	14,50	1,70	8,090	594,14	42,96	7,63	42,02	0,12	1200,00	900,00
C9S3D3	16,00	1,30	7,990	596,36	41,85	7,55	41,45	0,07	700,00	1100,00
P1S1D1	15,30	1,30	8,090	421,45	38,86	3,81	20,06	0,08	800,00	1500,00
P2S1D2	14,60	1,00	8,020	420,33	38,5	3,75	20,22	0,07	700,00	700,00
P3S1D3	15,60	1,50	7,980	406,90	39,13	3,82	19,96	0,07	700,00	800,00
P4S2D1	14,50	0,90	7,730	472,70	38,36	2,60	10,60	0,08	800,00	700,00
P5S2D2	13,00	0,70	7,700	466,02	37,98	2,51	10,47	0,11	1100,00	1300,00
P6S2D3	13,60	1,60	7,530	493,35	44,22	2,06	27,51	0,18	1800,00	1100,00
P7S3D1	12,50	1,50	7,690	505,63	45,14	2,10	37,57	0,14	1400,00	1900,00
P8S3D2	14,90	2,10	8,990	596,87	28,68	2,08	28,18	0,11	1100,00	900,00
P9S3D3	14,90	0,80	6,080	399,05	28,24	3,12	33,47	0,12	1200,00	1000,00

Fuente: CENTROCESAL, 2018

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

En la tabla (8-3) se puede evidenciar los análisis de los diferentes macronutrientes como el N, P, K y Na, las camas y pilas se encuentran en valores semejantes; en el caso del nitrógeno las camas se encuentran en un rango de 14.50 a 16,20 donde el mejor tratamiento es el C1S1D1 y el más bajo es el C5S2D2, en cambio las pilas se encuentran en un rango de 12,5 a 12,53 donde estas arrojaron valores más bajos que las camas, el mejor tratamiento de la pilas fue el P1S1D1 y el más bajo fue el P7S3D1. En cuanto al fósforo los valores fueron bajos tanto para pilas y camas donde el mejor tratamiento fue el P8S3D2 con 2,10 y los más bajos fueron el C1S1D1 y el C2S1D2 con 0.70; las pilas arrojaron valores más altos que las camas. En lo que tiene que ver con el potasio las camas se encuentra en un rango de 8,650 a 8,440 donde el mejor tratamiento es C1S1D1 y el más bajo es C7S3D1 en cambio las pilas se encuentran en un rango de 8,990 a 7,690 donde el mejor tratamiento es P8S3D2 y el más bajo es el P7S3D1. Para el sodio tanto los resultados de las pilas y camas fueron altos donde el mejor tratamiento fue el C7S3D1 con 624,82 y el más bajo fue el P1S1D1 con 421,45. Similares resultados fueron encontrados por otros investigadores (Gavilanes, 2016, p.132).

De acuerdo a la norma US guidelines ($N_T, P > 10$) el nitrógeno, potasio y sodio se encuentran dentro de la norma en cambio el fosforo se encuentra fuera de la norma.

Los micronutrientes analizados en los siguientes tratamientos fueron Mn, Fe Cu, Zn, Ca y Mg. En cuanto manganeso se puede observar que los tratamientos de las pilas fueron más bajos y los de las camas más altos. En lo que tiene que ver al Fe las camas tuvieron valores más altos que las pilas. Para la concentración de cobre, las pilas tuvieron valores más altos que las camas. Para el zinc puede apreciar que los valores son sumamente bajos para las pilas y camas. Los micronutrientes se relacionaron con la norma US guidelines (Gavilanes, 2016, p.132).

3.4.1.4. Resultados de los análisis de relación carbono nitrógeno

Tabla 9-3: Resultados de los análisis de relación carbono nitrógeno.

TRATAMIENTOS	C/N %
C1S1D1	13.8
C2S1D2	19,3
C3S1D3	13,8
C4S2D1	18,15
C5S2D2	17,5

C6S2D3	16,83
C7S3D1	15,02
C8S3D2	19,57
C9S3D3	16,05
P1S1D1	19,15
P2S1D2	15,22
P3S1D3	18,03
P4S2D1	15,18
P5S2D2	14,37
P6S2D3	14,07
P7S3D1	16,70
P8S3D2	19,56
P9S3D3	18,62

Fuente: CESTTA, 2018

Realizado por: RIVADENEIRA, Juan, 2018

En la (tabla 9-3) se pudo apreciar que el contenido de carbono nitrógeno es menor en los tratamientos que corresponden a las camas, el rango que oscila las relaciones es entre 13,15 y 19,57, en cambio en las pilas se pudo observar que los tratamientos eran mayores en relación carbono nitrógeno con un rango de 14,07 a 19,15 como (Camiletti, 2016, pp. 43-54). Todos los tratamientos incluidos camas y pilas fueron bajos, esto se debe a que hubo una correcta degradación de la materia orgánica; se comparó con el Real Decreto 506. Similares resultados fueron encontrados por otros investigadores (Porrás, 2011, p.49).

CONCLUSIONES:

- Se preparó la semilla Takakura realizando soluciones saladas y soluciones dulces; para la solución salada se agregaron en cada uno de los 3 tachos 108 L de agua, 447,10g de cascara de manzana, 1270,24g de cascara de pepinillo, 15181,97g de hoja de col, y 9342,83g de hoja de nabo, en cada tacho se colocó diferentes proporciones de sal, para el primer tacho S1 se puso 349,26g, para el S2 582,11g de sal y para el S3 814,97g de sal. Para la solución dulce se agregaron en cada uno de los 3 tachos lo siguiente: 108L de agua, 108g de levadura, 11L de yogurt, 14,39g de cuajo de queso, igual que en las soluciones saladas se colocó diferentes concentraciones de azúcar en cada tacho, para el primer tacho D1 se puso 4200g de azúcar, para el D2 7010g y para el D3 9810g. Las soluciones dulces y saladas se dejaron reposar por una semana para que se fermente, posterior mente se elabora la semilla donde se añadieron los siguientes materiales: 171,50 kg de serrín, 34,4 Kg de hojarasca, 17,15Kg de harina 37,4 Kg de solución dulce fermentada y 45,68g de solución salada fermentada; se homogenizo y se dejó por una semana fermentar.
- Se realizó un control del proceso desde los sustratos y líquidos, que fueron necesarios para la elaboración de la semilla Takakura, donde se analizaron parámetros físico-químicos, químicos y microbiológicos, así también para las diferentes muestras recolectadas durante el proceso de compostaje, se evaluaron parámetros como pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, índice de germinación, cloruros, sulfatos nitratos, fosfatos, macronutrientes, micronutrientes, propiedades físicas del compost y metales pesados.
- Se determinó que la calidad del abono depende de los resultados obtenidos en los análisis de los distintos parámetros físicos-químicos, químicos y microbiológicos, donde el mejor tratamiento de las camas fue C3S1D3 y el mejor tratamiento de las pilas fue el P3S1D3, proporcionando los siguientes resultados: 66,78 y 61,94 de materia orgánica, 8,19 y 8,20 de potencial hidrogeno, 2,36 y 2,08 de conductividad eléctrica, 36,47 y 33,51 de capacidad de intercambio catiónico, 69,9 y 69,3 de índice de germinación, 23, 88 y 28,03 de relación carbono nitrógeno. Luego de un análisis general se determinó que los mismos tratamientos tanto en pilas y camas son los mejores en macronutrientes, micronutrientes y metales pesados, estableciéndose que el mejor tratamiento en el proceso de compostaje Takakura fue el C3S1D3.

RECOMENDACIONES:

- Realizar una caracterización de los materiales iniciales con diferentes análisis de laboratorio para poder establecer comparaciones con los distintos parámetros analizados al final del proceso de compostaje.
- Se recomienda que cuando baje la temperatura en una pila dar volteos, para que los microorganismos se reactiven y empiecen a degradar la materia orgánica, produciendo de nuevamente un aumento de temperatura.
- Utilizar los equipos de protección personal cuando se esté realizando el volteo de las pilas, porque se emanan gases de olores desagradables y tóxicos que pueden ser perjudiciales para el ser humano.
- Controlar adecuadamente todas las etapas de un proceso de compostaje en especial la fase de maduración debido a que se estabiliza la degradación de la materia orgánica y la actividad microbiológica.
- En el momento que se esté realizando los diferentes análisis de laboratorio, hacerlo de manera adecuada siguiendo los lineamientos establecidos por diferentes autores para obtener resultados de calidad.
- Triturar los residuos orgánicos para que tengan un menor tamaño y así en el momento que se coloquen en las pilas se degraden rápidamente.

BIBLIOGRAFIA:

Acosta, Wilson y Peralta, Milton. *Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de fusagasugá* [En línea] (tesis).(Grado) Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Colombia, 2015. [Consultado: 17 de Febrero del 2018.] Disponible en: <http://dspace.ucundinamarca.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1234/ELABORACION%20DE%20ABONOS%20ORGANICOS%20A%20PARTIR%20DEL%20COMPOSTAJE%20DE%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Barrera, R. *Compostaje de residuos solidos orgánicos . Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso.* [En línea] (tesis).(Grado) Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Ingeniería Química, Bcelona- España, 2006. [Consultado: 07 de Febrero del 2018.] Disponible en: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1del.pdf>.

Bueno, Pedro; et al. *Factores que afectan al proceso de Compostaje* [En línea] Universidad de Huelva, Facultad de Ciencias Experimentales, Sevilla-España, 2005. [Consultado: 06 de Marzo del 2018.] Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>.

Eche, F. *Elaboración de compost, utilizando desechos orgánicos del centro de faenamiento de Julio Andrade. Carchi- Ecuador.* [En línea] (tesis).(Grado), Universidad Politécnica Estatal Del Carchi, Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales, Ibarra - Ecuador, 2013. [Consultado: 17 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/13/1/029%20ELABORACION%20DE%20COMPOST%20UTILIZANDO%20DESECHOS%20ORGANICOS%20DEL%20CENTRO%20DE%20FAENAMIENTO%20DE%20JULIO%20ANDRADE%20CARCHI%20ECUADOR%20-%20ECHE%20FROILAN.pdf>.

Elías, Xavier. *Reciclaje de Residuos Industriales* [En línea] 2ª ed. DIAZ DE SANTOS, S.A. Madrid-España, 2012, ISBN: 978-84-9969-366-8. [Consultado: 04 de Febrero del 2018.] Disponible en : <https://books.google.com.ec/books?id=8yWSZEBQsXgC&printsec=frontcover>

&dq=residuos+solidos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiNrOWS2ozZAhVjw1kKHTroAXoQ6AEIJTAA#v=onepage&q=residuos%20solidos&f=false.

Gallardo, K. *Obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana* [En línea] (tesis).(Grado) Univesidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, Lima-Perú, 2013. [Consultado: 06 de Marzo del 2018.] Disponible en : http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1222/1/gallardo_mk.pdf.

García, A. *Estudio experimental y teórico de la conductividad eléctrica de soluciones ácidas de níquel y zinc* [En línea] (tesis).(Grado), Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Enero de 2007. [Consutado: 17 de Marzo del 2018.] Disponible en: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/garcia_a/sources/garcia_a.pdf.

García, D; at al. "Métodos y parámetros para determinar la madurez en el compost a nivel de fincas", *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*, [En línea] 2014. [Consultado: 16 de Febrero del 2018.] ISSN-1683-8904 Disponible en: <http://ama.redciencia.cu/articulos/26.03.pdf>.

Giron, Carolina; et al. *Influencia de la aplicación de bocashi y lombriabono en el rendimiento de calabacín* [en línea] (tesis). (Grado) Universidad de el salvador, facultad de ciencias agronómicas, El Salvador, 2010. [Consultado: 06 de Marzo del 2018.] Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/1588/1/13101291T.pdf>.

Gobierno Autónomo Descentralizado del Canton Morona. *Ordenanza de desechos solidos* [En línea] 2016. [Consultado: 17 de Marzo del 2018.] <http://www.morona.gob.ec/sites/default/files/ORDENANZAS/O.%20ORDENANZA%20DE%20DESECHOS%20SOLIDOS.pdf>.

Iglesias, Emeterio. *Aspectos físico-químicos, bioquímicos y microbiológicos del proceso de compostaje. Evaluación de la calidad.* [En línea] Salamanca- España, 2007. [Consultado: 15 de Febrero del 2018.] Disponible en : <http://digital.csic.es/bitstream/10261/92881/1/3%202%20Unidad%20tematica%204.pdf>.

RANCISC

Instituto de Estrategias del Medio Ambiente Global. *Compostaje para la reducción de residuos* [en línea] 2010. [Consultado: 06 de Marzo de 2018.] Disponible en: https://www.jica.go.jp/kyushu/office/ku57pq000009v1mc-att/comp_kit_low.pdf.

JICA. *Compostaje para la reducción de residuos. compostaje para la reducción de residuos.*[En línea] 2010. [Consultado: 25 de Enero del 2018.] Disponible en : http://www.jica.go.jp/kyushu/office/ku57pq000009v1mc-att/comp_kit_low.pdf.

Jimenez, Silvio. *Elaboración de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista del Cantón Riobamba* [En línea] (tesis). (Grado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador, 2015. [Consultado : 9 de Febrero del 2018.] Disponible en : <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4867/1/236T0170.pdf>.

Laich, Federico. *Jornada Técnica: Fertilidad y Calidad del Suelo. Experiencias de fertilización orgánica en platanera.* [En línea] 21 de Octubre de 2011. [Consultado: 12 de Marzo del 2018.] Disponible en: [http://biomusa.net/es/jornadas-y-actividades/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje /file](http://biomusa.net/es/jornadas-y-actividades/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file).

López, Marga; et al. "De residuo a recurso. El camino hacia la sostenibilidad." *Red española de compostaje* [En línea] 2014. [Consultado: 17 de Febrero del 2018.] Disponible en : https://books.google.com.ec/books?id=RhhNBQAAQBAJ&pg=PA212&lpg=PA212&dq=iones+en+un+proceso+de+compostaje&source=bl&ots=82BEIci6eS&sig=_VFEWTSz8DrjQdZ4EQ0BDCsLBao&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiatcj-0q3ZAhVNu1MKHUy_Dc4Q6AEIdzAG#v=onepage&q=iones%20en%20un%20proce.

Martinez, J. *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos.* [En línea] Montevideo - Uruguay, 2005. pp.45 [Consultado: 17 de Marzo del 2018] Disponible en: http://www.cempre.org.uy/docs/biblioteca/guia_para_la_gestion_integral_residuos/gestión_respel01_fundamentos.pdf

Mnisterio del Ambiente. *Gestión Integral de Desechos Sólidos Cup 40400000.970.4961* [En línea] 2016. [Consultado: 17 de Marzo del 2018.] Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/PNGIDS1.pdf>.

- Miyashiro, Iris.** *Calidad de seis formulaciones de compost enriquecido con guano de islas* [En línea] (tesis). (Grado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias, 2014. [Consultado: 17 de Febrero del 2018.] Disponible en: http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1879/F04_M59%20-T.pdf?sequence=1.
- Mollinedo, Zenon.** *Determinación de la calidad de compost, elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos en el municipio de puerto mayor carabuco, provincia camacho* [En línea] (tesis). (Grado), Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía ,La Paz-Bolivia, 2009. [Consultado: 06 de Marzo del 2018.] Disponible en : <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5011/T-1335.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Municipio de Loja.** *Manual Elaboración de Abono Orgánico* [En línea] Loja - Ecuador: 26 de Junio de 2016. [Consultado: 06 de Marzo de 2018.] Disponible en: https://issuu.com/alcaldiadeloja3/docs/folleto_gesti__n.
- Olivera, H.** *Estrategias para conservar las costumbres y tradiciones de la cultura Macabea.* [En línea] (tesis) (Grado) Universidad Técnica Particular de Loja, Loja - Ecuador, 2012. [Consultado: 17 de Marzo del 2018.] Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/4395/1//Olivera%20Bernita20%20Hilda%20Esther.pdf>.
- Ordoñez, Rumiche.** *Uso de soluciones hidropónicas en el agua de riego del Germinado Hidropónico.* 1ª ed , Lambayeque : s.n., 2016, Vol. 7. ISSN-2221-5921.
- Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, División de Salud y Ambiente.** *Análisis sectorial de residuos sólidos ecuador* [En línea] Mayo de 2002. [Consultado: 17 de Marzo del 2018.] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/e/fulltext/analisis/ecuador.pdf>.
- Palmero, R.** *Elaboración del compost con restos vegetales por el sistema tradicional en pilas o montones.* [En línea] Febrero del 2010. [Consultado: 14 de Febrero del 2018.] Disponible en : <http://www.ecohabitar.org/wp-content/uploads/2013/10/elaboracion-de-compost-con-restos-vegetales-1.pdf>.

- Porras, Alejandro.** *Producción de compost a partir de residuos sólidos de una planta de celulosa* [En línea] (tesis).(Grado), Universidad de Chile, Chile, Marzo de 2011. [Citado el: 19 de Febrero de 2018.] http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-porras_sh/pdfAmont/cf-porras_sh.pdf.
- Porras, S.** *Producción de compost a partir de residuos sólidos de una planta de celulosa.* [En línea] (tesis). (Grado), Santiago de Chile - Chile, Marzo de 2011. [Consultado: 12 de Marzo del 2018.] Disponible en: http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-porras_sh/pdfAmont/cf-porras_sh.pdf.
- Ramon, Plana.** *Maestro Compostador.* [En línea] 2008. [Consultado: 10 de Febrero del 2018.] Disponible en : <http://www.maestrocompostador.es/compostaje/sistemas/SCerrados/SCerrados.html>.
- Rivera, N.** *Propuesta de un programa para el manejo de los residuos solidos en la plaza de mercado de Cerete – Cordoba* [En línea] (tesis). (Maestría), Universidad Pontificia Javeriana, Facultad de estudios ambientales y rurales, Bogota-Colombia, 2009. [Consultado: 07 de Febrero del 2018.] Disponible en : <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis64.pdf>.
- Roca, Ana.** *Valoración agronómica del compost y factores limitantes de su aplicación (Parte II)* [En línea] [Consultado: 17 de Febrero de 2018.] Disponible en: http://www.infoagro.com/documentos/valoracion_agronomica_del_compost_y_factores_limitantes_su_aplicacion__parte_ii_.asp.
- Rojas, F y Zeledón, E.** *Efecto de diferentes residuos de origen vegetal y animal en algunas características física, química y biológica del compost. Hacienda Las Mercedes, Managua .* [En línea] (tesis)(Diplomado). Managua - Nicaragua, 2007. [Consultado: 05 de Noviembre del 2017.] <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjL-J6j7-TQAhVJKyYKHcY2BSEQFggeMAE&url=http%3A%2F%2Frepositorio.una.edu.ni%2F2036%2F1%2Ftnq02r741.pdf&usg=AFQjCNFf6cuT69mo-hd3gxulBdve2O8I3Q&bvm=bv.140915558,d.eWE>.

Roman, P. Martínez, M ; et al. *Manual de compostaje del agricultor* [En línea] Santiago de Chile, 2013. E-ISBN 978-92-5-307845-5 [Consultado: 10 de Febrero del 2018.] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.

Saez, A & Joheni, U. "Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe", *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. [En línea] 2014. pp. 121 - 135 [Consultado: 17 de marzo del 2018.]ISSN: 1315-8856. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/737/73737091009/>.

Sanchez, Juan. *Vermicompostaje de residuos orgánicos con lombrices del género eisenia. caracterización del producto*. [En línea] (tesis). (Grado), Universidad de Sevilla, Sevilla-España, Enero de 2017. [Consultado: 06 de Marzo del 2018.] Disponible en : <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/64332/TFG%20Juan%20Manuel%20Sanchez%20Lombricultura.pdf?sequence=7&isAllowed=y>.

Soliva, Monserrat & Lopez, Marga, *Calidad de compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso*. [En línea] 2004. [Consultado: 21 de Febrero del 2018.] Disponible en: http://mie.esab.upc.es/ms/recerca_experimentacio/articles_ESAB/Calidad%20compost%20lodos.pdf.

Suárez, Javiera. *Compostaje de coproducto (digestato) que se genera en la digestión metanogénica del alperujo (residuo de olivo)* [En línea] (tesis).(Grado), Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Chile, 2012. [Consultado: 17 de Marzo del 2018.] Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116355/Javiera%20Isabel%20Su%C3%A1rez%20Fuentes.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

Suárez, M. *Evaluación del compostaje domiciliario como modelo de gestión de los residuos orgánicos. Caso de estudio: Comuna Villa La Serranita*. [En línea] (tesis).(Maestría), Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Córdoba, Córdoba-Argentina, 2012. [Consultado: 17 de Marzo del 2018.] Disponible en http://www.academia.edu/4065551/Plan_de_tesis_Ma._Fernanda_Su%C3%A1rez_FRC-UTN_P%C3%A1g._1_de_15_Universidad_Tecnol%C3%B3gica_Nacional_Facultad_Regional_C%C3%B3rdoba_Direcci%C3%B3n_de_PosgradoPLAN_DE_TAREAS.

Texto Unificado Legislación Secundaria Medio Ambiente - TULSMA libro VI. *Norma de calidad Ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos.* [En línea] Ecuador. 2015. [Consultado: 17 de Marzo del 2018.] Disponible en: <http://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112185.pdf>.

Tortosa, German. *Carbono orgánico soluble como índice de calidad de un compost* [En línea] 14 de Julio de 2013. [Consultado: 19 de Febrero del 2018.] Disponible en: <http://www.compostandociencia.com/2013/07/carbono-organico-hidrosoluble-html/>.

Tortosa, German. *Contenido de nitrógeno en un compost* [En línea] 16 de Julio de 2013. [Consultado: 17 de Febrero del 2018.] Disponible en : <http://www.compostandociencia.com/2014/07/determinacion-del-contenido-total-de-nitrogeno-en-un-compost/>.

Tortosa, German. *Sistemas de compostaje* [Blog] Octubre de 2010. [Consultado: 08 de Febrero del 2018.] Disponible en: <http://www.compostandociencia.com/2015/02/sistemas-de-compostaje/>.

Vásquez, D. *Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pasto.* [En línea] (tesis) (Grado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador, 2008. [Consultado: 17 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://studylib.es/doc/7227577/tesis-de-grado---dspace-epoch---escuela-superior-polit%C3%A9...>

Yauli, A . *Manual para el manejo de desechos sólidos en la Unidad Educativa Darío Guevara, Parroquia Cunchibamba, Cantón Ambato, Provincia Tungurahua* [En línea] (tesis).(Grado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba- Ecuador, 2011. [Consultado: 17 de Marzo del 2018.] Disponible en : <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjEvZD9vuXQAhUK1CYKHdbrCXEQFggZMAA&url=http%3A%2F%2Fdspace.epoch.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F1298%2F1%2F26T00005.pdf&usg=AFQjCNFuBOADiUdP3fFcNs-ZTfSR1SW-Ow&b>.

ANEXOS:

ANEXO A: Elaboración de la semilla Takakura. Elaboración de la solución dulce



Fotografía 1: Materiales para la solución dulce.



Fotografía 2: Adición de azúcar en el tacho de solución dulce



Fotografía 3: Adición de levadura a la solución dulce



Fotografía 4: Adición de yogurt a la solución dulce.



Fotografía 5: Homogenización de la solución dulce.



Fotografía 6: Cubrir con fundas la solución dulce.

ANEXO B: Elaboración de la solución salada:



Fotografía 7: Preparación de los materiales de la solución salada.



Fotografía 8: Materiales para la solución salada.



Fotografía 9: Adición de materiales al tacho.



Fotografía 10: Adición de sal al tacho.



Fotografía 11: Homogenización de la solución.



Fotografía 12: Semilla fermentada.

ANEXO C: Elaboración de la semilla:



Fotografía 13: Aserrín para la semilla.



Fotografía 14: Aserrín con hojarasca.



Fotografía 15: Adición de harina.



Fotografía 16: Adición de la solución salada fermentada.



Fotografía 17: Adición de la solución dulce fermentada.



Fotografía 18: Semilla homogenizada.

ANEXO D: Caracterización de los residuos sólidos urbanos.



Fotografía 19: Clasificación de los residuos.



Fotografía 20: Residuos listos para triturar

ANEXO E: Implantación de las pilas



Fotografía 20: Adición del serrín en la plataforma.



Fotografía 21: Adición de la semilla sobre el serrín.



Fotografía 22: Adición de los residuos sólidos.



Fotografía 23: Adición de semilla y serrín.



Fotografía 24: Pilas y camas ya elaboradas.



Fotografía 25: Pilas y camas ya elaboradas.

ANEXO F: Volteos



ANEXO G: Hongos en las camas y pilas.



ANEXO H: Análisis físicos, propiedades físicas del compost.





ANEXO I: Materia orgánica:



ANEXO J: Conductividad eléctrica y pH.



ANEXO K: Índice de germinación

