



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE PREVIA
DESULFURACIÓN A PARTIR DE LOS RESIDUOS DEL
PELAMBRE DE LA CURTIDURÍA SERRANO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: JULIO ALEXANDER GUAPULEMA SALAZAR

DIRECTOR: ING. CESAR PUENTE

Riobamba – Ecuador

-2018-

© 2018 Julio Alexander Guapulema Salazar

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 INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que el trabajo de titulación **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE PREVIA DESULFURACION A PARTIR DE LOS RESIDUOS DEL PELAMBRE DE LA CURTIDURÍA SERRANO”** de responsabilidad del Señor Julio Alexander Guapulema Salazar, ha sido revisado por los Miembros del Tribunal, quedando autorizado su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Cesar Puente G.

DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACION

Dra. Janneth Jara S.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Guapulema Salazar Julio Alexander declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que proviene de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Riobamba, 4 de Enero del 2018.

.....

Julio Alexander Guapulema Salazar
CC: 060453534-4

Yo, Julio Alexander Guapulema Salazar, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

JULIO ALEXANDER GUAPULEMA SALAZAR

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi padre celestial que me ha dado sabiduría, inteligencia para culminar con éxito una etapa más de mi vida y poder servir a la sociedad con mis conocimientos, para el progreso del país, el de mi familia y el mío en particular.

A mis padres y hermanos, por haberme apoyado económicamente para culminar mis estudios.

A la Escuela Superior politécnica de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Química, especialmente a mis tutores del trabajo de titulación el Ing. Cesar Puente y a mi asesora la Dra. Janneth Jara, quienes supieron guiarme con su conocimiento y sabiduría han logrado que pueda concluir con éxito el presente trabajo de investigación.

A la empresa Curtiduría Serrano auspiciante de esta investigación.

Julio Alexander Guapulema Salazar

ÍNDICE

	Pág.
Portada	i
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
SUMARY	xvi
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Identificación del Problema	1
1.2 Justificación de la Investigación	2
1.3 Objetivos de la Investigación	3
<i>Objetivo General</i>	3
<i>Objetivos Específicos</i>	3
CAPÍTULO II	4
2 MARCO TEÓRICO	4
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	4
<i>Antecedentes Históricos</i>	4
<i>Localización del proyecto</i>	5
<i>Tratamiento y diseño experimental</i>	5
<i>Procedimiento Experimental</i>	5
2.1.1.1 <i>Recogida de residuos de pelambre</i>	5
2.1.1.2 <i>Desulfuración</i>	6
2.1.1.3 <i>Trituración de residuos de poda</i>	6
2.1.1.4 <i>Preparación del inóculo de bacterias</i>	6
2.2 MONTAJE DE LA PILA DE COMPOSTAJE.	7
2.2.1 <i>Procedimiento</i>	7
2.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7

<i>Compostaje</i>	7
<i>Importancia del compostaje</i>	9
<i>Calidad del compost</i>	10
2.3.1 Características de los compost	10
<i>Parámetros de compostaje</i>	10
2.3.1.1 <i>Temperatura</i>	10
2.3.1.2 <i>Fase de maduración</i>	12
2.3.1.3 <i>Relación Carbono Nitrógeno</i>	12
2.3.1.4 <i>Humedad</i>	13
2.3.1.5 <i>pH</i>	13
2.3.1.6 <i>Aireación</i>	14
2.4 DESULFURACIÓN	15
<i>Proceso de desulfuración</i>	16
<i>Desulfuración de pelambres</i>	16
2.5 LA CURTIEMBRE	18
<i>Proceso de curtación</i>	21
<i>Pieles empleadas en la Industria</i>	24
CAPÍTULO III: MARCO METODOLOGICO	25
3 METODOLOGÍA	25
3.1 HIPÓTESIS Y ESPECIFICACIONES DE LAS VARIABLES	25
<i>Hipótesis general</i>	25
<i>Hipótesis específicas</i>	25
<i>Especificaciones de las variables</i>	25
3.1.1.1 <i>Variables de la hipótesis específica 1</i>	25
3.1.1.2 <i>Variables de la hipótesis específica 2</i>	25
3.1.1.3 <i>Variables de la hipótesis 3</i>	25
3.1.1.4 <i>Variables de la hipótesis 4</i>	26
3.2 MATRIZ DE CONSISTENCIA	27
3.3 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	29
<i>Tipo de investigación</i>	29
<i>Diseño de la investigación</i>	29
3.4 Unidad de Análisis	29
3.5 Población de Estudio	29

3.6	Tamaño de la Muestra	29
3.7	Selección de Muestra	30
3.8	Técnicas de Recolección de Datos	30
3.9	Desarrollo Experimental	30
	<i>Análisis del agua proveniente del proceso de pelambre</i>	31
	CAPITULO IV	32
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1	RESULTADOS	32
	<i>Resultados del análisis del agua proveniente del pelambre</i>	32
	<i>Resultado del análisis de aguas de pelambre desulfurado</i>	32
	<i>Resultado de la caracterización de los residuos de pelambre</i>	32
4.2	RESULTADOS DE PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE	33
	<i>Toma de muestras</i>	33
	<i>Temperatura</i>	36
	<i>Humedad</i>	38
	<i>En el Gráfico 2-4 se aprecia la variación de la humedad en las distintas fases del proceso.</i> 38	
	<i>Conductividad eléctrica (CE)</i>	39
	<i>Materia orgánica (MO)</i>	40
	<i>La evolución de la materia orgánica y la ceniza se presenta en el Gráfico 4-4. Este parámetro va disminuyendo paulatinamente debido a su degradación y avance del proceso.</i> 40	
	<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	41
	<i>Resultado de la caracterización del compost</i>	41
	<i>Índice de germinación (IG)</i>	41
	<i>Rendimiento</i>	44
	<i>La tabla 9-4 muestra el porcentaje de rendimiento del compost obtenido.</i>	44
	<i>Resultados de macronutrientes</i>	44
4.3	BALANCE GENERAL DE LA PRODUCCIÓN DE CUEROS DE LA CURTIDURÍA SERRANO	45
	<i>Proceso de desulfuración</i>	45
	<i>Proceso de compostaje</i>	46

4.4	PRUEBA DE HIPÓTESIS	47
	<i>Hipótesis 1</i>	<i>47</i>
	<i>Hipótesis 2</i>	<i>48</i>
	<i>Hipótesis 3</i>	<i>48</i>
	<i>Hipótesis 4</i>	<i>49</i>
4.5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	49
	CAPÍTULO V	53
5	IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	53
5.1	Propuesta Para la Solución del Problema.....	53
5.2	Costos de Implementación de la Propuesta	53
	<i>Implementación del método de desulfuración</i>	<i>53</i>
	<i>Costos de inversión.....</i>	<i>54</i>
	<i>Implementación de la pila.....</i>	<i>55</i>
	CONCLUSIONES	56
	RECOMENDACIONES	57
	BIBLIOGRAFÍA	58
	ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3:	Matriz de Consistencia	27
Tabla 1-4:	Análisis del agua tratada proceso de desulfuración	32
Tabla 2-4:	Análisis del agua proveniente del pelambre	32
Tabla 3-4:	Parámetros analizados en la muestra desulfurada.....	33
Tabla 4-4:	Fechas del muestreo del proceso de compostaje	33
Tabla 5-4:	Resultados de los análisis realizados durante el proceso de compostaje	35
Tabla 6-4:	caracterización final del compost	41
Tabla 7-4:	Datos de fitotoxicidad de la muestra inicial y final	42
Tabla 8-4:	Índice de germinación de semillas de rábano	43
Tabla 9-4:	Rendimiento de compostaje.....	44
Tabla 10-4:	Análisis de macro y micro en el compost	44
Tabla 11-4:	Insumos requeridos para desulfurar	53
Tabla 12-4:	Materiales y equipos para realizar la pila de compostaje	54
Tabla 13-4:	Costos de insumos para la implementación del método de desulfuración	54
Tabla 14-4:	Costo de insumos para la implementación de la pila.....	55
Tabla. 15-4:	Costos total para la implementación del equipo de trituración.....	55
Tabla 16-4:	Costo de equipo de trituración y termómetro	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	La Curtiembre	19
Figura 2-2:	Curtido de pieles de ganado vacuno	21

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Variación de la temperatura.....	37
Gráfico 2-4:	Humedad de la pila de compost.....	38
Gráfico 3-4:	Conductividad eléctrica de la pila de compost	39
Gráfico 4-4:	Materia orgánica y ceniza de la pila de compost.....	40
Gráfico 5-4:	Índice de germinación de semillas.....	43
Gráfico. 6-4:	Rendimiento del compostaje.....	44
Gráfico 7-4:	balance general	45
Gráfico 8-4:	Proceso de desulfuración	45
Gráfico 9-4:	Proceso de compostaje.....	46
Gráfico 10-4:	Balance de masa proceso de compostaje	46
Gráfico11-4:	Contenido de sulfuros del agua del pelambre.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A: Análisis fisicoquímico del agua residual del proceso de pelambre.
- Anexo B: Análisis fisicoquímico del agua residual del proceso de pelambre desulfurado.
- Anexo C: Análisis de los residuos de pelambre.
- Anexo D: Análisis inicial de los residuos de curtiembre para realizar el compost en Agrocalidad.
- Anexo E: Análisis del compost final de los residuos de pelambre en Agrocalidad.
- Anexo F: Relación de carbono nitrógeno
- Anexo G: Residuos de la Curtiembre parte 1.
- Anexo H: Residuos de la Curtiembre parte 2.
- Anexo I: Recolección de residuos de la Curtiembre del proceso de pelambre para transportar
- Anexo J: Proceso de desulfuración parte 1.
- Anexo K: Proceso de desulfuración parte 2.
- Anexo L: Proceso de armar la pila de compostaje parte 1.
- Anexo M: Proceso de armar la pila de compostaje parte 2.
- Anexo N: Proceso de monitoreo de la pila de compostaje parte 4.
- Anexo O: Proceso de monitoreo de la pila de compostaje parte 4.
- Anexo P: Proceso de monitoreo de la pila de compostaje parte 5.
- Anexo Q: Proceso de monitoreo de la pila de compostaje parte 5.
- Anexo R: Análisis de laboratorio de la muestra de los volteos de la pila de compostaje parte 1.
- Anexo S: Análisis del laboratorio determinación de materia orgánica parte 2.
- Anexo T: Análisis del laboratorio determinación de materia orgánica parte 3.
- Anexo U: Análisis del laboratorio determinación del índice de germinación parte 1.
- Anexo V: Análisis del laboratorio determinación del índice de germinación parte 2.
- Anexo W: Análisis del laboratorio determinación del índice de germinación parte 3.
- Anexo X: Análisis del laboratorio determinación del índice de germinación parte 4.
- Anexo Y: Técnica para la determinación de la conductividad eléctrica y ph
- Anexo Z: Técnica para determinar materia orgánica y ceniza
- Anexo AA: Determinación del índice de germinación
- Anexo BB: Tabla del centro Agrometeorológico de la ESPOCH

Anexo CC: Tabla del centro Agrometeorológico de la ESPOCH

Anexo DD: Tabla del centro Agrometeorológico de la ESPOCH

Anexo EE: Tabla del centro Agrometeorológico de la ESPOCH

Anexo FF: Tabla del centro Agrometeorológico de la ESPOCH

Anexo GG: Registro de la temperatura de la pila de compost.

Anexo HH: Registro de la variación y la temperatura y humedad media ambiente días de
compostaje de la pila

RESUMEN

El objetivo fue diseñar un sistema de compostaje previa desulfuración, a partir de los residuos del pelambre de la Curtiduría Serrano, ubicada en la ciudad Ambato, en la provincia de Tungurahua, debido a que los residuos del proceso de pelambre poseen un alto contenido de sulfuros, es necesario que dichos residuos sean debidamente tratados para que no provoquen un problema ambiental en su disposición final. Los métodos que contribuyeron para el tratamiento de los residuos del pelambre fueron: la desulfuración y el compostaje. Consistió en utilizar los residuos de la Curtiduría Serrano llevándolos al centro de acopio de la ESPOCH, donde se realizó el proceso de desulfuración mediante la oxidación catalítica utilizando el sulfato de manganeso y aire comprimido. En el proceso de compostaje que tuvo un tiempo de duración de 141 días, se realizaron 7 volteos manuales para degradar los residuos de pelo e hilachas de carnaza, manteniendo la humedad óptima de la pila y una temperatura máxima de 68°C en la fase termófila. El tiempo de maduración del compost fue de 64 días a una temperatura de 18°C, generando así un compost final con las siguientes características: materia orgánica 42.69 %, potasio 0.38 %, fósforo 0.32 %, y nitrógeno 3.61 % de acuerdo al laboratorio certificado de Agrocalidad. El índice de germinación inicial fue de 11% y al final del proceso fue de 44%, lo que indica una disminución de la fitotoxicidad. De esta manera se verifica que el compost obtenido cumple con la norma técnica española Real Decreto 506/2013 como enmienda orgánica sobre productos fertilizantes. De acuerdo al análisis financiero realizado, el diseño del sistema de compostaje previa desulfuración para la Curtiduría Serrano presenta una metodología simple, económica y ecológica.

PALABRAS CLAVES: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <COMPOSTAJE >, <DESULFURACIÓN >, <PELAMBRE>, <SULFUROS >, <ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO >, <ÍNDICE DE GERMINACIÓN >, < CALIDAD DEL COMPOST >

SUMMARY

The objective of the project was designing a composting system before the desulphurization, from the liming waste of the Curtiduría Serrano, located in Ambato city, of Tungurahua province; due to the liming waste process has a high content of sulfides. It is necessary that mentioned waste is properly treated so the final disposal does not cause an environmental problem. The methods that contribute to the treatment liming waste were: desulphurization and composting. It used the waste of the Curtiduría Serrano by taking them to the collection center of ESPOCH, where it was carried out the desulphurization process through catalytic oxidation using manganese sulphate and compressed air. In the composting process had a duration time 141 days, it made 7 manual turns to degrade hair waste and garnetted stock, maintaining the optimum humidity of the pile and a maximum temperature of 68°C in the thermophile phase. The time of maturation of the compost was 64 days at a temperature of 18°C, thus generating a final compost with the following characteristics: organic matter 42.69% potassium 0.38 %, phosphorus 0.32%, and nitrogen 3.61% according to the certified laboratory of Agrocalidad. The initial germination index was 11% and at the end of the process it was 44%, which indicates a decrease in phytotoxicity. In this way it is verified that the compost obtained accomplishes with the Spanish Royal Decree 506/2013 technical standard as an organic amendment on fertilizer products. According to the financial analysis carried out, the composting system designed before the desulphurization for the Curtiduría Serrano presents a simple, economic and ecological methodology.

Key Words: <CHEMICAL ENGINEERING>, <COMPOSTING>, <DESULPHURIZATION>, <LIMING WASTE>, <SULFUROS>, <CHEMICAL PHYSICAL ANALYSIS>, <GERMINATION INDEX>, <COMPOST QUALITY>

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Identificación del Problema

En la actualidad el crecimiento de la población trae consigo el aumento de consumo de productos de diversa índole, como es el cuero lo que genera grandes problemas de contaminación en el agua, suelo y aire, a causa de los residuos que se producen en la elaboración del cuero, recalando que estos residuos que salen de este proceso contienen un alto contenido de sulfuros que lo vuelven peligroso para los seres vivos.

La Curtiduría Serrano está ubicada en la parroquia Atahualpa, cantón Ambato, provincia de Tungurahua y tiene como la principal actividad la conversión y comercialización de cueros, a partir de pieles de animales como el ganado, para ser utilizado en numerosos productos dependiendo de las necesidades del consumidor y de sus exigencias como empresa, actualizándose continuamente en colores y texturas que atraen a los clientes.

En la Curtiduría Serrano tiene un promedio de 970 a 1000 Kg de residuos al mes, es decir unas 60 Toneladas al año aproximadamente, debido a la cantidad de residuos que se generan se hace imposible almacenarlos y dentro de la empresa durante tiempos largos; por lo que, son enviados a terrenos baldíos o al relleno sanitario del municipio de Ambato, sin haber recibido un tratamiento previo, ni un manejo adecuado, provocando así un impacto ambiental a la población.

Estos residuos de la empresa con altas concentraciones de sulfuros al ser desechados en el ambiente provocan problemas de contaminación que afecta a la flora, fauna y a los habitantes de los sectores donde se desechan los residuos. Las condiciones atmosféricas como la lluvia y el viento provocan que estos desechos se oxiden y generen un problema más difícil de tratar. La exposición a sulfatos y ácidos derivados del SO_2 es muy peligrosa para la salud de los habitantes

del sector, debido a que estos compuestos entran en el sistema circulatorio directamente a través de las vías respiratorias.

Otro problema surge al momento de transportarlos los residuos que contienen sulfuros al relleno sanitario o botadero, debido a que se envía con otros desperdicios de la curtiembre (virutas, y lodos de los diferentes procesos), estos desechos suelen modificarse de acuerdo a las condiciones del medio, generando así la peligrosidad de este residuo.

En la Curtiduría Serrano no se ha realizado ninguna observación al respecto para resolver este problema de contaminación, por esta razón, en la presente investigación se pretende tratar los residuos que se generan en el proceso de pelambre: pelo, grasa, lodos que contienen sulfuros. Lo que se desea es reducir la concentración de sulfuros que poseen estas muestras y luego aprovechar sus nutrientes para realizar un proceso de compostaje, reduciendo la contaminación ambiental de la empresa y sus alrededores y contribuyendo de esta manera a una producción más limpia, ya que la empresa genera alrededor de 970 kilos de residuos en un mes de trabajo, en la operación del pelambre.

1.2 Justificación de la Investigación

En la actualidad la Curtiduría Serrano de acuerdo a los registros se puede mencionar que no tiene implementado ningún método o proceso que permita recuperar y reutilizar los residuos del proceso de curtiembre; por lo que, se realizó un estudio de un sistema de compostaje, de esa manera dar a conocer a la empresa la mejor alternativa que pueda aplicar e implementar con los desperdicios que salen de la curtiduría.

Con esta investigación para la Curtiduría Serrano resulta viable desde el punto de vista ambiental y económico debido a que, al ser recuperados estos residuos disminuye el impacto ambiental que se produce al desechar este residuo, por otra parte, se busca que estos productos puedan ser reutilizables utilizando el método de compost, cumpliendo los requerimientos técnicos para su utilización.

Este estudio será una fuente de información accesible para todas las industrias curtidoras del país que les permitirá conocer, la alternativa de reutilizar los residuos de pelambre, promoviendo el reciclaje y la reutilización y evitando ser desechado al medio ambiente.

La disminución de los niveles de contaminación a causa de los residuos del proceso de pelambre producirá un impacto positivo, debido a que los residuos serán tratados y reutilizados. Es por tal motivo que esta investigación tiene gran importancia debido a que se conocerá la posible solución al problema de contaminación que causa la empresa. Además proporcionará conocimientos que servirán de información para futuras investigaciones.

Por otra parte si la Curtiduría Serrano no implementa este tipo de estudio continuará desechando estos residuos al ambiente; por lo tanto, los problemas de contaminación no cesarán y la salud de las personas y animales del sector estaría en riesgo.

1.3 Objetivos de la Investigación

Objetivo General.

Diseñar un sistema de compostaje previa desulfuración a partir de los residuos del pelambre de la Curtiduría Serrano.

Objetivos Específicos

- Caracterizar los residuos del pelambre.
- Establecer un sistema desulfuración de los residuos del pelambre.
- Identificar el porcentaje adecuado de los residuos de pelambre con los residuos orgánicos de poda para obtener un compost de calidad.
- Determinar la calidad del compost mediante la norma española Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes.
- Establecer el sistema de compostaje adecuado.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Antecedentes Históricos

La Curtiduría Serrano inició sus actividades en el centro del callejón interandino, como una empresa pujante y en constante crecimiento, está ubicada en la parroquia Atahualpa, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, en las calles Alberto Rosero y Batallón Montecristi, tiene una extensión de 3080 m^2 , su gerente es el Sr. Washington Serrano, la principal actividad que realiza la empresa es la conversión y comercialización de cueros.

Para obtener este producto debe pasar por varios procesos, en donde uno de ellos es el proceso de pelambre, en el cual se utiliza como insumo general el sulfuro de hidrogeno (H_2S) y como consecuencia de este proceso se genera grandes cantidades de efluentes líquidos.

Para la Curtiduría Serrano es una necesidad el poder cumplir con los requerimientos de los organismos de control con los efluentes líquidos que proceden del proceso del pelambre; por lo que, desea contar con un sistema de desulfuración de los residuos como son pelos, hilachas de carnaza y agua de pelambre.

Por lo general, las curtiembres no cuentan con un tratamiento de los residuos generados del proceso del pelambre, la materia orgánica producida al ser depositada en el botadero, puede generar en condiciones anaerobias gases nocivos, principalmente amoníaco, metano, óxidos de azufre y de nitrógeno que producen serios problemas de contaminación atmosférica y de suelos, además no cuenta con un personal capacitado.

Esta investigación se basó en tratar estos residuos que son un problema generado por la Curtiduría Serrano y buscar la solución óptima de reciclaje y tratamiento de los mismos.

Localización del proyecto

El proceso de compostaje previo desulfuración a partir de los residuos del pelambre de la Curtiduría Serrano se desarrolló en el centro de acopio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo a una altitud de 2826,0 msnm, con una longitud 78,677756 °W, con una latitud 1,661269° S.

Realizado este proceso y tratamiento químico se ejecutará el proceso de compostaje, en el cual donde los residuos del proceso de pelambre se realizaran una caracterización para saber que contenido de macro y micronutrientes posee.

Para obtener una óptima relación C/N el pelambre se mezclará con residuos de poda generados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Este experimento se lo realizará en la planta de compostaje del centro de acopio de la ESPOCH.

El tiempo de duración de la investigación fue de 180 días.

El número de unidades que conforman el presente trabajo experimental fue de 970 kg de residuos de curtiembre del proceso del pelambre de la Curtiduría Serrano adquirido del cantón Ambato.

Tratamiento y diseño experimental

- En la presente investigación se trabajó con un tratamiento que constituye la base de nuestro prototipo de compostaje.
- Así en este método se realizó la desulfuración de los residuos de la curtiembre del proceso del pelambre.

Procedimiento Experimental

2.1.1.1 *Recogida de residuos de pelambre.*

Se realizó la recolección de residuos del pelambre de la Curtiduría Serrano ubicada en la provincia de Tungurahua en el Cantón Ambato en recipientes cerrados y aptos para tal objetivo, los cuales están compuestos de carnaza, pelo y agua de pelambre.

Dichos recipientes se trasladaron desde la ciudad de Ambato a la ciudad de Riobamba, a las instalaciones del centro de acopio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en la que se realizó el tratamiento químico y posteriormente su transformación.

2.1.1.2 *Desulfuración.*

La desulfuración consiste en un proceso de oxidación catalítica, utilizando aire comprimido y sulfato de manganeso, para oxidar el sulfuro contenido de los residuos de la Curtiduría Serrano del cantón Ambato, en un baño (disolución – suspensión en agua), en tanques de 200 Kg. Se pesó los residuos de pelambre para poder determinar qué cantidad de sulfato de manganeso que es el catalizador a utilizar, para realizar la desulfuración.

Dentro del tratamiento de los residuos de la Curtiembre que duro 5 horas en los cuales se bombeo oxígeno con la ayuda de un compresor a los tanques que contenían los residuos de curtiembre en cantidades proporcionadas como es el pelo, carnazas, agua de pelambre, para eliminar el sulfuro por el proceso de oxidación catalítica. Este proceso de desulfuración se realizó durante 7 días.

Nota: al momento de realizar la desulfuración en los residuos de curtiembre se pudo constatar que los sulfuros se habían eliminado con el pasar de los días gracias al sulfato de manganeso.

2.1.1.3 *Trituración de residuos de poda.*

Los residuos de poda como hojas y ramas secas se recolectaron en la ESPOCH y fueron trasladados al centro de acopio para su trituración, utilizando un triturador para poda hasta obtener partículas de un diámetro promedio de 2,5 cm.

2.1.1.4 *Preparación del inóculo de bacterias.*

Para la preparación del inóculo se empleó los siguientes componentes:

Compost maduro 2,5 lb.

Residuos de gallinaza 2,5 lb.

Residuos de ganado porcino 10 L.

Melaza 2,5 L.

Con todos estos compuestos de origen vegetal y animal se procedió a realizar una mezcla homogénea y se aforó en un tanque de 100 litros para que se fermente durante 24 horas.

2.2 MONTAJE DE LA PILA DE COMPOSTAJE.

2.2.1 Procedimiento

Los materiales iniciales como carnaza, grasa, pelo y restos de poda se secaron y trituraron para la determinación de materia orgánica, fósforo, potasio, nitrógeno total y humedad.

Con estos resultados se estableció la relación C/N de la pila y la proporción de los residuos a mezclar fue de 3 a 1 peso-peso para obtener los resultados deseados.

El montaje de la pila se realizó de manera manual y se armó en capas con los materiales seleccionados. La dimensión de la pila fue de 2,5 m. de ancho por 1,5 m. de alto y una longitud de 2,5 metros. La humedad se alcanzó añadiendo agua conforme se armó la pila.

Una vez armada la pila y a lo largo de todo el proceso se controló la temperatura y humedad para establecer el momento de los volteos. Antes de cada volteo se tomaron muestras para controlar el avance del proceso y la degradación de la materia orgánica. La calidad del compost obtenido se determinó en base pruebas físico químicas, químicas y biológicas.

Otros parámetros controlados fueron: materia orgánica, pH y conductividad eléctrica.

2.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Compostaje.

Se llama compostaje a la técnica biológica realizada en condiciones particulares de humedad, aireación, temperatura y bajo la acción de ciertos microorganismos para la transformación y estabilización de residuos orgánicos biodegradables en un producto final llamado compost que según su contenido de nutrientes puede ser un abono de buena calidad. (1).

Uno de los problemas ambientales de las explotaciones agrícolas y de las industrias es gestionar los residuos orgánicos que se generan: restos de poda, de cosecha, de post-cosecha, estiércol, pasto, fruta caída y en general residuos de origen vegetal y animal. Normalmente, debido al desconocimiento, a la falta de un espacio adecuado o de tiempo, las prácticas habituales con estos residuos son la quema, el enterramiento o el abandono del material a la intemperie hasta su

putrefacción, pero si los mismos son tratados de manera técnica, se puede obtener una materia útil para nutrir los suelos.

El compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola. La FAO define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes. El compost es un compuesto con contenido alto en materia orgánica parcialmente mineralizada y humificada que puede ser usada como abono orgánico o como sustrato, que puede sufrir mineralizaciones más lentas una vez incorporado al suelo y que al final de su evolución o descomposición se transforma en humus. (1)

El proceso de compostaje es llevado a cabo por múltiples organismos descomponedores que comen, trituran, degradan y digieren las células y las moléculas que componen la materia orgánica. Los principales responsables de estas labores son las bacterias y hongos microscópicos, junto con las lombrices, insectos y otros invertebrados no perceptibles a simple vista. Durante nuestra experiencia de compostaje, debemos mantener las condiciones ambientales favorables a la vida de estos organismos. Nunca debemos rociar el compost con insecticidas, desinfectantes, ácidos u otros componentes químicos. (2)

El compostaje es un proceso muy antiguo y sus principios básicos han sido apreciados y usados a lo largo de los siglos, aunque con distinta intensidad según la situación económica social de la época; y, en algunas ocasiones atribuyéndole un cierto misticismo o magia que no le han favorecido. Últimamente ha vuelto a recuperarse debido al crecimiento desmesurado de la generación de residuos, problemas de suelos mediterráneos pobres en materias orgánicas. (3)

El compostaje pretende ser una tecnología de bajo costo para los productores, que permite transformar residuos o sobrantes de otro proceso realizado con anterioridad en subproductos orgánicos en materiales biológicamente estables que puedan ser utilizados como abonos del suelo y como sustratos para cultivo sin suelo, de tal manera que se llegue a aprovechar todos los residuos evitando de esta manera que vayan a parar en botaderos y que contaminen el medio ambiente. (4)

Este proceso se define como un proceso biooxidativo controlado, que se desarrolla sobre sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido debido a la actividad secuencial de una gran diversidad de microorganismos. Implica el desarrollo de una fase termofílica que genera temporalmente fitotoxinas, siendo productos de la biodegradación el dióxido de carbono, agua, minerales y una materia orgánica estabilizada denominada COMPOST, con ciertas características húmicas y libre de compuestos fitotóxicos y agentes patógenos. (5)

La fase termofílica, en la que se registra una fuerte liberación de energía calorífica que eleva la temperatura, principal indicador de la dinámica del proceso, de forma que una lenta o escasa elevación de la misma debe interpretarse como un desarrollo no favorable de éste y/o un deficiente control de los factores que lo rigen. Estas temperaturas termofílicas, superiores a 40°C, que se producen en las primeras etapas del compostaje, disminuyen posteriormente durante la llamada fase de estabilización.

Durante el proceso se genera temporalmente sustancias fitotóxicas, siendo la producción generalmente menor y menos duradera con sustratos heterogéneos y bajo condiciones claramente aeróbicas. Una fitotoxicidad persistente durante el compostaje, indica un deficiente desarrollo del proceso, generalmente atribuible a insuficiente oxigenación.

Importancia del compostaje

La importancia del compostaje está dada por varios factores, pero en especial es el cuidado al medio ambiente mediante y el aprovechamiento de los desechos de procesos productivos. El compostaje permite:

- Disminuir los niveles de contaminación que ocasionan los residuos orgánicos resultantes de la cadena de producción, evitando la proliferación de vectores transmisores de enfermedades y gas metano;
- Manejo adecuado de los residuos orgánicos;
- Contribuir con la producción y cuidado de plantas en viveros y jardines en zonas urbanas o poblaciones que no cuentan con terrenos fértiles;
- Aumentar la oferta de abonos orgánicos que ayuden a mejorar los suelos, la producción y por tanto, la economía de poblaciones rurales; y,
- Crear una conciencia ambiental en la población.

Con la implementación del compostaje se detiene un flujo indeseado de residuos orgánicos que normalmente son botados y los convierte en un nutriente altamente valioso y revitalizador suelo. Los agricultores pueden hacer compost de residuos de sus cosechas no utilizados, junto con varios otros residuos animales para compensar sus necesidades de nutrientes y reducir la acumulación de residuos. Del mismo modo, los supermercados o tiendas de alimentos pueden reciclar productos expirados o no deseados para proporcionar un abono valioso a los productores de alimentos". (1)

Calidad del compost

El compost de buena calidad, puede tener beneficios significativos para la siembra de productos agrícolas, en la salud óptima del suelo y de las plantas, además que reduce la utilización productos químicos. Los microorganismos en el humus eliminarán toxinas y proporcionarán una gran cantidad balanceada de nutrientes para un crecimiento robusto de plantas, permitiendo que las plantas crezcan más saludables, que sean más resistentes a las enfermedades y que produzcan mayores rendimientos de mejores productos. (6)

Otras ventajas del compost de alta calidad es que incluye un proceso de mineralización que convierte a la materia orgánica sobrante en una sustancia relativamente estable que es conocida como humus, alimenta a la población de microorganismos del suelo y a otras criaturas, que contribuyen al mantenimiento así los niveles altos y sanos de la vida del mismo.

La velocidad a la cual la materia orgánica es convertida en humus promueve o limita la convivencia de las plantas, animales y microbios en los ecosistemas terrestres. Un humus estable es otra fuente rica de nutrientes para los microbios, ya que éste proporciona un abastecimiento listo y los microbios actúan como un depósito de almacenamiento a más largo tiempo. (7)

2.3.1 Características de los compost

De acuerdo a (8) las características del compost son:

- Acelerar el procedimiento ecológico de degradación de materias orgánicas aprovechando al máximo su potencial de humus. Elemento complejo y estable.
- Al añadir al suelo compost estamos proporcionándole humus y MOFD (material orgánico fácilmente degradable). El MOFD es material orgánico que no se humificó; por lo que, liberará sus nutrientes de forma inmediata poniéndolos a disposición de las plantas.
- El humus libera nutrientes lentamente (1 o 2 % anual).

Parámetros de compostaje

2.3.1.1 *Temperatura*

Al inicio del proceso todo el material está a la misma temperatura, pero al empezar la actividad microbiana se produce un aumento de la misma; por lo que, la temperatura ha sido considerada

tradicionalmente como una variable fundamental en el control del compostaje. La evolución de la temperatura representa muy bien el proceso de compostaje, pues se ha comprobado que pequeñas variaciones de temperatura afectan más a la actividad microbiana que pequeños cambios de la humedad, pH o C/N. (1)

El control de la temperatura es tan importante en el compostaje, pues por la evolución de la temperatura se puede juzgar la eficiencia y el grado de estabilización a que ha llegado el proceso, ya que existe una relación directa entre la temperatura y la magnitud de la degradación de la materia orgánica que está siendo tratada. De la misma manera, se puede decir que existe una relación directa entre la degradación y el tiempo durante el cual la temperatura ha tenido sus picos más altos. A veces la temperatura puede llegar a ser tan alta que inhibe el crecimiento de los propios microorganismos, lo cual puede resultar perjudicial en el proceso, fenómeno conocido como suicidio microbiano.

Se observan tres fases en el proceso de descomposición aeróbica: fase mesófila ($T < 45^{\circ}\text{C}$), fase termófila ($T > 45^{\circ}\text{C}$); y fase de maduración, considerándose finalizado el proceso cuando se alcanza de nuevo la temperatura inicial.

Durante los meses siguientes, se producirá la maduración del compost, que deja de ser fresco para convertirse en maduro. Este proceso se lleva a cabo a temperaturas frías o tibias (no más de $20 - 30^{\circ}\text{C}$) y durante el mismo, se multiplican insectos, lombrices y otros pequeños animales que se nutren de los microorganismos, restos vegetales y diversos invertebrados.

El compost maduro tendrá un olor agradable a tierra de bosque y un aspecto grumoso de color marrón. Lo dejaremos entre 15 días y un mes antes de usarlo, para asegurarnos de que no contiene lombrices, larvas y demás invertebrados. Lo cubriremos con un plástico para evitar la deposición y proliferación de semillas de malas hierbas, que podrían ser perjudiciales para nuestras plantas. Podemos guardarlo el tiempo que se quiera, siempre en un lugar seco y aireado. (2)

Fase Mesófila. El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C . Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días). (9)

Fase Termófila o de Higienización. Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. (9)

2.3.1.2 *Fase de maduración*

Las tres primeras fases duran unas semanas pero en este periodo requiere de meses de temperatura ambiente. La temperatura debe disminuir hasta valores cercanos a los ambientales y el pH se estabilizara próximo a la neutralidad. El compost, dependiendo del sistema de compostaje que se utilice, de la climatología y de los materiales que se utilice estará maduro entre los tres y nueve meses. (10)

En la fase de maduración, los macroorganismos tales como nemátodos, rotíferos, escarabajos, lombrices etc. incrementan su actividad desempeñando la función de remover, excavar, moler, masticar y en general romper físicamente los materiales incrementando el área superficial de estos para permitir el acceso de los microorganismos. El color del producto final debe ser negro o marrón oscuro y su olor a tierra de bosque, además ya no debemos reconocer los residuos iniciales.

Algunos compostadores poseen sistema de volteo que ayuda a mantener la concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme en toda la pila de residuos ya que, los materiales próximos a la superficie tienden a recibir mayor aporte de oxígeno pero alcanzan menos temperatura mientras que los materiales del interior poseen menor porosidad debido a la presión de los materiales que les rodean y alcanzan mayor temperatura y humedad. (11)

2.3.1.3 *Relación Carbono Nitrógeno*

La relación Carbono-Nitrógeno del compost es un indicador muy útil para evaluar el desarrollo y calidad de nuestro compostaje. El valor de esta relación C/N varía según los autores y se encuentra estimada entre 25:1 y 40:1. Esto quiere decir que existen 25 o 40 partes de carbono por 1 de nitrógeno. (12)

Si el compostaje almacena demasiada cantidad de elementos con contenido en carbono, se producirá una evacuación en forma de dióxido de carbono a la atmósfera. La fermentación en este caso será lenta y de temperatura baja y tardaremos más tiempo en obtener el compost final.

2.3.1.4 *Humedad*

En el compostaje la humedad, o los niveles de agua están presentes en distintas magnitudes, de acuerdo al material orgánico presente, el compostaje es un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos y es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células; por lo que, también es importante tener un control.

La importancia de una humedad apropiada fue demostrada por (13). Este autor estudió la variación de la cantidad de oxígeno consumido por una masa inicial durante el compostaje, en un reactor cerrado a una temperatura constante, en función de la humedad. Pequeñas variaciones de humedad provocaban grandes cambios en la temperatura.

La humedad de la masa de compostaje debe ser tal que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa para que permita la circulación tanto del oxígeno (ya que el proceso debe desarrollarse en condiciones aerobias), como la de otros gases producidos en la reacción. (8)

La humedad recomendada para el crecimiento microbiano está entre el 50-70%; la actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; y por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis. Cuando las condiciones se hacen anaerobias se originan malos olores y disminuye la velocidad del proceso.

2.3.1.5 *pH*

El pH influye sobre la dinámica de los procesos microbianos ayudando a mejorar el proceso. En muchos trabajos se usa esta variable para estudiar el progreso del compostaje. La medida, que se realiza en el laboratorio sobre el extracto acuoso de las muestras tomadas en los criaderos o lugares de compostaje, es sólo una aproximación del pH “in situ” (13)

El control del pH puede decir cómo está evolucionando indirectamente el control de la aireación de la mezcla, ya que si en algún momento se crean condiciones anaeróbicas adecuadas se liberan ácidos orgánicos que provocan el descenso del pH, o también se puede producir un aumento del pH en el caso contrario.

Según revisión bibliográfica, el compostaje presenta tres fases, durante la fase inicial conocida como mesófila se observa una disminución del pH debido a la acción de los microorganismos

sobre la materia orgánica más lábil, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos. Esta baja inicial de pH puede ser muy pronunciada si existen condiciones anaeróbicas, pues se formarán aún más cantidad de ácidos orgánicos.

En una segunda fase relacionada con el pH, se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. (14)

En la tercera y última fase el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón.

2.3.1.6 Aireación

La aireación permite un desarrollo adecuado de los microorganismos y mantiene controlado los niveles de humedad, pH y temperatura.

Los pilones de compostaje pueden presentar porcentajes variables de oxígeno en el aire de sus espacios libres: la parte más externa contiene casi tanto oxígeno como el aire (18-20%); hacia el interior de los pilones la cantidad de oxígeno va disminuyendo, mientras que el de dióxido de carbono va aumentando, y aproximadamente a una profundidad mayor de 60 cm el contenido de oxígeno puede estar entre 0,5 y 2% (15)

Una aireación o falta de flujo de oxígeno insuficiente provoca una sustitución de los microorganismos aerobios por anaerobios, con el consiguiente retardo en la descomposición necesario para el compostaje, el exceso de ventilación podría provocar el enfriamiento de la masa y una alta desecación con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los microorganismos (13)

Este proceso supone el trabajo de multitud de hongos, bacterias e invertebrados que, al multiplicarse, generan calor. La temperatura puede subir hasta los 70° C, variando según los materiales que estén en la mezcla y disminuyendo en la medida en que la actividad de los microorganismos se ralentiza. En correctas condiciones de humedad y mezcla de materiales, el proceso de descomposición y de degradación se llevará a cabo correctamente y a los dos o tres meses empezaremos a tener en la parte inferior de la pila, lo que llamamos compost fresco. (2)

2.4 DESULFURACIÓN

La desulfuración es parte del proceso en la curtiembre, ya que ayudará a eliminar los químicos contaminantes utilizados, de esta manera se protegerá el ecosistema y la vida en general, además de que la empresa podrá mejorar su práctica productiva.

La desulfuración “es el proceso para eliminar o diluir una alta proporción de azufre del residual, de manera que pueda ser utilizado en los sitios que vigilan estrictamente la contaminación ambiental”. (16)

Otro concepto dice que la desulfuración es la eliminación del sulfuro de sodio, que puede realizarse sobre el efluente del pelambre y del lavado o bien, sobre el efluente previamente homogeneizado, lo que depende de la alternativa de tratamiento adoptada.

La desulfuración busca la eliminación del azufre para evitar la contaminación. La Hoja de Datos Seguridad (HDS), este proceso químico reduce las emisiones de dióxido de azufre en el proceso productivo de la curtiembre de cueros y los convierte en ácido sulfúrico.

El ácido sulfúrico puede ser utilizado en las baterías de coche y los fertilizantes, pero todo dependerá de la tecnología que se pueda aplicar en el proceso. El proceso de desulfuración más comúnmente requerida es del gas natural. Aquel desulfurante adicional es necesario para los gases de combustión, el carbón y el petróleo. Existen dos posibilidades de desulfuración, sobre el crudo o gas, a la entrada en la refinería, up-stream, o sobre los productos de la destilación.

Los sulfuros, son potencialmente tóxicos por la posibilidad de generar sulfuro de hidrógeno. Existen alternativas bajo la forma de recirculación de baños o sistemas de pelambre con bajo sulfuro. Existe también la posibilidad de oxidar los sulfuros fácilmente durante el tratamiento de las aguas mediante el uso de aireadores.

El sulfuro y sulfuro ácido (H_2S) están presentes en el proceso de curtiembre especialmente en la solución de pelambre, en menor o mayor cantidad, dependiendo especialmente del pH de la solución y de la concentración inicial del sulfuro de sodio. Las condiciones de acidez o basicidad podrán hacer que la reacción genere una mayor o menor concentración de estas especies. Mientras más alto sea el pH, existirá mayor concentración de sulfuro y menor de sulfuro ácido y viceversa. (17)

Los cloruros y sulfatos, generan problemas para las curtiembres porque las cantidades que se descargan en el medio ambiente por la salinización de aguas superficiales que causan problemas a los ríos y a las tierras cercanas en las cuales se pueden contaminar con esos desechos. El nitrógeno ha puesto en evidencia en algunos países el riesgo de la presencia de nitratos en el agua potable, si bien la industria del cuero es responsable solo de una pequeña cantidad de nitrógeno eliminado, en forma amoniacal o de nitrato, es posible que se restrinja cada vez más su uso (8)

En el proceso de la curtiembre, la presencia de sulfuro en el ejercicio de pelambre explica que en esta etapa por sí sola, sea responsable de la mayor parte de la toxicidad de todo el proceso y puede ser un afluente contaminante del agua en la forma de sulfuro.

Proceso de desulfuración

Para realizar este proceso de desulfuración de los residuos de pelambre obtenidos de la curtiduría serrano se necesita conocer cuál es la cantidad de concentración en ppm de sulfuros que sale de nuestra materia prima que va a ser utilizada para el proceso del compostaje, luego en base a los análisis obtenidos de la cantidad de sulfuros que posee esta muestra podemos realizar el proceso de desulfuración utilizando el sulfato de manganeso que aquí en el Ecuador el costo no es elevado y es de fácil obtención y así este catalizador nos ayudaría reducir la concentración de sulfuros de los residuos de pelambre. (17)

Para el compostaje se va a utilizar el sistema de pilas bajo techo con volteo manual. Durante el proceso se controlará la humedad (la ideal es entre 40-60%), temperatura (nunca superior a 65°C) y aireación. Los volteos se realizarán en función de la temperatura. A lo largo del compostaje se tomarán muestras para dar seguimiento y conocer la evolución del proceso. Para esto se necesitará un pH-metro, termómetro, higrómetro, estufa, mufla, balanza y conductímetro. Los análisis iniciales y finales para comprobar la calidad del compost se realizarán en los laboratorios de Agrocalidad del Ministerio de Agricultura.

Desulfuración de pelambres

En el proceso de curtido de pieles, la etapa que más puede generar contaminante es la de pelambre. Este ejercicio tiene como su principal finalidad depilar la piel del animal utilizando reactivos químicos como el sulfuro de sodio (Na_2S), hidrógeno sulfuro de sodio (NaHS), hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$), hidróxido de sodio (NaOH), aminas y enzimas (18)

Durante el proceso del pelambre en la curtiembre se genera un efluente final de un coctel de compuesto de varios desechos como materia orgánica, sulfuros y como adición del proceso de remojo, trazas de tenso activos, bactericidas y cloruros, que son contaminantes para el ecosistema.

Estos residuos líquidos sobrantes del proceso de pelambre no pueden ser descargados directamente al sistema de alcantarillado ya que en su mayor parte van a parar a los ríos de las mismas ciudades, y que contaminan todo en su camino, además de que esa agua después es consumida para el cultivo y para poblaciones por las cuales pasa el río, lo que genera un problema en cadena para la población.

Estos residuos debido a que superan con creces los límites establecidos para la emisión de residuos líquidos para el medio ambiente, por lo que se hace necesario buscar opciones para disminuir su carga contaminante en el ecosistema.

Algunas curtiembres no poseen ningún sistema de depuración para disminuir, a niveles aceptables, la contaminación ambiental que provocan las aguas residuales de sus procesos productivos y por lo tanto, las vierten sin tratar al medio ambiente.

Para conseguir una adecuada desulfuración de pelambres y caleros existen varios procedimientos:

- Llevar los baños de pelambre, por canal aparte hasta un gran depósito de homogeneización de todas las aguas de la fábrica, provisto de hélices de agitación sumergidas y la ayuda de difusores de aire.
- Recuperación del H_2S , consiste en acidificar, en atmósfera cerrada, los baños de pelambre hasta un pH 3-4. Así, se precipitan proteínas y se desprende H_2S (gas) que se fija haciéndolo pasar por una solución de NaOH en una torre de absorción (19)

Tratamiento con los gases de combustión de las calderas, consiste en hacer borbotear los gases de combustión a través de los baños alcalinos que contienen el sulfuro. El CO_2 del gas neutraliza la alcalinidad y el SO_2 proveniente del azufre del combustible oxida los sulfuros. (1)

- Precipitación del S^{2-} con Fe^{3+}
- Proceso físico-químico muy eficaz pero que genera un precipitado negro de sulfuro de hierro.
- Oxidación catalítica con sales de manganeso, es el sistema más empleado y consiste en inyectar micro burbujas al efluente en presencia de sulfato de manganeso como catalizador, con lo que se logra reducir el S^{2-} de 1.900 ppm hasta 0.

El proceso de curtido produce cantidades significativas de polvo y sulfuro de hidrógeno. Las otras emisiones gaseosas del proceso provienen de la separación del amoníaco y de las calderas. Además, el proceso genera desperdicios sólidos en forma de carne, polvo arenoso, recortes de las pieles, lodos, grasas, etc., que se rescatan, normalmente, para vender a las plantas de recuperación de grasa. En todo este proceso se puede vender el pelo, como subproducto.

En cuanto a las posibles afectaciones a las personas que están cerca del proceso de curtido, la dermatitis constituye el peligro principal para la salud, aparte de los accidentes, y es causada por el contacto con los químicos y las pieles a las que las personas están expuestas, los otros riesgos para la salud ocurren a raíz de la exposición al polvo, los químicos tóxicos y el Carbunco.

2.5 LA CURTIEMBRE

El proceso de curtido permite transformar las pieles frescas en cuero listo para ser manufacturado, pretende estabilizar la materia orgánica, inhibiendo sus procesos de descomposición; mediante una serie de etapas, en las que es necesario adicionar productos químicos que tienen consecuencias ambientales significativas.

La primera literatura referente a la curtiembre estudia esa secuencia de procesos. En particular, los libros antiguos manejaban el concepto de “terminación” como “post curtación”; e involucraban teñido, engrase, etc. La terminación propiamente dicha, o acabada, en general está poco desarrollada en estas fuentes. Cuando una curtiembre realiza todo el proceso, ese esquema es correcto; pero es muy común que el cuero se comercialice en distintos estados: principalmente «wet-blue» (curtido al cromo); y semiterminado. (8)

Otro concepto dice que la curtiembre, curtiduría o tenería es el lugar donde se realiza el proceso que convierte las pieles de los animales en cuero listo para el uso en la fabricación de otros productos más elaborados. (20)

Los cueros procesados por las curtiembres son utilizados para varios fines, como por ejemplo el calzado, la marroquinería y la tapicería, y es muy apreciado por los consumidores ya que tiene un aspecto elegante y duradero, aunque en las últimas décadas existen en el mercado una variedad de productos sustitutos que compiten directamente con el cuero, además de que presentan otras texturas y colores por lo que su consumo ha está disminuyendo.



Figura 1-2: La curtiembre

Fuente: EJU TV 2013

En el procesamiento de pieles animales existen variaciones según sea el tipo de piel, la tecnología disponible y las características finales a conseguir en el cuero. Estas características determinan el tipo de emisiones y consumos y las consecuencias ambientales del proceso.

El proceso de curtido se puede dividir en tres etapas principales: ribera, curtido y terminación. Las etapas de ribera y curtido se realizan normalmente en grandes recipientes cilíndricos de madera llamados fulones, a estos recipientes se ingresan los cueros, el agua y los reactivos químicos necesarios, mientras que las etapas de terminación ocupan equipos de acondicionamiento físico en seco. (21)

La etapa de ribera se caracterizan por emplearse en ellos grandes cantidades de agua, de lo cual deriva su nombre y es la etapa en la que se debe poner una gran atención al cuidado ambiental, ya que el agua residual debe ser tratada de manera adecuada para limitar los posibles efectos secundarios.

Es importante también anotar que en el curtido de pieles bovinas, es consecuencia de una serie de etapas en su proceso productivo, en las que es necesario adicionar varios productos químicos que tienen consecuencias ambientales reveladoras, además de que si no existe un debido proceso también pueden existir complicaciones para la salud de las personas.

Los productos químicos que pueden estar presentes en el proceso son el cromo y el sulfato de amonio, dado que se transforman en compuestos contaminantes de las aguas de difícil degradación y los gases generan como el sulfuro de hidrogeno y el son amoniaco que tóxicos y fácilmente se perciben en los alrededores de este tipo de empresa. Algunos de los impactos potenciales del proceso de curtición son ampliamente desconocidos.

La producción de cuero no siempre se realiza de manera similar en cada una de las empresas y probablemente sea uno de los procesos industriales que más varía de planta a planta, aun cuando se procese el mismo tipo de piel para un mismo producto en condiciones similares.

La curtiembre de pieles consiste en transformar la piel de un animal en cuero. Las operaciones de una curtiembre se dividen en cuatro procesos: ribera, curtido, post-curtido y acabado.

Desde el punto de vista ambiental (producción más limpia), las dos primeras son importantes por el volumen y la carga contaminante de los efluentes, y las dos últimas, por la cantidad de residuos sólidos y emisiones de solventes generados en las distintas operaciones para obtener el cuero acabado.

La curtiembre

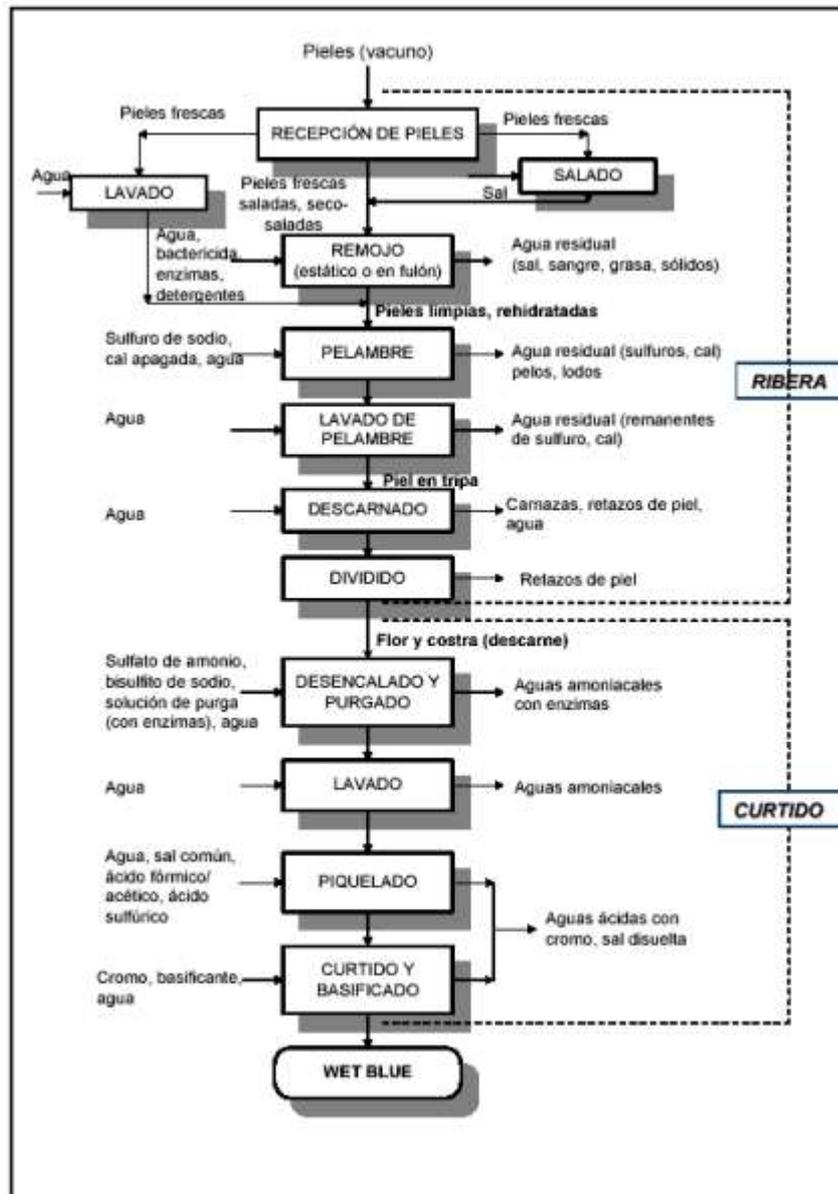


Figura 2-2: Curtido de pieles de ganado vacuno

Fuente: (17)

Proceso de curtación

En el proceso de curtición no es una regla general que aplican todas las empresas de curtiembre, ya que existen algunas variaciones pero dentro de los procesos básicos de la curtición de la piel de ganado y otras, que suponen un período aproximado de un mes, son los siguientes:

Pelambre. Los cueros en esta primera etapa son echados en un bombo para proceder a su depilación y poder así sacar todo el pelo de la piel. Esta depilación es tratada con cal y sulfuro.

Descarnar. En el proceso de descarnar se efectúa por efecto mecánico, la finalidad que se persigue es desprender de la piel todos los sebos y grasas (carnaza) restante que aún se han quedado en la piel, así conseguir una mejor textura y una piel mucho más limpia y poder seguir con los siguientes pasos.

Desencalado. En esta etapa se quiere conseguir eliminar los restantes de cal de la piel, que quedaron de los procesos anteriores y se realiza a base de cloruro y sulfato amónico.

Rendido. El rendido consiste en dar un tratamiento con enzimas pancreáticas a la piel para ablandarla.

Piquel. En esta etapa se busca acidificar la piel, a base de químicos como el ácido sulfúrico y fórmico.

Curtición. La piel sin tratar, así como cualquier órgano o desecho orgánico tiende a podrirse; por lo que, con la curtición se busca a base de sulfato de cromo transformar la piel en una sustancia inorgánica resistente a la ebullición, dándole así un mayor tiempo de duración a la piel.

Dividir. Se efectúa por efecto mecánico; es donde se produce la separación de la piel propiamente dicha y el seraje. La finalidad que se persigue es darle a la piel el grueso solicitado.

Ecurrir. Se efectúa por efecto mecánico, para eliminar de la piel las sustancias líquidas y que permanezca únicamente con humedad, es decir se busca eliminar olores y residuos tóxicos para la salud.

Clasificar. La clasificación en esta etapa se realiza según gruesos y calidades y se les dará el tratamiento de acuerdo a la clasificación realizada.

Rebajado. Después de todo el tratamiento dado a las pieles en las etapas anteriores el grueso que resulta después de la máquina de dividir nunca es el deseado y es necesario realizar algunos ajustes, y según zonas de la piel, el tejido es más o menos elástico y, por tanto, en estas máquinas se repasan estas zonas para que la piel que al grueso deseado por el fabricante.

Recurtido. En este proceso se buscará mejorar más aun el aspecto de la piel administración de productos para relleno de la piel.

Neutralización. La neutralización consiste en controlar o minimizar los ácidos que quedan en la piel producto de las etapas anteriores.

Tintura. Hasta esta etapa los cueros aun mantenían los colores originales de las pieles, por lo que se lleva el producto a tinturar y se dará a la piel el color solicitado por el cliente.

Engrase. El engrase de las pieles ayudara a obtener tacto blando, mediante aceites sintéticos y de esta manera las piles no quedaran duras y ásperas al tacto, por lo que le hará más fácil y atractiva para los clientes.

Secado. Existen algunas formas de secar la pieles como, en Pasting (en marcos de cristal). En vacío (sometiendo la piel al vacío). Al aire (efecto natural, colgadas al aire libre).

Pinzado. Este proceso consiste en un efecto mecánico para quitar elasticidad a la piel, para que al montar el zapato no produzca bolsas.

Ablandado. Después del secado las pieles quedan acartonadas. Con el ablandado conseguiremos de ellas un tacto agradable y blando ya casi listo para ser utilizado por los artesanos o empresas que trabajan con las pieles.

Pigmentar. Mediante este efecto mecánico conseguiremos aplicarle a la piel la laca y el colorido de acabado.

Prensar. En esta etapa de prensado, pasara la piel algunas horas, hasta conseguir mejorar su textura, y se dará brillo (satinar)

Recortar. El recorte se realizará para quitar puntas o zonas defectuosas, daños del animal, etc.

Clasificar. Según calidad colores tamaños referentes al artículo realizado.

Medir. Medición de la piel en pies cuadrados o en la máquina que mide en decímetros.

Pieles empleadas en la Industria

Existen algunas variedades de pieles en el mercado y las pieles empleadas en la Industria se Las puede clasificar técnicamente de la siguiente manera

- 1) Pieles de bovinos y ovinos.
- 2) Pieles de equinos y porcinos.
- 3) Pieles de mamíferos marinos.
- 4) Pieles de mamíferos varios.
- 5) Pieles de vertebrados no mamíferos.
- 6) Pieles de batracios.
- 7) Pieles de pescados.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLOGICO

3 METODOLOGÍA

3.1 HIPÓTESIS Y ESPECIFICACIONES DE LAS VARIABLES

Hipótesis general

¿Los residuos del proceso de pelambre de la Curtiduría Serrano pueden ser compostados previa desulfuración?

Hipótesis específicas

- Realizar la caracterización de los residuos de pelambre
- Establecer un sistema de desulfuración adecuado que elimine la concentración de sulfuros
- Realizar los cálculos en el programa Calcúlate C/N Ratio For Three Materials del porcentaje adecuado de los residuos de pelambre con los residuos orgánicos de poda para obtener un compost de calidad
- Caracterizar el compost obtenido mediante la norma española Real

Especificaciones de las variables

3.1.1.1 *Variables de la hipótesis específica 1*

- Variable independiente: Diagnóstico exhaustivo
- Variable dependiente: Gestión actual que reciben los residuos del pelambre

3.1.1.2 *Variables de la hipótesis específica 2*

- Variable independiente: Residuos del pelambre pelo e hilachas de carnaza
- Variable dependiente: Concentración de sulfuros

3.1.1.3 *Variables de la hipótesis 3*

- Variable independiente: Relación C/N

- Variable dependiente: Factibilidad del método

3.1.1.4 *Variables de la hipótesis 4*

- Variable independiente: Características del compost
- Variable dependiente Factibilidad del método

3.2 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 1-3: Matriz de Consistencia

TEMA: DISEÑO UN SISTEMA DE COMPOSTAJE PREVIA DESULFURACIÓN A PARTIR DE LOS RESIDUOS DEL PELAMBRE DE LA CURTIDURÍA SERRANO.			
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	
¿En qué medida el diseño de un sistema de compostaje previa desulfuración se relaciona con los residuos del pelambre de la Curtiduría Serrano?	Establecer la relación del diseño de un sistema de compostaje previa desulfuración con los residuos del pelambre de la Curtiduría Serrano.	En qué medida el diseño de un sistema de compostaje previa desulfuración contribuyen con el tratamiento de los residuos del pelambre de la Curtiduría Serrano.	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES ESPECÍFICAS
1.- ¿Qué hace la empresa con los residuos generados en el proceso del pelambre?	1.- Realizar la caracterización de los residuos de pelambre	1.- Mediante un diagnostico se podrá conocer la gestión actual que reciben los residuos procedentes del proceso de pelambre y del tratamiento para caracterizar los residuos.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnostico exhaustivo • Gestión actual que reciben los lodos

<p>2.- ¿Cuál es la concentración de sulfuros contenidos en los residuos de la etapa de pelambre?</p> <p>3.- ¿Cuál es el porcentaje adecuado de la relación C / N para construir la pila?</p> <p>4.- ¿Cuál es la característica del abono obtenido?</p>	<p>2.- establecer un sistema de desulfuración adecuado que elimine la concentración de sulfuros</p> <p>3.- Realizar los cálculos en el programa C/N del porcentaje adecuado de los residuos de pelambre con los residuos orgánicos de poda para obtener un compost de calidad</p> <p>4.- Caracterizar el compost obtenido mediante la norma española Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes</p>	<p>2.- Los residuos como son el pelo y las hilachas de carnaza tienen una alta concentración de sulfuros.</p> <p>3.- Al realizar las pruebas sobre la relación de C/N nos dio que se deberá mezclar las 3 partes de carbono que son residuos de la curtiembre y 1 parte de residuos de poda que es de nitrógeno</p> <p>4.- Las características del compost obtenido y analizado mediante la norma se clasifican en el grupo 6 de fertilizantes como una enmienda orgánica.</p>	<p>3. Residuos de pelambre pelo e hilachas de carnaza</p> <p>4. Concentración de sulfuros</p> <p>5. Relación C/N</p> <p>6. Factibilidad del método</p> <p>7. Características del compost</p> <p>8. Factibilidad del método</p>
---	---	---	--

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

3.3 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación

Esta presente investigación es de tipo exploratoria, debido a que es un tema poco investigado. Además, es de tipo descriptiva puesto que se trabaja con variables en condiciones controladas con el motivo de poder describir y comparar los métodos usados y técnicas, identificando así el procedimiento más efectivo y adecuado para poder transformar los residuos del proceso de pelambre.

Diseño de la investigación

La investigación es de tipo experimental debido a que se realizaron pruebas y análisis de laboratorio con las muestras de los volteos realizados en la pila de compostaje para verificar los resultados.

3.4 Unidad de Análisis

La unidad de análisis de esta investigación se centró en los residuos del pelambre con altos contenidos de sulfuros de la Curtiduría Serrano, en donde para transformar dichos residuos en un abono se realizó el proceso de desulfuración y posteriormente la creación de la pila de compostaje.

3.5 Población de Estudio

La población de estudio de esta investigación corresponde a la cantidad de residuos generados en el proceso de pelambre, de acuerdo a la información proporcionada por la empresa, con una producción de 4000 Kg piel apelmbrado, generando un residuo de pelambre de 970 Kg en un lote de producción, respectivamente 5030 Kg piel son para el proceso de curtido.

3.6 Tamaño de la Muestra

La muestra de los residuos se tomó de un lote de producción de 970 Kg, donde éstos se llevaron a un tratamiento de desulfuración por el proceso de oxidación catalítica quedando así un producto final listo para el compostaje de 567 Kg, de los cuales se utilizaron 11 Kg para los análisis físico químico y de los análisis realizados en Agrocalidad. La toma de muestras se realizó directamente

de la pila de compostaje previo a los volteos realizados. Las muestras fueron tomadas en fundas de ziploc para evitar contaminación.

3.7 Selección de Muestra

Para la selección de muestra de esta investigación se realizó un muestreo aleatorio de los residuos procedentes del proceso de pelambre de la empresa Curtiduría Serrano, debido a que los residuos son homogéneos; por lo tanto, cualquier cantidad de la muestra tomada es representativa.

3.8 Técnicas de Recolección de Datos

La recolección de datos de la presente investigación se llevó a cabo en el centro de acopio de la ESPOCH, ubicada en la ciudad de Riobamba, inicialmente se acudió a las técnicas que nos permitieron tener una idea más profunda de la problemática como son: la revisión bibliográfica y análisis de documentos relacionados al problema a resolver.

Además se realizó un trabajo de campo acudiendo a técnicas como la entrevista y la observación de los hechos, la entrevista se lo realizó a los responsables de la empresa, encargados de realizar el proceso donde se genera los residuos con el fin de obtener más información referente a la problemática de esta investigación.

La observación directa de los hechos se llevó a cabo en el centro de acopio de la ESPOCH, donde se conoció el proceso de degradación y se optó por llevar registros con los datos experimentales obtenidos de los análisis del laboratorio, para posteriormente analizar los resultados obtenidos.

Para comprobación de la hipótesis propuesta se utilizó la norma española Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes.

3.9 Desarrollo Experimental

Este trabajo de investigación se enfoca principalmente en encontrar la solución de tratar el residuo generado del proceso de pelambre de la Curtiduría Serrano que es un residuo contaminante al medio ambiente y reutilizarlos para generar un subproducto como un abono orgánico. Cabe mencionar que la alternativa general fue el compostaje con sus pros y contras, teniendo en cuenta las limitaciones económicas, técnicas y el tiempo.

Análisis del agua proveniente del proceso de pelambre

El efluente líquido que resulta del proceso de pelambre se realizó un análisis químico donde se determinó la concentración de sulfuros (S^2) y el DQO el primer parámetro se desarrolló en la Escuela Politécnica Nacional Centro De Investigación y Control Ambiental (CICAM) de la facultad de Ingeniería Química, el cual determino mediante la técnica de APHA 4500- S^2 F, dando un valor de 4936,2 mg de sulfuro por litro de agua residual. (Ver anexo A)

La caracterización de los residuos del pelambre iniciales luego del proceso de desulfuración de materia orgánica, nitrógeno total y macro y micro elementos iniciales se los realizo en los laboratorios de Multianálityca Cía. Ltda. En el cual nos dio un valor de materia orgánica del 86.69 %, nitrógeno total 2.11 %, potasio 47.97 mg/100g, potasio 110.24 mg/Kg, dichos resultados sirvieron de base para poder armar la pila de compostaje. (Ver anexo C)

CAPITULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

Resultados del análisis del agua proveniente del pelambre

Los parámetros evaluados en el análisis fisicoquímico del agua de pelambre fueron DQO y concentración de sulfuros. Se determinaron estos parámetros para conocer la concentración de sulfuros presentes.

Tabla 1-4: Análisis del agua tratada proceso de desulfuración

PARÁMETROS	RESULTADO	MÉTODO	UNIDAD
Demanda química de oxígeno (DQO)	9800mg/l	APHA 5220 D	mg/l
Sulfuros	4936.2mg/l	APHA 4500- S ² F	mg/l

Fuente: CICAM

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Resultado del análisis de aguas de pelambre desulfurado

Se evaluó los parámetros de concentración de sulfuros y DQO en las aguas de pelambre desulfuradas por oxidación catalítica. Los resultados del análisis se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2-4: Análisis del agua proveniente del pelambre

PARÁMETROS	RESULTADO	MÉTODO	UNIDAD
Demanda química de oxígeno (DQO)	3370mg/l	APHA 5220 D	mg/l
Sulfuros	3767.7mg/l	APHA 4500- S ² F	mg/l

Fuente: CICAM

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Resultado de la caracterización de los residuos de pelambre

Los parámetros analizados de materia orgánica, nitrógeno total, macro y micro nutrientes realizados en los laboratorios de Multianálityca Cía. Ltda fueron la base para estructurar la pila de compost.

Tabla 3-4: Parámetros analizados en la muestra desulfurada

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO	UNIDAD
Materia orgánica	86.69	MFQ-253	%
Nitrógeno total	2.11	MFQ-51	%
Fósforo	47.97	MFQ-74	mg/100g
Potasio	110.24	MFQ-140	mg/Kg

Fuente: Multianalityca Cía. Ltda

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

4.2 RESULTADOS DE PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

Toma de muestras

La pila se armó el 25 de abril del 2017. El proceso de degradación total de los residuos fue de 141 días, establecidos de la siguiente manera: la fase de degradación tuvo una duración de 77 días y el proceso de maduración fue de 64 días.

La tabla 4-4 nos indica la fecha de toma de muestras y de los volteos realizados de la pila, para determinar la evolución y degradación de los residuos de la curtiembre.

Tabla 4-4: Fechas del muestreo del proceso de compostaje

NÚMERO DE VOLTEOS	FECHA DEL MUESTREO	ELEMENTOS	NOMENCLATURA
1	25-04-2017	Muestra cero	$P_{CA}T_0$
2	15-05-2017	Primer volteo	$P_{CA}T_1$
3	29-05-2017	Segundo volteo	$P_{CA}T_2$
4	07-06-2017	Tercer volteo	$P_{CA}T_3$
5	16-06-2017	Cuarto volteo	$P_{CA}T_4$
6	26-06-2017	Quinto volteo	$P_{CA}T_5$
7	04-07-2017	Sexto volteo	$P_{CA}T_6$
8	07-07-2017	Séptimo volteo	$P_{CA}T_7$
9	12-09-2017	Muestra final	$P_{CA}T_8$

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Donde:

P_{CA} : Pila Centro de Acopio ESPOCH

T_0 : Tiempo de duración del proceso

La tabla 5-4 presenta los análisis realizados en las muestras tomadas de la pila al inicio, antes de realizar los 7 volteos y al final del proceso. Se determinó: materia orgánica, pH, conductividad eléctrica y ceniza, en el laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

Tabla 5-4: Resultados de los análisis realizados durante el proceso de compostaje

N°	PARÁMETRO DE MUESTREO ANALIZADO	MUESTRAS DE LA PILA									UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODOS DE ANÁLISIS
		$P_{CA}T_0$	$P_{CA}T_1$	$P_{CA}T_2$	$P_{CA}T_3$	$P_{CA}T_4$	$P_{CA}T_5$	$P_{CA}T_6$	$P_{CA}T_7$	$P_{CA}T_8$		
1	TIEMPO DE VOLTEO	0	22	36	46	57	69	76	82	141	Días	-
2	CENIZAS	13.31	26.28	28.92	30.15	37.4	50.25	52.2	59.67	58.87	%	Gravimétrico
3	CONDUCTIVIDAD. ELÉCTRICA	11.14	13.9	18.89	14.39	5.98	5.79	5.97	3.17	2.69	mS/cm	Potenciométrico
4	MATERIA. ORGÁNICA	86.69	73.72	71.08	69.85	62.59	49.75	47.8	40.32	41.13	%	Gravimétrico
5	pH	8.1	8.29	8.12	8.02	8.17	8.12	8.24	8.33	7.94	Unidades	Potenciométrico

Tabla 6-4: Resultados de los análisis realizados durante el proceso de compostaje

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Donde:

P_{CA} : Pila del Centro de Acopio

T_0 : Tiempo

Temperatura

En el Gráfico 1-4 se puede observar la evolución de la temperatura a lo largo del proceso. Las temperaturas altas corresponden a la fase termófila y las medias a la fase mesófila. Al final se puede apreciar la fase de maduración.

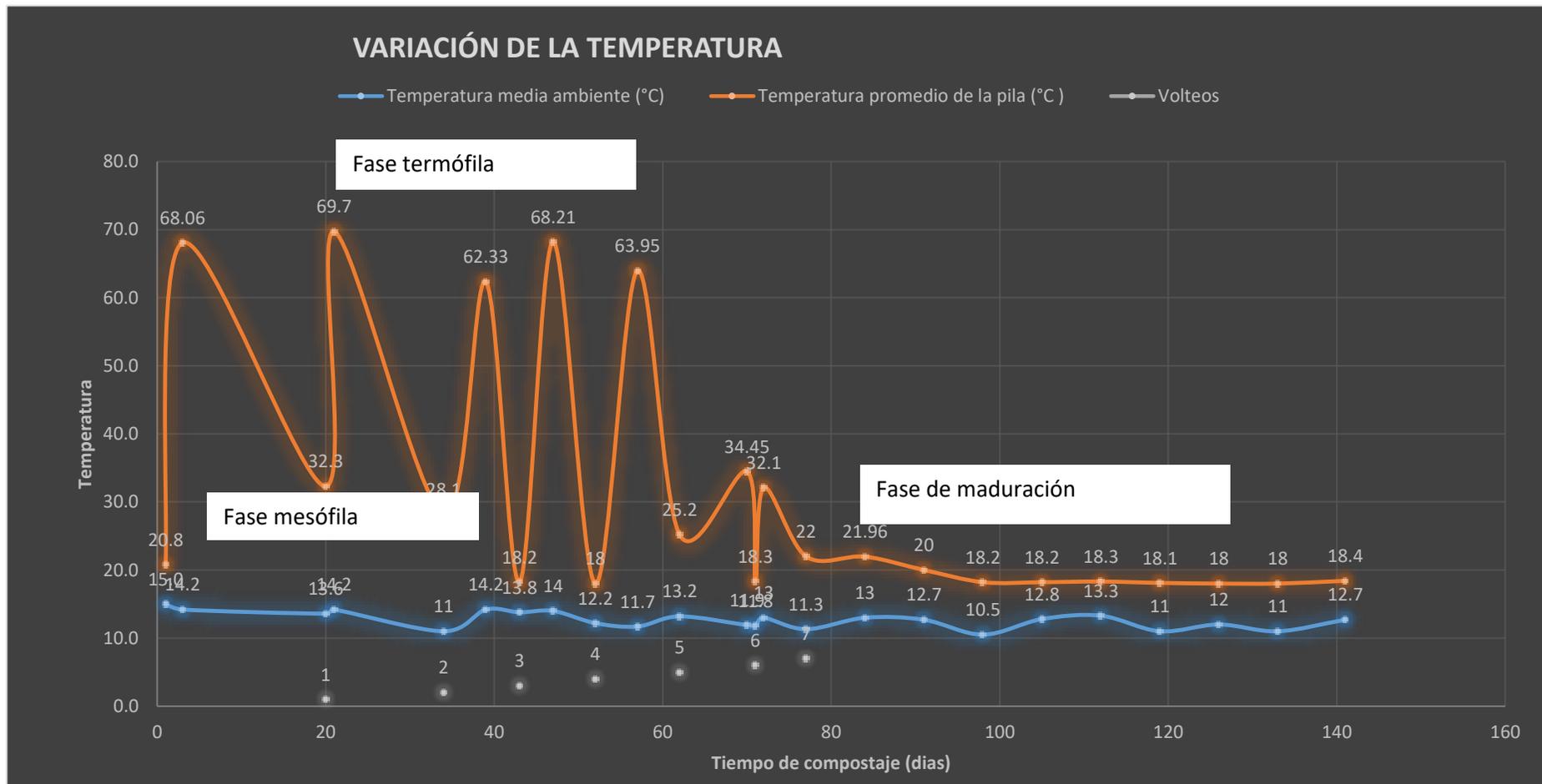


Gráfico 1-4: Variación de la temperatura

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Humedad

En el Gráfico 2-4 se aprecia la variación de la humedad en las distintas fases del proceso.

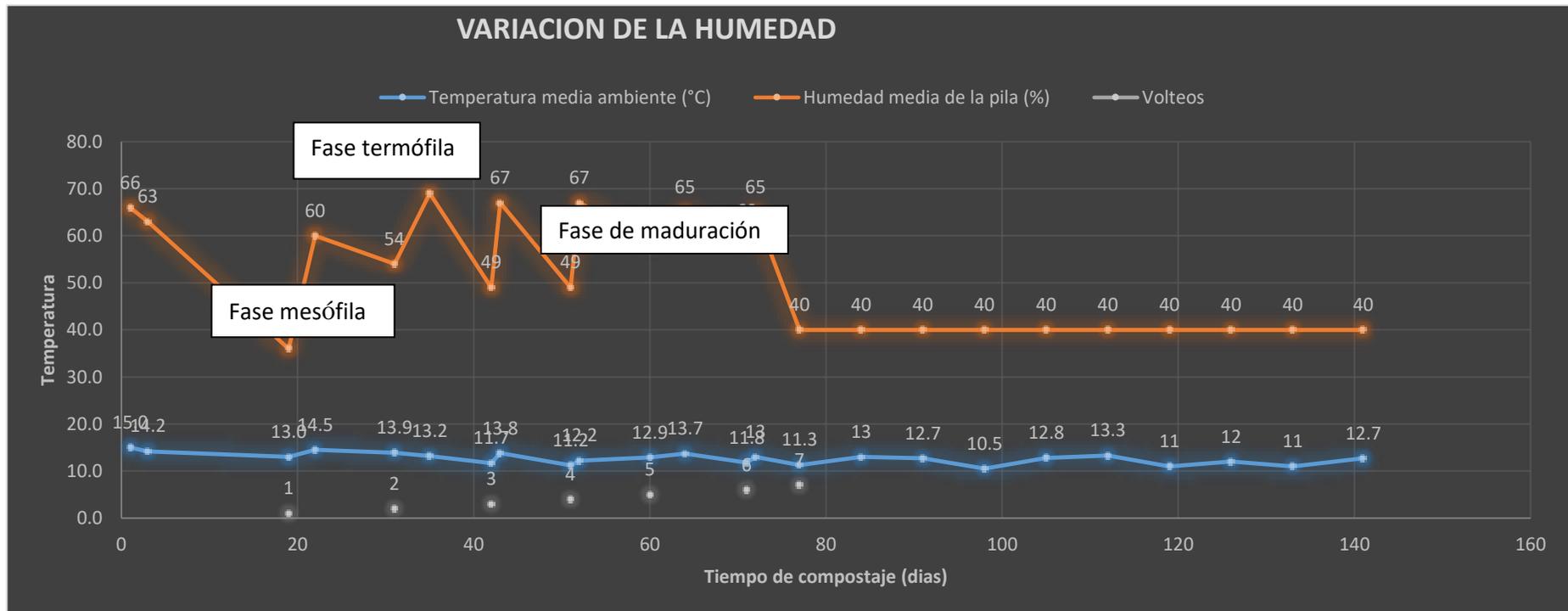


Gráfico 2-4: Humedad de la pila de compost

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Conductividad eléctrica (CE)

El Gráfico 3-4 muestra la evolución de la Conductividad eléctrica, parámetro importante para establecer la calidad del compost.

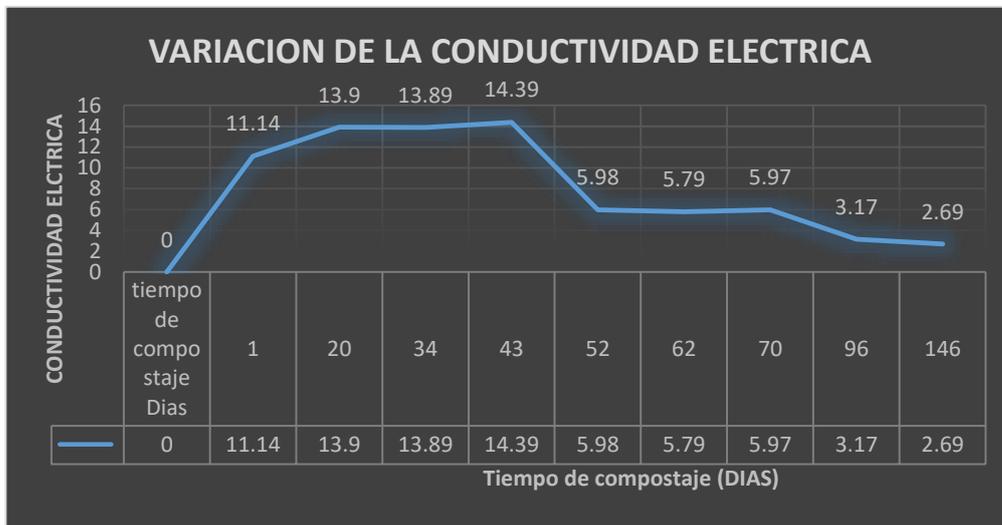


Gráfico 3-4: Conductividad eléctrica de la pila de compost

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Materia orgánica (MO)

La evolución de la materia orgánica y la ceniza se presenta en el Gráfico 4-4. Este parámetro va disminuyendo paulatinamente debido a su degradación y avance del proceso.

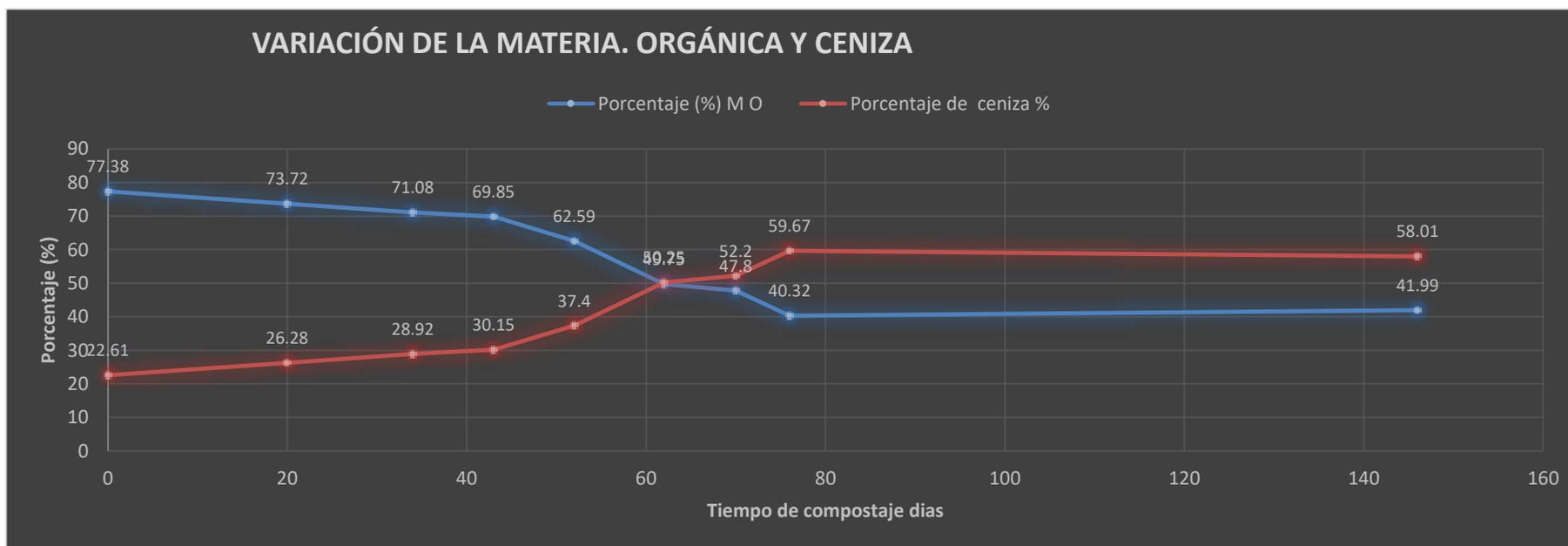


Gráfico 4-4: Materia orgánica y ceniza de la pila de compost

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Potencial de hidrógeno (pH)

Los valores de pH obtenidos durante el proceso de degradación de los residuos de la curtiembre y al final del mismo se consideran como óptimos puesto que están dentro del rango establecido por (22).

Resultado de la caracterización del compost

Los parámetros analizados en los laboratorios de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD) para establecer la calidad del compost fueron: materia orgánica, nitrógeno total, macro y micronutrientes. (Anexo D)

Tabla 7-4: caracterización final del compost

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO	UNIDAD
Materia Orgánica	42.69	PEE/F/09	%
Nitrógeno total	3.616	PEE/F/14	%
Fósforo	0.3181	PEE/F/04	%
Potasio	0.3870	PEE/F/19	%

Fuente: AGROCALIDAD

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Índice de germinación (IG)

La tabla 7-4 presenta los resultados del índice de germinación de la pila en el día cero y al final del proceso de compostaje. Este parámetro biológico ayuda a establecer el grado de madurez del compost.

Tabla 8-4: Datos de fitotoxicidad de la muestra inicial y final

N°	NÚMERO DE CAJAS PETRI	MUESTRA INICIAL DE LA PILA			BLANCO CON AGUA DESTILADA			MUESTRA FINAL		
		Semillas germinadas	Semillas sin germinar	Longitud media de la raíz (cm)	Semillas germinadas	Semillas sin germinar	longitud media de la raíz (cm)	Semillas germinadas	Semillas sin germinar	longitud media de la raíz (cm)
1	1	1	9	1.6	1	9	5.61	4	6	1.15
2	2	3	7	0.26	7	3	1.85	3	7	0.913
3	3	2	8	0.625	9	1	3.05	6	4	1.48
4	4	3	7	0.413	5	5	4.214	3	7	0.53
5	5	5	5	0.314	6	4	1.25	5	5	6.48
6	6	4	6	1.222	6	4	3.07	2	8	3.71
7	7	2	8	0.15	3	7	5.09	5	5	1.38
8	8	3	7	0.586	6	4	2.73	3	7	0.91
9	9	3	7	0.5	4	6	1	3	7	0.51
10	10	3	7	0.276	6	4	2.43	4	6	1.34
TOTAL		29	71	5.946	53	47	30.294	38	62	18.403

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

La tabla 8-4 presenta los resultados del porcentaje de rendimiento del compost.

Tabla 9-4: Índice de germinación de semillas de rábano

Nº	COMPONENTE	BLANCO AGUA DESTILADA	MUESTRA INICIAL DE LA PILA	MUESTRA FINAL DEL COMPOST	UNIDAD
1	SG	53	29	38	%
2	SSG	47	71	62	%
3	GRS	-	54.7169811	71.6981132	%
4	CRR	-	19.6434467	60.7461208	%
5	IG	-	10.748301	43.5538225	%

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Donde:

SG: Semillas germinadas (Rábano)

SSG: Semillas sin germinar (Rábano)

GRS: Porcentaje de Germinación relativa de las semillas

CRR: Porcentaje de Crecimiento relativo de la raíz

IG: Porcentaje del Índice de germinación

P_{CAT_0} : Pila del centro de acopio de la (ESPOCH) Muestra inicial

P_{CAT_8} : Pila del centro de acopio de la (ESPOCH) Muestra final

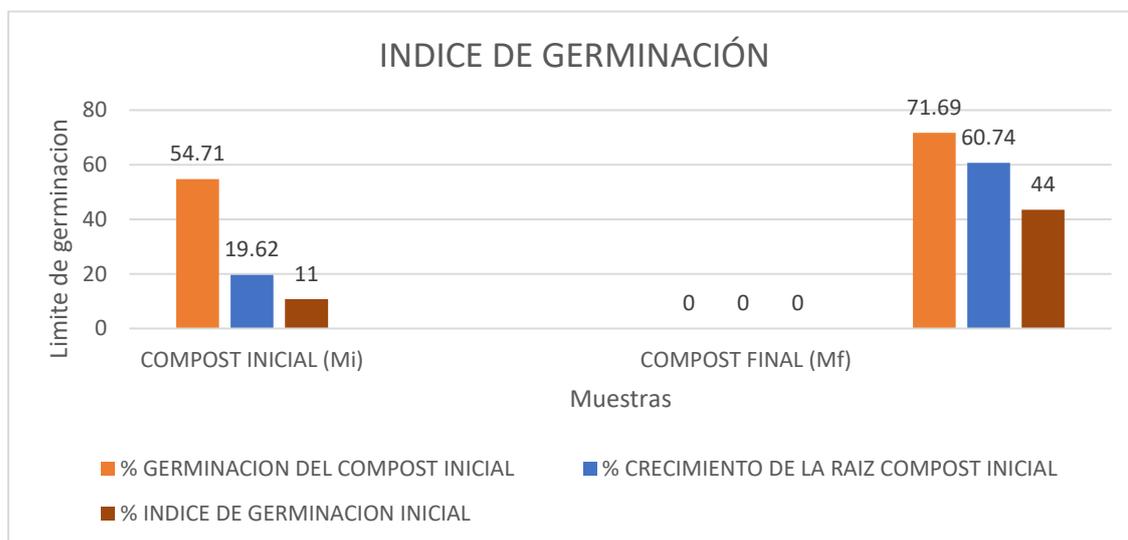


Gráfico 5-4: Índice de germinación de semillas

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Donde:

GRS: Porcentaje de Germinación relativa de semillas de rábano

CRR: Porcentaje de Crecimiento relativo de la raíz de rábano

IG: Porcentaje del Índice de germinación de las semillas de rábano

Rendimiento

La tabla 9-4 muestra el porcentaje de rendimiento del compost obtenido.

Tabla 10-4: Rendimiento de compostaje

N°	ELEMENTOS	PESO (KG)	PORCENTAJE (%)
1	Peso preliminar	567	100
2	Peso final	320	56.4
3	Pérdida de peso por desintegración y volteos	245	43.2
5	Pérdida de peso por extracción de material para muestreos	11	1.94
	TOTAL	576	100

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Resultados de macronutrientes

En la tabla 10-4 se encuentran los análisis finales del compost realizados en los laboratorios de Agrocalidad.

Tabla 11-4: Análisis de macro y micro en el compost

	PARÁMETRO ANALIZADO	MUESTRA FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODOS DE ANÁLISIS
		$P_{CA}T_8$		
1	FÓSFORO	0.3181	%	Colorimétrico
2	NITRÓGENO	3.616	%	Dumas
3	POTASIO	0.3870	%	Absorción atómica

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Donde:

P_{CA} : Pila del Centro de Acopio de la ESPOCH



Gráfico. 6-4: Rendimiento del compostaje

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

4.3 BALANCE GENERAL DE LA PRODUCCIÓN DE CUEROS DE LA CURTIDURÍA SERRANO

El balance general establecido en estos gráficos está en función de la producción quincenal de la elaboración de cueros.

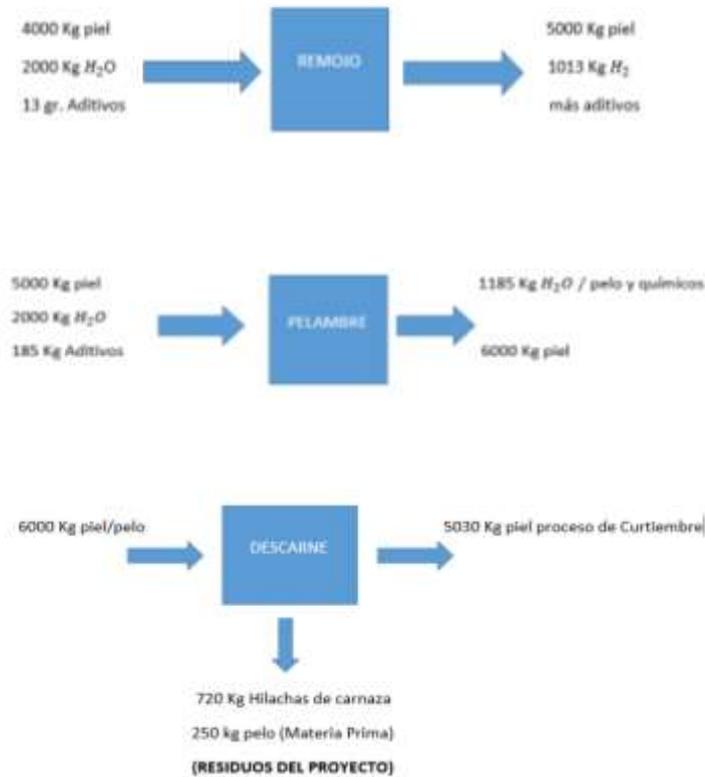


Gráfico 7-4: Balance General

Fuente: GUAPULEMA, Julio

Proceso de desulfuración

Para realizar el proceso de compost de los residuos de la curtiembre se estableció un sistema de desulfuración con el fin de eliminar el sulfuro contenido en los residuos.



Gráfico 8-4: Proceso de desulfuración

Fuente: GUAPULEMA, Julio.

Al realizar el proceso de desulfuración de los residuos de curtiembre quedaron como producto final de 468 Kg más los 99 kg de residuos de poda, los cuales fueron el punto de partida para armar la pila de compostaje con el fin de tratar dichos residuos y ser reutilizados.

Proceso de compostaje



Gráfico 9-4: Proceso de compostaje

Fuente: GUAPULEMA, Julio.

Balance de masa proceso de compostaje

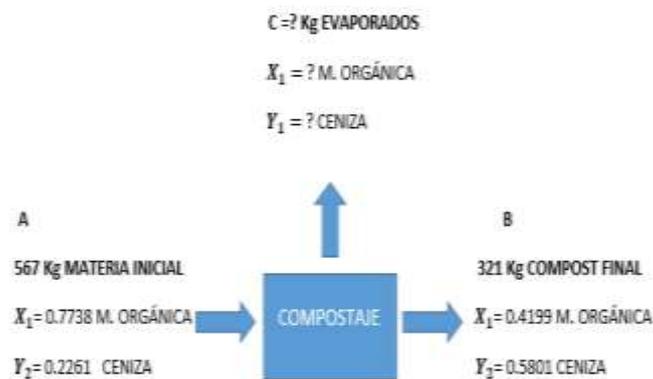


Gráfico 10-4: Balance de masa proceso de compostaje

Fuente: GUAPULEMA, Julio.

ECUACION GENERAL

BALANCE PARA X_1

$$A_{XA} = B_{XB} + C_{XC}$$

Sabiendo que $X_1 + Y_2 = 1$

$$567\text{Kg} (0.7738) = 321 (0.4199) + C_{XC}$$

Despejando $Y_2 = X_1 - 1$

$$438.74 = 134.78 + 567 X_1 + 322X_1$$

$$Y_2 = 1.23 - 1$$

$$438.74 - 134.78 = (567 - 321) X_1$$

$$Y_2 = 0.23 M_0$$

$$X_1 = \frac{438.74 - 134.78}{567 - 321}$$

$$X_1 = 1.23 M_0$$

BALANCE PARA C ENCONTRANDO X_1
 $567(0.7738) = 321 (0.4199) + C (1.23)$

$$C = \frac{438.74 - 134.78}{1.23}$$

$C = 246 \text{ Kg}$ Degradados en la pila.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producto final}}{\text{Producto inicial}} \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{321 \text{ Kg}}{567 \text{ Kg}} \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia} = 56.61 \%$$

Donde:

M_o = Materia Orgánica

C = Ceniza

FUENTE: GUAPULEMA, Julio.

4.4 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hipótesis 1

En el proceso de visitas técnicas a la empresa se realizó un diagnóstico exhaustivo sobre la gestión actual que reciben los residuos de pelambre que se generan en la empresa como son el agua, el pelo y las hilachas de carnaza, se observó lo siguiente: en primer lugar el pelo que se recoge en unas cernideros metálicas, luego son colocadas en sacos de 20 Kg donde se hace un desaguado durante 72 horas aproximadamente, donde se extrae un 85 % de agua lo cual ayuda a la disminución de lixiviados, así mismo se recogen los residuos del descarnado y se los coloca en sacos de 20 Kg donde se hace un desaguado de 72 horas aproximadamente, donde se extrae un 85% de agua lo cual ayuda a la disminución de lixiviados y estos dos residuos se almacenan junto a otros desechos producidos dentro de la empresa para posteriormente llevarlos al relleno sanitario de la provincia de Tungurahua. Para verificar esta hipótesis se realizó los análisis de materia

orgánica, nitrógeno total y macro y micro elementos iniciales se los realizo en los laboratorios de Multianalítica Cía. Ltda.

Hipótesis 2

Para verificar esta hipótesis se tomó la muestra del proceso de agua de pelambre sin tratar y la muestra tratada con el proceso de desulfuración y fue llevado a un análisis en el laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional Centro De Investigaciones y Control Ambiental (CICAM), en el cual determinaron la concentración de sulfuros mediante el método 4500 APHA- $S^2 F$ obteniendo un resultado de agua sin tratar de 4936.2 mg de sulfuro por litro de agua y un resultado tratado de 3767.7 mg de sulfuro por litro de agua.

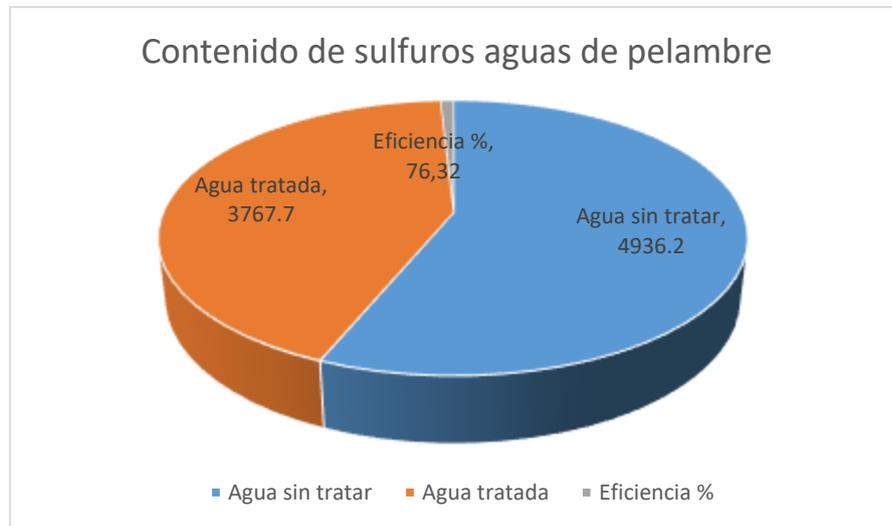


Gráfico11-4: Contenido de sulfuros del agua del pelambre

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

El gráfico corresponde a las aguas tratadas y las aguas sin tratamiento y la eficiencia que tuvo el proceso de desulfuración.

Hipótesis 3

Una vez realizado las pruebas de laboratorio sobre la caracterización de los residuos de pelambre se puede establecer la relación C/N la cual sirve de base para armar la estructura de la pila dándonos como resultado que fue de 3 a 1, que es las $\frac{3}{4}$ partes corresponden a los residuos de la curtiembre y la $\frac{1}{4}$ parte corresponde a los residuos de poda de la ESPOCH. Dicha metodología empleada no es complicada de utilizarla y cualquier operador lo podría hacer.

Hipótesis 4

Los resultados obtenidos del laboratorio de Agrocalidad del compost final de los residuos de la curtiembre y comparando con la norma española Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes nos dio como resultado que el compost obtenido cumple con los requisitos del grupo 6 de enmiendas orgánicas, y el método utilizado de la pila de compost es muy eficiente para tratar estos desperdicios de la curtiembre.

4.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de los residuos del proceso de pelambre mostraron que contenían apreciables cantidades de macro y micronutrientes los cuales son materia orgánica 86.69%, nitrógeno total 2.11 %, fósforo 47.97 mg/100 g, y potasio 110.24 mg/Kg. Que fueron la base para poder realizar el compostaje y tratar estos residuos provenientes de la curtiembre.

En el proceso de desulfuración se pudo constatar que el proceso tuvo una eficiencia del 76.32% lo que quiere decir que los sulfuros no se eliminaron por el tratamiento químico se eliminaron en la pila de compost.

Los cálculos realizados para determinar la relación C/N ayudaron a encontrar la cantidad de mezcla ideal para compostar los residuos de la curtiembre. Esta relación corresponde a 24:1, relación que se considera ideal para compostaje.

Los resultados del proceso de compostaje se analizan a continuación:

La temperatura: una vez iniciado el proceso de degradación de los residuos se evidenció los cambios de temperatura. La fase mesofílica inicial fue muy corta debido a que el cambio de temperatura fue muy rápido, pues a partir del día 3 la pila ya alcanzó la etapa termofílica marcando temperaturas superiores a los 60 °C, debido a la rápida descomposición de la materia orgánica. Bajo estas condiciones de temperatura el material sufrió un proceso de higienización pues se considera que se eliminaron organismos patógenos y semillas de adventicias.

La aireación se consigue volteando el material cada cierto tiempo. Los volteos se realizan cuando la temperatura baja demasiado (menos de 30-40°C), de forma que una vez realizado el volteo, esta temperatura vuelve a subir a valores cercanos a los 50-60°C. Cuanto más volteamos más aceleramos el proceso, sin embargo, un volteo cada 15 o 30 días puede ser suficiente para un

proceso entre cuatro o seis meses. Los resultados obtenidos en este trabajo se asemejan a lo estipulado por (19), en su estudio de elaboración de compost por técnica manual.

Cumplida las fases anteriores y con temperatura promedio cercana a la ambiente que varía entre 12 y 20 °C, (ESPOCH, 2017) el proceso entró en su etapa de maduración que duró 64 días, que es el tiempo necesario para cumplir esta fase final ya que lo recomendado para tal fin es de 20 días aproximadamente (23)

Las temperaturas alcanzadas indican que la mezcla de los componentes orgánicos fue la adecuada, al igual que las dimensiones de la pila.

La humedad tuvo un comportamiento diferente en cada una de las fases, en la fase termofílica la humedad se estableció en un rango de 36 a 65 % siendo sus valores intermedios muy variados esto es consecuencia del consumo de agua por los microorganismos para realizar su síntesis celular, además de las elevadas temperaturas en los primeros días de compostaje. Los volteos permitieron la rápida evaporación del agua y la aireación de la pila.

En la etapa final de maduración el porcentaje bajo y se logró estabilizar en un 40 %, valor que está dentro de los rangos permisibles (30–50 %) que un compost debe tener.

Es necesario mencionar que la humedad la pila, no es igual o equilibrada ya que la parte superficial está mucho más seca y en la parte inferior de la pila la humedad es estable y no sufre mayores cambios.

La conductividad eléctrica (CE) varió constantemente como consecuencia de la mineralización de los elementos y/o por el lavado de sales durante los períodos de riego. La CE varió en un rango de 11,14 a 2,69 mS/cm. En todo caso, es preferible que el compost presente valores bajos de CE puesto que la existencia de sales está asociada con la concentración de elementos como el sodio y potasio; así como también, compuestos de cloruro, nitrato, sulfato y sales de amonio que en concentraciones elevadas inhiben el crecimiento de las plantas. La conductividad eléctrica en este estudio fue de 2,69 mS/cm valor que concuerda con un compost de calidad que es inferior a 3000 μ S/cm (24)

La disminución del porcentaje de Materia Orgánica se debe a la mineralización de los materiales a lo largo del proceso, como también a la actividad microbiana que transforma el carbono, su principal elemento constituyente. Ésta se transforma principalmente en CO₂. El porcentaje de materia orgánica que se obtuvo una vez finalizado el proceso de compostaje fue de 41,99 %. Este

porcentaje obtenido se encuentra dentro de los valores permisibles que un compost debe tener para ser comercializado que es entre 25 y 70 % según datos corroborados por (25).

La materia orgánica de los suelos es el producto de la descomposición química de las excreciones de animales y microorganismos, de residuos de plantas o de la degradación de cualquiera de ellos tras su muerte. (11). Los resultados obtenidos nos indica el alto contenido de materia orgánica que poseen los residuos de la curtiembre, pelo, las hilachas de carnaza y de los restos de poda (hojas y ramas secas) por contener un alto contenido de celulosa y fibra.

En el gráfico se muestra el porcentaje de germinación de las semillas de rábano (*Raphanus sativus*). En el compost final el índice de germinación fue del 43.55 %, siendo superior a los valores de la pila en el día 0 (10.73%). Esto se debe a la disminución de sustancias fitotóxicas que son las que inhiben el crecimiento de las semillas. Este parámetro es un indicador del grado de madurez alcanzado en el producto final. (Anexo W)

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

El compost final presentó un olor a tierra fresca de bosque, este olor se alcanzó debido a la ausencia de ácidos orgánicos en el producto una vez que finalizó el proceso de compostaje cuando el material orgánico inicial alcanzó su degradación biológica realizada por los organismos; un resultado semejante que se obtuvo en el trabajo realizado por (26).

El rendimiento del proceso de compostaje está dado por diversos factores, y materiales, en el presente estudio el compostaje se inició con un peso de 567 kg de residuos sólidos los cuales se utilizaron como material orgánico, una vez que finalizó el proceso se obtuvo 243 kg de compost refinado. Es decir, el rendimiento del proceso fue del 56,0 %. La pérdida de peso se dio en un 42 % por la descomposición microbiana debido de las transformaciones bioquímicas de la materia orgánica y actividades de muestreo (2%), el 13 % corresponden a la pérdida de material por la refinación del producto para eliminar los materiales que no se degradaron totalmente durante el proceso de compostaje. Para esto, se utilizó una zaranda la cual retuvo los elementos que mostraron un tamaño de partícula superior a 1 cm.

El porcentaje de fósforo mencionado en forma de óxido de fósforo $P_2 O_5$ en el compost final fue de 0,32 %, el aumento de la concentración de este elemento se debió a la pérdida de materia orgánica que se mineralizó durante todo el proceso, la concentración de este elemento en la cantidad obtenida ayuda a enriquecer los suelos y mejora los cultivos mediante la absorción de este elemento en forma de fosfatos. (27)

El porcentaje de nitrógeno conseguido en el compost final es de 3.6 %, un valor superior al obtenido en varias investigaciones similares, pues un compost maduro presenta valores aproximados al 1%. (27)

El potasio se puede obtener de diferentes fuentes de residuos orgánicos. El porcentaje de potasio como Oxido de potasio (K_2O) fue de 0,3870 % y este porcentaje se alcanzó con los residuos de la curtiembre. (27)

CAPÍTULO V

5 IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

5.1 Propuesta Para la Solución del Problema

Este estudio consistió en determinar en qué medida el diseño de un sistema de compostaje a partir de los residuos del pelambre previa desulfuración, contribuye al manejo de residuos de la Curtiduría Serrano. Los resultados indican que el compostaje degrada este tipo de residuos y es eficiente a la hora de tratar y reciclar; por lo que, la implementación por parte de la empresa quedaría a consideración dependiendo de la decisión del propietario.

5.2 Costos de Implementación de la Propuesta

A continuación, se detallan los costos de implementación de los métodos utilizados para los residuos y los análisis realizados.

Implementación del método de desulfuración

Para realizar el proceso de desulfuración de los residuos del proceso de pelambre se por oxidación catalítica, se requirió lo siguiente:

- Requerimientos de insumos

Tabla 12-4: Insumos requeridos para desulfurar

INSUMO	FUNCIÓN
Sulfato de manganeso	Catalizador para eliminar el sulfuro
Compresor	Equipo generador de aire comprimido para desulfurar
Tanques de desulfuración	Contenedores para desulfurar
Mangueras	Vías de oxigenación hacia los tanques para desulfurar

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

Todos estos insumos necesitara la empresa adquirir para recuperar realizar el proceso de desulfuración.

- Requerimientos de materiales y equipos

Tabla 13-4: Materiales y equipos para realizar la pila de compostaje

Materiales y equipos	Función
Equipo de trituración	Triturar los residuos de la poda de la ESPOCH
Gasolina	Combustible para el equipo de trituración
Termómetro	Controlador de la temperatura
Regadera	Regar agua en la pila
Balanza	Pesar productos químicos
Guantes de goma	Protección manos
Mascarillas	Evitar inhalar gases
Mandil	Protección del cuerpo
Palas cuadradas	Realizar los volteos
Plástico transparente de 8 x 2 metros	Protector del suelo
Fundas ziploc 10x15 cm	Recolector de muestras para análisis
Libreta de campo	Apuntes
Sacos plásticos	Recolector de muestras

Realizado por: GUAPULEMA, Julio

- Requerimiento de servicios básicos

Se requiere agua potable, energía eléctrica en este caso de que utilice los equipos eléctricos

Costos de inversión

Para realizar el proceso de la desulfuración de los residuos generados del proceso de pelambre de las Curtiduría Serrano. No requiere una inversión elevada debido a que los insumos y materiales y equipos posee la empresa como son: balanzas, compresor, tanques, mangueras, entre otros. Además no se necesitara de personal adicional debido a que el operador de este proceso aprenderá de manera fácil en proceso de desulfuración. La empresa debe invertir solo en la compra mensual de insumos que se requiere como es el sulfato de manganeso que es un catalizador para hacer la desulfuración.

Tabla 14-4: Costos de insumos para la implementación del método de desulfuración

INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
Sulfato de manganeso	Kg	24	1.75	42
Total				42

Fuente: GUAPULEMA, Julio

Con la inversión de \$42,00 mensuales se podrá recuperar y tratar los residuos del pelambre que se genera cada mes en la empresa. La inversión es sumamente económica por lo que es una alternativa viable, en el cual se obtendrá el sulfato de manganeso con una concentración de 25% MgO mg/L.

Implementación de la pila

A continuación, se detalla el costo de inversión que necesitara la empresa para armar la pila.

Tabla 15-4: Costo de insumos para la implementación de la pila

INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
Residuos de poda	Kg	120	0,15	18
Agua	L	90	0,001	0,09
Gasolina	Gal	5	1,05	5.25
			Total	23.34

Fuente: GUAPULEMA, Julio

Tabla. 16-4: Costos total para la implementación del equipo de trituración

INSUMOS	COSTO \$
Triturador de madera	7.000
Termometro	50

Fuente: GUAPULEMA, Julio

Tabla 17-4: Costo de equipo de trituración y termómetro

INSUMOS	COSTO (\$)
Triturador de madera	7.000
Termometro	50
Insumos	23,34
Total	7.073,34

Fuente: GUAPULEMA, Julio

Para implementar la pila en la Curtiduría Serrano la empresa debería hacer una inversión inicial de \$7.073,34, una vez adquirido el triturador de madera el gasto mensual será de \$23,34 y así podrá reutilizar los residuos del proceso de pelambre.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación y en base a los objetivos e hipótesis se puede concluir lo siguiente:

- La caracterización de los residuos del pelambre mediante el análisis fisicoquímico realizado en el laboratorio de Multianalityca Cía. Ltda., dio como resultado que los residuos poseen buenas cantidades de materia orgánica y nitrógeno total los cuales son de mucha utilidad para el proceso de compostaje.
- La relación C/N fue de 24 % peso-peso; por lo que, para estructurar la pila se utilizó $\frac{3}{4}$ partes de residuos de pelambre y $\frac{1}{4}$ parte de residuos de poda de la ESPOCH.
- Mediante el análisis fisicoquímico de los residuos de pelambre que se generan en la Curtiduría Serrano, se determinó la concentración de sulfuros mediante el método APHA – 4500 S^{2-} en la cual se obtuvo como resultado 3767,7 mg de sulfuro. En base a esto, podemos decir que la cantidad de tiempo del proceso de desulfuración deberá ser aumentada con el fin de bajar mucho más la concentración de sulfuros.
- Se caracterizó el compost final proveniente de los residuos de la Curtiduría Serrano mediante el análisis en el laboratorio de Agrocalidad. De acuerdo a la norma española real decreto 506/2013 se evidencio que: El compost obtenido pertenece al Grupo 6 ENMIENDAS ORGÁNICAS, N° 2; Anexo 4 RESIDUOS DE LAS INDUSTRIAS DEL CUERO, DE LA PIEL Y TEXTIL; lo que son: Residuos de las industrias del cuero y de la piel; Carnazas y serrajes del encalado; Lodos en particular los procedentes del tratamiento in situ de efluentes, que no contienen cromo. Aquellos residuos que si se pueden realizar un tratamiento para reutilizarlos.
- El sistema de compostaje adecuado, fue el de pila con volteo manual, debido a la facilidad de montaje y a los bajos costos asociados.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa Curtiduría Serrano no desechar al ambiente los residuos generados del proceso del pelambre porque poseen altos porcentajes de materia orgánica y nitrógeno que pueden reutilizables, ya que si este residuo al contacto con naturaleza podría oxidarse y generar lixiviados dañinos.
- Se recomienda que para para tratar los residuos de la curtiembre como son el pelo y las hilachas de carnaza, éstos deben estar libre de sulfuros los cuales se pueden eliminar en una piscina o un tanque el cual sea adecuado de acuerdo a la capacidad del desecho producido en la etapa de ribera para así poder realizar un proceso de secado de las hilachas de carnaza y pelo para realizar el compost.
- Para realizar la manipulación de forma manual de la pila con los residuos de la Curtiembre deberá tener las siguientes características: no debe ser mayor a un 1,5 m de altura y 2,0 m de ancho, para facilidad de manejo para los volteos y para conservar la temperatura.
- Al momento de realizar los volteos de la pila se deberá usar la protección adecuada de mascarillas industriales para taparse la nariz por la emanación de gases generados en la pila de compost.
- La maquinaria que se utilice para triturar los diversos componentes orgánicos para elaborar compost debe ser la conveniente para reducir costos y tiempo operación.
- Los instrumentos que se utilicen para la exactitud de los parámetros del proceso deben ser confiables para conseguir datos más reales de medición exactos.
- Es necesario realizar el compost de estos residuos de la curtiembre con el fin de estabilizar las fitotoxinas que poseen y así evitar la contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, V. L.** *Estudio introductorio a las Políticas Públicas*. Mexico : Miguel Angel Porrua, 2012.
- Agromatica.** Agromatica. [En línea] [Citado el: 6 de Septiembre de 2017.]
<https://www.agromatica.es/relacion-cn-o-carbono-nitrogeno/>.
- Altamirano, M y Cabrera, C.** *Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual*. Lima : Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG, 2006. 80.
- Asamblea Constituyente del Ecuador.** *Constitucion de la Republica del Ecuador* . Montecristi : Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008.
- Baer, Juan.** *La Importancia de la Calidad*. Caracas : San Pedro, 2011.
- Bueno, Pedro y Manuel, Díaz.** *Factores que afectan al proceso de Compostaje*. Sevilla : IRNAS, 2014.
- Boe.** *Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes*. Madrid : Ministerio de la Presidencia, 2013. pág. 51175.
- Gilberto, Salas C.** *ELIMINACIÓN DE SULFUROS POR OXIDACIÓN EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE UNA CURTIEMBRE*. Lima Peru : Universidad San Marcos , 2005.
- Buades, Gabriel.** *Calidad en Ingeniería del Software*, . Bogota : UIB, 2002.
- Cohen, M, Agrawal, N y Agrawal, V.** *Winning the aftermarket*. s.l. : Interface, 2007. págs. 129-38.
- Creative, Commons Attribution Share Alike.** *Agrega.educacion.es*. [En línea] 2013. [Citado el: 3 de Septiembre de 2017.]
http://agrega.educacion.es/repositorio/08042014/8e/es_2013121413_9180800/5_fases_del_compostaje.html.
- Blanco, M. Gutierrez, S.** *Blanco, M. y Gutierrez, S. (2007, noviembre) “Modelo de la Gestión de la Calidad en el sector de la distribución comercial en España: el caso Mercadona”*. España : Ariel S.A., 2007.
- Brady.** *THE NATURE AND PROPERTIES OF SOIL*. New York : Macmillan Book, 1984.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica.** *Producción de Abonos Organicos de Buena Calidad*. Bogota : Produmedios, 2013. págs. 80-81.
- Chávez, L.** *Elaboración de compost*. Madrid : Cortad., 2012.
- Deming, Edwards.** *Quality, Productivity and Competitive Postion*. Los Angeles California : Donostiarra, 1991.
- Ekinci, K, Keener, H y Elwell, D.** *Effects of aeration strategies on the composting*. Madrid : Experimental studies, 2004.
- Garcia, Mario.** *La Calidad del Producto* . Mexico : WERT , 2012.

- Gallejos, J.** *La calida INEN*. Madrid : Capelo Pa, 2012.
- Gordillo, F y Chávez, E.** *Calidad del abono*. San Ignacio : Universidad de Guayaquil , 2012. 54.
- Gómez, C.** *Problemática y Gestión de Residuos Sólidos Peligroso en Colombia*. 15, Bogota : Organización Panamericana de la Salud, Enero de 2000, pág. 44.
- Guajardo, E.** *Administración de la calidad total*. Mexico : Editorial Pax México,, 2008.
- Gronroos, C.** *The Six Criteria of Good Service Quality*. s.l. : Brand, 2009.
- Guzmán, K y Luján, M.** *La Curtiembre*. Medellin : NBA, 2010. págs. 464-492. Vol. 4.
- Hernandes, R, fernandez, C, Baptista, P.** *Calidad de los procesos* . Buenos Aires : San Isidro , 2006.
- Hurtado, J.** *Metodología de la Investigación Holística*. Madrid : Samper , 2010.
- Huerta, Oscar, Martínez, Xavier y Gallart, Montserrat.** *EL USO DE COMPOST DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES*. Barcelona : Escuela Superior de Barcelona, 2010.
- Jaramillo, Henao G., & Zapata, Márquez, L.** *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Medellín. : Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. M. (2008). Aprovechamiento de los Universidad de Antioquia, 2008.
- Manahan, Stanley E.** *Introduccion a la Quimica Ambiental*. Mexico : REVERTÉ EDICIONES, 2006. pág. 481.
- Manzur, G.** *The Aplicacion of Quality Funcion Deployment (QFD) to desing a Course in total Quality Managament* . Paris : Managament (TQM)., 2006.
- Martínez, Aníbal R.** *Diccionario Del Petróleo Venezolano*. Caracas Venezuela : Los libros de el Nacional, 1997.
- Moreno, J y Moral, R.** *Compostaje*. [aut. libro] Moreno J. y Moral R. *Compostaje*. Madrid (España) : Ediciones Paraninfo S.A., 2011, págs. 99-100.
- Moreno, Joaquin y Moral., Raul.** *Compostaje*. Madrid : Ediciones Mundi Prensa, 2008.
- Moreno, J y Moral, R.** *Compostaje*. s.l. : Mundiprensa, 2011, págs. 75-92.
- Perinat, María.** *TECNOLOGÍA DE LA CONFECCIÓN EN PIEL*. Espana : Edy, 2000.
- Zucconi, F y Bertoldi, M.** *Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste*. London : Elsevier Applied Science,, 1987. págs. 30-50.
- Richter, M.** *Un Método Rápido para la Determinación de Ácidos Húmicos, Fúlvicos y Huminas en Suelos*. Buenos Aires : RIA, 2012. págs. 25-36.
- Román, P; Martínez, M; Pantoja, A.** *Manual del compostaje del agricultor*. Chile : FAO, 2012.
- Saenz, Peña.** *EL CURTIDO AL CROMO*. Chaco : Universidad Nacional del Nordeste, 2007.

Sánchez, Monedero, Roig, A y Paredes, MP Bernal. *Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH.*, Madrid : Bioresource technology, 2001.

Salas, Gilberto. ELIMINACIÓN DE SULFUROS POR OXIDACIÓN EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE UNA. *Sistema de Bibliotecas y Biblioteca Central.* [En línea] 2005. [Citado el: 5 de marzo de 2017.]
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/ing_quimica/v08_n1/pdf/a08v8.pdf.

Salazar, Antonio. *Gestion Administrativa* . La Paz : ABCD, 2012

Sundberg, C, Smårs, S y Jönsson, H. *pH bajo como factor inhibidor en la transición de la fase mesófila a la termófila en el compostaje.* Oxford : Bioresour, 2004.

.

ANEXOS

Anexo A: Análisis fisicoquímico del agua residual del proceso de pelambre.



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rábago Orellana Ríos" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3838780 Ext: 2151 • Línea directa: (+93-2) 2928864 • Apartado 17-01-2758 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 20 de septiembre de 2017.

No. IR17-764

DATOS DE CLIENTE

Ref. ST17-236

Solicitado por: CÉSAR PUENTE

Teléfono: 32900279

Asunción:

Dirección: Guano, Barrio El Rosario

Identificación de la muestra: ninguna

Origen: descarga del proceso de pelambre, sin oxidación

Fecha de recolección: 2017-09-07

Tipo de muestra: Agua residual

Responsable de toma de muestra: Cliente

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: No

Se utilizó preservante: No

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: M- 764

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2017-09-08

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	9800	2017-09-08	APIA 520 D
Sulfuros (S)	mg/L	4936,2	2017-09-08	APIA 4500 - S ²⁻ F

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

Realizado por: Quím. César Yambay
RESPONSABLE TÉCNICO



Revisado por: Ing. Martín Ortiz
DIRECTOR DE CALIDAD (I)

Anexo B: Análisis fisicoquímico del agua residual del proceso de pelambre desulfurado.

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 20 de septiembre de 2017

No. IR17-765

DATOS DE CLIENTE

Ref. ST17-236

Solicitado por: CÉSAR PUENTE

Atención:

Teléfono: 32900279

Dirección: Guano, Barrio El Rosario

Identificación de la muestra: ninguna

Origen: descarga del proceso de pelambre, con oxidación

Fecha de recolección: 2017-09-07

Tipo de muestra: Agua residual

Responsable de toma de muestra: Cliente

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: No

Se utilizó preservante: No

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: M- 765

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2017-09-08

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANALISIS	PROCEDIMIENTO
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	3370	2017-09-08	APHA 520 D
Sulfuros (S)	mg/L	3767,7	2017-09-08	APHA 4500 - S ²⁻ F

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO


Realizado por: Quim. César Yambay
RESPONSABLE TÉCNICO




Revisado por: Ing. Martín Ortiz
DIRECTOR DE CALIDAD (1)

Anexo C: Análisis de los residuos de pelambre.



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.27530

SA 34204a

Cliente:	GUAPULEMA SALAZAR JULIO ALEXANDER	Lote:	---
Dirección:	CALLE JOSE RODRIGUEZ # 325 Y CUENCA	Fecha Elaboración:	---
Muestreado por:	El Cliente	Fecha Vencimiento:	---
Muestra de:	MATERIA PRIMA	Fecha Recepción:	07/04/2017
Descripción:	RESIDUO DE PELAMBRE	Hora Recepción:	10:08
		Fecha Análisis:	11/04/2017
		Fecha Entrega:	21/04/2017
		Código:	---

Características Muestra	
Color:	Característico
Olor:	Característico
Estado:	Sólido
Contenido Declarado:	1kg
Contenido Encontrado:	---
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio

RESULTADO FISICO-QUIMICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA
CENIZA	%	13.31	MFQ-03	ADAC 923.03
MATERIA ORGANICA	%	86.60	MFQ-253	GRAVIMETRIA
NITROGENO TOTAL	%	2.11	MFQ-51	ADAC 2001.11
FOSFORO	mg/100g	47.97	MFQ-74	Pearson
POTASIO	mg/kg	110.24	MFQ-140	APHA 3113B-K



Ing. Lizeth Guevara
JEFE DIVISIÓN FÍSICO-QUÍMICO

Anexo D: Análisis inicial de los residuos de curtiembre para realizar el compost en Agrocalidad.

 AGROCALIDAD <small>AGENCIA ECUATORIANA DE ASESORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO</small>	LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Telef.: 02-2372-844/2372-845	PGT/F/09-FO01 Rev. 3
	INFORME DE ANÁLISIS	Hoja 1 de 1
	Informe número: LN-F-E17-1316 Fecha emisión informe: 10-10-2017	

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: CRISTIAN GUAPULEMA SALAZAR

Dirección: Guano Barrio El Rosario

Teléfono: 0987657479

Correo Electrónico: salexanderb13@hotmail.com.com

Provincia: Chimborazo

Cantón: Guano

N° Orden de Trabajo: 06-2017-061

N° Factura/Documento: 009-001-2902

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante sólido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: L2	Tipo de envase: funda plástica
Provincia: Chimborazo	X: ---
Cantón: Riobamba	Y: ---
Parroquia: Lizarzaburu	Altitud: ---
Muestreado por: Alexander Guapulema Salazar	
Fecha de muestreo: 18/09/2017	Fecha de inicio de análisis: 25/09/2017
Fecha de recepción de la muestra: 22/09/2017	Fecha de finalización de análisis: 10/10/2017

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F171247	M2	NT	PEE/F/14	%	3.616	---
		P ₂ O ₅ *	PEE/F/04	%	0.3181	---
		K ₂ O*	PEE/F/19	%	0.3870	---
		MO	PEE/F/09	%	42.69	---

*: Resultado obtenido por cálculo

NT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, K₂O = Potasio, MO = Materia Orgánica

Analizado Por: Ing. Melissa Rea, Ing. Edison Vega

Observaciones: Los resultados están expresados en %p/p.

Anexo Gráficos: ---

Anexo Documentos: ---


AGROCALIDAD
AGENCIA ECUATORIANA
DE ASESORAMIENTO
DE LA CALIDAD DEL AGRO
 Ing. Melissa Rea
 Responsable Técnica Laboratorio
 de Calidad de Fertilizantes


 10 OCT 2017
 AGROCALIDAD
 LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES

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

Anexo E: Análisis del compost final de los residuos de pelambre en Agrocalidad.

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

Informe número: LN-F-E17-1315
 Fecha emisión informe: 10-10-2017

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: CRISTIAN GUAPULEMA SALAZAR

Dirección: Guano Barrio El Rosario

Teléfono: 0987657479

Correo Electrónico: aalexanderb13@hotmail.com.com

Provincia: Chimborazo

Cantón: Guano

N° Orden de Trabajo: 06-2017-061

N° Factura/Documento: 009-001-2902

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante sólido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: L1	Tipo de envase: funda plástica
Provincia: Chimborazo	X: ---
Cantón: Riobamba	Y: ---
Parroquia: Lizarzaburu	Altitud: ---
Muestreado por: Alexander Guapulema Salazar	
Fecha de muestreo: 18/09/2017	Fecha de inicio de análisis: 25/09/2017
Fecha de recepción de la muestra: 22/09/2017	Fecha de finalización de análisis: 10/10/2017

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F171246	M1	NT	PEE/F/14	%	6.483	---
		P ₂ O ₅ *	PEE/F/04	%	0.2591	---
		K ₂ O*	PEE/F/19	%	0.3877	---
		MO	PEE/F/09	%	60.47	---

*: Resultado obtenido por cálculo

NT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, K₂O = Potasio, MO = Materia Orgánica

Analizado Por: Ing. Melissa Rea, Ing. Edison Vega

Observaciones: Los resultados están expresados en %p/p.

Anexo Gráficos: ---

Anexo Documentos: ---


AGROCALIDAD
 AGENCIA ECUATORIANA
 DE ASESORAMIENTO
 DE LA CALIDAD DEL AGRO
 Ing. Melissa Rea
 Responsable Técnica Laboratorio
 de Calidad de Fertilizantes


 10 OCT 2017
 AGROCALIDAD
 AGENCIA ECUATORIANA
 DE ASESORAMIENTO
 DE LA CALIDAD DEL AGRO
 RECIBIDO
 FERTILIZANTES (10/10/2017)

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

Anexo F: Relación de carbono nitrógeno

Calculate C/N Ratio For Three Materials

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

Note - Use whole numbers

Ingredient	% H2O	Weight	% Carbon	% Nitrogen	C/N Ratio
PELO	32	4	47.11	2.11	
PODA	20	1	51.25	1.78	
NADA	0	0	0	0	
				Result:	23.612240339513

Anexo G: Residuos de la Curtiembre parte 1.

a

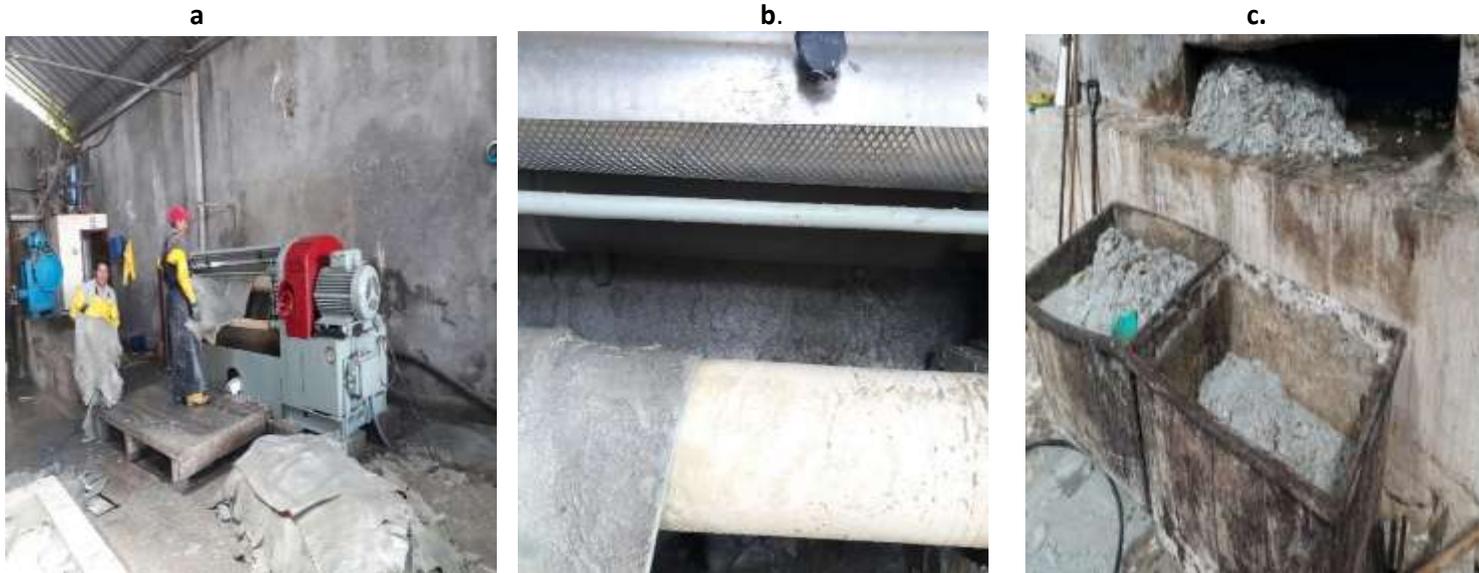


b.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar	Residuos de la curtiembre		
a. Bombos del pelambre b. Salida del agua de pelambre y recolección de los mismo	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado		Lamina	Escala	Fecha
			1	A4	13/11/17

Anexo H: Residuos de la Curtiembre parte 2.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Residuos de la curtiembre		
a. Equipo de descarnado b. Maquina descarnadora c. Decantación de los residuos de hilachas de carnaza	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar	Lamina	Escala	Fecha
			1	A4	13/11/17

Anexo I: Recolección de residuos de la Curtiembre del proceso de pelambre para transportar

a



b.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar</p>	Residuos para desulfurar							
<p>a. Recolección de agua de pelambre</p> <p>b. Residuos de la curtiembre transportados al centro de Acopio ESPOCH</p>	<table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Por calificar</td> <td><input type="checkbox"/> Para información</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Aprobado</td> <td><input type="checkbox"/> Para archivar</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Por eliminar</td> <td><input type="checkbox"/> Certificado</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> Por calificar	<input type="checkbox"/> Para información	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Para archivar	<input type="checkbox"/> Por eliminar	<input type="checkbox"/> Certificado	Lamina	Escala
<input type="checkbox"/> Por calificar	<input type="checkbox"/> Para información									
<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Para archivar									
<input type="checkbox"/> Por eliminar	<input type="checkbox"/> Certificado									
		1	A4	13/11/17						

Anexo J: Proceso de desulfuración parte 1.

a



b.

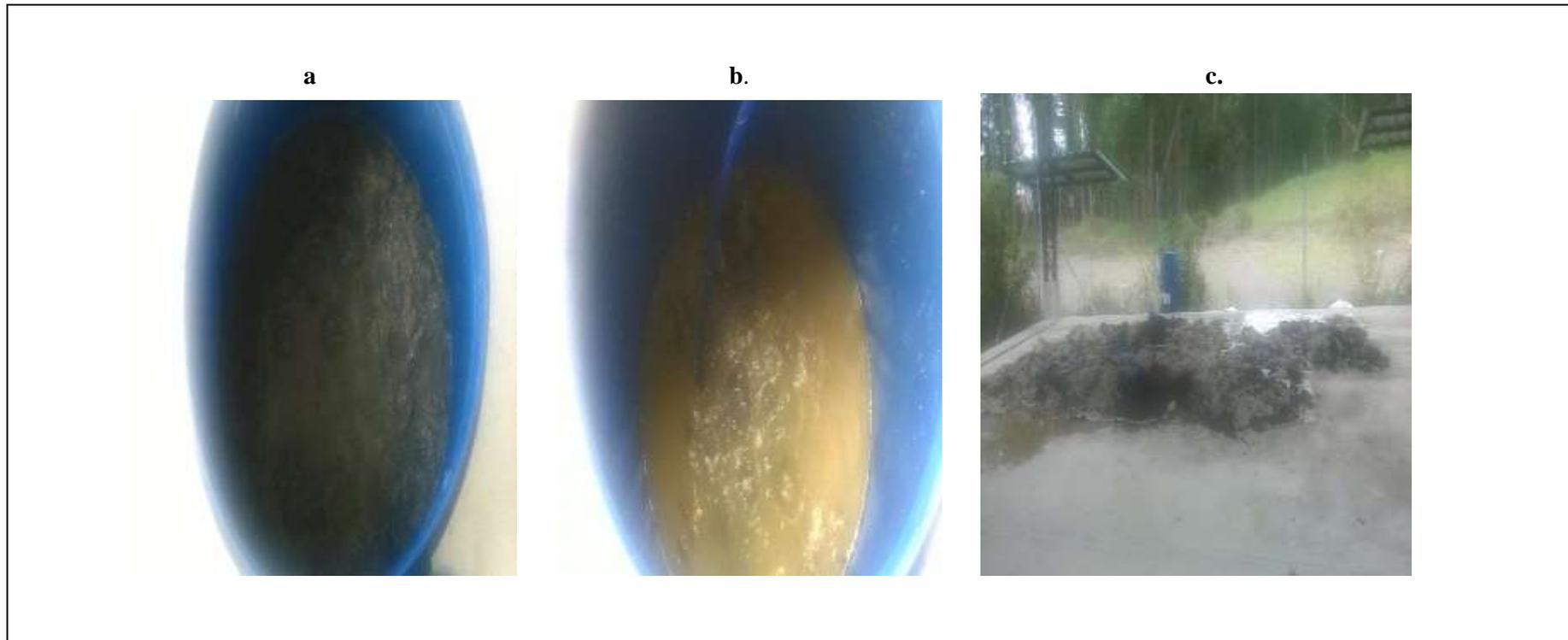


c.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Equipos de desulfuración		
a. Equipo de desulfuración b. Peso del sulfato de manganeso c. Sulfato de manganeso diluido para añadir al material a desulfurar	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar			
			Lamina	Escala	Fecha
			1	A4	13/11/17

Anexo K: Proceso de desulfuración parte 2.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Proceso de desulfuración		
a. Proceso de desulfuración b. Proceso de oxidación catalítica (burbujas) c. Material desulfurado	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar			
			Lamina	Escala	Fecha
			1	A4	13/11/17

Anexo L: Proceso de armar la pila de compostaje parte 1.

a



b.



c.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA	Proceso de trituración		
a. Equipo de trituración b. Material para trituración (hojas y ramas) c. Material triturado	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado	Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar			
			Lamina	Escala	Fecha
			1	A4	13/11/17

Anexo M: Proceso de armar la pila de compostaje parte 2.

a



b.



c.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Formación de la pila		
a. Formación de la base de la pila b. Armazon de la pila por capas c. Inoculo preparado (bacterias)	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar			
			Lamina	Escala	Fecha
			1	A4	13/11/17

Anexo O: Proceso de monitoreo de la pila de compostaje parte 4.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar	Monitoreo de la pila		
a. Volteo de la pila b. Pila final del compostaje c. Control de temperatura	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado		Lamina	Escala	Fecha
			1	A4	13/11/17

Anexo P: Proceso de monitoreo de la pila de compostaje parte 5.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Proceso de monitoreo de la pila		
a. Proceso de maduración de la pila (2 meses) b. Proceso de refinado c. Material refinado final (compost final)	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar			
			Lamina	Escala	Fecha
			1	A4	13/11/17

Anexo Q: Proceso de monitoreo de la pila de compostaje parte 5.

a

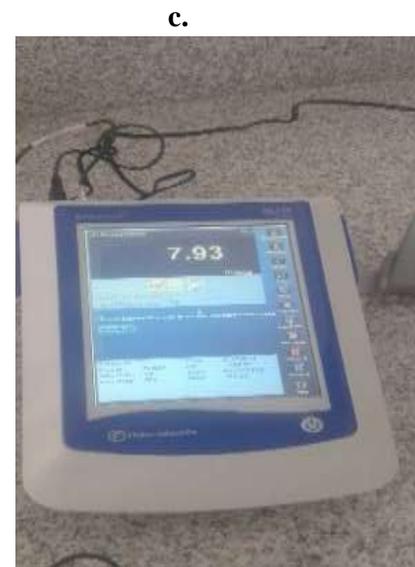


b.



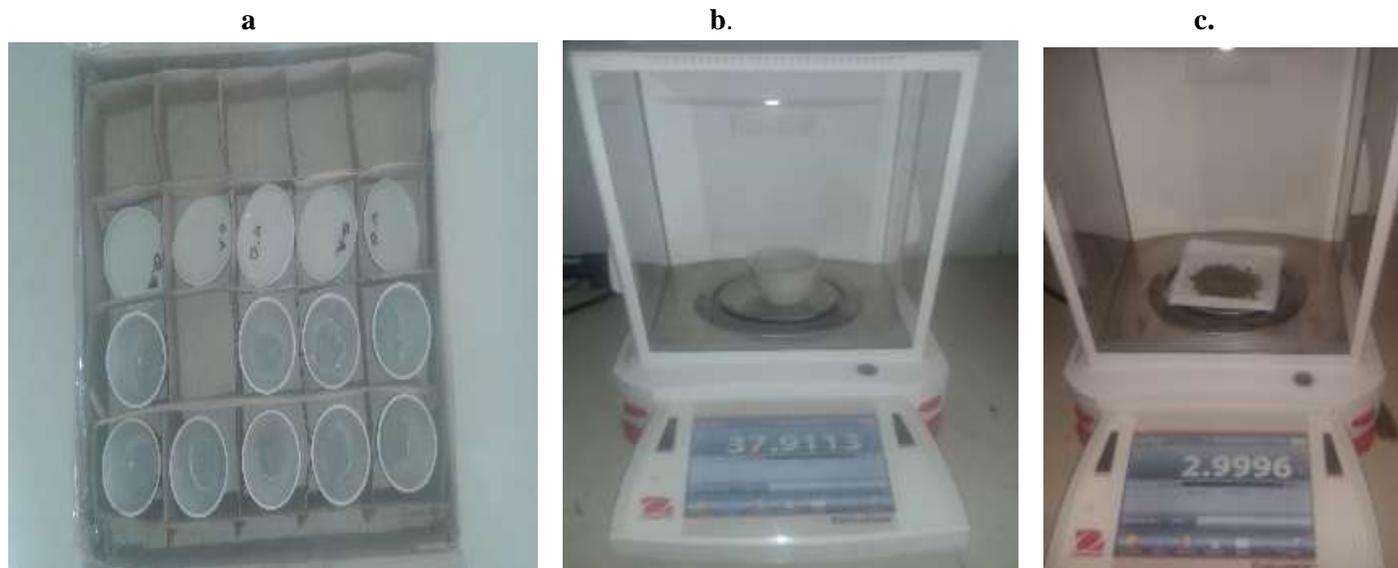
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar	Producto final		
a. Material para ser guardado en sacos b. Compost final obtenido	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado		Lamina	Escala	Fecha
		1	A4	13/11/17	

Anexo R: Análisis de laboratorio de la muestra de los volteos de la pila de compostaje parte 1.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Análisis del laboratorio		
a. Muestras a analizar b. Equipo de conductividad c. Equipo de potencial de hidrogeno	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar			
			Lamina	Escala	Fecha
			1	A4	13/11/17

Anexo S: Análisis del laboratorio determinación de materia orgánica parte 2.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar	Análisis del laboratorio								
a. Crisoles vacíos b. Peso de los crisoles a c. Peso de las muestras analizar	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lamina</th> <th>Escala</th> <th>Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>A4</td> <td>13/11/17</td> </tr> </tbody> </table>	Lamina	Escala	Fecha	1	A4	13/11/17		
Lamina	Escala	Fecha									
1	A4	13/11/17									

Anexo T: Análisis del laboratorio determinación de materia orgánica parte 3.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Análisis del laboratorio		
a. Estufa b. Desecador c. Peso de las capsulas de material de analizado	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar			
			Lamina	Escala	Fecha
			1	A4	13/11/17

Anexo U: Análisis del laboratorio determinación del índice de germinación parte 1.

a



b.

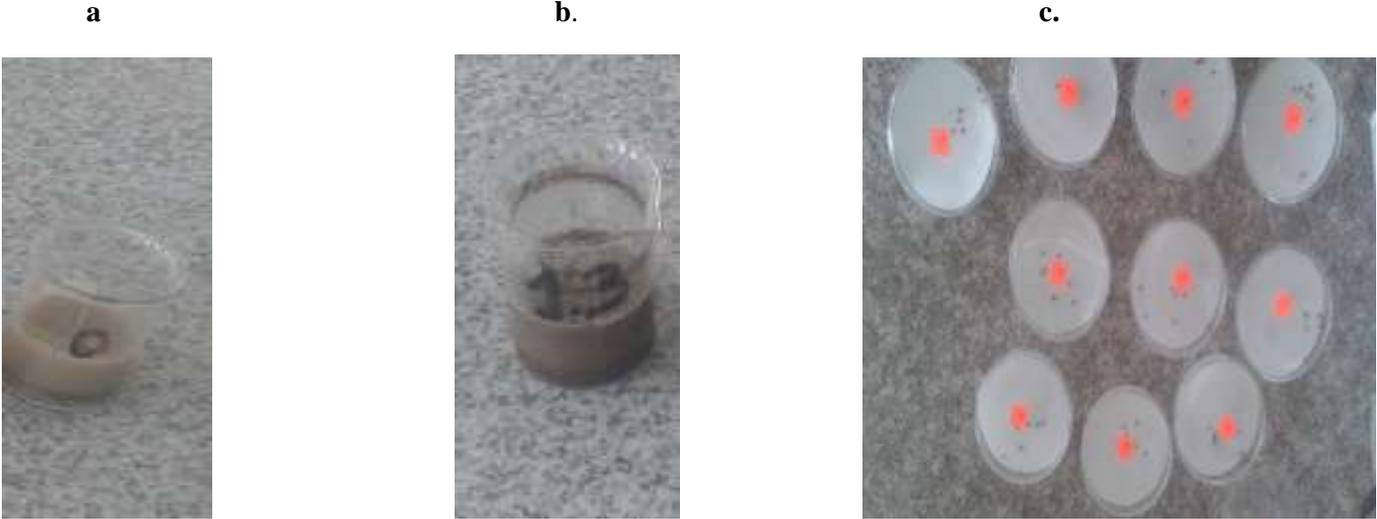


c.



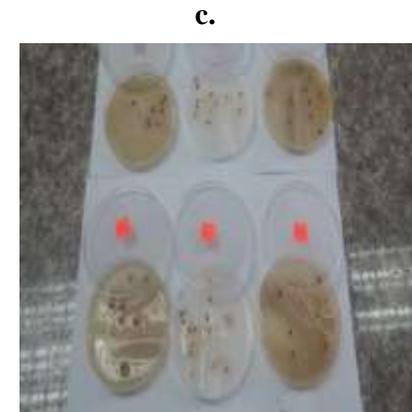
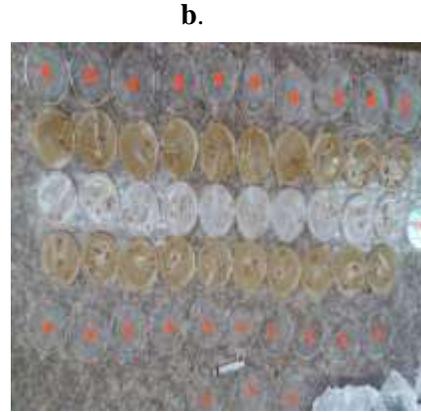
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar	Análisis del laboratorio								
a. Incubadora b. Magneto con agitador c. Equipo de extracción (embudo bushner, kitasato, bomba de vacío y mangueras)	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado		<table border="1"> <tr> <th>Lamina</th> <th>Escala</th> <th>Fecha</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>A4</td> <td>13/11/17</td> </tr> </table>	Lamina	Escala	Fecha	1	A4	13/11/17		
Lamina	Escala	Fecha									
1	A4	13/11/17									

Anexo V: Análisis del laboratorio determinación del índice de germinación parte 2.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar	Análisis del laboratorio		
a. Material extraído compost inicial b. Material extraído compost final c. Etiquetación de las cajas Petri	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado		Lamina	Escala	Fecha
			1	A4	13/11/17

Anexo W: Análisis del laboratorio determinación del índice de germinación parte 3.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar	Análisis del laboratorio		
<p>a. Muestras puestas en la incubadora durante (5 días)</p> <p>b. Resultado de la incubación</p> <p>c. Selección del índice de germinación mejores y peores semillas germinadas</p>	<p><input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar</p> <p><input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado</p>		Lamina	Escala	Fecha
			1	A4	13/11/17

Anexo X: Análisis del laboratorio determinación del índice de germinación parte 4.

a.



b.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Análisis del laboratorio		
a. Medición de las semillas de rábano con el pie de rey del compost inicial b. Medición de las semillas de rábano con el pie de rey del compost final	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Realizado por: Julio Alexander Guapulema Salazar	Lamina	Escala	Fecha
			1	A4	13/02/17

Anexo Y: Técnica para la determinación de la conductividad eléctrica y ph

Parámetro	Fundamento	Equipos materiales y reactivos		Procedimiento	Calculo
Conductividad eléctrica y pH.	<p>CE: Se determina por análisis del potencial métrico y se fundamenta en la disociación electrolítica y es utilizada en aguas o extracto de suelo y residuos sólidos, el instrumento consiste de dos electrodos de platino, que son introducidos en la solución para medir la capacidad de llevar la corriente eléctrica por la presencia de iones Na⁺ o bases intercambiables (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺).</p>	Equipos	Balanza analítica pH-metro Consort C562 multifuncional	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 5 g de la muestra y colocar en un vaso de precipitación de 100 mL. • Añadir 60 mL de agua destilada, agitar y dejar reposar por 10 min hasta su total homogenización. • Ajustar el instrumento. • Introducir los electrodos del instrumento en la solución acuosa y realizar la medición de la conductividad eléctrica. • Retira los electrodos y lavar con agua destilada. • Ajustar el instrumento para medir el Ph. • Introducir los electrodos del instrumento en la solución y realizar la medición del pH. • Retirar los electrodos y lavar con agua destilada 	<p>Ecuación</p> <p>Lectura directa</p>
		Materiales	Agitador manual Muestra a evaluar Piceta Probeta de 25mL Vasos de precipitación de 100 mL.		
		Reactivos	Agua destilada y desionizada		

Fuente: FERNANDEZ. L, et al.,2006, pp 19-21

Adaptado por: GUAPULEMA. Julio

Anexo Z: Técnica para determinar materia orgánica y ceniza

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

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

Adaptada por: GUAPULEMA. Julio

Anexo AA: Determinación del índice de germinación

Parámetro	Fundamento	Equipos materiales y reactivos		Procedimiento	Calculo
Índice de germinación	Técnica desarrollada para valorar las propiedades fitotóxicas de residuos orgánicos o compost inmaduros. Se basa en utilizar un extracto acuoso de los materiales orgánicos para evaluar la germinación y crecimiento de semillas de plantas de respuesta rápida como es el Berro (<i>Lepidium Sativum L.</i>). En la cual se compara estos valores con los obtenidos para un control con agua destilada, se puede saber el porcentaje de germinación de las semillas y el porcentaje de elongación de las raíces, obteniendo por multiplicación el denominado índice de Germinación (IG). Valores superiores al 80 % acreditan que el compost es un producto estable para su uso en agricultura	Equipos	Autoclave Balanza analítica Bomba de vacío Centrifuga de 7000 rpm Estufa de incubación	<ul style="list-style-type: none"> Del material seco hacer una extracción acuosa, relación 1:20 (p/v) agitando mecánicamente durante 2 horas. Centrifugar a 7 000 rpm durante 10 min y filtrar con papel de 0,45 µm mediante vacío para esterilizar el extracto. En placas Petri de 10 cm de diámetro, cubiertas con papel filtro, colocar 10 semillas de rábano y añadir 10,0 mL del extracto acuoso que moje el papel en su totalidad, realizando 10 repeticiones. Preparar la muestra blanco con agua destilada, una muestra por repetición. Tomar papel aluminio y envolver las cajas Petri haciendo grupos de 5 unidades para evitar resequedad y brindar oscuridad. Calibrar la estufa de incubación a 80 % de humedad y a 22 °C. Colocar las cajas Petri en el equipo de forma aleatoria y dejar incubar por 120 horas. Cuantificar el número de semillas germinadas y la longitud alcanzada por las raíces por placa. Determinar el índice de germinación a través de su ecuación matemática. 	Ecuación Lectura directa
		Materiales	Erlenmeyer de 250 mL Muestra a evaluar Papel aluminio Papel filtro Pipeta de 10 mL Pera de succión Placas Petri Semillas de rábano		
		Reactivos	Agua destilada y desionizada alcohol		

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

Anexo BB: Tabla del centro Agrometeorológico de la ESPOCH

FECHA		TEMPERATURA °C			H. RELATIVA %			TENSIÓN VAPOR	PUNTO ROCIO	PRECIPITACIÓN	HELIOFANÍA		VIENTO		PRESIÓN ATM.
		Media	Máxima	Minima	Media	Máxima	Minima	mlb	°C	mm H2O	Horas	%	Dirección	Velocidad m/s	mm hg
1	12,4	18,9	9,8	85,3	96,0	63,0	12,3	10,0	3,1	1,9	16,0	SE	2,0	549,7	
2	11,3	17,6	6,0	81,4	96,0	54,0	10,7	8,0	0,0	0,9	7,0	SE	1,5	548,8	
3	12,8	20,5	8,4	82,2	96,0	49,0	12,6	10,4	0,0	4,2	35,0	SE	2,3	548,2	
4	12,8	18,6	9,6	80,0	96,0	51,0	12,1	9,8	0,0	3,4	28,0	SE	3,0	548,1	
5	12,5	19,2	9,1	84,2	96,0	59,0	12,8	10,6	1,8	3,9	32,0	SE	1,8	548,2	
6	12,7	19,5	9,7	83,3	96,0	54,0	12,9	10,7	0,0	2,7	22,0	SE	1,8	548,4	
7	13,5	20,1	10,6	85,8	96,0	60,0	13,4	11,4	1,1	4,4	37,0	SE	2,0	548,2	
8	14,4	22,0	10,9	82,7	96,0	49,0	13,2	11,1	0,8	4,9	41,0	SE	1,0	547,9	
9	14,3	19,2	11,2	83,3	96,0	56,0	13,0	10,9	7,0	3,6	30,0	SE	1,8	547,9	
10	14,0	21,1	8,8	81,6	96,0	51,0	13,3	11,2	3,3	5,2	43,0	SE - NE	2,0	547,9	
11	13,9	19,9	11,2	85,3	96,0	60,0	14,2	12,1	9,2	3,5	29,0	SE	1,3	547,8	
12	14,3	21,7	10,7	82,1	96,0	51,0	13,4	11,3	0,3	6,2	52,0	SE	1,6	547,6	
13	13,8	21,2	10,4	81,5	96,0	54,0	13,0	10,9	3,1	4,7	39,0	SE	2,3	547,5	
14	14,1			82,5	96,0	54,0				4,8	40,0				
15	14,0	20,6	10,4	77,6	96,0	50,0	12,7	10,4	1,0	4,5	37,0	SE	1,8	548,0	
16	14,4	21,8	10,9	79,4	96,0	51,0	12,5	10,2	0,0	4,7	39,0	SE	1,8	548,3	
17	14,4	20,7	10,6	80,5	96,0	50,0	12,9	10,7	0,0	3,1	26,0	SE	2,8	548,6	
18	14,4	21,2	11,4	79,0	96,0	55,0	13,4	11,3	2,1	2,9	24,0	SE	2,0	548,6	
19	13,5	20,2	10,7	83,5	96,0	57,0	12,4	10,1	2,4	3,9	32,0	SE	2,6	548,5	
20	13,3	21,4	11,2	84,9	96,0	48,0	12,7	10,5	10,1	2,2	18,0	SE	1,6	548,5	
21	13,4			83,7	96,0	49,0				3,4	28,0				
22	13,7	22,7	7,0	79,7	96,0	43,0	12,2	9,9	3,8	7,8	65,0	NE	1,5	548,6	
23	14,6	22,2	8,7	78,7	96,0	46,0	12,6	10,4	0,0	7,5	62,0	SE	1,5	549,0	
24	14,8	22,2	10,2	78,9	96,0	47,0	13,1	11,0	0,6	7,6	63,0	SE	2,3	548,4	
25	15,0	22,4	10,4	78,3	96,0	50,0	13,9	11,8	0,0	5,7	47,0	SE	1,3	548,1	
26	14,0	20,5	10,8	83,2	96,0	56,0	13,3	11,2	8,2	3,8	32,0	SE	1,5	548,5	
27	14,2	22,3	9,8	78,5	96,0	44,0	12,3	10,0	0,0	7,1	59,0	SE	1,6	548,1	
28	12,9	17,7	10,4	80,9	96,0	57,0	11,7	9,3	0,0	0,6	5,0	SE	2,0	548,6	
29	12,6	18,6	9,8	88,8	96,0	64,0	12,8	10,6	1,1	1,6	13,0	SE	1,3	548,9	
30	13,3	19,7	10,2	85,3	96,0	57,0	12,7	10,4	0,0	1,4	12,0	SE	1,5	548,7	
31															
SUMA	409,3	573,7	278,9	2462,1	2880,0	1589,0	358,1	296,2	59,0	122,1	1013,0	SE	51,5	15353,6	
DIAS DE DATOS	30	28	28	30	30	30	28	28	28	30	30		28	28	
MEDIA	13,6	20,5	10,0	82,1	96,0	53,0	12,8	10,6	4,1	33,8			1,8	548,3	
MÁX. 24 Hs.	15,0	22,7	11,4	88,8	96,0	64,0	14,2	12,1	10,1	7,8	65,0		3,0	549,7	
FECHA	25	22	18	29		29	11	11	20	22	22		4	1	
Nº DE DÍAS	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	
MIN. 24 Hs.	11,3	17,6	6,0	77,6	96,0	43,0	10,7	8,0	0,0	0,6	5,0		1,0	547,5	
FECHA	2	2	2	15		22	2	2	VARIOS	28	28		8	13	
Nº DE DÍAS	1	1	1	1		1	1	1	11	1	1		1	1	

Fuente: ESTACION AGROMETEOROLOGIA. 2017
 Adaptado por: GUAPULEMA. Julio

Anexo CC: Tabla del centro Agrometeorológico de la ESPOCH

 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE RECURSOS NATURALES ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA BOLETIN MENSUAL														
														
AÑO: 2017														
MES: MAYO														
FECHA	TEMPERATURA °C			H. RELATIVA %			TENSIÓN VAPOR	PUNTO ROCIO	PRECIPITACIÓN	HELIOFANIA		VIENTO		PRESIÓN ATM.
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	mib	°C	mm H2O	Horas	%	Dirección	Velocidad m/s	mm hg
1	13,8			83,3	96,0	51,0				5,1	42,0			
2	13,5	19,7	10,2	83,3	96,0	56,0	12,6	10,3	2,3	3,6	30,0	SE	2,5	548,9
3	14,4	21,0	10,7	79,1	96,0	51,0	12,8	10,6	0,0	6,2	52,0	SE	2,4	548,1
4	13,1	19,7	10,2	86,5	96,0	62,0	12,7	10,5	6,5	3,2	27,0	SE	1,4	548,1
5	13,0	20,7	10,3	85,9	96,0	63,0	12,9	10,8	4,3	2,7	22,0	SE	2,0	548,0
6	13,7	20,6	9,8	83,8	96,0	55,0	13,0	10,9	1,6	5,2	43,0	SE	1,5	547,8
7	13,9	20,5	10,2	85,3	96,0	60,0	13,4	11,3	2,2	2,8	23,0	SE	1,5	547,9
8	14,3	19,7	10,8	81,4	96,0	58,0	12,7	10,6	0,0	0,7	6,0	SE	1,0	548,2
9	14,2	19,6	11,2	84,5	96,0	64,0	13,6	11,6	0,0	3,7	31,0	SE	2,0	548,2
10	12,0	17,0	10,7	88,7	96,0	61,0	12,5	10,3	12,7	2,5	21,0	SE	1,0	549,1
11	13,5	20,0	9,4	83,6	96,0	54,0	12,9	10,8	8,6	2,7	22,0	SE	1,6	549,1
12	13,9	21,5	10,5	83,7	96,0	56,0	13,1	10,9	1,1	2,3	19,0	SE	1,2	548,7
13	14,8	21,6	11,0	78,9	96,0	52,0	12,6	10,3	3,1	5,0	42,0	SE	1,0	548,7
14	13,0	18,2	10,8	87,0	96,0	61,0	12,2	9,9	16,7	0,2	2,0	SE	1,0	550,1
15	13,6	18,7	10,6	86,9	96,0	61,0	13,6	11,5	0,7	0,3	2,0	NE	1,5	549,7
16	14,2	21,7	10,1	81,4	96,0	49,0	13,5	11,5	0,1	7,0	58,0	SE	2,0	549,0
17	14,5	21,4	10,8	82,6	96,0	55,0	13,7	11,7	1,1	6,3	52,0	SE	2,2	548,5
18	14,1	22,3	10,4	80,0	96,0	47,0	12,7	10,5	0,0	5,7	47,0	SE - NE	2,6	547,7
19	14,3	21,9	10,9	76,7	96,0	44,0	13,3	11,2	0,4	6,8	57,0	NE	2,0	547,2
20	13,1	18,0	10,4	87,1	96,0	70,0	13,3	11,1	0,9	2,5	21,0	SE	1,3	547,5
21	12,9	18,5	9,2	83,8	96,0	59,0	12,2	9,9	1,9	1,6	13,0	SE	2,0	548,8
22	13,6	19,7	10,0	79,8	96,0	54,0	12,5	10,3	2,9	4,2	35,0	SE	1,8	549,0
23	13,2	19,5	9,8	78,7	96,0	53,0	12,1	9,8	0,0	4,6	38,0	SE	2,8	548,9
24	14,0	20,6	10,1	77,2	96,0	52,0	12,0	9,7	0,0	5,8	48,0	SE	2,4	548,9
25	13,6	21,1	8,3	79,5	96,0	46,0	12,2	9,9	0,0	8,1	67,0	SE	2,6	548,6
26	13,9			76,1	96,0	44,0				7,3	61,0			
27	12,7	20,0	8,7	78,3	96,0	46,0	11,8	9,4	0,0	4,4	37,0	SE	2,0	549,8
28	11,1	19,3	6,3	79,0	96,0	45,0	10,2	7,2	0,0	3,1	26,0	SW - SE	2,0	549,4
29	11,0	18,8	3,8	79,3	96,0	54,0	10,6	7,7	0,0	4,7	39,0	SE	1,8	549,8
30	13,2	20,8	8,4	77,8	96,0	46,0	11,7	9,3	0,0	6,9	57,0	SE	2,5	549,5
31	13,2	20,1	9,2	82,4	96,0	54,0	12,2	9,9	0,8	4,6	38,0	SE	1,4	549,1
SUMA	417,3	582,2	282,8	2541,6	2976,0	1683,0	364,6	299,4	67,9	129,8	1078,0	SE	53,0	15912,3
DIAS DE DATOS	31	29	29	31	31	31	29	29	29	31	31		29	29
MEDIA	13,5	20,1	9,8	82,0	96,0	54,3	12,6	10,3		4,2	34,8		1,8	548,7
MÁX. 24 Hs.	14,8	22,3	11,2	88,7	96,0	70,0	13,7	11,7	16,7	8,1	67,0		2,8	550,1
FECHA	13	18	9	10	VIARIOS	20	17	17	14	25	25		23	14
Nº DE DÍAS	1	1	1	1	31	1	1	1	1	1	1		1	1
MIN. 24 Hs.	11,0	17,0	3,8	76,1		44,0	10,2	7,2	0,0	0,2	2,0		1,0	547,2
FECHA	29	10	29	26		19	28	28	VIARIOS	14	14 - 15		8 - 10 - 13 - 14	19
Nº DE DÍAS	1	1	1	1		1	1	1	11	1	2		4	1

Fuente: ESTACION AGROMETEOROLOGIA. 2017
 Adaptado por: GUAPULEMA. Julio

Anexo DD: Tabla del centro Agrometeorológico de la ESPOCH

FECHA		TEMPERATURA °C			H. RELATIVA %			TENSIÓN VAPOR	PUNTO ROCIO	PRECIPITACIÓN	HELIOFANIA		VIENTO		PRESIÓN ATM.
		Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	mlb	°C	mm H2O	Horas	%	Dirección	Velocidad m/s	mm hg
1		13,2	20,0	8,8	80,7	96,0	55,0	12,2	10,0	0,0	3,6	30,0	SE	2,0	549,0
2		13,8	22,3	9,0	77,2	96,0	49,0	11,8	9,4	0,0	4,5	37,0	SE	2,0	548,8
3		14,2	21,3	9,9	78,0	96,0	49,0	12,1	9,7	0,0	5,9	49,0	SE	2,5	548,9
4		13,3	19,0	11,0	80,4	96,0	56,0	12,1	9,8	0,1	1,3	11,0	SE	1,8	548,5
5		12,9	20,4	9,8	77,2	96,0	47,0	11,9	9,4	0,7	6,3	52,0	SE	3,0	548,4
6		11,7	20,4	5,2	68,3	96,0	33,0	9,2	5,8	0,0	10,1	84,0	SW	2,8	548,9
7		13,8	22,9	7,3	71,3	94,0	37,0	11,5	8,9	0,0	6,5	54,0	SE	2,6	548,5
8		14,1	24,7	11,0	79,0	96,0	36,0	12,5	10,3	14,2	6,7	56,0	SE	2,4	548,7
9		13,7	20,9	10,0	81,3	96,0	48,0	12,7	10,5	10,4	4,8	40,0	SE - NE	1,2	549,2
10		13,1	20,9	10,9	86,5	96,0	53,0	12,2	9,9	2,7	3,5	29,0	SE	1,8	549,2
11		14,0	20,7	10,0	80,5	96,0	51,0	12,4	10,2	0,9	6,7	56,0	SE	1,3	549,3
12		14,5	21,8	9,5	76,8	96,0	41,0	11,8	9,4	3,3	8,0	67,0	SE	2,0	548,6
13		12,7	18,4	9,4	84,5	96,0	57,0	12,2	10,0	15,0	2,3	19,0	SE	0,5	549,0
14		11,1	15,3	8,2	87,3	96,0	70,0	11,2	8,6	17,5	0,4	3,0	SE	1,0	549,3
15		11,2	16,6	7,8	86,9	96,0	67,0	11,9	9,5	0,2	2,4	20,0	SE	1,8	549,3
16		12,2	18,6	9,3	83,6	96,0	57,0	11,6	9,1	3,4	4,0	33,0	SE	1,6	549,0
17		13,1	21,9	6,4	77,1	96,0	41,0	11,5	8,9	0,0	10,0	83,0	SE	1,5	548,6
18		14,4	22,3	10,1	75,7	96,0	44,0	11,9	9,6	0,0	6,8	57,0	SE	1,8	548,2
19		14,3	20,9	11,0	79,2	96,0	46,0	12,5	10,3	0,0	6,5	54,0	SE	2,0	548,1
20		12,1	16,6	9,7	89,5	96,0	71,0	12,4	10,2	9,0	0,7	6,0	SE	2,0	548,5
21		11,7	16,0	9,2	88,7	96,0	72,0	12,2	9,8	3,5	1,4	12,0	SE	2,2	548,4
22		12,5	19,8	9,3	79,4	96,0	48,0	11,4	8,9	0,3	7,7	64,0	SE	2,6	548,3
23		12,7	21,5	6,3	74,3	96,0	38,0	10,3	7,4	0,0	7,0	58,0	SE	2,4	548,0
24		12,9	19,7	8,6	75,8	95,0	46,0	11,1	8,5	0,0	6,4	53,0	SE	2,3	548,9
25		12,4	19,7	6,4	81,2	96,0	54,0	11,1	8,5	0,0	5,3	44,0	SE	2,3	549,2
26		13,2	19,2	10,1	82,6	96,0	51,0	12,5	10,3	0,7	4,7	39,0	SE	2,0	548,5
27		13,5	19,3	7,9	77,0	96,0	43,0	11,3	8,7	0,0	6,3	52,0	SE	2,3	548,4
28		13,7	20,4	10,6	81,0	96,0	51,0	12,4	10,2	0,1	6,0	50,0	SE	2,6	548,4
29		13,3	19,7	10,4	80,1	96,0	51,0	12,0	9,7	0,0	3,2	27,0	SE	2,2	548,6
30		12,7	19,2	10,0	79,5	96,0	48,0	11,2	8,6	0,0	4,2	35,0	SE	2,8	549,0
31															
SUMA		392,0	600,4	273,1	2400,6	2877,0	1510,0	353,1	280,1	82,0	153,2	1274,0	SE	61,3	16461,7
DIAS DE DATOS		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		30	30
MEDIA		13,1	20,0	9,1	80,0	95,9	50,3	11,8	9,3		5,1	42,5		2,0	548,7
MÁX. 24 Hs.		14,5	24,7	11,0	89,5	96,0	72,0	12,7	10,5		10,1	84,0		3,0	549,3
FECHA		12	8	4 - 8 - 19	20	VARIOS	21	9	9	14	6	6		5	11 - 14 - 15
Nº DE DÍAS		1	1	3	1	28	1	1	1	1	1	1		1	3
MIN. 24 Hs.		11,1	15,3	5,2	68,3	94,0	33,0	9,2	5,8		0,4	3,0		0,5	548,0
FECHA		14	14	6	6	7	6	6	6	VARIOS	14	14		13	23
Nº DE DÍAS		1	1	1	1	1	1	1	1	14	1	1		1	1

Fuente: ESTACION AGROMETEOROLOGIA. 2017

Adaptado por: GUAPULEMA. Julio

Anexo EE: Tabla del centro Agrometeorológico de la ESPOCH

		 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE RECURSOS NATURALES ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA BOLETIN MENSUAL												
		AÑO: 2017					MES: JULIO							
FECHA	TEMPERATURA 9C			H. RELATIVA %			TENSIÓN VAPOR	PUNTO ROCIO	PRECIPITACIÓN	HELIOFANIA		VIENTO		PRESIÓN ATM.
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	mlb	9C	mm H2O	Horas	%	Dirección	Velocidad m/s	mm hg
1	12,3	19,7	6,9	80,0	96,0	43,0	11,2	8,6	0,0	3,6	30,0	SE	2,3	549,5
2	11,8	18,0	7,4	82,2	96,0	59,0	10,6	7,9	0,0	2,9	24,0	SE	2,5	549,7
3	11,9	18,0	9,5	67,4	96,0	35,0	11,2	8,6	0,0	6,7	56,0	SE	2,8	549,1
4	11,8	19,4	8,0	79,3	96,0	45,0	10,8	8,1	0,0	5,5	46,0	SE	2,8	548,9
5	13,0	20,0	9,6	80,2	96,0	52,0	11,8	9,4	0,0	7,0	58,0	SE	3,4	548,9
6	12,8	19,6	9,5	77,9	96,0	48,0	11,5	9,0	0,0	7,9	66,0	SE	3,2	549,2
7	11,5	17,7	9,3	85,0	96,0	51,0	11,7	9,2	0,3	2,4	20,0	SE	2,0	549,3
8	11,7	20,0	5,5	76,8	96,0	44,0	10,8	8,1	0,0	8,8	73,0	SE	2,5	549,4
9	11,9	19,7	6,0	74,5	96,0	42,0	10,2	7,2	0,0	6,4	53,0	SE	1,8	549,5
10	11,3	19,6	5,3	75,3	95,0	36,0	9,6	6,3	0,0	6,5	54,0	SE	3,3	549,0
11	10,9	17,9	7,9	76,5	96,0	43,0	10,1	7,2	0,0	4,2	35,0	SE	2,3	549,6
12	10,6	20,0	3,6	70,5	96,0	35,0	8,7	5,0	0,0	10,7	89,0	NE	1,8	549,6
13	11,9	21,1	5,8	68,9	96,0	32,0	9,8	6,6	0,0	10,5	87,0	SE	2,8	549,3
14	12,5	21,8	5,7	70,3	94,0	39,0	10,0	6,9	0,0	10,0	83,0	SE	2,4	549,2
15	12,8	23,0	4,8	73,6	96,0	37,0	10,2	7,2	0,0	9,9	82,0	SE	1,8	549,4
16	14,3	22,6	7,4	69,5	96,0	38,0	10,6	7,8	0,0	10,2	85,0	SE	2,5	548,8
17	13,0	20,1	9,7	84,0	96,0	53,0	12,3	10,0	5,2	5,3	44,0	SE	2,0	548,7
18	12,2	18,4	8,7	83,0	96,0	55,0	11,6	9,2	0,0	4,7	39,0	SE	2,8	548,9
19	11,4	18,4	8,9	85,0	96,0	61,0	11,4	9,0	0,8	4,1	34,0	NE	1,8	549,1
20	12,3	20,3	5,8	72,5	95,0	41,0	9,5	6,2	0,0	10,6	88,0	SE	1,7	549,2
21	12,9	22,2	6,4	71,3	96,0	30,0	9,6	6,3	0,0	9,9	82,0	NE	2,0	549,2
22	11,8	19,4	7,2	79,0	96,0	49,0			0,0					
23	12,0	19,2	7,0	77,3	96,0	49,0			0,0					
24	12,7	19,8	7,0	78,5	96,0	51,0	11,7	9,3	0,0	5,9	49,0	SE	3,0	548,7
25	11,6	17,4	8,7	83,6	95,0	71,0	11,4	8,8	0,4	2,8	23,0	SE	3,0	548,9
26	11,1	17,5	8,4	84,4	96,0	53,0	11,7	9,3	1,0	2,4	20,0	SE	1,8	548,3
27	9,5	16,1	3,8	79,4	96,0	51,0	9,5	6,2	0,0	2,8	23,0	SE	2,0	548,8
28	9,8	15,7	6,8	88,7	96,0	69,0	10,8	8,1	0,0	1,8	15,0	SE	1,3	548,7
29	10,8	17,3	7,7	85,0	96,0	58,0			0,0					
30	10,4	16,3	6,0	84,6	96,0	55,0			0,0					
31	10,5	18,2	7,3	78,5	96,0	40,0	10,1	7,1	0,3	3,8	32,0	SE	2,0	549,6
SUMA	365,0	594,4	221,6	2422,7	2971,0	1465,0	288,4	212,6	8,0	167,3	1390,0	SE	63,6	14826,5
DIAS DE DATOS	31	31	31	31	31	31	27	27	31	27	27		27	27
MEDIA	11,8	19,2	7,1	78,2	95,8	47,3	10,7	7,9		6,2	51,5		2,4	549,1
MÁX. 24 Hs.	14,3	23,0	9,7	88,7	96,0	71,0	12,3	10,0	5,2	10,7	89,0		3,4	549,7
FECHA	16	15	17	28	VARIOS	25	17	17	17	12	12		5	2
Nº DE DÍAS	1	1	1	1	27	1	1	1	1	1	1		1	1
MIN. 24 Hs.	9,5	15,7	3,6	67,4	94,0	30,0	8,7	5,0	0,0	1,8	15,0		1,3	548,3
FECHA	27	28	12	3	14	21	12	12	VARIOS	28	28		28	26
Nº DE DÍAS	1	1	1	1	1	1	1	1	25	1	1		1	1

Fuente: ESTACION AGROMETEOROLOGIA. 2017

Adaptado por: GUAPULEMA. Julio

Anexo FF: Tabla del centro Agrometeorológico de la ESPOCH

FECHA		TEMPERATURA 9C			H. RELATIVA %			TENSIÓN VAPOR	PUNTO ROCIO	PRECIPITACIÓN	HELIOFANÍA		VIENTO		PRESIÓN ATM.
		Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	mlb	9C	mm H2O	Horas	%	Dirección	Velocidad m/s	mm hg
1		11,8	20,9	4,0	72,6	95,0	40,0	10,1	7,1	0,0	9,1	76,0	SE	2,3	549,5
2		13,2	22,8	6,2	69,0	96,0	34,0	10,8	8,0	0,0	8,5	71,0	SE	3,0	549,2
3		12,9	22,5	6,2	74,1	96,0	42,0	10,6	7,8	0,0	8,8	73,0	NE	1,8	549,7
4		13,4	20,4	9,6	79,2	96,0	50,0	12,3	10,0	0,0	6,5	54,0	SE	2,8	549,6
5		12,2	19,8	9,6	82,6	96,0	50,0			0,0					
6		12,8	20,5	6,2	74,1	96,0	42,0			0,0					
7		12,8	19,5	8,5	76,8	96,0	46,0	10,9	8,2	0,0	5,9	49,0	SE - NE	3,0	548,8
8		11,8	18,5	9,2	81,9	96,0	51,0	11,5	8,9	0,8	4,1	34,0	SE	2,3	548,8
9		11,5	18,7	5,8	78,5	96,0	56,0	10,6	7,8	0,0	3,9	32,0	SE	2,5	549,5
10		12,1	21,1	6,7	74,5	96,0	42,0	10,5	7,7	0,0	6,3	52,0	SE	2,3	549,3
11		12,7	22,9	4,7	72,9	96,0	39,0	10,9	8,2	0,0			SE	2,3	548,8
12		12,5	22,0	6,9	78,0	96,0	45,0			0,2					
13		13,5	21,2	8,5	75,3	96,0	50,0			0,0					
14		13,3	20,6	6,8	59,3	96,0	31,0	9,4	6,0	0,0	10,9	91,0	SE - NE	3,8	548,6
15		12,9	22,0	4,8	68,2	95,0	38,0	10,7	7,9	0,0	7,1	59,0	NE	2,8	548,6
16		13,3	22,4	7,7	76,5	96,0	44,0	11,2	8,7	0,2	7,4	62,0	SE	2,7	548,2
17		13,8	23,2	6,5	68,8	96,0	32,0	10,5	7,6	0,0	9,8	82,0	SE	2,8	548,2
18		13,2	23,2	6,8	75,9	96,0	38,0	11,3	8,8	0,3	5,8	48,0	NE	3,3	548,2
19		12,8	23,2	9,0	81,0	96,0	45,0	11,5	9,1	4,8	4,7	39,0	NE	2,3	548,8
20		13,3	22,9	8,0	76,2	96,0	43,0	10,8	8,2	0,1	7,8	65,0	NE	1,8	548,9
21		11,0	17,4	8,0	80,8	96,0	51,0	10,9	8,3	1,4	1,2	10,0	SE	1,8	549,3
22		11,1	19,3	7,7	74,9	96,0	47,0	10,6	7,8	0,0	1,9	16,0	SE	1,8	549,3
23		12,9	22,2	6,4	68,0	92,0	37,0	10,7	7,9	0,0	6,9	57,0	SE	2,8	548,1
24		13,4	22,5	8,6	60,8	90,0	31,0	8,7	4,8	0,0	8,5	71,0	SE	2,5	548,2
25		11,3	22,8	7,2	76,2	94,0	51,0	10,7	8,0	11,5			NE	1,8	549,2
26		12,6	21,3	6,8	69,8	93,0	38,0			0,0					
27		11,7	21,2	7,0	79,6	94,0	41,0			0,0					
28		12,0	18,8	8,4	77,7	96,0	47,0	11,3	8,7	4,6	1,8	15,0	SE	1,8	548,6
29		11,1	16,9	8,0	78,0	93,0	53,0	10,7	8,0	1,4	1,2	10,0	SE	1,5	549,3
30		11,7	19,0	8,4	73,1	92,0	41,0	10,3	7,4	0,1	3,9	32,0	SE	2,5	549,5
31		12,2	20,0	5,6	69,0	93,0	37,0	10,1	7,0	0,0	7,1	59,0	SE	1,8	549,5
SUMA		386,8	649,7	223,8	2303,3	2947,0	1332,0	267,6	197,9	25,4	139,1	1157,0	SE	60,1	13723,7
DIAS DE DATOS		31	31	31	31	31	31	25	25	31	23	23		25	25
MEDIA		12,5	21,0	7,2	74,3	95,1	43,0	10,7	7,9		6,0	50,3		2,4	548,9
MÁX. 24 Hs.		13,8	23,2	9,6	82,6	96,0	56,0	12,3	10,0	11,5	10,9	91,0		3,8	549,7
FECHA		17	17-18-19	4-5	5	VARIOS	9	4	4	25	14	14		14	3
Nº DE DÍAS		1	3	2	1	21	1	1	1	1	1	1		1	1
MIN. 24 Hs.		11,0	16,9	4,0	59,3	90,0	31,0	8,7	4,8	0,0	1,2	10,0		1,5	548,1
FECHA		21	29	1	14	24	14-24	24	24	VARIOS	21-29	21-29		29	23
Nº DE DÍAS		1	1	1	1	1	2	1	1	20	2	2		1	1

Fuente: ESTACION AGROMETEOROLOGIA. 2017

Adaptado por: GUAPULEMA. Julio

Anexo GG: Registro de la temperatura de la pila de compost.



Periodo de compostaje (días)	Temperatura media ambiente (°C)	Temperatura promedio de la pila (°C)	Humedad media de la pila (%)
1	15.0	20.8	66
2	14.0	45.33	64
3	14.2	68.06	63
4	12.9	67.4	62
7	13.5	66.2	60
8	14.4	64.05	55
10	13.0	62.6	50
11	13.7	60.4	48
13	14.3	54.46	45
15	12.0	50.48	43
17	13.9	47.26	39
19	13.0	35.35	36
* 20	13.6	32.3	62
21	14.2	69.7	60
22	14.5	69.66	60
24	14.3	67.03	58
27	13.6	59.56	57
29	14	50.46	56
31	13.9	42.55	54
* 34	11	28.1	50
35	13.2	29.45	69
36	13.8	44.05	67
38	13.8	61.35	62
39	14.2	62.33	60
41	12.9	48.88	59
42	11.7	35.31	49
*43	13.8	18.2	67
44	14.1	24.35	66
45	13.7	50.85	65
46	13.1	58.66	63
47	14	68.21	63
48	14.5	61.65	62
49	12.7	51.83	59

Continuará...

Continúa...

50	11.1	42.43	58
51	11.2	36.46	49
*52	12.2	18	67
55	14.3	60.6	56
57	11.7	63.95	50
59	12.7	48.43	60
60	12.9	31.23	59
62	13.2	25.2	55
64	13.7	29.75	65
65	13.3	32.41	63
70	11.9	34.45	62
*71	11.8	18.3	60
72	13	32.1	65
73	12.8	31.02	64
*77	11.3	22	40
84	13	21.98	40
*91	12.7	20	40
98	10.5	18.2	40
105	12.8	18.2	40
112	13.3	18.3	40
119	11	18.1	40
126	12	18	40
133	11	18	40
141	12.7	18.4	40

Anexo HH: Registro de la variación y la temperatura y humedad media ambiente días de compostaje de la pila

N°	TIEMPO DE COMPOSTAJE (DIAS)	TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE (°C)	HUMEDAD RELATIVA MEDIA AMBIENTE (%)
1	1	15.0	78.3
2	2	14.0	83.2
3	3	14.2	78.5
4	4	12.9	80.9
5	7	13.5	83.3
6	8	14.4	79.1
7	10	13.0	85.9
8	11	13.7	83.8
9	13	14.3	81.4
10	15	12.0	88.7
11	17	13.9	83.7
12	19	13.0	87
13	20	13.6	86.9
14	21	14.2	81.4
15	22	14.5	82.6
16	24	14.3	76.7
17	27	13.6	79.8
18	29	14	77.2
19	31	13.9	76.1
20	34	11	79.3
21	35	13.2	77.8
22	36	13.8	77.2
23	38	13.8	77.2
24	39	14.2	78
25	41	12.9	77.2
26	42	11.7	68.3
27	43	13.8	71.3
28	44	14.1	79
29	45	13.7	81.3
30	46	13.1	86.3
31	47	14	80.5

Continuará...

Continúa...

32	48	14.5	76.8
33	49	12.7	84.5
34	50	11.1	87.3
35	51	11.2	86.9
36	52	12.2	83.6
37	55	14.3	79.2
38	57	11.7	88.7
39	59	12.7	74.3
40	60	12.9	75.8
41	62	13.2	82.6
42	64	13.7	81
43	65	13.3	80.1
44	70	11.9	67.4
45	71	11.8	79.3
46	72	13	80.2
47	73	12.8	77.9
48	77	11.3	75.3
49	84	13	84
50	91	12.7	78.5
51	98	10.5	78.5
52	105	12.8	76.8
53	112	13.3	59.3
54	119	11	80.8
55	126	12	77.7
56	133	11	79.9
57	141	12.7	77.5

