



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“VALORIZACIÓN DEL USO DE LODOS DE LAVADORAS DE
JEANS PARA EL COMPOSTAJE DE LA EMPRESA EMMAIT-EP
DEL CANTÓN PELILEO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para obtener el grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: MAYRA ALEJANDRA MONTAGUANO PAREDES

TUTORA: DRA. NANCY CECILIA VELOZ MAYORGA

Riobamba – Ecuador

2019

© 2019, Mayra Alejandra Montaguano Paredes

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

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

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: **Valorización del uso de lodos de lavadoras de jeans para el compostaje de la Empresa EMMAIT-EP del cantón Pelileo provincia de Tungurahua**, de responsabilidad de la señorita Mayra Alejandra Montaguano Paredes, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros de Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Nancy Veloz M.
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Fausto Yaulema G.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dra. Irene Gavilanes T.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE DEFENSA

Yo, Mayra Alejandra Montaguano Paredes, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente documento y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

Mayra Alejandra Montaguano Paredes
180519523-5

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar agradeciendo a Dios, quien me ha dado fortaleza para continuar y así cumplir cada uno de mis propósitos.

Agradezco a la Dra. Irene Gavilanes, directora del grupo de investigación GAIBAQ que con su profesionalismo y excelente comunicación ha sido mi guía durante el desarrollo de mi trabajo de titulación.

Agradezco a mi Directora de Trabajo de Titulación, Dra. Cecilia Veloz, por su predisposición a colaborar siempre conmigo dando lo mejor de sí.

Por último, al Ing. César Freire gerente general de la empresa EMMAIT-EP y su equipo técnico por la apertura brindada en dicha institución.

May

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	5
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1 Lavadoras de jeans.....	5
1.1.1 Generalidades.....	5
1.1.2 Tipos de lavado de jeans.....	5
1.1.3 Generación de lodos provenientes de las lavadoras de jeans en el cantón Pelileo.....	8
1.2 Lodos de depuradora.....	8
1.2.1 Generalidades y definición.....	8
1.2.2 Tipos de lodos de depuradoras.....	9
1.2.3 Composición de los lodos de depuradoras.....	9
1.2.4 Gestión integral de lodos de depuradoras en otros países.....	10
1.2.5 Ventajas y desventajas del uso de lodos de depuradoras como enmienda orgánica.....	10
1.2.6 Características que dificultan el compostaje con lodos de depuradora.....	11
1.2.7 Técnicas de valorización de lodos residuales.....	12
1.3 Residuos sólidos urbanos.....	13
1.3.1 Definición y generalidades.....	13
1.3.2 Propiedades de los residuos sólidos urbanos.....	16
1.3.3 Composición de los RSU.....	17
1.3.4 Gestión integral de los RSU.....	18
1.3.5 Sistema de manejo de los residuos sólidos urbanos.....	19
1.3.6 Impacto ambiental de los residuos sólidos urbanos.....	22
1.4 Compostaje.....	22
1.4.3 Generalidades y definición.....	23
1.4.4 Etapas del proceso del compostaje.....	23
1.4.5 Sistemas de compostaje.....	25
1.4.6 Parámetros de seguimiento del proceso de compostaje.....	26
1.5 Marco legal aplicable para el desarrollo de la investigación.....	29
1.5.1 Marco legal respecto al uso agrícola del compost.....	32
CAPÍTULO II.....	36

2.	MARCO METODOLÓGICO	36
2.1	Diseño experimental	36
2.1.1	<i>Tipo y diseño de investigación</i>	36
2.1.2	<i>Población del área de estudio</i>	36
2.1.3	<i>Tamaño de la muestra</i>	37
2.1.4	<i>Selección de muestra</i>	37
2.2	Metodología	37
2.2.1	<i>Datos de localización del trabajo experimental</i>	37
2.2.2	<i>Datos administrativos de la empresa EMMAIT-EP</i>	38
2.2.3	<i>Horarios de trabajo de la empresa EMMAIT-EP</i>	38
2.2.4	<i>Descripción de la infraestructura de la empresa EMMAIT-EP</i>	39
2.2.5	<i>Consumo de agua de la empresa EMMAIT-EP</i>	39
2.2.6	<i>Consumo de energía eléctrica de la empresa EMMAIT-EP</i>	39
2.3	Medio físico	40
2.3.1	<i>Superficie del área de implantación</i>	40
2.3.2	Clima	40
2.3.3	<i>Geología y Geomorfología</i>	40
2.3.4	<i>Uso del suelo</i>	40
2.3.5	<i>Hidrología e hidrografía</i>	40
2.4	Medio biótico	41
2.4.1	<i>Cobertura vegetal</i>	41
2.4.2	<i>Fauna</i>	43
2.5	Descripción del centro de gestión integral de residuos EMMAIT -EP	43
2.5.1	<i>Disposición de residuos sólidos ordinarios</i>	43
2.5.2	<i>Sitios de obtención del material de cobertura para el relleno sanitario</i>	44
2.5.3	<i>Disposición de desechos hospitalarios</i>	44
2.5.4	<i>Construcciones auxiliares</i>	44
2.5.5	<i>Descripción del proyecto piloto de compostaje con lodos de depuradora</i>	46
2.6	Generación y recolección de los residuos sólidos	47
2.6.1	<i>Cantidad de residuos sólidos que genera los cantones Patate y Pelileo</i>	47
2.6.2	<i>Recolección y barrido de los residuos sólidos</i>	48
2.7	Proceso de caracterización de residuos sólidos en la empresa EMMAIT-EP	50
2.8	Caracterización de los residuos sólidos urbanos	51
2.9	Diseño experimental de las pilas de compostaje	54
2.9.1	<i>Porcentaje de los materiales iniciales</i>	55
2.9.2	<i>Sitio para el proceso de compostaje</i>	55
2.9.3	<i>Análisis preliminar de las muestras para las unidades experimentales de compost</i>	55

2.9.4	<i>Análisis del proceso de las pilas de compostaje</i>	57
2.9.5	<i>Análisis finales de las unidades experimentales</i>	59
CAPÍTULO III		70
3.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
3.1	Cuantificación de los RSU depositados en la empresa EMMAIT-EP	70
3.1	Análisis de los materiales de partida	71
3.2	Análisis del proceso	72
3.2.1	<i>Evolución de la temperatura en las unidades experimentales</i>	72
3.2.2	<i>Pérdida de materia orgánica en las pilas</i>	74
3.2.3	<i>Ecuación cinética para el calculo de la pérdida de materia orgánica</i>	75
3.3	Análisis de las pilas de compostaje en su etapa final	78
CONCLUSIONES		81
RECOMENDACIONES		82
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Máxima degradación de materia orgánica
As	Arsénico
Ca	Calcio
Cd	Cadmio
Cr	Cromo
Cu	Cobre
C	Carbono
Cl⁻	Cloruro
CO₂	Dióxido de carbono
CE	Conductividad eléctrica
C_{org}	Carbono orgánico
C_{org}/N_T	Relación carbono/nitrógeno
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
COOTAD	Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización
dS/m	Decisiemens por metro
EPA	Agencia de protección ambiental
EMMAIT-EP	Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral Pelileo Patate
Fe	Hierro
GIRS	Gestión integral de residuos sólidos
GADs	Gobiernos Autónomos Descentralizados
Hg	Mercurio
Ha	Hectáreas
IG	Índice de germinación
K	Potasio
k	Constante de la velocidad de degradación (días ⁻¹)
Kg	Kilogramo
Kw/h	Kilovatios por hora
kg/hab/día	Kilogramo por habitante por día
L.D.D	Lodos de depuradora
m	Metro

m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
mg	Miligramo
mg/kg	Miligramo por kilogramo
Mn	Manganeso
MO	Materia orgánica
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Nitrógeno
Ni	Níquel
Na	Sodio
NO³⁻	Nitratos
NH₃	Amoníaco
N_T	Nitrógeno total
P	Fósforo
Pb	Plomo
(PO₄)³⁻	Fosfatos
P1	Pila uno
P2	Pila dos
PET	Tereftalato de polietileno
pH	Potencial de hidrógeno
RS	Residuos solidos
RSU	Residuos sólidos urbanos
ROPM	Residuos orgánicos de plazas y mercados
Rpm	Revoluciones por minuto
(SO₄)²⁻	Sulfatos
Ton/día	Toneladas por día
Zn	Zinc
% H	Porcentaje de humedad
%	Porcentaje
°C	Grados Celsius

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Categorización de las empresas de lavado textil.....	5
Tabla 2-1	Ventajas y desventajas de realizar el compostaje con lodos de depuradora.....	11
Tabla 3-1	Generación de basura en las principales ciudades de Latinoamérica.....	15
Tabla 4-1	Tiempo y temperatura necesaria para la eliminación de microorganismos patógenos.....	28
Tabla 5-1	Implicaciones del porcentaje de humedad en el compostaje.....	29
Tabla 6-1	Requisitos mínimos exigidos para considerar a un producto como compost de acuerdo a la legislación española sobre productos fertilizantes.....	33
Tabla 7-1	Requisitos mínimos exigidos para considerar a un producto como compost según criterios europeos para compost y digeridos (European Commission, 2014).....	34
Tabla 8-1	Límites máximos permisibles para considerar un compost de calidad en base a la Agencia de Protección Ambiental (EPA) 2001.....	34
Tabla 9-1	Límites máximos permisibles para considerar un compost de calidad en base al (Ecological criterio, 2006)	35
Tabla 1-2	Localización del área de estudio.....	37
Tabla 2-2	Identificación del personal que labora en la empresa EMMAIT-EP.....	38
Tabla 3-2	Horario de trabajo de la empresa EMMAIT-EP.....	38
Tabla 4-2	Datos de infraestructura de la empresa EMMAIT-EP.....	39
Tabla 5-2	Abastecimiento de agua de la empresa EMMAIT-EP	39
Tabla 6-2	Datos del consumo de energía eléctrica de la empresa EMMAIT-EP.....	39
Tabla 7-2	Lista de flora determinada en el área de estudio.....	41
Tabla 8-2	Maquinaria existente en el área de compostaje.....	46
Tabla 9-2	Cantidad de residuos generados por cantón.....	47
Tabla 10-2	Generación diaria de RS de los cantones Patate y Pelileo.....	47
Tabla 11-2	Procedencia de los RO que ingresan a la empresa EMMAIT-EP.....	47
Tabla 12-2	Composición de los ROPM de los cantones Patate y Pelileo.....	48
Tabla 13-2	Tipo de vehículos para el transporte de los residuos sólidos.....	48
Tabla 14-2	Horarios de recolección y barrido de los cantones Patate y Pelileo.....	49
Tabla 15-2	Caracterización de residuos sólidos que ingresan a la empresa EMMAIT-EP....	51
Tabla 16-2	Resultados del proceso de caracterización.....	55
Tabla 17-2	Mezclas de los materiales iniciales.....	56
Tabla 18-2	Parámetros físico-químicos, químicos y biológicos para los materiales de partida..	56
Tabla 19-2	Parámetros biológicos, físico-químicos y químicos del proceso de compostaje...	58

Tabla 20-2	Parámetros físico-químicos, químicos y biológicos finales del compostaje.....	60
Tabla 1-3	Análisis químicos y físico – químicos de los materiales de partida.....	71
Tabla 2-3	Ajuste de curvas en las pilas de compostaje.....	75
Tabla 3-3	Evolución de los principales parámetros durante el compostaje.....	76
Tabla 4-3	Concentración de metales pesados y nutrientes para los compost maduros.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Resumen de la generación de lodos residuales en un proceso.....	12
Figura 2-1	Cantidad per-cápita de desechos generados por país.....	14
Figura 3-1	Esquema general del proceso de compostaje.....	23
Figura 4-1	Evolución de la temperatura y el pH durante el proceso de compostaje.....	25
Figura 5-1	Clasificación de los sistemas de compostaje.....	26
Figura 1-2	Ubicación geográfica de la empresa EMMAIT-EP.....	39
Figura 2-2	Rutas de barrido del cantón Patate.....	50
Figura 3-2	Rutas de barrido del cantón Pelileo.....	51

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-1	Tachos para la disposición de residuos orgánicos e inorgánicos.....	20
Fotografía 2-1	Vehículos para el transporte de RSU.....	21
Fotografía 3-1	Presencia de hongos en las pilas.....	25
Fotografía 1-2	Relleno sanitario de la empresa EMMAIT-EP.....	44
Fotografía 2-2	Caseta de guardianía.....	45
Fotografía 3-2	Planta de clasificación de residuos inorgánicos.....	46
Fotografía 4-2	Recolección de los residuos de poda.....	55
Fotografía 5-2	Pre-secado de los lodos de depuradora.....	55
Fotografía 6-2	Pilas de compostaje.....	57
Fotografía 7-2	Volteo manual de las pilas.....	58
Fotografía 8-2	Medición de la temperatura.....	59
Fotografía 9-2	Medición de la humedad.....	59
Fotografía 10-2	Inicio de la etapa de maduración.....	59
Fotografía 11-2	Formación de camas de las pilas.....	59
Fotografía 12-2	Cribado del compost.....	60

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1 Caracterización de los residuos sólidos municipales (%) en países en vías de desarrollo.....	18
Gráfico 1-3 Tipos de RSU generados por los cantones Patate y Pelileo.....	70
Gráfico 2-3 Evolución de la temperatura de las pilas durante el proceso de compostaje.....	72
Gráfico 3-3 Evolución de las pérdidas de materia orgánica (MO) durante el compostaje.....	74

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A Registro fotográfico

ANEXO B Resultados de los análisis iniciales para los materiales de partida (Lodos, Poda y residuos orgánicos de plazas y mercados)

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue realizar el proceso de co-compostaje de los lodos de las lavadoras de jeans y los residuos sólidos orgánicos del relleno sanitario de la Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral Pelileo Patate (EMMAIT-EP) y evaluar la calidad del compost obtenido. En la ciudad de Pelileo, se encuentra ubicado el Relleno Sanitario de la empresa EMMAIT-EP, la producción per-cápita de lodos de depuradora fue de 0,72 Ton/día. El incremento de la industria textil en la ciudad de Pelileo ha ocasionado impactos ambientales negativos por la falta de tratamiento para este tipo de residuo, por lo que se plantea la técnica de compostaje como opción de tratamiento. Por esa razón se construyeron dos pilas de compostaje de tipo windrow, teniendo en cuenta dos tipos de mezclas de residuos a compostar con diferente concentración; P1 (50% LODO + 30% ROPM + 20% PODA), P2 (50% LODO + 30% PODA+ 20% ROPM). Se realizó la caracterización inicial de los materiales de partida tanto de la pila 1 como de la pila 2, obteniendo una relación C_{org}/N_T adecuado de las mezclas para el desarrollo de la técnica de compostaje (20,42) y (20,94) respectivamente. Se monitoreo diariamente la temperatura y humedad durante el proceso biooxidativo que duró 151 días llevándose a cabo 6 volteos para cada una de las pilas. En todo el proceso se evaluaron diferentes parámetros biológicos, físico-químicos y químicos como pH, CIC, CE, $N_T\%$, C_{org}/N_T , MO%, macro y micro nutrientes, índice de germinación y metales pesados. La mezcla con la mayor proporción de lodo residual y poda (Pila 2) fue la que produjo un compost con mayor calidad agronómica, los valores finales del compost maduro fueron los siguientes: (pH 8,82); (EC 2,47dS/m); (CIC 68 mEq/100g); (IG>60%) y una toxicidad no significativa por metales pesados que se hallaron bajo el valor mínimo de referencia por las directrices Americanas y Europeas respecto a todos los parámetros estudiados.

PALABRAS CLAVES: <BIOTECNOLOGIA>, <TRATAMIENTO DE RESIDUOS>,< LODOS DE DEPURADORA>, <RELLENO SANITARIO>, <RESIDUOS ORGÁNICOS >, <PODA>, < COMPOSTAJE >, <COMPOST>.

ABSTRACT

The objective of this research work is to perform the process of co-composting the sludge of jeans washings and the organic solid waste from the sanitary landfill of the Municipal Associated Cleanliness Pelileo Patate Enterprise (EMMAIT-EP) and evaluate the quality of the compost obtained. In Pelileo, the sanitary landfill of the company EMMAIT-EP is located; the per capita production of sewage sludge was 0.72 Ton/day. The increase of the textile industry in Pelileo has caused negative environmental impacts due to the lack of treatment for this type of waste, which is why the composting technique is considered as a treatment option. For this reason two windrow composting piles were built, taking into account two types of waste mixtures to be composted with different concentration; P1 (50% SLUDGE + 30% Residues from indoor and outdoor Markets + 20% PRUNING), P2 (50% SLUDGE + 30% PRUNING + 20% Residues from indoor and outdoor Markets). The initial characterization of the starting materials of both pile 1 and pile 2 was carried out, obtaining an adequate C_{org}/N_T ratio of the mixtures for the development of the composting technique (20.42) and (20.94) respectively. The temperature and humidity were monitored daily during the bio-oxidative process, which lasted 151 days and 6 turns were carried out for each of the piles. Throughout the process, different biological parameters were evaluated, physical-chemical and chemical with pH, CIC, CE, $N_T\%$, C_{org} / N_T , MO%, macro and micro nutrients, index of germination and heavy metals. The mixture with the highest proportion of residual sludge and pruning (Pile 2) was the one that produced a compost with higher agronomic quality, the final values of the mature compost were the following: (pH 8.82); (EC 2.47dS/m); (CIC 68 mEq/100g); (IG> 60%) and non-significant toxicity due to heavy metals that were found below the minimum reference value by the American and European guidelines with respect to all the parameters studied.

KEYWORDS: <BIOTECHNOLOGY>, <WASTE TREATMENT>, <TILLER SLUDGE>, <SANITARY FILLING>, <ORGANIC WASTE>, < PRUNING >, <COMPOSTING>, <COMPOST>

INTRODUCCIÓN

Al cantón Pelileo también se le conoce como la ciudad azul, en razón de su industria del jean, localizada en su mayor parte en el barrio El Tambo. En el cantón existen 53 lavanderías de jeans, empresas catastradas en el Departamento de orden y control del Gobierno Municipal de Pelileo, el criterio asumido para categorizar a las lavanderías, se basó en la producción actual y/o por la capacidad instalada dentro de cada empresa (Lopez, 2012 pág. 18).

La Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral Pelileo Patate (EMMAIT-EP) se encuentra ubicada en la ciudad de Pelileo sector el derrumbo, inicio sus actividades el 1 enero del 2011 la cual se encarga de la gestión integral de los residuos sólidos de los cantones Patate y Pelileo (EMMAIT-EP, 2011).

Una de las grandes dificultades que enfrenta la población actual es la generación de residuos sólidos, los cuales se acumulan en rellenos sanitarios o en simples botaderos. El cantón Patate genera alrededor de 6 Ton/día de desechos sólidos mientras que el cantón Pelileo genera alrededor de 38 Ton/día (Freire , 2018).

Los lodos residuales provenientes de las lavadoras de jeans son dispuestos en el relleno sanitario de la empresa EMMAIT-EP sin recibir tratamiento alguno afectando al suelo, las vertientes naturales, la flora y fauna del lugar. Estos lodos son considerados como buenos candidatos para la realización de compostaje debido a que su contenido de materia orgánica oscila entre 50% al 70% del total del contenido de sólidos (Torres y col., 2015 pág. 2).

ANTECEDENTES

El origen de la contaminación causada por la industria de lavado de jeans en el cantón Pelileo va de la mano con el crecimiento de la industrialización de la confección de los jeans, ya que complementario a la confección de la prenda es el acabado. Actualmente existen 53 lavanderías de jeans en el cantón. Nacionalmente en Tungurahua, el consumo de textiles para la confección es ligeramente superior al promedio de las demás provincias (López, 2012 pág. 18).

Los lodos de depuradora presentan el mismo tipo de microorganismos patógenos que las aguas residuales, pero en mayor acumulación por la reducción de agua por el espesamiento, la aplicación directa a cualquier cuerpo receptor (suelo y fuentes superficiales) sin tratamiento previo representa un riesgo para el ser humano y la biota (Torres y col., 2015 pág. 3)

Las lavadoras de jeans del cantón Pelileo depositan alrededor de 15 Ton/mes de lodos residuales en el relleno sanitario de la empresa EMMAIT-EP, los mismos que no poseen tratamiento alguno originando malos olores y la aparición de vectores en la mencionada institución.

Según (Oropeza, 2006 pág. 6) en muchos países, la utilización de los lodos residuales requiere de una infraestructura costosa, pero con fines justificados, ya que soluciona problemas de contaminación e incorpora nutrientes reciclando elementos vitales en los ciclos biológicos naturales. La estabilización de un lodo depende de la calidad y cantidad de lodos a manejar, las condiciones del sitio de estudio y la situación económica de cada caso.

El hombre es el principal causante en la generación de los residuos por el consumismo, ineficiente gestión integral de los residuos, la falta de rellenos sanitarios, alcantarillado urbano, programas de concientización para fomentar la cultura del reciclaje, deficiencia en la regulación y sanciones ante el cumplimiento de las leyes, entre otras causas originan esta problemática ambiental en la sociedad (Pineda, 2012).

Las consecuencias del manejo inadecuado en la disposición de residuos generan múltiples problemas de contaminación del agua superficial y freática, suelo, aire, paisaje, transmisión de enfermedades, emisión de biogás (metano y dióxido de carbono), incendios y obstrucción de desagües (Solíz, 2015; citado en Zen y col., 2014).

JUSTIFICACIÓN

El tratamiento de aguas residuales como una alternativa para minimizar la contaminación de fuentes receptoras, ha traído impactos positivos, pero hay que tomar en cuenta que cualquiera que haya sido el tratamiento empleado éste originará lodos o biosólidos, los cuales al no ser tratados o aprovechados se convertirán en otra fuente de contaminación para el ambiente (Torres y col., 2015).

La cantidad de lodo residual producido en cualquier planta de tratamiento de aguas residuales municipales o industriales se convierte en un nuevo foco de contaminación debido a su creciente volumen. El aumento está vinculado con las nuevas tecnologías de tratamiento, la expansión de los sistemas de alcantarillado y el desarrollo de nuevas plantas industriales. La implementación y el desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con la utilización de lodos de depuradora se basan actualmente en su tratamiento como un sustrato (Świerczek, 2018).

La presente investigación busca, con base a revisiones bibliográficas, investigar, analizar y proponer una alternativa viable para los lodos residuales provenientes de las lavadoras de jeans, garantizando mediante análisis físicos, químicos y biológicos que el producto final obtenido cumpla con requisitos establecidos en normas ambientales.

Esta investigación plantea la valorización del uso de lodos de lavadoras de jeans para el compostaje de la empresa EMMAIT-EP, existen varias publicaciones como: (Valorización de lodos de depuradora como fertilizante en el marco de la economía circular: de residuo a recurso, 2017) (Sustainable use of sewage sludge in acid soils within a circular economy perspective, 2017) (Proposing policy changes for sewage sludge applications based on zinc within a circular economy perspective, 2018) (Sewage sludge disposal strategies for sustainable development, 2017) (The potential of raw sewage sludge in construction industry – A review, 2018) (Comparative evaluation of the use of acidic additives on sewage sludge composting quality improvement, nitrogen conservation, and greenhouse gas reduction, 2018) (Effects of biochar on the microbial activity and community structure during sewage sludge composting, 2018) que demuestran que los lodos de depuradoras son un buen candidato para la elaboración del compostaje.

Por los motivos mencionados anteriormente, la investigación propuesta tiene como objetivo dar un uso a los lodos de depuradora para la obtención de un bien y mejorar la calidad ambiental del cantón.

OBJETIVOS

GENERAL

- Realizar el proceso de co-compostaje de los lodos de las lavadoras de jeans y los residuos sólidos orgánicos del relleno sanitario de la empresa EMMAIT-EP del cantón Pelileo Provincia de Tungurahua y evaluar la calidad del compost obtenido.

ESPECÍFICOS

- Caracterizar los lodos residuales generados en las lavadoras de jeans del Cantón Pelileo y los residuos sólidos orgánicos procedentes del relleno sanitario de la empresa EMMAIT-EP.
- Elaborar las pilas de co-compostaje con distintas proporciones de lodos.
- Determinar la calidad del compost en función del tipo de residuos utilizado y comparar los resultados obtenidos en las unidades experimentales para la selección del compost de mejor calidad.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Lavadoras de jeans

1.1.1 Generalidades

En la actualidad dentro del cantón de Pelileo existen 58 empresas catastradas en el Departamento de Orden y Control del Gobierno Municipal de Pelileo, el criterio asumido para categorizar a las lavanderías se basa en la producción actual y/o por la capacidad instalada dentro de cada empresa (Vicunha, 2010; citado en López , 2012).

Tabla 1-1 Categorización de las empresas de lavado textil

Categorización	N° de empresas	Porcentajes
Lavanderías grandes	19	32,8%
Lavanderías medianas	12	20,7%
Lavanderías pequeñas	23	39,7%
Lavanderías muy pequeñas	4	6,9%
TOTAL	58	100%

Fuente: (Vicunha Textil, 2010)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

La mayoría de almacenes, talleres y centros comerciales donde se expenden camisas, pantalones, chaquetas, blusas, camisetas, chalecos y demás prendas elaboradas en jean, está ubicada en el barrio El Tambo, a la entrada del cantón. Según estimaciones municipales, la producción mensual de prendas de vestir en el cantón es de 2 millones (El telégrafo, 2015).

1.1.2 Tipos de lavado de jeans

Existen varios tipos de lavado de la prenda de jeans entre los más importantes según (López, 2012 pág. 32) son:

- Ston 1, 1 ½, 2
- Ston 2 ½, 3, 4

- Super stones
- Desgomado prelavado, desgomado especial
- Proceso de negro tinturado
- Tinturas
- Froster
- Proceso de samblas, megas sucios, esponjados.
- Proceso de sucio petróleo
- Proceso de sucio en tonos oscuros
- Proceso de sucios en tonos claros
- Proceso de retención.

Ston 1, 1 ½, 2

En la que intervienen 5 operaciones unitarias como el prelavado, stoneado que consiste en la abrasión mediante el golpeteo de las prendas jeans con piedra pómez y la adición de enzima acida bajo condiciones de pH, lavado en el cual se elimina sustancias desagradables con la acción de carbonato de sodio y detergente, abrillantado para dar un brillo a la prenda jeans con la utilización de sosa caustica, peróxido y por último el suavizado que permita a la prenda tener una textura suave.

Ston 2 ½, 3 y 4

Proceso en el cual se utiliza como agente blanqueador Cloro en la operación unitaria que es el bajado de tono con el fin de obtener prendas con tonos más claros, como adicional al bajado de tono se debe realizar una operación unitaria que es el neutralizado con el fin de neutralizar el cloro esto se lo hace mediante químicos como el meta bisulfito de sodio y acido oxálico.

Super Stones

En este proceso intervienen a más del prelavado, stoneado, lavado, abrillantado y suavizado interviene el bajado ecológico que es una operación unitaria en la que se utiliza sosa caustica y como reductor la dextrosa anhidra que permite obtener tonos de prendas de jeans claros dependiendo de los porcentajes de utilización, acidulado en el cual se obtiene el pH óptimo para la siguiente operación unitaria de la prenda que se lo hace con ácido fórmico.

Desgome prelavado, desgome especial

Tienen una gran similitud, la diferencia radica en la utilización de piedra pómez en el desgomado especial y un abrillantado que se da a la prenda jeans.

Proceso de negro tinturado

Proceso en el cual se realiza tres operaciones unitarias como el prelavado que consiste en la eliminación de la goma (almidón) de la prenda de jeans mediante la alfa-amilasa, tinturado en la cual intervienen sustancias altamente contaminantes y tóxicas como el sulfuro de sodio y como colorante el negro sulfuroso, y la oxidación que permite la retención del color en la prenda.

Tinturas

Proceso mediante el cual se logra tonos muy diversos de colores, en general este proceso se aplica a telas de color blanco conocidas como ATP.

Froster

Similar al proceso de negro tinturado, sin embargo, en este proceso se incrementa dos operaciones unitarias como son el frosteado que consiste en un baño en seco de la prenda jeans con piedra pómez que a su vez contiene soluciones de permanganato.

Proceso de samblas, mega sucio y esponjados

Son procesos en los que intervienen básicamente dos operaciones unitarias la primera (samblas, froster, esponjado) en el cual se añade soluciones de permanganato de potasio a la prenda, y el neutralizado con el objetivo de neutralizar el permanganato de potasio que fue añadido en la operación anterior.

Proceso de sucio petróleo

Este proceso tiene la particularidad que luego del desgome se realiza el tinturado con tinta directa, a continuación, se realiza el fijado que es una operación unitaria que consiste en la retención del color a la prenda mediante un enlace covalente que forma el fijador, luego de estas operaciones se realiza el stoneado, abrillantado y suavizado de la tela.

Proceso de sucio en tonos oscuros

Corresponde al proceso que luego de las operaciones unitarias como son el desgome, stoneado, lavado, directamente se realiza el tinturado con colorantes directos, fijado y suavizado.

Proceso de sucios en tonos claros

Mientras que este proceso a más de tener el desgome, stoneado, se realiza un bajado de tono ecológico con sosa caustica y dextrosa que permite que las prendas jeans obtengan tonos claros, luego se realiza el acidulado, tinturado, fijado, y suavizado.

Proceso de retención

Es un proceso similar al desgomado prelavado con la diferencia que a más de los productos químicos que se añade en el prelavado y /o desgomado se le adiciona además fijador y sal que nos ayuda a retener el color natural del índigo de la prenda jeans.

1.1.3 Generación de lodos provenientes de las lavadoras de jeans en el cantón Pelileo

En el cantón existe 58 lavanderías de las cuales en su gran mayoría deposita los lodos residuales en la empresa EMMAIT-EP, según (Freire , 2018) las lavanderías del cantón presentan los respectivos análisis requeridos por la empresa, para posteriormente ser destinados en el relleno sanitario.

En la empresa EMMAIT-EP ingresan alrededor de 8 a 10 ton/mes de lodos residuales provenientes de las lavadoras de jeans, entre las lavadoras que ingresan mayor cantidad de lodos son: Dervith Colors con 2065 kg , Coclomer -In con 4005 kg, Lavandería Chellos con 1454 kg y la lavandería Fashion Color con 1650 kg (Freire , 2018).

1.2 Lodos de depuradora

1.2.1 Generalidades y definición

La finalidad de los procesos de depuración de aguas residuales es la eliminación de sólidos en suspensión, componentes orgánicos e inorgánicos, y microorganismos patógenos de efluentes urbanos e industriales. En este proceso se obtienen los lodos de depuradora, los cuales constituyen un material semisólido, heterogéneo, cuya composición es muy variable (Pérez y col., 2006).

En función del tratamiento a que se sometan los lodos y, por tanto, en función del grado de estabilización que presenten, se distinguen dos tipos de lodos: frescos y degradados. Los lodos frescos son aquellos que no han recibido ningún tratamiento de fermentación y se caracterizan por un olor muy desagradable y por su alto contenido en gérmenes patógenos (Vico López, 2015 pág. 2)

Los lodos degradados se originan al someter los lodos frescos a un proceso de digestión aerobia o anaerobia, tienen un olor menos desagradable y menor contenido en gérmenes patógenos. Los lodos residuales, tanto frescos como degradados, suelen someterse a procesos de deshidratación mediante eras de secado o diversos sistemas mecánicos (filtro de bandas, centrifugación, secado térmico, etc.), obteniendo un producto más o menos pastoso que puede utilizarse directamente en agricultura o tras un proceso de secado y compostaje (Pérez y col., 2006).

Los lodos de depuradora se definen como una mezcla de agua y sólido del agua residual y las características técnicas dependen de los tratamientos llevados a cabo en las aguas residuales.

1.2.2 Tipos de lodos de depuradoras

Según (Ramírez y col., 2016) los lodos se pueden clasificar en dos criterios:

Lodos según su origen:

- Lodos urbanos
- Lodos industriales

Lodos según su peligrosidad:

- Lodos peligrosos
- Lodos no peligrosos

1.2.3 Composición de los lodos de depuradoras

La composición de los lodos va a depender de su origen si es urbano o si es industrial. Por lo que, no se encontraran lodos que tengan una composición homogénea. Para dar un destino adecuado a los lodos de depuradora se debe realizar una caracterización para conocer cada uno de sus parámetros (Pérez Cebrián, 2016 pág. 2)

Una de las características de los lodos de depuradora es su alto contenido de humedad (mayor del 80%-90%). Debido al tratamiento que recibe en las plantas depuradoras, los lodos concentran ciertas sustancias como: Materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, cadmio, cobre, mercurio, níquel, plomo, zinc y otros contaminantes (Ministerio de Agricultura, 2015).

1.2.4 Gestión integral de lodos de depuradoras en otros países

En España las EDAR son productores de lodos y como tales productores de residuos que deben asegurar su correcta gestión, lo realizan directamente o encargan a gestores autorizados, todo ello conforme a lo que establece la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

La orientación de su gestión se realiza respetando los principios de la política de residuos relativos a la protección del ambiente y la salud humana y priorizando la prevención sobre el reciclado, otros tipos de valorización incluida la energética y quedando en último lugar el depósito en vertedero. Con carácter general los lodos se tratan en la propia depuradora para reducir su contenido en agua, en patógenos y asegurar la estabilidad de la materia orgánica (Ministerio de Agricultura, 2015).

Los tratamientos biológicos más frecuentes son:

- La digestión anaerobia
- La estabilización aerobia
- El compostaje

1.2.5 Ventajas y desventajas del uso de lodos de depuradoras como enmienda orgánica

Según (Bustamante y col., 2016) el compostaje con los lodos de depuradora es una de las mejores opciones ambientales y económicas, en relación a otras técnicas de gestión de residuos orgánicos.

Tabla 2-1 Ventajas y desventajas de realizar el compostaje con lodos de depuradoras

Ventajas	Desventajas
Beneficio para la fertilidad del suelo	Alto costo de instalación y mantenimiento
Reducción del volumen y humedad de los lodos	Requiere material estructurante
Estabilización microbiana	Se necesita grandes áreas de operación y tratamiento
Elimina patógenos y semillas de malas hierbas	
Fácil almacenamiento, transporte y uso	
Eliminación de olores de los lodos	
Buena calidad como fertilizante o sustrato	

Fuente: (Bustamante y col., 2016)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

1.2.6 Características que dificultan el compostaje con lodos de depuradora

Los lodos de depuradoras presentan ciertas características que dificultan su compostaje:

- Excesiva humedad
- Desequilibrio de nutrientes
- Baja porosidad

Los lodos se deben mezclar con otros residuos con características complementarias como, por ejemplo:

- Menor contenido en humedad
- Menor contenido en nitrógeno
- Ser una fuente de carbono para equilibrar la relación de C/N de la mezcla
- Mejor estructura

El compost de lodo de depuradora de aguas residuales presenta las siguientes características: salinidad destacada, valores de pH variables, altas concentraciones de nitrógeno, altos contenidos de materia orgánica, baja relación C/N, notables contenidos de macro y micro nutrientes y composición variable de metales pesados (Bustamante, 2016).

1.2.7 Técnicas de valorización de lodos residuales

Según (Ramírez y col., 2016) dependiendo de la composición y tipo de lodo residual, este puede reciclarse al interior del proceso para recuperar ciertos materiales presentes o utilizarse como materia prima para la obtención de un producto de valor agregado. Entre las iniciativas de valorización de los lodos, se encuentran los siguientes:

1. Obtención de abono orgánico para promover la regeneración de la vida microbiana de la tierra y mejorar la composición del suelo.
2. Obtención de fertilizantes, para generar un aporte de nutrientes necesarios para el suelo en un momento determinado, ya sea en forma cruda o después de algún tratamiento.
3. Obtención de energía, los lodos orgánicos pueden ser incinerados para producir energía, generando electricidad o produciendo vapor, restringiendo aquellos que no pueden ser eliminados por este procedimiento debido a las características de sus componentes. Otra de las tecnologías más apropiadas para este proceso es la gasificación, que permite obtener gases combustibles que, una vez lavados, pueden ser usados en motores de combustión.

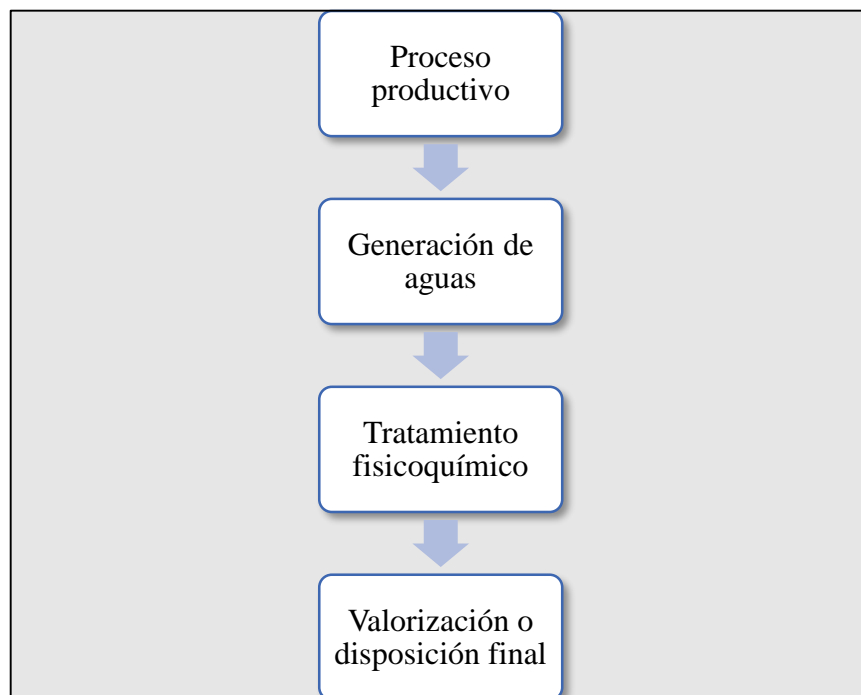


Figura 1-1 Resumen de la generación de lodos residuales en un proceso.
Fuente: (Ramírez y col., 2016 pág. 12)

1.3 Residuos sólidos urbanos

1.3.1 Definición y generalidades

Los residuos urbanos o municipales son aquellos que se generan en los domicilios, oficinas, centros comerciales y servicios públicos, así como también aquellos que no contengan sustancias peligrosas.

Los residuos municipales varían en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida del ser humano. Las poblaciones de altos ingresos generan mayores volúmenes per-cápita de residuos y estos residuos tienen mayor valor que los provenientes de sectores más pobres.

Según (Elias, 2012 pág. 19) se pueden considerar residuos urbanos los siguientes:

- Residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas.
- Animales domésticos muertos, así como muebles, enseres y vehículos abandonados.
- Residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

Restos vegetales (RV)

Es la fracción vegetal de los residuos municipales constituida por restos vegetales de jardinería y poda.

Poda

La poda se define como la fracción vegetal de tamaño grande y tipo leñoso que requiere una trituración previa a su valorización (Huerta y col., 2008, p. 309).

Los restos vegetales de poda son un material cada vez más abundante en la actualidad, tanto en los trabajos agrícolas y actividades forestales debido a su continua generación, a causa del incremento de áreas verdes para el ocio y esparcimiento del ser humano. En particular, la generación de residuos vegetales resultantes de las actividades de mantenimiento de parques, jardines y árboles de zonas urbanas, supone un grave problema para muchas ciudades que no

disponen de los medios económicos y materiales necesarios para su adecuada gestión. Por tal motivo, desde el punto de vista económico y medioambiental, el compostaje se plantea como una técnica más idónea para el aprovechamiento de estos residuos, ya que son materiales que presentan características adecuadas para ser transformadas en compost (Tovar, 2013).

El compost con restos de poda tiene como objetivos eliminar los restos vegetales de las parcelas y aprovechar estos residuos vegetales mediante el reciclaje y transformación, con el propósito de obtener una materia orgánica de calidad que incorporada al suelo mejora su estructura y calidad de nutrientes (Palmero, 2010 pág. 1)

Según (Jarre Castro, 2015 pág. 35) los residuos de poda presentan relaciones C/N muy variables en función de su origen, por lo que para optimizar el proceso de compostaje se debe utilizar principalmente aquellos residuos de poda verdes, es decir, hojas y tallos no leñosos, para obtener una relación C/N dentro del rango.

En el mundo se produce cada vez más residuos, según el Banco Mundial (BM) los residuos generados en el planeta en el año 2016 alcanzaron los 2,010 millones de toneladas, esta cifra se disparará para el año 2050 generando 3,400 millones en el año.

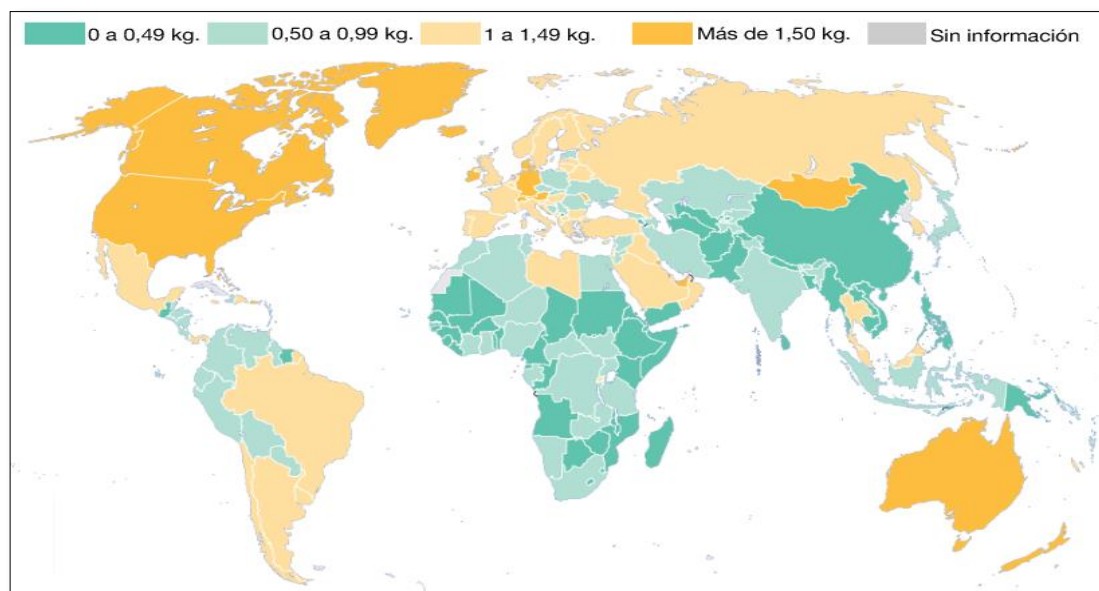


Figura 2-1 Cantidad per-cápita de desechos generados por país

Fuente: (Banco Mundial, 2018)

Los 5 países de América Latina que más residuos generan son: México 1,16 Kg/día, Chile 1,15 kg/día, Argentina 1,14 kg/día, Rep. Dominicana 1,08 kg/día y Brasil 1,04 kg/día. En la Tabla 3-1 se presenta la tasa de generación de desechos por habitante por día en algunas ciudades principales de Latinoamérica.

Tabla 3-1 Generación de basura en las principales ciudades de Latinoamérica

País	Ciudad principal	Población (Hab)	Generación (Ton/día)	Generación (kg/hab-día)
Ecuador	Quito	1839853	1500	0,82
Argentina	Buenos Aires	2768772	5000	1,81
Venezuela	Caracas	2758917	4000	1,45
México	México D. F	8720916	12000	1,38
Chile	Santiago de Chile	5875013	7100	1,21
Perú	Lima	8445200	8938,5	1,06
Colombia	Bogotá	6778691	5891,8	0,87

Fuente: (Sáez y col., 2014)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

En los países en desarrollo, los biorresiduos son la mayor cantidad de los residuos sólidos municipales; la descomposición de este tipo de residuos en los rellenos sanitarios genera lixiviados y gases de efecto invernadero, los cuales tienen efectos sanitarios y ambientales (Vergara & Tchobanoglous, 2012).

Tomando en cuenta una población a nivel nacional de 15'520.973 habitantes se presenta una generación de RS considerada en 4'139.512 Ton/año lo que representa una producción per-cápita de 0,73 kg/día/año. El 61% de los residuos generados en el país corresponde a RO; 11% plástico; 9,4 cartón y papel; 2,2 chatarra; 2,6% vidrio; y el restante 13,3% representan otros residuos. De los 221 GAD's que existen en el país, 44 (20%) disponen de rellenos sanitarios y 177 (80%) presentan botaderos (MAE, 2018).

La empresa EMMAIT-EP acoge todos los residuos urbanos de los cantones Pelileo y Patate, en donde según datos proporcionados por la empresa se tiene una producción per-cápita promedio de 0,57 kg/hab/día de residuos sólidos en general y una producción de RO de 0,30 kg/hab/día.

La generación compone la primera etapa del manejo de residuos sólidos y está directamente relacionada con las actividades que realiza el hombre, el crecimiento poblacional, los cambios en los patrones de consumo, el aumento de la actividad industrial y las condiciones climáticas (Sáez y col., 2014).

Los desechos orgánicos compostados están aumentando el valor comercial debido a la materia orgánica (OM) y los nutrientes que poseen. Compostas de diferentes orígenes, como lodos de

depuradora, sorgo dulce, el bagazo, los residuos sólidos municipales, los desechos de jardín (poda) y el estiércol, han sido analizados como sustratos obteniendo buenos resultados al realizar mezclas con estos residuos (García Gómez y col., 2001).

El compostaje de los residuos de poda es un valor añadido a nuestro trabajo, porque nos permite diferenciarnos apostando por una jardinería respetuosa con el entorno y que responde a la cada vez mayor sensibilidad social respecto a la sostenibilidad de los ecosistemas. Además, el compostaje supone un ahorro en costes en la adquisición de insumos, lo cual se traduce en unos presupuestos más competitivos, al poder recuperar los recursos que de otra forma deberíamos haber adquirido como abonos y fertilizantes que nos ayudasen a mejorar la calidad nutricional de nuestros suelos o sustratos (Mariasg, 2013).

Uno de los materiales viables para elaborar compost son los restos de poda provenientes de jardines, parques o del arbolado urbano. El compost de restos de poda puede ser utilizado en horticultura, agricultura, silvicultura, jardinería y en el mejoramiento de los suelos. Otra buena alternativa para su uso es destinarlo como parte de las mezclas empleadas para sustratos utilizados en cultivos de plantas ornamentales y florales; los porcentajes utilizados dependerán de las características físicas y, especialmente, químicas de cada compost elaborado (KARLANIAN, 2011).

1.3.2 Propiedades de los residuos sólidos urbanos

Dentro de las propiedades físicas, químicas y biológicas más importantes de los RSU se destacan los siguientes:

Humedad

El contenido de humedad en la mayoría de los RSU variará entre el 15 y el 40%, según la composición de los residuos, la estación del año, las condiciones de humedad y meteorológicas. Esta característica debe tenerse en cuenta por su importancia en los procesos de compresión de residuos, producción de lixiviados, transporte, procesos de transformación, tratamientos de incineración y recuperación energética y procesos de separación de residuos en planta de reciclaje (Coronado Cárdenas y col., 2006, p. 9).

Granulometría

Los RSU son irregulares, alcanzando un tamaño promedio de 60 (mm), por lo cual para responder bien a la degradación de estos residuos se deben triturar, quedando después de la molienda con un tamaño de 20 (mm) aproximadamente. Las dimensiones consideradas óptimas para la biodegradación de residuos son distintas según los criterios de distintos autores, variando entre 1 y 5 (cm) (Haug, 1993) o entre 2,5 y 2,7 (cm) (Tchobanoglous y col., 1994).

Densidad

La densidad de los RSU es un valor fundamental para dimensionar los recipientes de pre-recogida tanto de los hogares, instituciones y de la vía pública. Por consiguiente, es un factor importante que marca los volúmenes de los equipos de recogida y transporte, tolvas de recepción, cintas y capacidad de vertederos (Gaibor Vaca, 2013 pág. 9)

Biodegradabilidad

La biodegradabilidad de las fracciones orgánicas de los RSU se basa en su transformación, en presencia de microorganismos, en otras sustancias, orgánicas o inorgánicas, asimilables por el medio. Las fracciones más biodegradables son los restos de comida y de jardinería (poda), a los que siguen el papel y el cartón, con una degradación más lenta. Por otro lado, los procesos de biodegradación producen gases y otros compuestos que dan lugar a malos olores, característicos de la fermentación de los residuos sólidos urbanos (Duran Olivos, 2010 pág. 40)

1.3.3 Composición de los RSU

La composición de los RSU varía significativamente de un municipio a otro y de un país a otro. Dicha variación depende principalmente del estilo de vida, la situación económica, las regulaciones de gestión de residuos y la estructura industrial. La cantidad y la composición de los RSU son fundamentales para determinar el manejo adecuado de estos residuos. A este respecto, la composición de los residuos proporcionará información valiosa sobre la utilidad del material para el compostaje o para la producción de biogás como combustible a través de la conversión biológica (Abdel-Shafy, 2018).

La clasificación y composición de los desechos sólidos están interrelacionadas, el conocimiento de la clasificación de los residuos y su composición tanto física como química, resultan relevantes para la selección y operación de equipos e instalaciones, en la evaluación de la factibilidad de la recuperación de recursos y energía (Sáez y col., 2014).

Según (Vesco , 2006 pág. 11) la composición de los RSU depende de los siguientes factores:

- Nivel de vida de la población.
- Actividad de la población.
- Climatología de la zona.

En los países menos desarrollados los RSU contiene una mayor proporción de material orgánico biodegradable con un alto contenido de humedad y densidad en comparación con los países más avanzados. Esta característica es importante para considerar algunas técnicas de reducción de volúmenes como por ejemplo el compostaje, para tratar los residuos sólidos (Vesco , 2006 pág. 11).

A continuación, en el grafico1-1 se muestra la caracterización de los residuos sólidos municipales en países en vías de desarrollo.

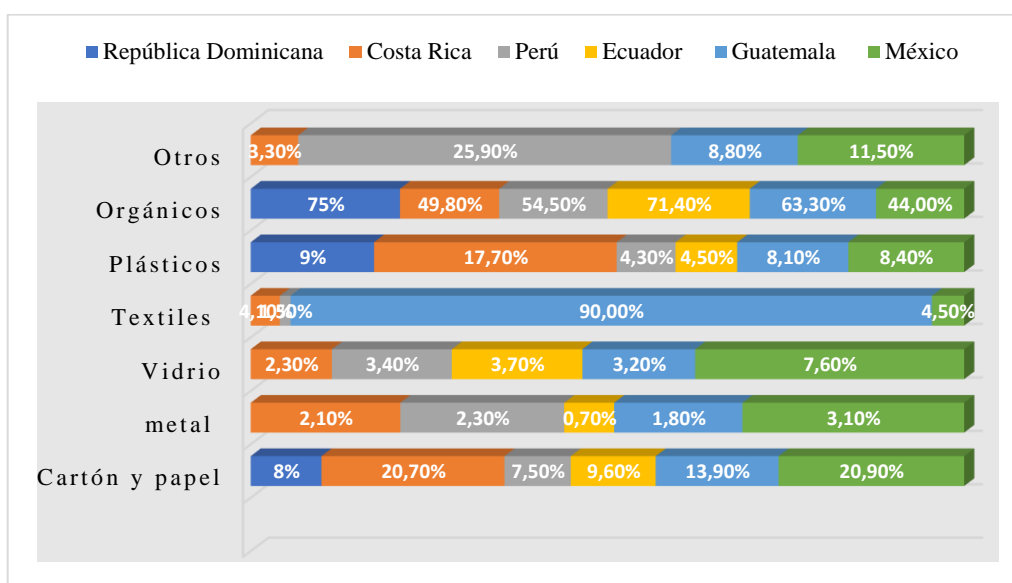


Gráfico 2-1 Caracterización de los residuos sólidos municipales (%) en países en vías de desarrollo

Fuente: (Sáez y col., 2014).

1.3.4 Gestión integral de los RSU

La sostenibilidad económica es una de las principales amenazas de la gestión integral de residuos, actualmente el impuesto de pago por el servicio de recolección y disposición final para los residuos varía según el GAD. En el país 48,8% de los GAD's realiza el cobro del servicio como un porcentaje del servicio de energía eléctrica; el 32,4% lo realiza a través del servicio de agua

potable y alcantarillado; el 6,6% lo hace a través del impuesto predial; el 3,3% con facturación directa; el 0,9% a través de otros medios de cobro y el 8% no cobra (MAE, 2018).

En la mayoría de los países, la gestión integral de residuos sólidos es una responsabilidad directa de los municipios, sin embargo, los servicios provistos son inadecuados en términos de acceso y condiciones de disposición final (Johannes y col., 2012). El aumento de la población, la rápida urbanización, el auge de la economía y el aumento del nivel de vida en los países en vías de desarrollo han acelerado enormemente la tasa, cantidad y calidad de la generación de residuos sólidos urbanos (Abdel-Shafy, 2018).

La gestión integral de los residuos sólidos urbanos debe cumplir con tres objetivos:

- a) Disminución de los residuos en la fuente de generación.
- b) Planificación, control y uso del destino del producto.
- c) Aplicación de tratamientos acorde con el destino final de los residuos.

El beneficio directo de una buena gestión, constituye la recuperación de recursos mediante el reciclaje o reutilización de residuos que pueden convertirse en materia prima o ser utilizados nuevamente. Por ejemplo: puede recuperarse el material orgánico mediante el compostaje (Coronado Cárdenas y col., 2006, p. 6).

1.3.5 Sistema de manejo de los residuos sólidos urbanos

Las etapas que constituyen el manejo de residuos sólidos son: generación, almacenamiento, recolección y transporte, tratamiento y disposición final. En el caso de América Latina y El Caribe ha prevalecido el manejo de los residuos bajo el esquema de “recolección y disposición final” dejando rezagados el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de los residuos, así como la disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada (Sáez y col., 2014).

Generación

La generación de residuos sólidos es inherente a la naturaleza humana, en cuyo diario vivir y en cualquier actividad genera una gran cantidad de desechos que se debe considerar (Wayllas Pazmiño, 2018 pág. 2). En los hogares, oficinas, mercados, industrias, hospitales, etc., se generan residuos que es preciso recoger, tratar y disponer o eliminar en forma adecuada (Coronado Cárdenas y col., 2006).

Almacenamiento

Las cantidades de residuos a transportar deben estar en recipientes sanitarios y seguros, ubicados en un área específica de almacenamiento. (Ulloa S.A., 2018).



Fotografía 3-1 Tachos para la disposición de residuos orgánicos e inorgánicos
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Transporte

El transporte de residuos de los cantones Patate y Pelileo se lo realiza en vehículos modernos, cerrados y acondicionados de acuerdo a las exigencias de normativas y de seguridad, para luego ser transportados a un lugar de vertido para su procesamiento.



Fotografía 4-1 Vehículos para el transporte de RSU
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Tratamiento y disposición final

El tratamiento en el manejo de los desechos sólidos tiene como objetivo principal disminuir el riesgo de producir contaminación y proteger la salud. Los principales métodos de tratamiento de residuos son:

Incineración

Este método logra una reducción de volumen, dejando un material inerte, alrededor del 10 por ciento de la inicial, y emitiendo gases durante la combustión. La reducción es obtenida en hornos especiales en los que se puede garantizar aire de combustión, turbulencia, tiempos de retención y temperaturas adecuadas. La técnica de la incineración no es recomendable para los países en vías de desarrollo y menos para las pequeñas poblaciones, con excepción de su utilización al tratar residuos hospitalarios (Valverde, 2018).

Pirólisis

La pirólisis se define como un proceso fisicoquímico mediante el cual la materia orgánica de los residuos sólidos se descompone por la acción del calor, en una atmósfera deficiente de O₂ y se convierte en una mezcla líquida de hidrocarburos, residuos secos de carbón y gases combustibles. El objetivo principal de la pirólisis es la disposición sanitaria y ecológica de los RSU, disminuyendo su volumen al ser transformados en materiales sólidos, líquidos y gaseosos con potencial energético (León Ortega y col, 2018).

Reciclaje

La separación de materiales existentes en la basura se hace tradicionalmente en forma manual, generalmente en el sitio de disposición final. Este es muy frecuente en casi todos los vertederos de basura de las grandes ciudades y en pequeñas poblaciones (Valverde, 2018).

Compostaje

La técnica de compostaje es un proceso biológico aerobio de degradación, que produce energía, en el cual la materia orgánica de residuo se transforma en CO₂ y agua, por acción de los microorganismos. En este proceso depende de la calidad del material de partida para obtener un producto higienizado (Valverde Orozco, 2016 pág. 29).

Reutilización

Capacidad de un producto o envase para ser usado en más de una ocasión, de la misma forma y para el mismo propósito para el cual fue fabricado (Coronado Cárdenas y col., 2006).

Relleno sanitario

El relleno sanitario es el sitio más común de los sitios de disposición final. En este tipo de rellenos se depositan todos los RSU y en muchos países, por falta de rellenos específicos, también residuos de otro tipo como industriales o de obras civiles.

Según (Villafuerte y col., 2004) el método de disposición final de residuos sólidos denominado relleno sanitario constituye la alternativa técnica, económica y más favorable para el manejo de desechos. Por otra parte, (Bernache Pérez, 2006) considera que este tipo de confinamientos es ideal, pero se encuentra lejos de ser la mejor solución al problema de la gestión de residuos.

1.3.6 Impacto ambiental de los residuos sólidos urbanos

Durante un largo periodo el único tratamiento para los residuos urbanos fue su recogida y posterior traslado a determinados puntos alejados de los núcleos habitados donde se depositaban para que la mera acción de los organismos vivos y los elementos favoreciesen su desaparición. Mientras en su composición predominaron las materias orgánicas y los materiales de origen natural (cerámica, tejidos naturales, vidrio, etc), y las cantidades vertidas se mantuvieron en niveles pequeños, no ocasionando mayor problema (Barrientos, 2014 pág. 22).

Posteriormente el desarrollo económico, la industrialización y la implantación de modelos económicos que basan el crecimiento en el aumento sostenido del consumo, han supuesto una variación muy significativa en la composición de los residuos y de las cantidades en que son producidos. Se han incorporado materiales nuevos como los plásticos de origen sintético, los metales, los derivados de la celulosa o el vidrio, que antes se reutilizaban abundantemente y que ahora se desechan en gran cantidad.

En consecuencia, ha surgido así una nueva problemática medioambiental derivada de su vertido incontrolado que es causa de graves afecciones ambientales (Barrientos, 2014 pág. 23):

- Contaminación de suelo.
- Contaminación de acuíferos por lixiviados.
- Contaminación de las aguas superficiales.
- Emisión de gases de efecto invernadero
- Destrucción del paisaje y de los espacios naturales.
- Proliferación de plagas de roedores e insectos.
- Generación de malos olores.

1.4 Compostaje

1.4.3 Generalidades y definición

El compostaje es la descomposición biológica y estabilización de sustratos orgánicos en las condiciones que permiten el desarrollo de temperaturas termófilas, resultado de una generación de energía calorífica de origen biológico, de la que se obtiene un producto final estable para utilizarlo en los suelos sin impactos negativos sobre el entorno (Moreno y col., 2008).

El compostaje de residuos es un proceso que se está extendiendo por todo el mundo para reducir la eliminación de residuos en vertederos. La estabilidad y la calidad de los compost dependen de parámetros multivariados, como la fuente de materia prima, las proporciones utilizadas, el procedimiento de compostaje y el tiempo de maduración (Muscolo y col., 2018).

La tecnología de compostaje se ha vuelto invaluable en la estabilización de los desechos municipales debido a su compatibilidad ambiental. Los factores como la temperatura, el pH, la relación C/N, la humedad y el tamaño de las partículas son relevantes en el monitoreo del proceso de compostaje (Sánchez y col., 2017).

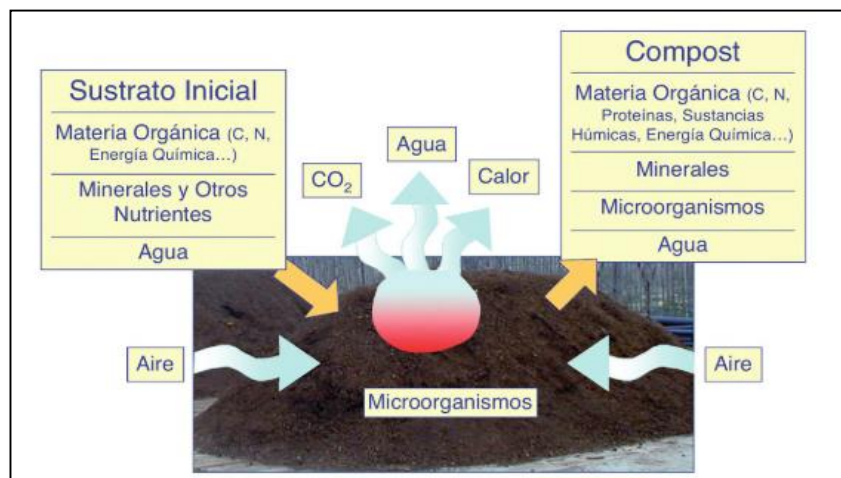


Figura 3-1 Esquema general del proceso de compostaje.
Fuente: (Moreno y col., 2008)

1.4.4 Etapas del proceso del compostaje

De acuerdo con las variaciones de temperatura desarrolladas en el proceso de compostaje se pueden definir cuatro fases a lo largo del proceso: fase mesófila, fase termófila, fase de enfriamiento y fase de maduración.

Fase mesófila

Se produce la digestión de los carbohidratos y sacáridos de bajo peso molecular por parte de los microorganismos existentes. Durante esta fase, la temperatura alcanza alrededor de 35° C y un pH ácido (4,5 a 5,5). A medida que aumenta la actividad de los microorganismos, la temperatura comienza a elevarse hasta los 40° C, dando paso a la fase siguiente (Córdova , 2006).

Fase termófila

Esta fase da inicio cuando el material alcanza temperaturas > 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias termófilas, que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de carbono, como es la celulosa y la lignina. Los microorganismos de esta fase actúan transformando el N₂ en NH₃ por lo que el pH sube (Román y col., 2013 pág. 25).

Es importante esta fase, pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos, quistes y semillas de malas hierbas que pueden encontrarse en los materiales de partida, dando lugar a un producto higienizado. De esta etapa, podemos destacar la generación de vapor de agua y CO₂, elementos que son de gran importancia ya que pueden ser letales para el crecimiento de larvas dentro del material, por esto el alargamiento de esta etapa beneficia la higienización presentada en el compost (Colomer, 2007; citado en Ramírez & Gallego, 2016).

Fase de enfriamiento

Las fuentes de carbono y de nitrógeno se agotan en esta fase del compostaje, la temperatura baja hasta los 40-45°C. En esta fase continúa la degradación de polímeros como la celulosa y aparecen algunos hongos que se los puede observar a simple vista, como se muestra en la (Fotografía 3-1). Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio baja levemente. Esta fase dura varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración (Román y col, 2013).



Fotografía 3-1 Presencia de hongos en las pilas
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Fase de maduración

En la fase de maduración el pH y la temperatura se estabilizan, si el pH del compost es ácido es un indicador de que éste no está en estado de total madurez (Vilarino y col., 2009; citado en Valverde, 2016). El compost como producto final suele tener un color negro o marrón oscuro y posee olor a tierra húmeda, ya no se reconocen los materiales iniciales.

En la fig. 4-1 se observa las variaciones de pH y temperatura que presenta la pila de compostaje a través del tiempo.

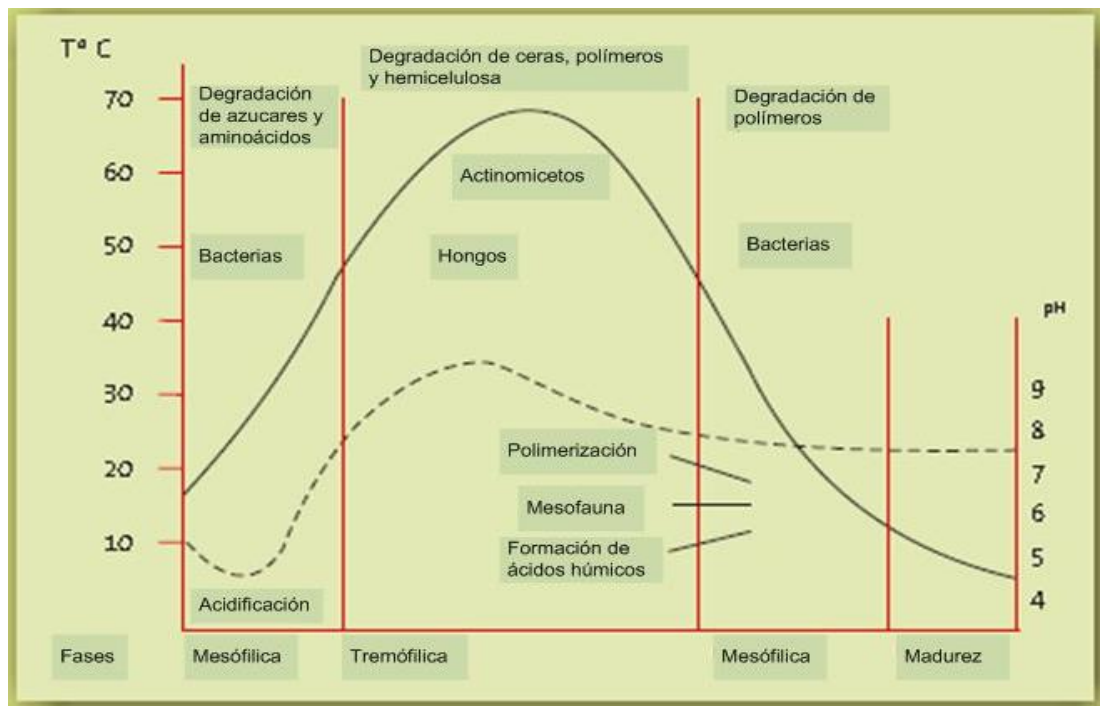


Figura 4-1 Evolución de la temperatura y el pH durante el proceso de compostaje.
Fuente: (Laos, 2003)

1.4.5 Sistemas de compostaje

En la actualidad, existen varios métodos de compostaje, desde muy pequeños y sencillos hasta sistemas automatizados que permiten el tratamiento de un gran volumen de residuos sólidos. En general, el diseño y las características de los sistemas de compostaje dependen de varios factores como el tiempo del proceso, los materiales a compostar, el presupuesto, el espacio requerido y la seguridad higiénica de la planta de tratamiento. En la fig. 5-1 se muestra una clasificación general de los sistemas de compostaje.

1.SISTEMAS DE COMPOSTAJE

Sistemas Abiertos	Sistemas semi-cerrados	Sistemas Cerrados
Sistemas de bajo costo y de tecnología sencilla, estos sistemas se dividen en tres grupos: apilamiento por volteo y aireación forzada, apilamiento por volteo y apilamiento estático.	Todo el conjunto de operaciones que se lleva a cabo se encuentra dentro de una cubierta, estos sistemas están diseñados para ser instalados en las cercanías de la población.	Los materiales a compostar nunca están en contacto con el ambiente exterior, si no a través de un sistema de conductos y turbinas.

Figura 5-1 Clasificación de los sistemas de compostaje.

Fuente: (Moreno y col., 2008)

1.4.6 Parámetros de seguimiento del proceso de compostaje

Según (Ramírez y col., 2016) los parámetros que se van a supervisar en el proceso del compostaje van ligados con la eficiencia y condiciones de vida de los microorganismos, que durante su ciclo de vida metabolizan el lodo residual para resultar un abono orgánico con bastantes beneficios para el enriquecimiento de nutrientes (fosforo, potasio, magnesio, hierro) en un terreno determinado.

Los parámetros a monitorear son:

pH

El pH del material presente en el proceso de biodegradación influye sobre la vida y calidad microbiana; aunque muchos de los microorganismos soporten ciertos cambios en este factor, casi la mayoría requiere que se sostenga en valores 6,5 – 7,5. Si se presentan valores inferiores o superiores a los mencionados se afecta el ambiente óptimo para la degradación del material (COOLEMAN, 2012; citado en Ramírez & Gallego , 2016).

La supervivencia de los microorganismos está definida por el pH y cada grupo tiene pH óptimos de multiplicación y de crecimiento. A un pH de 6,0-7,5 produce la mayor actividad bacteriana, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2 (Román y col., 2013).

Oxígeno

El compostaje es un proceso desarrollado por microorganismos aeróbicos. Por lo cual, es importante el acceso a oxígeno libre a todo el material en tratamiento, de modo que facilitará la proliferación de los microorganismos. Las necesidades de oxígeno son diferentes en cada fase del compostaje. En fase mesófila y en el inicio de la fase de termófila, el crecimiento microbiano es más rápido y la suplementación de oxígeno debe ser mayor. En cambio, en la fase de maduración el oxígeno no suele constituirse un factor limitante, ya que la actividad microbiana se reduce notablemente (Moreno y col., 2008 pág. 121).

Temperatura

Inicialmente el material a compostar está a temperatura ambiente, pero la temperatura va aumentando al crecer los microorganismos. El síntoma más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura de los materiales que se está compostando, por lo que este factor ha sido considerado como una variable fundamental en el control del proceso de compostaje (Márquez y col., 2008).

Altas temperaturas contribuyen a eliminar organismos patógenos y parásitos termolábiles, pero también puede causar la muerte de organismos favorables para el desarrollo del compostaje (Ramírez y col., 2016 pág. 21). La destrucción de patógenos durante la fase termófila permite la utilización no contaminante del abono orgánico.

En la Tabla 4-1 se recoge la temperatura y tiempo necesario para la destrucción de alguno de los patógenos y parásitos más comunes presentes en el residuo a compostar.

Tabla 4-1 Tiempo y temperatura necesaria para la eliminación de microorganismos patógenos

Organismo	Temperatura y tiempo de exposición
<i>Salmonella sp.</i>	Se destruye al exponerse a 60 min a 55° C o 15-20 min. a 60° C.
<i>Salmonella typhosa</i>	Son suficientes 30 min. a 55-60° C para su eliminación.
<i>Shigella sp.</i>	Se destruye al exponerse 1 hora a 55° C.
<i>Escherchia coli</i>	La mayoría mueren con una exposición de 1 hora a 55° C o 15-20 min. a 60° C.
<i>Tennia saginata</i>	Se elimina en unos pocos minutos a 55° C.
<i>Larvas de Trichinella spiralis</i>	Mueren instantáneamente a 60° C

<i>Brucella abortus</i>	Se elimina con exposiciones a 63° C durante 3 min. o a 55° C durante 60 min.
<i>Micrococcus pyogens var. Aureus</i>	Muere después de 10 min. de exposición a 50° C
<i>Streptococcus pyogens</i>	Muere después de 10 min. a 54° C
<i>Mycobacterium tuberculosis var. Hominis</i>	Muere después de 15-20 min. a 66° C o instantáneamente a 67° C
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Se elimina por exposición durante 45 min. a 55° C
<i>Huevos de Ascaris lumbricoides</i>	Mueren en menos de 1 hora a temperaturas superiores a 55° C

Fuente: (Villa y col., 2000)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Humedad

Se define como contenido de humedad a la cantidad de agua por volumen de lodo (seco) que se encuentra en una cantidad específica. Monitorear es de vital importancia, puesto que el volumen de lodo depende en su mayoría del contenido de humedad. Un lodo primario tiene del 91 al 95% de humedad, con un valor típico del 94%. En cambio, un lodo secundario, tiene del 98,5 al 99,5% de humedad, con un valor típico del 99,2% (Ramírez y col., 2016 pág. 22).

La humedad es un factor relacionado con la aireación, ya que los microorganismos necesitan agua como vehículo para transportar los elementos energéticos y los nutrientes a través de la membrana celular. La humedad óptima en el proceso de compostaje es del 55% aunque varía dependiendo del tamaño de las partículas, del estado físico y del sistema empleado para realizar el compostaje (Villa y col., 2000 pág. 6).

Es un parámetro de importancia desde el punto de vista de calidad y económico, por ello seguimiento está incluida dentro de un análisis químico. La humedad determina las condiciones adecuadas para un correcto desarrollo de las actividades que realizan los microorganismos en el proceso. Es recomendable mantener un equilibrio de la humedad porque su exceso o ausencia son perjudiciales en la obtención de un buen producto; la humedad indicada para un buen desempeño del proceso fermentativo se encuentra entre el 51 y 61 % del peso (Pravia Miguel A. 1999 pág. 23).

Tabla 4-1 Implicaciones del porcentaje de humedad en el compostaje

Humedad	Descripción	Soluciones
---------	-------------	------------

< 40 %	Se origina un descenso de la actividad microbiana, principalmente la bacteriana, ya que los hongos permanecen biológicamente activos a humedades más bajas.	Se debe regular la humedad adicionando agua al material fresco.
40 % - 60 % Rango Ideal		
>65%	Afecta negativamente a la disponibilidad de oxígeno y podría originar condiciones anaerobias y un lavado de nutrientes por lixiviación.	Voltar la mezcla a compostar. Añadir material con bajo contenido de humedad y con alto valor en C, como hojas secas, paja o serrines.

Fuente: (Moreno y col., 2008)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Relación carbono – nitrógeno C/N

Para un correcto proceso de compostaje en el que se aproveche y retenga la mayor parte del carbono y del nitrógeno del sustrato (lodo), la relación C/N del material de partida debe ser la adecuada. Por cada parte de nitrógeno los microorganismos utilizan generalmente entre 25 y 30 partes de carbono; por esta razón se considera que el intervalo de C/N óptimo para el compostaje de un residuo es de 25/1 - 35/1 (Jhorar, 2009).

El proceso de compostaje será lento si el material de partida contiene demasiado carbono, por lo tanto, la relación será muy alta y las temperaturas no subirán lo suficiente y se perderá el exceso de carbono en forma de CO₂. Si por el contrario el material contiene demasiado N₂, la relación es baja y se producirá pérdida de este elemento en forma de amoníaco (Rodríguez Salinas y col., 2006 pág. 22).

Capacidad de intercambio catiónico

Es la capacidad del lodo para retener e intercambiar diferentes elementos minerales. Esta capacidad aumenta notablemente con la presencia de materia orgánica, se puede decir que es la base de fertilidad del suelo. Su importancia radica en que influye en propiedades físicas como: estabilidad estructural y retención de agua; mientras que en propiedades químicas como: acidez, alcalinidad y fertilidad. (Ramírez y col., 2016 pág. 25).

1.5 Marco legal aplicable para el desarrollo de la investigación

En el Ecuador, a partir del año 2008 la Constitución reconoce los derechos de la naturaleza y se crean peticiones que cuiden los intereses en temas ambientales. Además, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el Buen Vivir, Sumak Kawsay (Constitución del Ecuador , 2008 pág. 24).

El Ministerio del Ambiente está destinado al derecho legal en la formulación y control de la política pública referente a la gestión de los residuos sólidos mediante el Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS). Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) Municipales tienen la competencia y responsabilidad en la ejecución de proyectos y planes de manejo, de acuerdo a lo establecido en el Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) (Jara, 2014 pág. 11).

El manejo de los RS involucra a varios sectores de la sociedad, tanto públicos como privados, por lo tanto, se requiere de un marco jurídico institucional que norme esta actividad. A continuación, se expone cada uno de estos instrumentos jurídicos:

En la Constitución de la República del Ecuador, en el artículo 14 “reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay...” (Constitución del Ecuador , 2008).

El artículo 264, dispone que los Gobiernos Municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determina la ley: Prestar los servicios de agua potable..., manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

En cuanto a las leyes, se establece:

La Ley de Gestión Ambiental, que establece los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje, reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas sustentables, respeto a las culturas y prácticas tradicionales (MAE, 2018)

La Ley de la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, contempla disposiciones de prohibición de contaminación del aire, agua y suelo; cuyas fuentes potenciales de contaminación se describen en la misma Ley (MAE, 2018).

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), en el artículo 4, establece los fines de los gobiernos autónomos descentralizados; siendo uno de

aquellos “ d) La recuperación y conservación de la naturaleza y el mantenimiento de medio ambiente sostenible y sustentable; f) La obtención de un hábitat seguro y saludable para los ciudadanos”. Según la (COOTAD, 2018) en el artículo 55 delimita las competencias para los gobiernos autónomos descentralizados municipales, siendo las de interés las que a continuación se detallan:

a) Planificar, junto con otras instituciones del sector público y actores de la sociedad, el desarrollo cantonal.

d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley”

En lo que concierne a Reglamentos y Acuerdos Ministeriales:

El Acuerdo Ministerial No. 061, Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), conforme al artículo 47 sobre las Políticas Nacionales de Residuos Sólidos marca que el Estado Ecuatoriano declara como prioridad nacional de gestión integral de los residuos sólidos en el país, como una responsabilidad compartida por toda la sociedad, que contribuya al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas intersectoriales nacionales (MAE, 2015).

En su artículo 55 describe la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, como el conjunto de acciones y regulaciones con el objetivo de dar a los residuos sólidos no peligrosos el destino más apropiado desde el punto de vista técnico, económico y medioambiental. En este artículo se puede destacar que se menciona las posibilidades de recuperación y aprovechamiento, así como de su comercialización. (MAE, 2015).

En el artículo 57 se establecen las Responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, dentro de las cuales en el literal b) establece la implementación de programas educativos para fomentar la cultura de la minimización de generación de residuos, separación en la fuente, reciclaje entre otros. Igualmente, en el artículo 57 literal d) establece el promover la instalación y operación de centros de recuperación de residuos sólidos aprovechables, con la finalidad de fomentar el reciclaje.

Finalmente, en lo que respecta a Ordenanzas Municipales se encuentra:

La Ordenanza Municipal para el manejo integral de desechos sólidos en los cantones Pelileo y Patate / 19 de marzo de 2014; Artículos 2 a 15 de la propiedad, almacenamiento y barrido de los

residuos sólidos que establece: Los ciudadanos, recogerán y clasificarán sus desechos en los recipientes autorizados por la EMMAIT-EP para cada clase de desechos, así: a) Para basura biodegradable se utilizará recipiente de color verde. b) Los desechos reciclables (papel, cartón, plástico, entre otros), se depositarán en recipientes de color negro. c) Los residuos especiales (telas, cueros, baterías etc) y peligrosos (Laboratorios, hospitalarios, veterinarios, etc) serán depositados en lugares o sitios autorizados por la EMMAIT-EP.

TÍTULO V DEL RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

El Art. 21 menciona que la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de los cantones Pelileo y Patate fomentará el reciclaje y la reutilización de los desechos sólidos; para el efecto, la EMMAIT-EP, establecerá programas de educación, capacitación y difusión a los habitantes de los cantones mancomunados (EMMAIT-EP, 2011).

TITULO VI DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

El Art. 22 indica que la disposición final de la basura es responsabilidad de la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de los cantones Pelileo y Patate, directa o a través de la persona natural o jurídica a quien se haya contratado o concesionado la prestación del servicio (EMMAIT-EP, 2011).

Además, en el Art. 23 establece que la disposición final de los RSU deberá hacerse en el lugar que determine la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de los cantones Pelileo y Patate basándose en los estudios técnicos realizados para el efecto.

1.5.1 Marco legal respecto al uso agrícola del compost

En el caso del Ecuador no se tiene definida una normativa vigente para la calidad del compost como enmienda orgánica, por tal razón es necesario recurrir a normativas internacionales para comparar y establecer los límites permisibles de los parámetros de estudio.

En otros países como es el caso de España en el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes, clasifica los compost en diferentes grupos. En este RD además de establecer otros aspectos, se legislan los límites de determinados parámetros y metales pesados, para poder clasificar los compost en distintas categorías A, B y C, en función del contenido en metales pesados. Como aspectos más novedosos de la valoración agrícola, se están compostando además de materiales procedentes de RSU, estiércoles, lodos de depuradora o residuos agroindustriales (Vico López, 2015 pág. 52)

Tabla 5-1 Requisitos mínimos exigidos para considerar a un producto como compost de acuerdo a la legislación española sobre productos fertilizantes

Parámetro	Real Decreto 506/2013		
Materia Orgánica mínima (%)	35		
Humedad máxima (%)	40		
C/N	< 20		
Metales pesados (mg/kg m.s.)	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0,7	2	3
Cromo (total)	70	250	300
Cromo (VI)	n.d.	n.d.	n.d.
Cobre	70	300	400
Mercurio	0,4	1,5	2,5
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1000
Contaminantes orgánicos			
Polifenoles (% p/p)	0,8		
Furfural (% p/p)	0,05		
Microorganismos			
Salmonella spp E. coli	Ausente en 25 g de compost <1000 NMP/g		
Partículas (%)	90 (=25mm)		
Impurezas (%)	No puede contener		
Gravas y piedras (%)	No puede contener		

n.d.: no detectable; NMP: número más probable.

Fuente: (Vico López, 2015)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Tabla 6-1 Requisitos mínimos exigidos para considerar a un producto como compost según criterios europeos para compost y digeridos (European Commission, 2014)

Parámetro	Criterios Europeo para Compost y Digeridos
Mat. Orgánica mínima (% sobre m.s.)	15
Metales pesados (mg/kg m.s.)	
Cadmio	1,5
Cromo (total)	100
Cobre	200
Mercurio	1
Níquel	50
Plomo	120
Zinc	600
Contaminantes orgánicos	
PAHs (mg/kg m.s.)	6
Microorganismos	
Salmonella spp E. coli	Ausentes en 25 g de compost <1000 CFU/g
Semillas de malas hierbas	<2 semillas/L
Impurezas (%)	<0,5 (>2 mm)

CFU: unidades formadoras de colonias.

Fuente: (European Commission, 2014 pág. 18) (Vico López, 2015 pág. 43)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Tabla 7-1 Límites máximos permisibles para considerar un compost de calidad en base a la Agencia de Protección Ambiental (EPA) 2001

Parámetros	EPA
MO (%)	50 – 60
Metales pesados (mg/kg)	
Cromo	1200
Cadmio	39
Plomo	300
Arsénico	41
Selenio	100
Níquel	420
Mercurio	17
Macroelementos	
Nitrógeno Total (%)	≥ 10
Fósforo (g/kg)	≥ 10
Microelementos (mg/kg)	
Cobre	1500
Zinc	2800

Fuente: (EPA, 2001 pág. 99)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Tabla 8-1 Límites máximos permisibles para considerar un compost de calidad en base al (Ecological criterio, 2006).

Parámetros	Criterio Ecológico
MO (%)	>20
Cromo	100
Cadmio	1
Plomo	100
Arsénico	10
Selenio	1,5
Níquel	50
Mercurio	1
Macroelementos	
Nitrógeno Total (%)	<30
Fósforo (g/kg)	-
Microelementos (mg/kg)	
Cobre	100
Zinc	300

Fuente: (Ecological criteria , 2006)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Diseño experimental

2.1.1 *Tipo y diseño de investigación*

La investigación es de tipo experimental donde se manejará un diseño experimental al azar que se resuelve con un ANOVA de 1 factor. Al ser su objetivo principal determinar la calidad del compost obtenido a través de diferentes técnicas de análisis de naturaleza experimental, a la vez establecer el efecto sobre la calidad del abono en función del % de lodo residual utilizado.

Para la investigación se va a desarrollar un sistema de compostaje abierto en biopilas por volteo, la misma es oxigenada periódicamente con el objetivo de lograr buenos niveles de estabilización e higienización. Para este tipo de sistema se va a utilizar alturas y ancho de pilas de 2 metros y 3 metros de largo con dos tipos de mezclas de residuos a compostar, donde se controlará la temperatura interna de cada una de las pilas, la humedad, el pH y la temperatura ambiente.

Para la obtención de información preliminar se realizará análisis iniciales de los lodos residuales y residuos sólidos orgánicos tanto físicos, químicos y microbiológicos. Una vez obtenidos los resultados de los análisis se procederá a las construcciones de las unidades experimentales las cuales se llevarán a cabo en el área de compostaje de la empresa.

Al finalizar el proceso de compostaje se evaluará la calidad del abono orgánico en base a sus características biológicas, físico-químicas y químicas, con el fin de valorar su potencial uso como enmienda orgánica para el suelo.

2.1.2 *Población del área de estudio*

La población de estudio para el trabajo de investigación son los lodos residuales provenientes de las lavadoras de jeans y residuos sólidos orgánicos de la empresa EMMAIT-EP ubicada en el cantón Pelileo Provincia de Tungurahua.

2.1.3 *Tamaño de la muestra*

No se calcula el tamaño de la muestra, en razón a que se trabajará con todas las muestras recolectadas durante el desarrollo de la investigación, para la caracterización de los materiales iniciales se tomarán 3 muestras (lodos residuales, residuos de poda y residuos orgánicos de plazas y mercados), en el desarrollo del proceso de compostaje 8 muestras por unidad experimental, con un total de 16 muestras durante el compostaje. Para el análisis de laboratorio todas las muestras serán recolectadas por triplicado.

2.1.4 *Selección de la muestra*

Se efectuará la técnica del cuarteo tomando 5 sub-muestras de diferentes partes de las unidades experimentales, para posteriormente tomar una sola muestra representativa de aproximadamente 800g para los análisis de laboratorio.

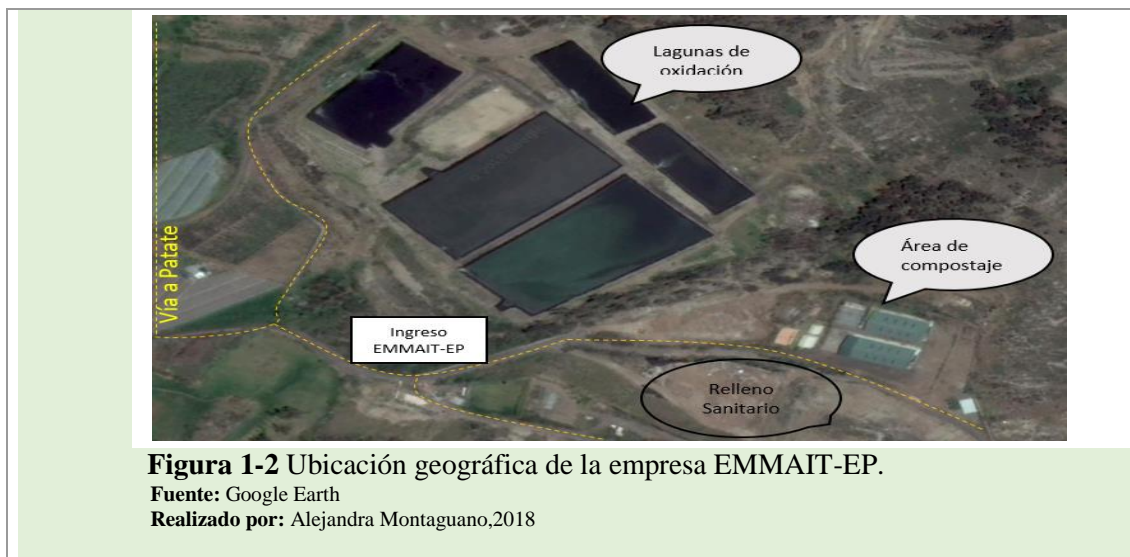
2.2 **Metodología**

A continuación, se detallan los principales aspectos ambientales que se tomaron en cuenta para la Revisión Ambiental Inicial (RAI) del área de estudio.

2.2.1 *Datos de Localización del trabajo experimental*

Tabla 1-2 Localización del área de estudio

Proyecto: “Valorización del uso de lodos de lavadoras de jeans para el compostaje de la empresa EMMAIT-EP del cantón Pelileo provincia de Tungurahua”			
Provincia: Tungurahua		Cantón: Pelileo	
Parroquia: La Matriz		Sector: El Derrumbo	
Coordenadas UTM:	PUNTO	X [m]	Y [m]
	1	775900	9852664
	<i>Sistema WGS_1984_17_Sur</i>		



2.2.2 Datos Administrativos de la empresa EMMAIT-EP

A continuación, se describe el número de personal que labora en el Centro de gestión de residuos sólidos EMMAIT-EP.

Tabla 2-2 Identificación del personal que labora en la empresa EMMAIT-EP

PERSONAL QUE LABORA EN LA EMPRESA		
Personal Administrativo	Gerente	1
	Técnicos	5
Personal Operativo de la empresa EMMAIT-EP		49
Total		55

Fuente: (EMMAIT-EP, 2011)
Realizado por: Alejandra Montaguano,2018

2.2.3 Horarios de trabajo de la empresa EMMAIT-EP

El horario de trabajo de la empresa es de 8 horas diarias con dos jornadas como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 3-2 Horario de trabajo de la empresa EMMAIT-EP

Descripción	HORARIO DE TRABAJO		
	Mañana	Tarde	Total
Administrativos	7:00 a 12:00 am	13:00 a 16:00 pm	8
Trabajadores	7:00 a 12:00 am	13:00 a 16:00 pm	8

Fuente: (EMMAIT-EP, 2011)
Realizado por: Alejandra Montaguano,2018

2.2.4 Descripción de la infraestructura de la empresa EMMAIT-EP

El área total donde se encuentra ubicada la empresa EMMAIT-EP es de 3,6 Ha de las cuales se divide en 6 áreas descritas a continuación:

Tabla 4-2: Datos de infraestructura de la empresa EMMAIT-EP

INFRAESTRUCTURA	
ÁREA	EXTENSIÓN
Área total del predio	3,6 Ha
Área del relleno sanitario	1,5 Ha
Área de compostaje	450 m ²
Área de desechos hospitalarios	250 m ²
Área de clasificación de residuos inorgánicos	472 m ²
Área de interpretación, oficinas y duchas	450 m ²
Área de desbanque	500 m ²

Fuente: (EMMAIT-EP, 2011)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

2.2.5 Consumo de agua de la empresa EMMAIT-EP

Tabla 5-2: Abastecimiento de agua de la empresa EMMAIT-EP

FUENTE	VOLUMEN (m ³ /mes)
Red Municipal	-
Tanqueros	10 m ³ /mes
Pozo	-
Otras fuentes (indicar)	-
TOTAL	10 m³/mes

Fuente: (EMMAIT-EP, 2011)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

2.2.6 Consumo de energía eléctrica de la empresa EMMAIT-EP

Tabla 6-2: Datos del consumo de energía eléctrica de la empresa EMMAIT-EP

FUENTES DE ENERGÍA	MENSUAL (Kw/h)	ANUAL (Kw/h)
Red Pública	194	1308
Otra (indicar)	-	-
TOTAL	194	1308

Fuente: (EMMAIT-EP, 2011)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

2.3 Medio físico

2.3.1 Superficie del área de implantación

El área de la implantación destinada a la disposición de residuos sólidos (Relleno Sanitario EMMAIT– EP), corresponde a 3,60 Ha.

2.3.2 Clima

El predio destinado para la disposición técnica de residuos sólidos, regentado por la EMMAIT - EP, se superpone a la faja climática del tipo Ecuatorial Mesotérmico Seco. El análisis de isotermas corresponde al rango de temperatura, comprendido entre los 14 y 16 °C. Datos pluviométricos en la zona de influencia de actividades, exhiben un rango comprendido entre los 600 y 800 mm, anualmente. Mientras que datos de evapotranspiración se establecen entre 700 y 800 mm al año.

2.3.3 Geología y Geomorfología

La actividad operativa de la empresa EMMAIT –EP, se superpone a la faja geológica de la Formación Volcánica del Igualata, Mul Mul Huisla, Chiquicham, Sagoatoa; perteneciente al Período Terciario y de caracterización litográfica concerniente a Andesita Piroxenica y Toba. Se destaca la presencia de fallas geológicas, específicamente a una distancia de 250 m en la dirección "Oeste", con respecto a la zona de influencia de la actividad (EMMAIT-EP, 2011).

Geomorfológicamente se superpone a una zona de vertiente irregular. Prácticamente, la geomorfología obedece a procesos de “derrumbe”, resultando en formas y taludes pronunciados.

2.3.4 Uso del suelo

El Centro de Gestión de Residuos Sólidos EMMAIT – EP, se establece en la periferia urbana del Cantón San Pedro de Pelileo, los terrenos aledaños al área operativa de la empresa son de caracterización ENTISOL (roca madre por erosión o aporte). El área de estudio presenta consolidación de sus redes comunales: viales, hidráulicas, sanitarias, eléctricas, entre otras. El suelo en el área de incidencia indirecta, se establece para labores agrícolas (EMMAIT-EP, 2011).

2.3.5 Hidrología e hidrografía



La actividad operativa de la empresa se superpone a la cuenca hidrológica del Río Pastaza, subcuenca del Río Patate en la unidad correspondiente a la Quebrada Gualacucho. No es una zona propensa a inundaciones por fuertes precipitaciones, debido al sistema de drenaje en el sector operativo del Relleno Sanitario (Freire , 2018).







2.4 Medio biótico

2.4.1 Cobertura vegetal

La Zona de influencia corresponde a una zona intervenida, rodeada de una zona agrícola (cultivos de ciclo corto). En cuanto a la flora existente en el área de implantación del proyecto existe vegetación de características herbáceas y arbustivas, de baja importancia ambiental y muy común dentro del área de influencia de actividades, así como de otras zonas intervenidas.

Tabla 7-2: Lista de flora determinada en el área de estudio

FLORA IDENTIFICADA	
	
<i>Populus alba L</i> (Álamo blanco)	<i>Eucalyptus globulus</i> (Eucalipto común)

	
<p><i>Penisetum clandestinum</i> (Kikuyo)</p>	<p><i>Albizia julibrissin</i> Durazz (Acacia)</p>
	
<p><i>Baccharis salicifolia</i> (Chilca)</p>	<p><i>Stipa plumosa</i> (Pasto rey)</p>
	
<p><i>Phragmites australis</i> (Carrizo)</p>	<p><i>Pinus</i> (Pino)</p>

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

2.4.2 Fauna

El proyecto se ubica en el Piso Zoogeográfico “Temperado”, es un área intervenida con actividades agrícolas; lo que ha ocasionado la introducción de animales domésticos, y el desplazamiento de especies silvestres a otras zonas, donde la intervención antrópica es baja. Se pudo evidenciar la inexistencia de especies faunísticas dentro del área de implantación del proyecto; a los alrededores se evidencia la presencia de animales domésticos, especies no consideradas de importancia ecológica.

2.5 Descripción del centro de gestión integral de residuos EMMAIT -EP

2.5.1 Disposición de residuos sólidos ordinarios

En el año 2011 se dio inició la operación del relleno sanitario y se proyecta una vida útil de 8 años hasta el año 2019, se encuentra ubicado en la Provincia de Tungurahua, Cantón Pelileo, Parroquia La Matriz, Sector El Derrumbo, área total del predio 3,6 Ha.

El área total de la celda de confinamiento de residuos sólidos de la empresa es de 1,5 Ha, actualmente se ha utilizado 0,8 Ha, está impermeabilizada con geomembrana de 1 mm de espesor, para la recolección de los lixiviados presenta drenajes tipo espina de pescado en el fondo de la plataforma. Además, presenta chimeneas con sus respectivos quemadores para la extracción y quema de biogás.

Como medida de manejo y control de la escorrentía superficial el relleno sanitario cuenta con cunetas perimetrales construidas de hormigón y geomembrana de 1000 micras de espesor.



Fotografía 1-2 Relleno sanitario de la empresa EMMAIT-EP
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

2.5.2 Sitios de obtención del material de cobertura para el relleno sanitario

El predio de la empresa presenta un área para la extracción del material de cobertura, mediante una mini cargadora es removido y transportado con un volquete de 8 m³ de capacidad hacia el relleno sanitario.

2.5.3 Disposición de desechos hospitalarios

La EMMAIT-EP hasta el momento brinda a los cantones de Patate y Pelileo el servicio de recolección, transporte y disposición final de los residuos de origen hospitalario los cuales son depositados en una celda de hormigón armado con una capacidad de 162 m³, cuenta con techo para evitar el ingreso de agua lluvia y la parte interna de la celda esta revestida con geotextil y geomembrana de 1000 micras de espesor.

Para garantizar la integridad y seguridad de la celda, se ha provisto de una malla de alambre de 2 m de altura en su perímetro. En la celda se depositan residuos cortopunzantes y residuos infecciosos especiales provenientes de Hospitales públicos y privados, Laboratorios clínicos, Centros y subcentros de salud, Centros odontológicos y Centros veterinarios de los cantones Patate y Pelileo.

2.5.4 Construcciones auxiliares

Garita

Los 365 días del año opera la caseta de guardianía que se encuentra ubicada al ingreso del relleno sanitario de la empresa EMMAIT-EP, la misma que dispone de señalización, batería sanitaria y un extintor PQS de 10 Lb.



Fotografía 2-2 Caseta de guardianía
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Planta de clasificación de residuos inorgánicos

En el predio del relleno sanitario se evidencia la planta de recuperación de residuos inorgánicos, la dimensión es de 15,61 m por 30,25 m y 7 m de altura, está provista con una banda separadora de residuos y una empacadora, el proceso de empacado se lo realiza cada 15 días.



Fotografía 3-2 Planta de clasificación de residuos inorgánicos
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Nave de compostaje

La EMMAIT – EP, desde el año 2013, ha implementado en las ciudades de Patate y Pelileo un programa de separación o clasificación de los residuos sólidos en la fuente, para lo cual, se ha proveído a cada familia beneficiaria, un tacho de color negro para los residuos inorgánicos y verde para los residuos orgánicos, con horarios de recolección diferenciados.

Los residuos orgánicos son dispuestos en la nave de compostaje, tiene un área de 450 m², posee un techo que se encuentra a 7 metros de altura y la cantidad de residuos orgánicos aprovechados para el compostaje es de 8 toneladas semanales, aproximadamente.

En el interior de la nave de compostaje los residuos orgánicos se disponen en pilas de 1,8 m de altura, también, se evidencia un colector de lixiviados, provenientes de los mismos, y el cual, es un canal de hormigón de 20 cm x 20 cm, además; se ejecuta la recirculación del lixiviado para humedecimiento del compost en el proceso de maduración del mismo.

Una vez, terminado el proceso de maduración del compost, con la ayuda de bandas sin fin, transportan el compost a un tromel, donde se separan los impropios y el compost en sí. Los impropios se envían al relleno sanitario y el compost lo envasa en sacos de yute de 35 Kg, y son

almacenados en el área de secado. El área de secado es un invernadero, que está construido con estructura metálica o tubos de acero de 2 pulgadas y tiene un área total de 225 m² y es el lugar donde permanecen los sacos de compost hasta su comercialización.

Tabla 8-2: Maquinaria existente en el área de compostaje

Tolva de recepción	Dimensiones
	<p>Ancho posterior: 2,50 m Ancho anterior: 95 cm Alto: 1,2 m Largo: 2,5m</p>
Bandas Transportadoras	
	<p>Banda #1: Largo: 5 m Ancho: 90 cm</p>
	<p>Banda # 2: Largo: 6.60 m Ancho: 90cm</p>
Trómel	
	<p>Diametro: 1.50 m Largo: 6.60 m Motor: 5HP</p>

Fuente: (EMMAIT-EP, 2011)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

2.5.5 Descripción del proyecto piloto de compostaje con lodos de depuradora

El proyecto consiste en establecer dos unidades experimentales (biopilas) conformadas por lodos de depuradoras, RSU de origen orgánico que ingresan al relleno sanitario de la empresa

EMMAIT-EP, el compostaje se ha determinado como plan piloto para la gestión integral de los residuos industriales (lodos de depuradoras), que además de minimizar los impactos ambientales generados por estos residuos se obtendrá una enmienda orgánica para el suelo.

2.6 Generación y recolección de los residuos sólidos

2.6.1 Cantidad de residuos sólidos que genera los cantones Patate y Pelileo

La empresa EMMAIT-EP acoge todos los residuos urbanos de los cantones Patate y Pelileo, en donde según datos proporcionados por la empresa se tiene una producción per-cápita promedio de 0,57 kg/hab/día de residuos sólidos en general y una producción de residuos orgánicos de 0,30 kg/hab/día.

Tabla 9-2 Cantidad de residuos generados por cantón

Cantón	Ton/día
Pelileo	38
Patate	6

Fuente: (EMMAIT-EP, 2011)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Tabla 10-2 Generación diaria de RS de los cantones Patate y Pelileo

Tipo de residuo	Ton/día
Orgánicos	21,29
Inorgánicos	18,71
Total	40

Fuente: (EMMAIT-EP, 2011)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Los residuos orgánicos generados en los cantones Patate y Pelileo son de diferente procedencia como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 11-2 Procedencia de los RO que ingresan a la empresa EMMAIT-EP

Fuente	Ton/día	(%)
Domiciliaria	19,26	43,65
Plazas y mercados	2,03	9,58
Total	21,29	53,23

Fuente: (EMMAIT-EP, 2011)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

En la siguiente tabla se representa la composición de los residuos orgánicos procedentes de las plazas y mercados de los cantones Patate y Pelileo.

Tabla 12-2 Composición de los ROPM de los cantones Patate y Pelileo

Tipo de residuo	%
Hierbas alimenticias	3,12
Vegetales	2,86
Hortalizas	2,01
Frutas	1,59
Total	9,58

ROPM: Residuos orgánicos de plazas y mercados

Fuente: (EMMAIT-EP, 2011)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

2.6.2 *Recolección y barrido de los residuos sólidos*

La empresa EMMAIT-EP cuenta con seis vehículos para la recolección de los residuos sólidos tanto para el cantón Pelileo y Patate. Así como también existe horarios de recolección para la zona urbana como rural de los dos cantones.

Tabla 13-2 Tipo de vehículos para el transporte de los residuos sólidos.

TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS	
Tipo	# Camiones de recolección
Camiones HINO	2
Internacionales	2
Camión DINA	2
Total	6

Fuente: (EMMAIT-EP, 2011)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

La empresa EMMAIT-EP posee horarios de recolección y barrido para los Cantones Patate y Pelileo, este servicio se brinda tanto a la población urbana como a la rural.

Tabla 14-2 Horarios de recolección y barrido de los cantones Patate y Pelileo

CANTÓN PATATE		
	Días	Horario
Zona Urbana	Lunes a domingo menos jueves	4:00 am – 8:00 am
	Sábado	15:00 pm - 20:00 pm
Zona Rural	Lunes a viernes	7:00 am- 14:00 pm

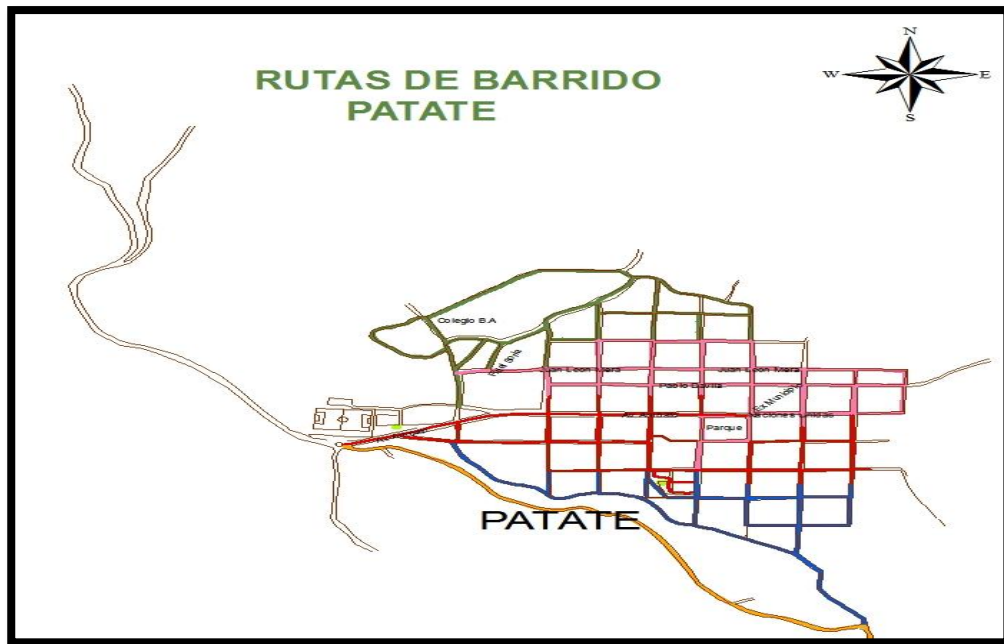


Figura 2-2 Rutas de barrido del cantón Patate.

CANTÓN PELILEO		
	Días	Horario
Ruta madrugada		
Zona urbana	Lunes a viernes	5:00 am – 11:00 am
	Sábado	5:00 am - 8:00 am
Ruta Sur	Lunes a viernes	7:00 am- 14:00 pm
Ruta Noche	Lunes-viernes- domingo	4:00 pm – 22:00pm

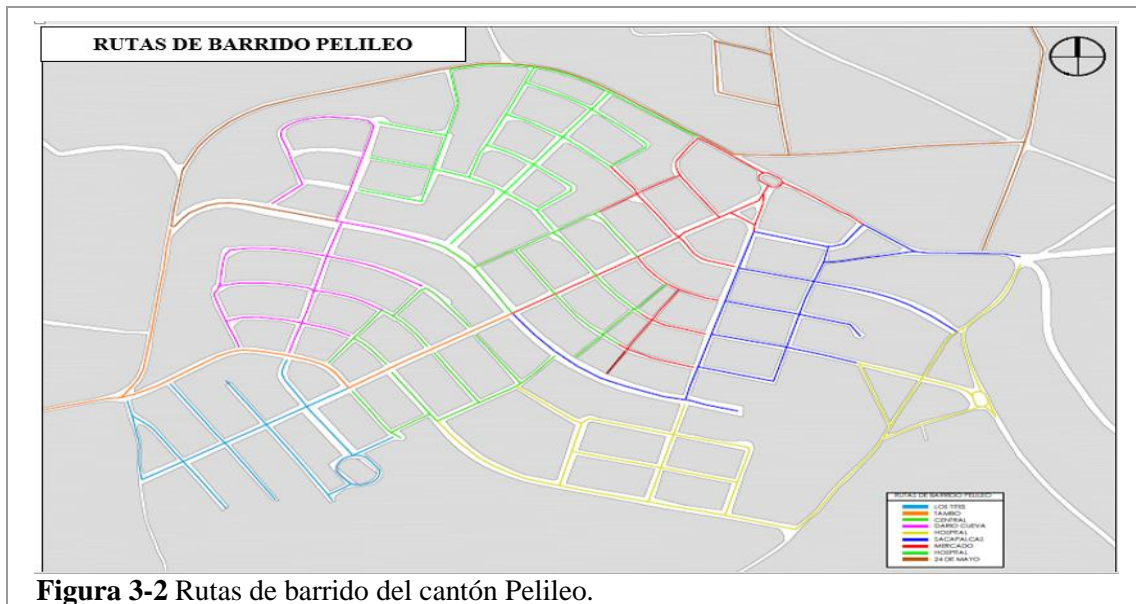


Figura 3-2 Rutas de barrido del cantón Pelileo.

Fuente: (EMMAIT-EP, 2011)

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

2.7 Proceso de caracterización de residuos sólidos en la empresa EMMAIT-EP

El día 7 de noviembre de 2017 se dio inicio el proceso de caracterización de los RS en la empresa EMMAIT-EP, finalizando el 12 de enero del 2018, el trabajo se realizó con el personal de la empresa en el área de caracterización de residuos.

Para la caracterización de los residuos se creó un horario de 7:00 a 12:00 am, el proceso se realizó en el área de clasificación de residuos inorgánicos de la empresa, lugar donde se selecciona la mayor parte de los residuos para posteriormente ser compactados y llevados al relleno sanitario.

En el proceso de la caracterización se estableció una muestra representativa de las 18 Ton aproximadas de residuos tanto de los recolectores de los cantones Pelileo como de Patate, con la muestra obtenida, esta es transportada por una banda mecánica para posteriormente ser clasificada, compactada y reciclada.

A continuación, se presenta la tabla de la caracterización de los RSU los cuales se clasificarán en los siguientes grupos: residuos orgánicos, plásticos, papel, metal, vidrio, cartón, PET, tela y lodos de depuradora.

2.8 Caracterización de los residuos sólidos urbanos

Tabla 15-2 Caracterización de residuos sólidos que ingresan a la empresa EMMAIT-EP

Fecha	Residuos orgánicos	Plástico	Papel	Metal	Vidrio	Cartón	PET	Tela	Lodos de depuradora
	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
7/11/2017	145	325	216	750	220	161,875	289,8	210	1125
8/11/2017	280	420	198	420	0	145	276,3	252,2	1230
9/11/2017	376	376	410	540	0	158	279	135	510
10/11/2017	356	596	0	550	0	180	353	128	750
13/11/2017	290	420	260	290	750	370,75	214	252	550
14/11/2017	310	310	320	580	700	392,5	206	0	35
15/11/2017	304	484	92	558	0	404,75	291	0	1370
16/11/2017	167	327	200	360	0	424,625	196	484	1640
17/11/2017	400	520	189	425	0	363,375	197	210	2330
20/11/2017	400	1990	54	360	0	623,125	214	117	465
21/11/2017	190	320	33	290	1210	315	314	246	0
22/11/2017	380	480	528	390	360	104,25	186	140	790
23/11/2017	358	478	411	470	0	153,25	180	246	0
24/11/2017	188	328	107	180	540	188,75	194,4	112,4	1040
27/11/2017	390	540	62	430	0	461,25	176,4	244	1454
28/11/2017	400	500	30	444	0	487,5	374,4	0	2065
29/11/2017	390	490	98	320	650	512,5	180	250	2090
30/11/2017	350	478	250	420	0	398,5	185,4	256	4005
1/12/2017	158	158	95	380	600	482	187,2	125,4	0
4/12/2017	433	553	160	447	0	449,25	203,4	280	33

5/12/2017	450	560	0	320	660	477,75	288	128	0
6/12/2017	340	340	0	453	0	399,625	177,3	256	0
7/12/2017	380	510	71	370	0	381,25	197	260	450
8/12/2017	210	330	0	170	740	428,75	300	258	0
11/12/2017	380	500	85	105	820	340	310	110	565
12/12/2017	350	500	101	690	0	471,25	200	260	0
13/12/2017	390	486	102	250	740	438,75	190	140	430
14/12/2017	410	530	202	573	0	480	210	240	0
15/12/2017	384	494	160	170	700	212,25	340	138	400
18/12/2017	380	470	137	463	0	180	200	240	0
19/12/2017	350	420	163	360	470	197,5	100	260	422
20/12/2017	246	356	90	370	0	208,75	300	220	227
21/12/2017	400	490	178	200	550	216,25	200	270	2360
22/12/2017	390	506	148	501	0	191,25	195	190	3075
3/1/2018	370	480	253	420	0	181,25	176	270	215
4/1/2018	350	428	120	290	800	161,5	113	210	0
5/1/2018	321	321	115	470	0	153,75	138	180	150
8/1/2018	369	457	146	240	550	645,5	173	228	825
9/1/2018	342	452	30	400	260	233,75	186	130	300
10/1/2018	330	430	83	400	0	183,25	162	260	0
11/1/2018	360	460	100	340	550	182	172	250	240
12/1/2018	610	738	118	340	0	185,75	174	128	330
15/1/2018	340	470	138	170	490	230,5	196	260	350
16/1/2018	200	340	15	170	540	37,375	194	260	150
17/1/2018	750	866	23	330	510	40,25	204	170	2065
18/1/2018	530	646	12	330	300	34,25	288	320	0
19/1/2018	400	530	34	260	370	101,25	191	240	1550

22/1/2018	368	456	36	140	220	0	145	120	810
23/1/2018	245	493	87	320	0	0	246	250	400
24/1/2018	543	472	48	240	340	0	250	160	4005
25/1/2018	234	599	58	180	0	0	120	110	1650
26/1/2018	435	445	42	280	750	0	125	240	450
29/1/2018	341	588	134	320	700	0	210	120	0
30/1/2018	358	756	124	400	120	0	220	240	720

PET: (Tereftalato de polietileno)

Realizado por: Alejandra Montaguano,2018

Una vez culminada en proceso de caracterización de los RSU se obtuvo los siguientes resultados propuestos en la siguiente tabla.

Tabla 16-2 Resultados del proceso de caracterización

TOTAL	R.O	Plástico	Papel	Metal	Vidrio	Cartón	PET	Tela	L.D.D
kg/día	341,50	452,46	86,86	283,36	268,57	120,15	167,07	190,21	724,79
Ton/día	0,34	0,45	0,09	0,28	0,27	0,12	0,17	0,19	0,72
%	13	17,2	3,3	10,8	10,2	4,6	6,3	7,2	27,5

R.O: Residuos orgánicos. L.D.D: Lodos de depuradora. PET: Tereftalato de polietileno

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

2.9 Diseño experimental de las pilas de compostaje

La investigación se basó en la elaboración de dos unidades experimentales de compostaje usando lodos de depuradoras de las lavadoras de jeans, residuos orgánicos de plazas y mercados de los cantones Patate y Pelileo y poda proveniente de las actividades de mantenimiento de parques y jardines de dichos cantones.

Los lodos de depuradora fueron tomados del relleno sanitario de la empresa EMMAIT-EP, los residuos de poda fueron recogidos del centro de acopio localizado en el área de compostaje de empresa, la poda contiene kikuyo y ramas de arbustos como; Álamo Blanco y Acacia. Y finalmente los residuos orgánicos fueron recolectados en las distintas plazas y mercados de los cantones Patate y Pelileo.

Los residuos orgánicos y de poda fueron triturados de forma manual hasta obtener un tamaño de partícula ≤ 5 cm, en cambio los lodos de depuradora fueron sometidos a un pre-secado durante 8 días para eliminar el exceso de humedad.



Fotografía 4-2 Recolección de los residuos de poda.
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018



Fotografía 5-2 Pre-secado de los lodos de depuradora.
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

2.9.1 Porcentaje de los materiales iniciales

Las mezclas para el proceso de compostaje fueron determinadas con las siguientes proporciones:

Tabla 17-2 Mezclas de los materiales iniciales

Pilas	Lodos de depuradora (%)	Poda (%)	R.O.P.M (%)	C/N
P1	50	20	30	20,42
P2	50	30	20	20,94

R.O.P. M: Residuos orgánicos de plazas y mercados

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

2.9.2 Sitio para el proceso de compostaje

La empresa EMMAIT-EP dotó un espacio en el área de compostaje para la elaboración del trabajo de investigación, se estableció un área de 80 m² tomando en cuenta las dimensiones de las pilas de compost, el área consta con una cubierta con la finalidad de asegurar que las condiciones climáticas y factores externos influyan en la evolución del proceso.

2.9.3 Análisis preliminar de las muestras para las unidades experimentales de compost

Para los análisis preliminares se realizaron análisis físico-químicos de las muestras representativas del material de partida como de los lodos de depuradora, residuos orgánicos y poda para la elaboración de las pilas de compost. En la siguiente tabla se detalla el método utilizado, el parámetro y la unidad.

Tabla 18-2 Parámetros físico-químicos, químicos y biológicos para los materiales de partida

Análisis iniciales para los lodos de depuradora, residuos orgánicos y poda			
Parámetros		Unidad	Método
Físico-químicos	pH	-	Potenciométrico
	Conductividad eléctrica	dS/m	Potenciométrico
	Humedad	%	EPA Secado a 105 ^o C
Químicos	Materia orgánica	%	Walkley y Black
	Nitrógeno total	%	Kjeldhal
	Capacidad de intercambio catiónico	meq/100g	Cálculo

Elementos potencialmente tóxicos	As, Cr, Cd, Pb, Se, Ni y Hg.	mg/ kg	EPA 1311/EPA 200.7 ICP
Macro y Micro Nutrientes	Ca, Mg, K, Mn, Fe Cu, Zn, Na, P,	mg/ kg	EPA 1311/EPA 200.7 ICP
Aniones solubles	Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , (SO ₄) ²⁻ , (PO ₄) ³⁻	mg/L	Método estándar
Biológico	Índice de germinación	Número de semillas germinadas	-

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

El proceso de compostaje se realizó en el área de compostaje de la empresa, las dos unidades experimentales con un peso de 800 kg cada una tuvieron una codificación de P1 y P2, diferenciándose mediante los porcentajes entre sí, las unidades experimentales presentan dimensiones de 1,5 de largo x 1,5 de ancho y 2 m de alto, con una separación entre ellas de 1 m.



Fotografía 6-2 Pilas de compostaje

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

La temperatura y humedad se midieron a diario. Se realizaron volteos periódicos cada 15 días con riego, siempre y cuando verificando que la humedad de las pilas se mantuviese en un rango de 40-60 %, los volteos se realizaron de manera manual. Se establecieron 6 volteos en las dos unidades experimentales durante todo el proceso de biooxidación el cual duró 151 días.



Fotografía 7-2 Volteo manual de las pilas
 Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

2.9.4 Análisis del proceso de las pilas de compostaje

Se realizaron análisis biológicos, físico-químicos y químicos de las muestras representativas de los volteos realizados durante el proceso. En la siguiente tabla se describe la metodología y parámetro analizado.

Tabla 19-2 Parámetros biológicos, físico-químicos y químicos del proceso de compostaje.

Análisis del proceso de compostaje		
Parámetro	Unidad	Método
pH	-	Potenciométrico
Conductividad Eléctrica	dS/m	Potenciométrico
Capacidad de intercambio catiónico	meq/100g	Cálculo
Materia Orgánica	%	Walkley y Black
Nitrógeno total	%	Kjeldhal
Carbono orgánico total	%	Walkley y Black
Índice de germinación	Número de semillas germinadas	-

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Durante las etapas mesófila y termófila, la humedad y la temperatura de cada pila fue controlada diariamente, se verificó que el porcentaje de humedad permaneciera entre 40 y 60 % para ello se realizó un riego por semana.



Fotografía 8-2 Medición de la temperatura
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018



Fotografía 9-2 Medición de la humedad
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Al finalizar la etapa termófila, se dio inicio a la etapa de maduración, se formaron camas con dimensiones de 1,5 de largo; 1,5 de ancho y 1m de alto y una separación de 1 m entre las dos unidades experimentales para que madure el compost.



Fotografía 10-2 Inicio de la etapa de maduración
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018



Fotografía 11-2 Formación de camas de las pilas
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Luego de haber transcurrido 60 días del tiempo aproximado que dura la etapa de maduración, el proceso de compostaje culminó. Finalmente se realizó el cribado del compost con la ayuda del trómel de la empresa EMMAIT-EP, para luego ser ensacado y codificado.



Fotografía 12-2 Cribado del compost
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

2.9.5 Análisis finales de las unidades experimentales

Se realizaron análisis físico-químicos, químicos y biológicos de la muestra representativa de las dos unidades experimentales. En la siguiente tabla se especifica el parámetro y la metodología utilizada.

Tabla 20-2 Parámetros físico-químicos, químicos y biológicos finales del compostaje.

Análisis finales para el compostaje			
	Parámetros	Unidad	Método
Físico-químicos *	pH	-	Potenciométrico
	Conductividad eléctrica	dS/m	Potenciométrico
	Humedad	%	EPA secado a 105°C
Químicos	Materia orgánica*	%	Walkley y Black
	Nitrógeno total*	%	Kjeldhal
	Capacidad de intercambio catiónico *	meq/100g	Cálculo
Elementos potencialmente tóxicos *	As, Se, Ni, Cr, Cd, Pb y Hg.	mg/ kg	EPA1311/EPA 200.7 ICP
Macro y Micro Nutrientes *	Ca, Mg, K, Mn, Fe Cu, Zn, Na, P.	mg/ kg	EPA1311/EPA 200.7 ICP
Aniones solubles*	Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , (SO ₄) ²⁻ , (PO ₄) ³⁻	mg/L	Método estándar
Biológico *	Índice de germinación	Número de semillas germinadas	-

*: Análisis realizados en los laboratorios de la Facultad de Ciencias

*: Análisis realizados en los laboratorios del CESTTA

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

A continuación, se describen las técnicas utilizadas para los parámetros: humedad, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, carbono orgánico total, aniones

(Cloruros, Nitratos, Sulfatos y Fosfatos), metales pesados, macro y micronutrientes e índice de germinación, para los análisis de seguimiento del proceso.

Determinación de la humedad

Materiales

- Bandejas de aluminio
- Libreta de apuntes
- Marcador permanente
- Guantes

Equipos

- Balanza electrónica
- Estufa

Procedimiento

- Se colocó las muestras de lodos de depuradora, residuos orgánicos y poda, con un peso de 1000 g en las bandejas de aluminio rotuladas.
- Se llevó a la estufa a una temperatura de 65 °C, se fijaron tiempos de control en un rango de 2 horas por los 3 primeros días, en el cuarto día se determinó un periodo de control de 4 horas debido a que el peso en seco de la muestra empezó a estabilizarse.
- El proceso de determinación del porcentaje de humedad finalizó en el quinto día, obteniendo una estabilización del peso en cada muestra.

Cálculo

Fórmula para la determinación del % de humedad:

$$\% H = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Dónde:

%H= Porcentaje de humedad

P_i = Masa inicial de la muestra en gramos.

P_f = Masa final de la muestra en gramos.

Lodos de depuradora:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{1166g - 524g}{1166g} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 55.06\%$$

Poda:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{1200g - 1062g}{1200g} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 11.5\%$$

Residuos orgánicos de plazas y mercados:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{1240g - 912g}{1240g} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 26,45\%$$

Determinación de pH

Materiales

- Probeta de 50 mL
- Tubos falcón de 50 mL
- Papel aluminio
- Agua destilada
- Toallas de cocina
- Rotulador
- Canastilla
- Espátula

Equipos

- Balanza analítica
- Agitador rotatorio

- pH-metro

Procedimiento

- Pesar 3 0 4 g de muestra en un tubo falcón.
- Añadir 30 o 40 mL de agua destilada en una proporción 1:10
- Colocar en el agitador rotatorio por 2 horas.
- Retirar del agitador, dejar sedimentar y medir directamente en el líquido sobrenadante.

Determinación de la conductividad eléctrica (CE)

Materiales

- Tubos falcón de 50 mL
- Probeta de 50 mL
- Toallas de cocina
- Marcador permanente
- Papel aluminio
- Espátula
- Papel filtro
- Vaso de precipitación de 150 mL

Equipos

- Balanza analítica
- Agitador rotatorio
- Centrifuga
- Conductímetro calibrado

Procedimiento

- Pesar 3 o 4 g de muestra en el área de pesaje del laboratorio.
- Colocar cada muestra en el tubo falcón codificado.
- Añadir 30 o 40 mL de agua destilada en una proporción 1:10 en el tubo falcón.
- Posteriormente colocar en el agitador rotatorio por 120 minutos.
- Centrifugar por 4 minutos a 1000 rpm.

- Filtrar la muestra.
- Finalmente medir la conductividad.

Determinación del porcentaje de materia orgánica por el método WALKLE Y BLACK

Materiales

- Matraz Erlenmeyer de 500 mL.
- Bureta de 25 mL
- Probeta de 50 mL
- Pera de succión
- Pipeta volumétrica de 10 mL
- Vasos de precipitación de 50 mL
- Toallas de cocina
- Rotulador
- Papel aluminio
- Espátula

Equipos

- Equipo de titulación
- Agitador rotatorio
- Balanza analítica

Reactivos

- Dicromato de potasio
- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido fosfórico concentrado
- Fluoruro de sodio
- Sulfato ferroso amoniacal
- Indicador ferroína
- Sulfato de plata

Procedimiento

Homogenización de la muestra

- Se pesa 0,05 g de muestra y se coloca en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, añadir 100 mL de agua destilada se cubre con papel aluminio y se rotula el matraz.
- El matraz con la muestra se coloca en el shaker durante 4 horas a temperatura ambiente a 120 rpm.

Procedimiento para la titulación

- Colocar la muestra homogenizada en un matraz Erlenmeyer de 500 mL
- Adicionar 10 mL de dicromato de potasio y agitar por 1 minuto
- Añadir 20 mL de ácido sulfúrico agitar por un minuto y dejamos reposar por 30 minutos hasta que se haya enfriado.
- Colocar 0,25 g de sulfato de plata por la presencia de cloruros en la muestra
- Adicionar 200 mL de agua destilada y agitar
- Añadir 10 mL de ácido fosfórico, 0,1 g de fluoruro de sodio y 1 mL de indicador ferroína y agitar por un minuto.
- Titular con sulfato ferroso amoniacal encontrando el volumen (mL) cuando se observa un cambio de coloración en la muestra.

Nota: Se realiza una prueba en blanco con los reactivos al 50 % de la proporción anterior y sin muestra, únicamente con agua destilada. Para la titulación con sulfato ferroso.

Cálculo

De acuerdo a la siguiente a la fórmula se determina el % de MO:

$$\% \text{ M. O.} = 10 \left(1 - \frac{M}{B} \right) \times 13,4$$

Dónde:

M = mL de sulfato ferroso consumidos en la muestra de análisis

B = mL de sulfato ferroso consumidos en el blanco

El valor 13,4 se calcula con la siguiente fórmula:

$$(1,0N) \times \frac{12}{4000} \times \frac{1,72}{0,77} \times \frac{100}{0,05} = 13,4$$

Donde:

1,0 = Es la normalidad del dicromato de potasio

0,05 = Peso de muestra

1,72 = Factor de transformación de carbón en materia orgánica

0,77 = Factor de recuperación del 77% determinado por Walkey

12/4000 = Peso mili equivalente del carbono

Ejemplo

P1-02

M = 8,1 mL

B = 9,6 mL

$$\% \text{ M. O.} = 10 \left(1 - \frac{8,1}{9,6} \right) \times 13,4$$

$$\% \text{ M. O.} = 1,95$$

Determinación de Carbono orgánico total

El % de carbono orgánico total se determina con la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Corg.} = \left(\frac{\% \text{ MO}}{1,72} \right)$$

$$\% \text{ Corg.} = \left(\frac{1,95}{1,72} \right)$$

$$\% \text{ Corg.} = 1,13$$

Dónde:

1,72 = factor para la transformación de carbono orgánico en materia orgánica

%MO= porcentaje de materia orgánica

Determinación de Aniones (Cloruros, Sulfatos, Nitratos y Fosfatos)

Materiales

- Matraz Erlenmeyer de 150 y 250 mL.
- Pera de succión
- Vaso de precipitación de 50 mL
- Toallas de cocina
- Marcador permanente
- Pipeta volumétrica de 10 mL
- Pipeta volumétrica de 25 mL

Equipos

- Fotómetro
- Equipo de titulación
- Agitador

Procedimiento

Pesar 0,05 gramos de muestra en un matraz de 250 mL, añadir 100 mL de agua destilada, sellar la muestra con papel aluminio y rotular. Colocar en el agitador por 4 horas para homogenizar la muestra.

Terminado el proceso de homogenización colocar 10 mL de la muestra en un vaso para muestras de orina mezclar con el kit respectivo para nitratos (NITRAVER), sulfatos (SULFAVER). Para los fosfatos realizamos el mismo procedimiento únicamente utilizando un tubo de ensayo y mezclar con el kit (FOSVER). Para los nitratos y sulfatos agitar por 1 minuto y dejar en reposo 5 minutos, para los fosfatos agitar por un minuto y dejar 2 minutos en reposo.

Al finalizar el tiempo de reposo colocar 10 mL de solución en la cubeta cuadrada del fotómetro para iniciar el proceso de lectura, el resultado dictará el contenido de cada anión en mg/L.

Determinación de cloruros

Procedimiento

- Con una pipeta volumétrica colocar 25 mL de la muestra homogenizada en un matraz,
- Añadir 6 gotas K_2CrO_4 y agitar,
- Titular con la solución 0,01N de $AgNO_3$.

- Anotar el volumen con el que se tituló la muestra cuando este cambio de color amarillo a un ladrillo.

Determinación de nitrógeno total

Materiales

- Papel aluminio
- Espátula
- Trozos de vidrio
- Erlenmeyer de 500mL
- Pinza
- Pipeta volumétrica

Equipos

- Balanza analítica
- Equipo de digestión
- Equipo de titulación

Procedimiento

Pesar de 1 a 2 gramos de la muestra y colocar en tubos de digestión, añadir 0.5 g de Cu_2SO_4 y 7 gramos de K_2SO_4 , agregar los trozos de vidrio en los tubos y colocar en el equipo de digestión, dejar reposar toda la noche.

En un erlenmeyer de 500 mL agregar 50 mL de H_2SO_4 , colocar 8 gotas de indicador rojo de metilo, preparar el equipo de destilación, colocar los tubos de digestión en el equipo, insertar el balón erlenmeyer y cerrar el equipo.

Programar el equipo, bajar el NaOH hasta que la muestra del tubo de digestión tome una coloración oscura. Con una pinza arrojar el contenido del tubo de digestión, retiramos el erlenmeyer y proceder a titular con NaOH.

Anotar los mL de NaOH consumido para posteriormente realizar los cálculos.

Cálculo

El nitrógeno total se determina con la siguiente fórmula:

$$\%N_T = \left(\frac{mL H_2SO_4 \times N_1 - mL NaOH \times N_2}{Peso muestra \times 14007} \right)$$

Donde:

mL H₂SO₄ = mL H₂SO₄ utilizado

N₁ H₂SO₄ = Normalidad de H₂SO₄

mL NaOH = mL NaOH utilizado

N₂ NaOH = Normalidad de NaOH

Ejemplo:

P1-01

$$\%N_T = \left(\frac{mL H_2SO_4 \times N_1 - mL NaOH \times N_2}{Peso muestra \times 1,4007} \right)$$

$$\%N_T = \left(\frac{50 mL H_2SO_4 \times 0,2003 N H_2SO_4 - 43,5 mL NaOH \times 0,2049 N NaOH}{1,6382g \times 1,4007} \right)$$

$$\%N_T = 0,94$$

Determinación del índice de germinación

Materiales

- 40 cajas petri por muestra
- Semillas de rábano frescas
- Agua destilada
- Alcohol al 50%
- Dos frascos margarita
- Papel filtro de 0,45 micras
- Marcador permanente
- Cinta masking
- Esfero
- Papel aluminio
- Toallas de cocina
- Tijera
- Libreta de apuntes
- Canastilla
- Vasos de precipitación de 150 mL
- Probeta de 50 mL
- Espátula

- Pinza
- Kitasato
- Embudo buchner

Equipos

- Bomba de vacío
- Balanza analítica
- Refrigerador
- Pie de rey
- Incubadora

Procedimiento

En el frasco margarita colocar 10 gramos de muestra, añadir 15 mL de agua destilada agitar por 1 minuto y dejar reposar por 30 minutos más.

Adicionar 67,5 mL de agua destilada y agitar la muestra.

Filtrar la muestra utilizando papel filtro de 0,45 micras con la bomba de vacío.

Con una pipeta volumétrica adicionar 3 mL de la muestra en la caja petri que contiene 8 semillas de rábano dispersadas por toda el área de la misma.

Por cada muestra se trabajó con 40 cajas petri, adicional se preparó un blanco con el mismo procedimiento anterior únicamente utilizando agua destilada.

Envolver con papel aluminio paquetes de 5 cajas sellar con cinta y etiquetar, ingresar en la incubadora pre calentada por 30 minutos a 27,5 °C y dejar las muestras por 48 horas.

Transcurrido el tiempo de incubación retirar las cajas y adicionar 1mL de alcohol al 50 % para inhibir el crecimiento de la raíz del rábano, finalmente colocar por 10 minutos en refrigeración y medir la longitud de la raíz con el pie de rey.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Cuantificación de los RSU depositados en la empresa EMMAIT-EP

Los residuos sólidos urbanos generados en los cantones Patate y Pelileo, se los clasificarán en nueve grupos: residuos orgánicos, plásticos, papel, metal, vidrio, cartón, PET, tela y lodos de depuradora. Y su destino final es el relleno sanitario de la empresa EMMAIT-EP ubicado en el cantón Pelileo.

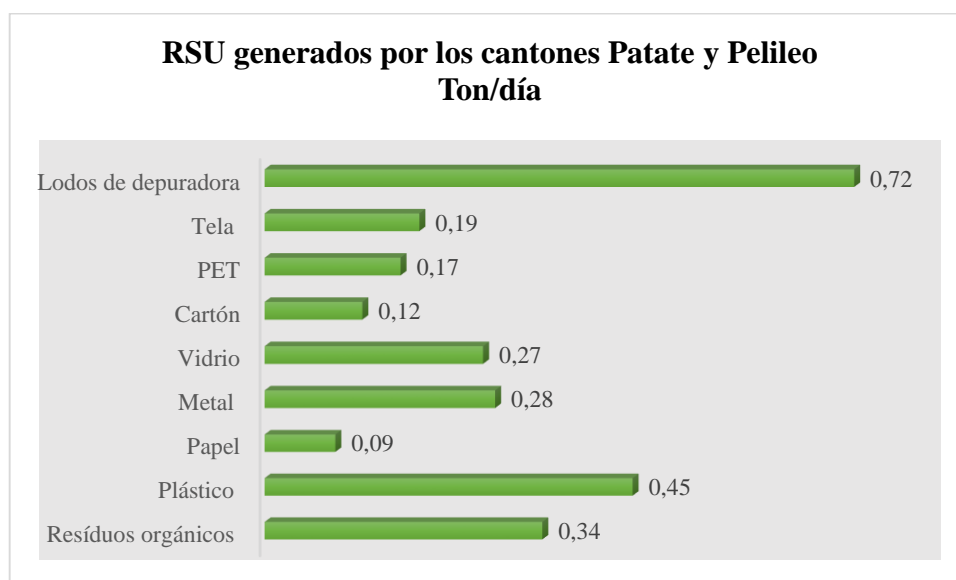


Gráfico 1-3 Tipos de RSU generados por los cantones Patate y Pelileo
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Los lodos de depuradora son los que se generan en mayor cantidad, con un promedio de 0,72 Ton/día. El 90% de estos residuos son destinados al relleno sanitario ya que no se les da ningún tipo de tratamiento y el 10 % restante son depositados en botaderos clandestinos.

El segundo residuo que más se genera en estos cantones son los plásticos con una cantidad de 0,45 Ton/día, este residuo es clasificado y empacado para posteriormente ser vendido a empresas recicladoras de la zona.

El total de residuos orgánicos generados es de 0,34 Ton/día, los cuales provienen principalmente de los hogares, instituciones educativas, restaurantes y del barrido de las plazas y mercados de los

dos cantones. Los ROPM son aprovechados en un 80 % como materia prima para la elaboración del compostaje.

Los metales están presentes con un promedio de 0,28 Ton/día y corresponden a desechos de materiales de construcción y envases de aluminio de bebidas.

Entre los residuos sólidos urbanos, como el cartón, el papel y el vidrio representan cantidades de 0,12 - 0,09 - 0,27 Ton/día respectivamente. En el caso del papel y el cartón estos residuos son clasificados y empacados para posteriormente ser vendidos a empresas recicladoras. En cambio, el vidrio es sometido a un proceso de trituración y empacado para ser vendido a una empresa gestora.

3.1 Análisis de los materiales de partida

Tabla 1-3: Análisis químicos y físico – químicos de los materiales de partida.

Análisis físico – químicos			
Tipo de Residuo	Lodos de depuradora	Residuos orgánicos	Poda
pH	7,13	8,48	7,04
CE (dS/m)	2,63	6,62	1,42
Humedad (%)	55,06	25,83	19,50
Análisis químicos			
% MO	1,11	33,43	33,83
Corg / N _T	13,72	20,28	23,13
% Nitrógeno total	0,58	2,03	2,15
% Carbono orgánico	7,96	41,16	49,73
CIC (meq/100g)	0,78	0,84	0,72

MO: materia orgánica; Corg: carbono orgánico; CE: conductividad eléctrica; CIC: capacidad de intercambio catiónico; N_T: nitrógeno total.

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

En la tabla 1-3 se denota los parámetros de partida cuyos valores de pH se encuentran en rango óptimo de 6,8-8,5 y la conductividad eléctrica de 1-10 estos valores fueron similares en otras investigaciones donde se realizó compostaje con lodos de depuradora y residuos orgánicos (Vico López, 2015); (Torres y col., 2015).

La humedad en los materiales iniciales fue mayor para los lodos de depuradora la cual es semejante a otros estudios realizados con mezclas de lodos residuales y residuos vegetales de café y de jardinería (Ramírez y col., 2016); (Pérez, 2016). Los lodos de depuradora presentan un alto contenido en líquido (mayor del 80% - 90%), debido al tratamiento que recibe en las plantas depuradoras, los lodos concentran la mayor cantidad de sustancias que poseen las aguas residuales.

En la tabla 1-3 también se muestra la caracterización química de los parámetros que se realizaron a los materiales iniciales, como el % MO, % C_{org}, %N_T, CIC (meq/100g) y la relación C/N fundamental para dar inicio al proceso de compostaje. La relación C/N posee un rango aceptable (20-30) para residuos y lodos residuales industriales a compostar.

3.2 Análisis del proceso

3.2.1 Evolución de la temperatura en las unidades experimentales

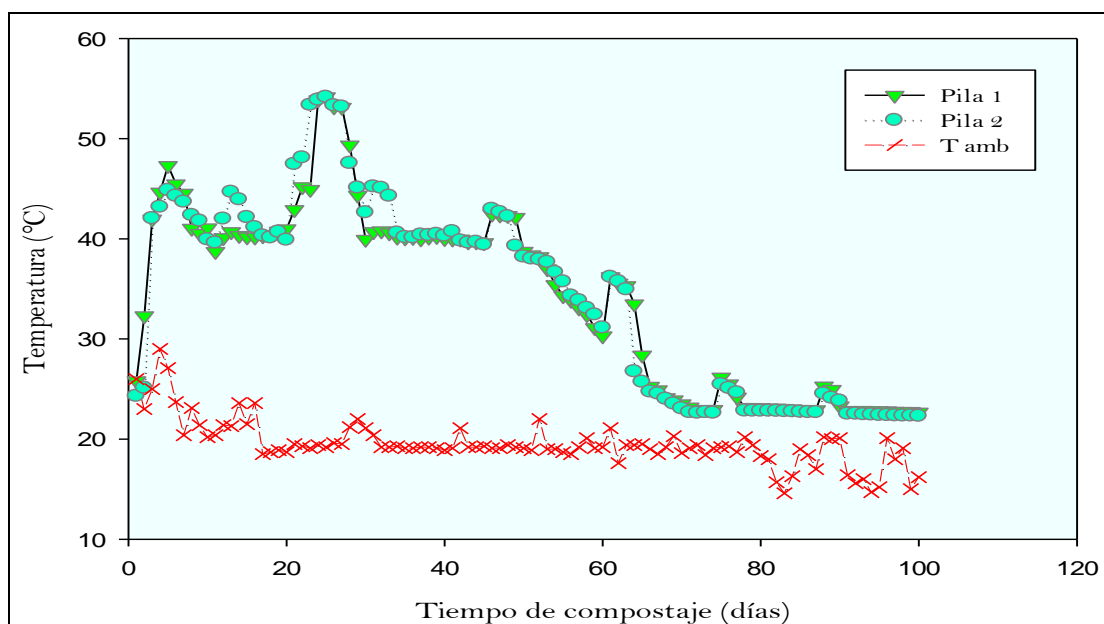


Gráfico 2-3 Evolución de la temperatura de las pilas durante el proceso de compostaje.

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

La duración de la fase biooxidativa en las pilas 1 y 2 fue de 151 días, esta fase se consideró terminada cuando se observó un progresivo descenso de la temperatura promedio de las pilas por debajo de los 20°C y muy próxima a los valores promedios de la temperatura ambiente.

Según podemos observar en el gráfico, la fase termófila ($T > 40^{\circ}\text{C}$) en la Pila 1 y 2 aumentó rápidamente durante los primeros días de compostaje por la actividad microbiana, durando aproximadamente 40 días en esta fase. Esta información nos conduce a afirmar que la fase termófila se llevó a cabo correctamente en las dos pilas, pero cabe destacar que existieron pequeñas variaciones después de realizar los volteos, como consecuencia de una mayor oxigenación y homogenización de la mezcla, esto también fue observado en trabajos similares como en el compostaje de lodos de depuración de aguas residuales urbanas y tronco de palmera (Navarrón, 2016); y compostaje de residuos orgánicos de plazas de mercado, cachaza y lodos de depuradora (Torres Lozada y col., 2005).

En ambas pilas la temperatura se mantuvo en 55°C en un periodo de 15 días durante el proceso de compostaje. Este periodo de permanencia de temperaturas altas es el mínimo establecido como requerimiento europeo para la higienización del compost (European Commission, 2014).

En las pilas 1 y 2 no se consiguieron temperaturas por encima de 55°C durante el proceso de compostaje. Según (Vico López, 2015) esto es debido al volteo realizado, ya que las pilas tienen una mayor proporción de lodos (50%) respecto a los residuos orgánicos y de poda; por lo tanto, su porosidad e intercambio de gases es menor.

(Silva y col., 2010) menciona en su trabajo de recuperación de nutrientes de lodos residuales a través del compostaje; que los lodos no alcanzan temperaturas $>55^{\circ}\text{C}$ debido a que poseen tamaño de partículas grandes y estos promueven menor transferencia de oxígeno lo que disminuye la actividad microbiana. También menciona que el compostaje individual de biosólidos municipales e industriales como en nuestro caso con lodos de lavadoras de jeans, se dificulta debido a que estos llegan a contenidos de humedad del 70 a 80% y la presencia de tal cantidad de agua da como resultado en una disminución de la temperatura en el proceso de compostaje y tendencia a compactarse.

3.2.2 Pérdida de materia orgánica en las pilas

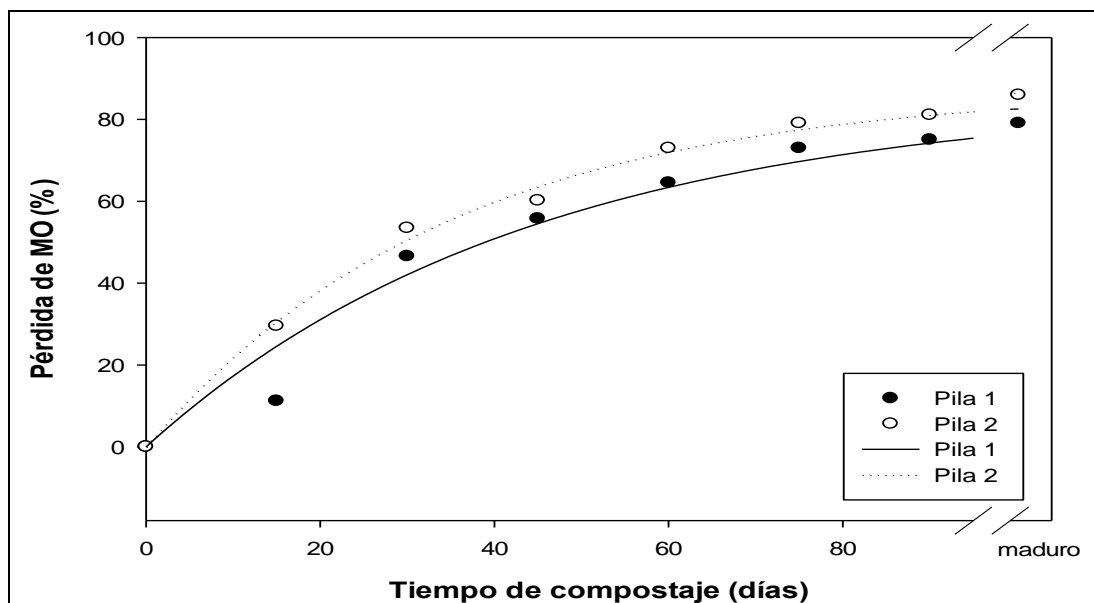


Gráfico 3-3 Evolución de las pérdidas de materia orgánica (MO) durante el compostaje.
Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

Las pérdidas de materia orgánica reflejan la evolución sufrida por la mezcla de residuos. Los valores promedios de MO fueron similares en las dos pilas. En Ambas pilas, la MO disminuyó durante el proceso, mostrando la mineralización de la MO. El mayor descenso en las concentraciones de la MO se observó al inicio de la fase termófila debido a las altas temperaturas y a la máxima actividad microbiana. La más baja pérdida de MO fue durante la fase de maduración, mostrando una relativa estabilidad del compost; este suceso también fue observado en trabajos similares de compostaje de lodos de depuradora con residuos de poda y cachaza (Torres Lozada y col., 2005).

El porcentaje de pérdida de MO en la pila 1 fue disminuyendo en las fases del compostaje de 20,47% al inicio del compostaje a 5,11% al final, en la pila 2 de 21,87% al inicio del proceso, a 3,72% en fase final del compost los cuales están representados en la tabla (3-3). El proceso de pérdida de MO fue evidenciado por otros autores en investigaciones similares: Manejo de lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales, aplicando un bioactivador natural para elaborar compost, en el cantón Cascales, provincia de Sucumbíos (Velasco Robles , 2016) y Análisis e implementación de un proceso de compostaje para la valorización de lodos provenientes de plantas de tratamiento de agua residual industrial (Ramírez & Gallego , 2016).

(Moreno Casco y col., 2008) manifiesta que, durante el proceso de compostaje con los lodos de depuradora, ocurre un proceso gradual de oscurecimiento del material como resultado de la

estabilización de la materia orgánica. En nuestro caso se observó que los lodos fueron cambiando a color “tierra oscura” y olor aceptable a medida que las bacterias digieran la materia orgánica en el lodo.

3.2.3 Ecuación cinética para el cálculo de la pérdida de materia orgánica

$$\text{Pérdida de materia orgánica (MO)} = A (1 - e^{-kt})$$

Donde:

A= máxima degradación de materia orgánica (%).

t= tiempo de compostaje (días)

k= constante de la velocidad de degradación (días⁻¹)

La ecuación descrita fue empleada también por (Bernal y col.,1996) y (Paredes y col., 2001), en un estudio realizado sobre el compostaje de bagazo de sorgo dulce y el co-compostaje de alpechín con residuos agroindustriales y urbanos. Los valores de estos parámetros para la curva ajustada a los datos experimentales obtenidos y sus errores estándar, así como los valores de R² ajustado, F y el error estándar de estimación, en la mezcla de esta investigación se muestran en la tabla 2-3.

Tabla 2-3 Ajuste de curvas en las pilas de compostaje

Pila	A	K	R ² _{ajustado}	F	SEE
1	85,3394	0,0226	0,9581	160,8700***	6,1231
2	87,6939	0,0288	0,9953	1489,5513***	2,0330

k: constante de velocidad; A: máxima degradación de materia orgánica; SEE: error de estimación estándar; R²adj: coeficiente de estimación ajustado.

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

El ajuste de los datos experimentales a la ecuación cinética de primer orden fue óptimo teniendo en cuenta la significación de F, valor de R² ajustada y el bajo valor del error estándar de la estimación, siendo este ajuste mejor en el caso de la pila 2, debido a su mayor valor de F y su menor error estándar de la estimación, en comparación con la pila 1. La pila 2 tuvo la máxima degradación de materia orgánica (A: 87,6939), en comparación con la pila 1 que fue la que presentó los menores valores de degradación de materia orgánica y de velocidad de degradación de esta materia orgánica. Según (Vico López, 2015) este hecho pudo deberse a una reducción de la actividad de los microorganismos involucrados en el proceso de compostaje. Para las dos pilas el nivel de significancia fue de P< 0,001.

Tabla 3-3 Evolución de los principales parámetros durante el compostaje

Tiempo (Días)	pH	EC (dS/m)	OM (%)	C _{org} /N _T	N _T	CIC (mEq/100g)	IG (%)
Pila 1: 50% de Lodos de jeans, 20% Poda y 30% RO							
0	7,28	5,99	20,47	20,42	1,24	53	69
15	9,06	10,42	18,61	19,39	1,21	33	45
30	10,39	2,69	12,09	15,80	1,15	18	44
45	8,87	3,98	10,23	14,77	0,97	20	46
60	8,31	1,89	8,37	13,75	0,92	30	35
75	9,16	3,16	6,51	12,72	0,98	50	38
90	8,83	1,96	6,04	12,46	1,06	50	54
151	8,43	1,98	5,11	11,95	0,62	53	55
LSD	0,04	0,12	1,56	1,11	0,07	0,08	0,08
Pila 2: 50% de Lodos de jeans, 30% Poda y 20% RO							
0	7,47	5,90	21,87	20,94	1,32	51	67
15	8,76	8,67	18,14	18,26	1,42	24	56
30	10,37	3,47	11,16	13,96	1,66	22	40
45	8,66	3,52	9,30	13,13	1,68	23	39
60	8,69	0,85	7,44	12,27	1,72	42	36
75	9,30	2,20	5,11	11,21	1,81	58	45
90	9,04	2,26	5,11	11,15	1,87	62	64
151	8,82	2,47	3,72	11,07	1,60	68	66
LSD	0,06	0,26	1,70	0,88	0,07	0,06	0,08

LSD: diferencia menos significativa P<0.05

MO: materia orgánica; C_{org}: carbono orgánico; CE: conductividad eléctrica; N_T: nitrógeno total; CIC: capacidad de intercambio catiónico; RO: Residuos orgánicos ; IG: índice de germinación

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

La existencia de diferencias significativas en el proceso de la experimentación entre los parámetros en estudio se calculó mediante un análisis de varianza (ANOVA) para las dos pilas P1: 50% LODOS + 20% PODA + 30% ROPM, P2: 50% LODOS + 20% ROPM + 30% PODA. Los resultados de los parámetros en estudio durante el compostaje se corroboraron al realizar la

prueba de Tukey, por ser apta para la comparación de tratamientos múltiples, utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ (95%). Para este análisis se usó el programa IBM SPSS Statistics.

Los valores iniciales del pH en las pilas 1 y 2 son 7,28 y 7,47 respectivamente (Tabla 3-3). Estos valores iniciales estuvieron dentro del intervalo de valores de pH adecuado ($\text{pH} = 6-9$) para el desarrollo de las bacterias y hongos que degradan la materia orgánica durante el proceso de compostaje (Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje, 2008). Este parámetro se mantuvo constante al inicio del proceso de compostaje en las pilas 1 y 2. Se observó un incremento del pH en la etapa termófila en ambas pilas. La degradación de compuestos de carácter ácido tales como grupos fenólicos y carboxílicos y la mineralización de proteínas, aminoácidos y péptidos a amoníaco están relacionados por los incrementos del pH (Paredes y col., 2001).

Los valores de pH evaluados al final del proceso de compostaje se encontraron en un rango de (8,43 – 8,82), el pH final de los compost estuvo por encima del intervalo de valores (6 -7,5) sugerido para el uso agrícola de los compost de acuerdo a las directrices de la (EPA, 2001); (European Commission, 2014).

Los valores de la CE 5,99 dS/m y 5,90 dS/m para los dos compost, disminuyeron significativamente durante el compostaje a 1,98 dS/m y 2,47 dS/m, esto se debe a la lixiviación de sales a causa del riego y por el alto contenido de humedad de los lodos utilizados. Los valores de conductividad eléctrica estuvieron dentro de los valores recomendados en las directrices USA sobre el empleo de compost ($\text{EC} < 5$ dS/m; US Composting Council, 2001). Lo que amerita el empleo de estos compost en suelos salinos o en cultivos con alta tolerancia a la salinidad (Vico López, 2015).

En la tabla 3-3 se muestra la relación $C_{\text{org}}/N_{\text{T}}$ de las mezclas estudiadas durante el proceso de compostaje. La relación $C_{\text{org}}/N_{\text{T}}$ es importante para que el proceso de compostaje se desarrolle de forma adecuada, se considera la relación C/N entre (25-35) como el intervalo óptimo para el desarrollo del proceso (Bernal y col., 2009). En las pilas estudiadas los valores iniciales de la relación $C_{\text{org}}/N_{\text{T}}$ estuvieron por debajo de los valores óptimos, debido a que la prioridad en estas pilas fue compostar la mayor cantidad posible de lodo de depuradora. De este modo, los valores iniciales de este parámetro estuvieron por debajo de 25, siendo menor el valor de la relación $C_{\text{org}}/N_{\text{T}}$ en la pila 1.

En las dos pilas, la relación $C_{\text{org}}/N_{\text{T}}$ sufrió una disminución significativa al inicio del proceso de compostaje. Esta disminución está relacionada con la degradación de los compuestos orgánicos carbonados y el aumento del nitrógeno total. Después de la etapa inicial, la relación $C_{\text{org}}/N_{\text{T}}$ siguió

disminuyendo de forma progresiva hasta el final del proceso de compostaje. En razón al resultado final del proceso de compostaje cabe recalcar que, un compost se considera maduro cuando los valores de la relación C_{org}/N_T son < 12 según (Bernal y col., 2009). En este trabajo, se evidenció que los dos compost alcanzaron un grado de madurez óptimo según este parámetro, ya que los valores de la relación C_{org}/N_T fueron < 12 (relación $C_{org}/N_T = 11,95; 11,07$ para los compost 1 y 2 respectivamente).

En la tabla 3-3 muestra la evolución del nitrógeno total durante el compostaje de las pilas estudiadas. La evolución general de este parámetro en la pila 2 fue de aumento a lo largo del proceso de compostaje. Este aumento, se puede atribuir al efecto concentración debido a la mineralización de la materia orgánica producida durante la biodegradación. Este hecho también ha sido observado por otros autores en diferentes experimentos de compostaje tanto de residuos vegetales con estiércoles y con lodos de depuradora (Paredes y col., 2001; Vico López, 2015). En cambio en la pila 1 el N_T disminuyó de 1,24 a 0,62 esto significa que las pérdidas de N_T estuvieron por encima del valor usualmente observado durante el compostaje (50%) este acontecimiento también ha sido evidenciado y analizado por (Gavilanes y col., 2015).

La CIC de los compost finales que se muestra en la tabla 4-3 evidencio un buen grado de madurez en el compost obtenido de la pila 2 (68 meq/100g), ya que estuvo por encima del valor límite establecido para compost maduros (CIC > 67 meq/100g MO) estudiado por (Jiménez & Pérez, 1992) , mientras que la CIC del compost final de la pila 1 (53 meq/100g) se encuentra por debajo del rango establecido.

También es de destacar que los valores de índice de germinación de los compost finales (tabla 4 -3) fueron superiores al 50%, por lo tanto, no presentan efectos fitotóxicos, el valor mínimo establecido en bibliografía (IG $> 50\%$) menciona que un compost está maduro y que no va a causar daños sobre las plantas una vez que se les aplique como fertilizante (Zucconi & Bertoldi, 1987).

3.3 Análisis de las pilas de compostaje en su etapa final

Tabla 4-3 Concentración de metales pesados y nutrientes para los compost maduros

	Compost 1	Compost 2	Criterios ecológicos (2006)	US Composting Council, 2001	European Commission, 2014
OM %	23,02	26,24	> 20	50-60	> 15

Metales Pesados (mg/kg)					
Cr	<50	<50	100	1200	100
Cd	<0,25	<0,25	1	39	1,5
Pb	<10	<10	100	300	120
As	<10	<10	10	41	-
Se	<0,5	<0,5	1,5	100	-
Ni	<10	<10	50	420	50
Hg	<0,05	<0,05	1	17	1
Macronutrientes (g/kg)					
N _T	0,62	0,60	<30	≥ 10	-
Na	5,235	3,832	-	-	-
P	1,024	0,868	-	≥ 10	-
K	3,706	4,312	-	-	-
Ca	4,754	5,378	-	-	-
Mg	2,045	2,265	-	-	-
Micronutrientes (mg/kg)					
Fe	407,79	381,10	-	-	-
Cu	<10	<10	100	1500	200
Mn	154,20	139,38	-	-	-
Zn	<50	<50	300	2800	600

Realizado por: Alejandra Montaguano, 2018

En razón a las características principales de los compost obtenidos que muestra la (Tabla 5-3) , los porcentajes de materia orgánica de ambos compost fueron superiores a los límites establecidos por los criterios ecológicos europeos (OM>20) para enmiendas orgánicas del suelo (Ecological criteria , 2006) y por las directrices europeas (OM>15) para compost de diferentes orígenes (European Commission, 2014). Además, hay que tomar en cuenta, que los contenidos finales de OM de ambos compost estuvieron por debajo de los valores establecidos por las directrices de EE.UU. (OM= 50-60 %) para compost con residuos sólidos urbanos (EPA, 2001).

En el compost 1 las concentraciones de macronutrientes (N_T, Na, P y K) fueron superiores que el compost 2. El contenido de Na fue mayor en el compost 1 (5,23 g/kg) en comparación con el otro compost obtenido, según (Vico López, 2015) esta concentración de Na no es excesivamente alta para producir efectos fitotóxicos en este compost. Ambos compost tuvieron contenidos de N_T por

debajo de los parámetros máximos establecidos por los criterios europeos ecológicos para enmiendas de suelo ($N_T < 30$).

En los dos compost la concentración de otros macronutrientes, como P, K, Ca y Mg se encontraron dentro del intervalo de valores encontrados en otros materiales frecuentemente empleados como enmiendas orgánicas, tales como los compost de residuos sólidos urbanos, compost de residuos de poda, compost de estiércoles y con lodos residuales (Farrell & Jones, 2009).

Los micronutrientes como el Cu y el Zn se encontraron bajo el rango establecido por (EPA, 2001) y la (European Commission, 2014). Mientras que el Fe y Mn tuvieron valores altos los cuales se encontraron dentro del rango de valores encontrados por otros autores que realizaron compost con lodos residuales (Ramírez & Gallego, 2016); (Hospido y col., 2005).

Pueden existir componentes tóxicos en los lodos residuales como metales pesados que pueden alterar las poblaciones naturales de microorganismos del suelo, disminuyendo la biomasa total y aumentando la presencia de organismos resistentes y tolerantes (Nadal y col., 2015). El contenido de metales pesados de los compost finales estuvo por debajo del límite permitido en compost tanto en las directrices europeas como americanas (EPA, 2001; Ecological criteria, 2006; European Commission, 2014).

CONCLUSIONES:

- Se realizó la caracterización de los lodos de depuradoras procedentes de las lavadoras de jeans, residuos de poda y los residuos sólidos orgánicos de plazas y mercados, donde se determinó una producción per-cápita de lodos del 27,5 % (0,72 Ton/día), siendo los inicios de semana los días que mayor cantidad de lodos ingresan a la empresa EMMAIT-EP. Al realizar los análisis iniciales (físico-químicos y químicos) de los materiales de partida (LODOS, PODA Y ROPM) se evidenció una adecuada relación C_{org}/N_T para cada una de las unidades experimentales, lo que aseguró la viabilidad de la técnica de compostaje.
- Se elaboró las pilas de compostaje P1 y P2, en el área de compostaje de la empresa EMMAIT-EP, siendo la relación C_{org}/N_T : 20,42 y 20,94 respectivamente. Las composiciones de los experimentos fueron las siguientes: Lodos de depuradora (50%) + Poda (20%) + Residuos orgánicos de plazas y mercados (30%) para la pila 1; Lodos de depuradora (50%) + Poda (30%) + Residuos orgánicos de plazas y mercados (20%) para la pila 2.
- Se valoró la calidad de los dos compost de acuerdo a los criterios de calidad y cumpliendo con los requerimientos de las directrices Americanas y Europeas, evidenciándose que el co-compostaje de lodos de depuradora con poda y residuos vegetales en pila móvil constituye un método eficiente para el reciclado de estos residuos y para la obtención de compost con características adecuadas para su uso agrícola, siendo la mezcla con la mayor proporción de lodo y poda (50% lodo de depuradora + 30% poda + 20 residuos orgánicos de plazas y mercados), la que produjo un compost con mayor calidad agronómica, respecto a todos los parámetros estudiados.

RECOMENDACIONES:

- El co-compostaje con lodos de depuradora provenientes de las lavadoras de jeans se caracterizan por un alto contenido de humedad, como medida de control se recomienda incrementar los días del pre-secado (15 días) para garantizar una mejor aireación y mineralización de la materia orgánica en las pilas de compostaje.
- Los lodos de depuradora poseen un olor fuerte lo cual atrae vectores (ratas y moscas) al área de compostaje de la empresa, para el control de estos se recomienda implementar un proceso de oxigenación y volteos más frecuentes para las pilas de compostaje.
- El troceado de los materiales de partida (poda y residuos de plazas y mercados) se lo realizó manualmente, se recomienda el uso de una troceadora mecánica para tener un mejor diámetro de picado y optimizar la degradación de estos residuos.
- Los residuos orgánicos que provienen de plazas y mercados de los cantones Patate y Pelileo presentan un alto contenido de residuos plásticos, por lo que se recomienda una separación previa de estos, para evitar inconvenientes en el proceso de compostaje.

BIBLIOGRAFÍA:

Abdel-Shafy, Hussein y Mansour, Mona S.M. “Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization”, *Egyptian Journal of Petroleum*, 2018.

Banco Mundial. El universal. [En línea] 2018. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/ciencia-y-salud/ciencia/los-5-paises-que-mas-basura-generan-en-america-latina>.

Bernal, M.P., Albuquerque, J.A. y Moral, R. "Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment". *ScienceDirect*, 100, 2009, págs. 5444-5453.

Bernache Pérez, Gerardo. "Determination of maturity indexes for city refuse composts". *ScienceDirect*, 38, 2006, págs.331-343.

Barrientos, Juan Manuel. Residuos Solidos Urbanos . [En línea] 2014. [Citado el: 13 de Diciembre de 2018.] Disponible en: <https://www.aiu.edu/publications/student/spanish/180-207/PDF/JuanManuelBarrientos.pdf>.

Bernal Calderón , María Pilar y López Carratala, Jorge. 2016. Universidad Miguel Hernández. [En línea] 2016. [Citado el: 1 de Septiembre de 2018.]

Bustamante , Maria Ángeles . "COMPOST SUPPLEMENTATION WITH NUTRIENTS AND MICROORGANISMS IN COMPOSTING PROCESS". [En línea] (Tesis) (Maestría) Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche. 2016. [Citado el: 21 de Agosto de 2018.] Disponible en: <http://masterresiduos.edu.umh.es/2016/06/02/utilizacion-de-compost-de-lodo-en-agricultura/>.

Córdova , Carolina . “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA INSTALAR UNA PLANTA DE COMPOSTAJE, UTILIZANDO DESECHOS VEGETALES URBANOS”. [En línea] (Tesis). Universidad de Chile, 2006. [Consulta: 04 de Septiembre de 2018.] Disponible en: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/cordova_c/sources/cordova_c.pdf.

Constitución del Ecuador . Sección segunda Ambiente Sano . Montecristi : s.n., 2008.

Coronado Cárdenas, Olga Lucía, Sotelo Rojas, Hernando y Chávez Porras, Álvaro. "projection design and logistics center collection of solid waste management for the doña juana landfill ". Bogota, 2006.

Constitución del Ecuador . Sección segunda Ambiente Sano . Montecristi : s.n., 2008.

COOTAD. 2018. *CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL AUTONOMIA Y DESCENTRALIZACION.* Quito : s.n., 2018.

Córdova , Carolina . Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental. [En línea] Universidad de Chile . 2006. [Citado el: 04 de Septiembre de 2018.] Disponible en: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/cordova_c/sources/cordova_c.pdf.

Ecological criteria. Agencia estatal boletín oficial gobierno de Espana. [En línea] 18 de Noviembre de 2006. [Citado el: 18 de 09 de 2018.] Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2015-82321>.

El telégrafo. *Solo 25 lavadoras de jeans de Pelileo tienen permiso. Las que se quedaron fuera pagarán una multa de \$ 708.* [Blog] [Consulta: 12 de Septiembre de 2018.] Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/solo-25-lavadoras-de-jeans-de-pelileo-tienen-permiso-las-que-se-que-daron-fuera-pagaran-una-multa-de-708>.

Elias, Xavier. Resiclaje de residuos industriales. Segunda. Madrid : Ediciones Días de Santos, S.A, 2012.

EMMAIT-EP. Empresa pública municipal mancomunada de aseo integral Patate- Pelileo . Pelileo : s.n., 2011. Disponible en: <http://www.emmait-ep.gob.ec/>

EPA. *A Guide to the Biosolids Risk Assessments for the EPA Part 503 Rule.* 2001. Washington, DC : office of wastewater Management, 2001.

Europea, Commision. Manual European Eco-label Soil Improvers. s.l. : SMK, 2006. [En línea] 2014. [Citado el: 14 de 09 de 2018.] Disponible en: <http://ipts.jrc.ec.europa.eu/publications/pub.cfm?id=6869>.

Farrell , M. y Jones , DL. *Critical evaluation of municipal solid waste composting and potential compost markets.* Bioresour Technol, 100, 2009,págs. 4301-4310.

Freire , César. *Cantidad de residuos generados* . 16 de 01 de 2018.

Gavilanes , Irene, y col. "Windrow composting as horticultural waste management strategy- A case study in Ecuador". *ELSEVIER* 48, 2015, , págs. 127-134.

Gaibor Vaca, Norma Yolanda. "PROPUESTA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MALL DE LOS ANDES - AMBATO". ESPOCH. [En línea] (Tesis) 2013. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2635>

Garcia Gomez, A., Bernal , M.P. y Roig, A. "Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes". 83, 2001, Murcia, págs. 81-87.

Hans Saveyn y Peter Eder. "End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate)". España : Report EUR 26425 EN, 2014.

Haug, Roger Tim. "The Practical Handbook of Compost Engineering". *Lewis Publishers*, Florida, 1993.

Huerta, O., y otros. "COMPOSTAJE DE RESIDUOS MUNICIPALES". Escuela Superior de Agricultura de Barcelona y subvencionados por la Agencia de Residuos de Cataluña y el Ministerio de Medio Ambiente. [En línea] 2008. Disponible en: <http://www.resol.com.br/cartilhas/compostaje.pdf>.

Hospido, A., y otros. "Environmental evaluation of different treatment processes for sludge from urban wastewater treatments: anaerobic digestion versus thermal processes." *Life Cycle Assess* 10, 2005, págs. 336-345.

Jara, Janneth. "MANEJO Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO - ECUADOR Y SU POTENCIAL USO EN LA AGRICULTURA". [En línea] (Tesis) (Maestría) Escuela Superior Politecnica de Orihuela, 2014. [Consulta: 25 de Octubre de 2018.] Disponible en: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2003/1/TFM%20Jara%20Samaniego%2C%20Janneth.pdf>

Jarre Castro, Emilio. PLANTA DE COMPOSTAJE DE RSU Y RESIDUOS CÍTRICOS. Universidad de Sevilla. [En línea] (Tesis) (Maestría) 2015. Disponible en: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/4188/1/T-SENESCYT-01471.pdf>.

Johannes, Paul, y col. "Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli". *Waste Manage.* [En línea] 5 de Julio de 2012. [Consulta: 6 de 09 de 2018.] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22770806>.

Jhorar, B. "Kinetics of composting rice straw with glue waste at different carbon: Nitrogen ratios in a semiarid environment". [En línea] 9 de Enero de 2009. [Citado el: 10 de Octubre de 2018.] Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15324989109381289>.

Laos. Servicios Ambientales Las Chozas . [En línea] 2003. [Citado el: 5 de Septiembre de 2018.] Disponible en: <http://www.gruposach.es/es/compost/>.

León Ortega , Arlett y Piña Ocampo , Eric Dante. Sistemas de mejoramiento ambiental. [En línea] 2018. Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/12067665/PIR%C3%93LISIS/>.

López, Oscar. "DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA PARA LA OPTIMIZACION DEL USO DE ENERGIA TÉRMICA Y CONSUMO DE AGUA EN LA INDUSTRIA DE LAVADO DE JEANS CHELOS PELILEO PROVINCIA DE TUNGURAHUA." [En línea].(Tesis).(Maestria) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos 2012. [Citado el: 14 de Agosto de 2018.] Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1973/1/MSc.25.pdf>.

MAE. Ministerio del Ambiente. [En línea] 2018. [Consulta: 10 de Septiembre de 2018.] Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/PNGIDS-FEBRERO-2018.pdf>.

Márquez, Pedro Bueno , Díaz Blanco, Manuel Jesús y Cabrera Capitán, Francisco . Universidad de Huelva. [En línea] 2008. [Citado el: 1 de Septiembre de 2018.] Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. [En línea] 2015. [Consulta: 20 de Agosto de 2018]. Disponible en: <https://www.mapama.gob.es/es/ministerio/default.aspx>.

Moreno Casco, Joaquín y Mormeneo Bernat, Salvador. "Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje". *Dialnet*, 2008, págs. 111-140.

Muscolo, Adele, y otros. "Are raw materials or composting conditions and time that most influence the maturity and/or quality of composts? Comparison of obtained composts on soil properties". *Journal of Cleaner Production*, 195, 2018, págs. 93-101.

Moreno Casco, J. y Moral Herrero, R . *Compostaje*. Madrid : Mundi-Prensa, 2008.

Moreno, Joaquín y Moral, Raúl. *Compostaje*. México : Mundi-Prensa Libros, 2008, págs. 86-87.

Navarrón , Luís. COMPOSTAJE DE TRONCO PALMERA CON LODOS DE DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES URBANAS. Univesidad Miguel Hernández de Elche. [En línea] (Tesis) (Maestría) 2016. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11000/3249>.

Nadal, I., y otros. "Uso de lodos de depuradora en agricultura: patógenos y resistencias a antibióticos". *Salud Ambiental*, 15, 2015, , págs. 113-120.

Oropeza García, Norma. "Lodos residuales: estabilización y manejo". *Caos Conciencia*, 2006, págs. 1-10.

Palmero, Rafael. *Elaboración de compostaje con restos vegetales con el sistema tradicional en pilas o montones*. 2010. Disponible en: <http://www.compostandociencia.com/2013/12/manual-compostaje-sistema-tradicional-pilas-o-montones-html/>.

Paredes, C, y col. "Effects of olive mill wastewater addition in composting of agroindustrial." *Springer*, 2001, Vol. XII, págs. 225-234.

Pérez , Murcia y Moreno, Caselles." Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli". *Bioresource Technol*, Vol. 97, (2006) págs. 123-130.

Pineda, José. 2012. Encolombia.com. [En línea] 2012. [Citado el: 30 de julio de 2018.] <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/problema-ambiental-basura/>.

Pérez Cebrián, Alberto. "Estudio bibliográfico del uso de lodos de depuradora en suelos agrícolas". [En línea] (Tesis) UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, 2016. [Citado el: 2018 de Septiembre de 10.] Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75981/P%3%89REZ%20%20Estudio%20bibliogr%C3%A1fico%20del%20uso%20de%20lodos%20de%20depuradora%20en%20suelos%20agr%C3%ADcolas.pdf?sequence=2>.

Ramírez , Jorge Fernando y Gallego , Daniel Eduardo . “ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA LA VALORIZACIÓN DE LODOS PROVENIENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL”. [En línea] (Tesis). Universidad Católica de Manizales. 2016 [Consulta: 2 de Septiembre de 2018] Disponible en : <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1497/Jorge%20Fernando%20Ramirez%20L.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Rodríguez Salinas, Marcos Arturo y Cordova Vázquez, Ana. "Manual de Compostaje Municipal Tratamiento de residuos sólidos urbanos". *El tratamiento*. México : s.n., 2006, págs. 23-24.

Román, Pilar, Martínez, María y Pantoja, Alverto. MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR. [En línea] 2013. [Consulta: 5 de Septiembre de 2018.] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.

Sánchez, Óscar, Ospina, Diego y Montoya, Sandra. "Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process". *Waste Management*, 69, 2017, págs. 136-156.

Silva , Juan Pablo, López , Piedad y Valencia, Pady. *RECUPERACIÓN DE NUTRIENTES EN FASE SÓLIDA A TRAVES DEL COMPOSTAJE*. Cali : s.n., 2010.

Sáez, Alejandrina, Joheni , A. y Urdaneta, G. "Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe". *Redalyc*, 3, 2014, págs. 121-135.

Świerczek, Lesław, Michał Cieślik, Bartłomiej y Konieczka, Piotr. "The potential of raw sewage sludge in construction industry – A review". *Journal of Cleaner Production* , 200, 2018, págs. 342-356.

Sánchez, Óscar, Ospina, Diego y Montoya, Sandra. "Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment". *Waste Management*, 69, 2017, págs. 136-156.

Torres Lozada, Patricia , y otros. "The influence of amendment material on biosolid composting of sludge from a waste-water treatment plant". 25, Bogotá : s.n., 2005, Vol. II.

Tolagasi, Geovanna. 2013. *Producción de abono orgánico a partir de los subproductos de extracción de aceite de palma.* Quito : Escuela Politécnica Nacional , 2013.

Torres, Patricia , y otros. scielo.org. [En línea] 17 de junio de 2015. [Citado el: 30 de julio de 2018.] <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v25n2/v25n2a07.pdf>.

Tovar, Francisca. DETERMINACION DE LAS CURVAS DE TEMPERATURA DE MEZCLAS DE RESTOS DE PODA DE JARDINERÍA PÚBLICA Y ESTIÉRCOL DE VACA PARA SU COMPOSTAJE. Univesidad Miguel Hernández de Elche. [En línea] (Tesis) (Maestría) 2013. Disponible en: <file:///C:/Users/Win10/Desktop/TFM%20Tovar%20Mart%C3%ADnez,%20Francisca%20comp%20ost%20con%20poda.pdf>.

Tchobanoglous, George, Theissen, Hilary y Eliassen, Rolf. DESECHOS SÓLIDOS PRINCIPIOS DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN. [En línea] 1994. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/acrobat/desechos.pdf>.

Torres, Patricia, y otros. "Influencia del material de enmienda en el compostaje de lodos de Plantas de Tratamiento de Agua. *INGENIERIA E INVESTIGACIÓN*, 2005, Vol. 25, pág. 9.

Ulloa S.A. Ulloa solución a sus residuos industriales . [En línea] 2018. [Citado el: 17 de Diciembre de 2018.] Disponible en: <http://ulloaperu.com/gestion-integral-de-residuos/recoleccion-y-transporte-de-residuos-solidos/>.

US Composting Council. [En línea] 2001. [Citado el: 21 de Noviembre de 2018.] <https://compostingcouncil.org/>.

Pérez , Murcia y Moreno, Caselles." Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli". *Bioresource Technol.* 2006.

Valencia Cofre , Washington Santiago. "ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE COMPOST OBTENIDO A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO (ESPOCH)". [En línea] (Tesis) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo .2016. [Citado el: 4 de Septiembre de 2018.] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4887>

Vico López, Alberto. "RECICLAJE DE LODOS DE DEPURADORA: ESTUDIO DEL AGENTE ESTRUCTURANTE USADO Y DE LA PROPOCIÓN DE LODO". [En línea] (Tesis) (Maestría) ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE ORIHUELA. 2015. [Citado el: 1 de Septiembre de 2018.] Disponible en: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2028/1/TFM%20Vico%20L%C3%B3pez%20Alberto.pdf>

Valverde Orozco, Víctor Hugo. "DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE AIREACIÓN FORZADA PARA EL CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS HORTÍCOLAS EN LA COMUNIDAD DE GATAZO CANTÓN COLTA". ESPOCH [En línea] (Tesis) 2016. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4861/1/96T00334%20UDCTFC.pdf>.

Valverde, Xinia. Tratamiento de residuos sólidos . [En línea] 2018. Disponible en: <https://sites.google.com/site/manejodedesechossolidosenbp/tratamiento-de-desechos-solidos>.

Velasco Robles , Heinert Iván. "MANEJO DE LODOS PROVENIENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, APLICANDO UN BIOACTIVADOR NATURAL PARA ELABORAR COMPOST, EN EL CANTÓN CASCALES, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS". Universidad Nacional de Loja. [En línea] (Tesis) 2016. [Citado el: 10 de Septiembre de 2018.] Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/17877>.

Vesco , Laura Paula. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS : SU GESTIÓN INTEGRAL EN ARGENTINA. Universidad Abierta Interamericana. [En línea] (Tesis) 2006. [Citado el: 13 de Diciembre de 2018.] Disponible en:<http://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC071962.pdf>.

Vergara, S. y Tchobanoglous , G. "Municipal solid waste and the environment: a global perspective". *Annual Review of Environment*, 37, 2012, , págs. 277-309.

Villa, F, y col. PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DEL COMPOST . [En línea] 2000. [Consulta: 4 de Septiembre de 2018.] Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>.

Villafuerte , Iris, y otros. "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL RELLENO SANITARIO PARA EL SANTUARIO HISTÓRICO DE MACHU PICCHU Y PUEBLOS ALEDAÑOS". *Investigacion UNMSM* 14, 2004, , Vol. VII.

Villa, F, y col. PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DEL COMPOST . [En línea] 2000. [Citado el: 4 de Septiembre de 2018.] Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>.

Wayllas Pazmiño, Juan Pablo. ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PARROQUIA TARACOA PROVINCIA DE ORELLANA. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [En línea] (Tesis) 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/322907278_Estudio_Estadistico_De_Lacaracterizacion_De_Residuos_Solidos_De_La_Parroquia_Taracoa_Provincia_De_Orellana.

Zucconi, F y Bertoldi, M. "Specifications for solid waste compost". *The National Agricultural Library*. 1987.

