ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

GESTIÓN DEL CONTENIDO RUMINAL PRODUCIDO EN LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE RASTRO QUITO A TRAVÉS DE PILAS COMPOSTERAS Y SU FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE IMPLEMENTACIÓN

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE INGENIERA AMBIENTAL

ANDREA ELIZABETH LÓPEZ SAN LUCAS

andylop91@hotmail.es

DRA. ANA LUCÍA BALAREZO AGUILAR

DIRECTORA

ana.balarezo@epn.edu.ec

Quito, mayo 2017

DECLARACIÓN

Yo, Andrea Elizabeth López San Lucas, declaro que el trabajo de investigación aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

ANDREA ELIZABETH
LÓPEZ SAN LUCAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Andrea Elizabeth López San Lucas, bajo mi supervisión.

DRA. ANA LUCÍA BALAREZO
DIRECTORA DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Estoy infinitamente agradecida de Dios por su amor, sus enseñanzas en este andar y prepararme para una vida maravillosa. Éste es uno de los grandes logros que he conseguido gracias a su bendición.

A la doctora Ana Lucía Balarezo por dirigir el presente proyecto y brindar sus conocimientos y dedicación para este trabajo. Al ingeniero Pablo Pinto por su aporte de conocimientos en la parte económica de este trabajo de investigación.

A los diferentes funcionarios y trabajadores de la Administración Zonal Quitumbe y Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito que dieron cabida a la realización de este proyecto. A las señoritas pasantes del Instituto Tecnológico Superior Sucre por su ayuda en el proceso de experimentación del proyecto.

Al Laboratorio de Docencia de Ingeniería Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional por la prestación de sus instalaciones en el desarrollo de este trabajo y la ayuda de los diferentes encargados en cuestión a los análisis a realizados.

A mi “familia de tres”, mis padres: el Sr. Marco López y la Sra. Carmen San Lucas por ser mi pilar, fuente de inspiración, fortaleza y amor para seguir luchando por mis ideales y sueños. A mis familiares: mi abuelita María, mi tía Sara, mi prima Sarita y su nena, mi hermano Wladimir y su familia; por ser el impulso, los ánimos y la fuerza en todos los logros conseguidos.

A la Dra. Beatriz Guerra y Edith Delgado por su cariño, constancia y paciencia para mantenerme a flote en fuertes circunstancias brindándome su ayuda en sus diferentes ramas médicas y una sincera amistad. A mis amigos: Whitney y su familia, Arq. Patricia T., Anita G, Carolina L, Jorge, Andrés J., Jonathan C, Lidia, Roberto M, Stalin O. y demás; por ser cómplices de grandes momentos.

DEDICATORIA

A Dios por ser mi fuerza y mi luz en este camino llamado vida.

A mis padres que son mi orgullo, mi inspiración y mis ganas infinitas de vencer mis miedos y lograr lo imposible.

A mi pequeña Dalila, mi compañerita de cuatro patas.

Andre

CONTENIDO

DECLARACIÓN II

CERTIFICACIÓN III

AGRADECIMIENTOS IV

DEDICATORIA V

INDICE DE TABLAS X

ÍNDICE DE GRÁFICAS VI

INDICE DE FIGURAS VII

GLOSARIO DE TÉRMINOS IX

RESUMEN XII

ABSTRACT XIV

PRESENTACIÓN XV

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN 1

1.1. OBJETIVOS 2

1.1.1. OBJETIVO GENERAL 2

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

1.2. ALCANCE 2

1.3. JUSTIFICACIÓN 3

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO 4

2.1. EMPRESA DE RASTRO 4

2.2. FAENAMIENTO 4

2.3. CONTENIDO RUMINAL 4

2.4. COMPOSTAJE 6

2.4.1. FASES DEL COMPOSTAJE 9
2.4.2. SISTEMAS DE COMPOSTAJE 12
2.4.3. IMPACTOS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE 16
2.4.4. MONITOREO DURANTE EL COMPOSTAJE.....18
2.4.5. MANEJO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE.....23
2.4.6. CALIDAD DEL COMPOST 24
2.5. MARCO LEGAL 26
CAPÍTULO 3
METODOLOGÍA APLICADA 31
3.1. SITIO DE EXPERIMENTACIÓN 31
3.1.1. UBICACIÓN.....31
3.1.2. DATOS FÍSICOS.....31
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.....33
3.2.1. RELACIONES C/N PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST.....36
3.2.2. DETERMINACIÓN DE ALTURA DE PILA COMPOSTERA 38
3.3. PREPARACIÓN DE PILAS COMPOSTERAS.....39
3.3.1. INSUMOS.....39
3.3.2. CONSTRUCCIÓN 40
3.4. MANEJO DE PILAS COMPOSTERAS.....42
3.4.1. AIREACIÓN.....42
3.4.2. HUMEDECIMIENTO.....43
3.5. MONITOREO DE PILAS COMPOSTERAS.....43
3.5.1. TEMPERATURA 43
3.5.2. pH.....45
3.5.3. HUMEDAD (%).....46

3.5.4. MATERIA ORGÁNICA (%) 47
3.6. CARACTERIZACIÓN DEL COMPOST 48
3.6.1. PRUEBAS DE CAMPO 48
3.6.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO 48
CAPÍTULO 4
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 49
4.1. PARÁMETROS DE MONITOREO 49
4.1.1. TEMPERATURA 49
4.1.2. pH 53
4.1.3. HUMEDAD 55
4.1.4. MATERIA ORGÁNICA (%) 57
4.2. CARACTERIZACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE COMPOST MADURO 59
CAPÍTULO 5
FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE IMPLEMENTACIÓN 66
5.1. CÁLCULO DE COSTOS 70
5.2. ALTERNATIVA PILA “1 A” 73
5.3. ALTERNATIVA PILA “4 A” 77
CAPÍTULO 6
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 82
6.1. CONCLUSIONES 82
6.2. RECOMENDACIONES 84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 86
ANEXOS 96
ANEXO No. 1

FAENAMIENTO DE BOVINOS 97

ANEXO No. 2

EXPERIENCIAS DE COMPOSTAJE EN EL ECUADOR 99

ANEXO No. 3

PRUEBAS DE COMPROBACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE COMPOST 102

ANEXO No. 4

PROTOCOLO DE MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA SUELOS Y LODOS 117

ANEXO No. 5

REGISTRO DE TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS Y DATOS PLUVIOMÉTRICOS (INAMHI) 131

ANEXO No. 6

FLUJOS DE CAJA 134

ANEXO No. 7

FOTOGRAFÍAS 151

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1. TEMPERATURA NECESARIA PARA ELIMINACIÓN DE PATÓGENOS EN EL COMPOSTAJE.....10

TABLA 2.2. CONTROL DE LA AIREACIÓN.....19

TABLA 2.3. PARÁMETROS DE TEMPERATURA 20

TABLA 2.4. PARÁMETROS ÓPTIMOS DE pH 20

TABLA 2.5 PARÁMETROS DE HUMEDAD ÓPTIMOS.....21

TABLA 2.6 VALORES ÓPTIMOS DE RELACIÓN C/N.....22

TABLA 2.7. RELACIONES C/N DE SUSTRATOS 23

TABLA 2.8. PARÁMETROS DEL PROCESO DEL COMPOSTAJE SEGÚN LA FAO 25

TABLA 2.9. PARÁMETROS DE CALIDAD DE COMPOST NORMATIVA CHILE 26

TABLA 2.10. MARCO LEGAL APLICABLE.....27

TABLA 3.1. CODIFICACIÓN DE PILAS COMPOSTERAS.....35

TABLA 3.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LOS SUSTRATOS 36

TABLA 3.3. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN C/N de 41.6/1 38

TABLA 3.4. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN C/N 37.7/1 38

TABLA 3.5 CÁLCULO DE DIMENSIONES DE PILAS COMPOSTERAS.....39

TABLA 3.6. INSUMOS TOTALES UTILIZADOS EN LA PREPARACIÓN DE LAS PILAS COMPOSTERAS 39

TABLA 3.7. EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA PREPARACIÓN DE LAS PILAS.....40

TABLA 3.8. REGISTRO DE TEMPERATURAS INTERNAS DE LAS PILAS COMPOSTERAS 44

TABLA 3.9. VARIACIÓN DE pH EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE PILAS COMPOSTERAS 45

TABLA 3.10. REGISTRO DE HUMEDAD EN LAS PILAS COMPOSTERAS ...46

TABLA 3.11. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE.....47

TABLA 3.12. VALORES DE SV/ST DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE 47

TABLA 4.1. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN EN PESO DE PILAS 62

TABLA 4.2. RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO-QUÍMICOS FINALES EN PILAS COMPOSTERAS 63

TABLA 5.2. COSTOS DE MATERIALES E INSUMOS DIRECTOS E INDIRECTOS.....71

TABLA 5.3. COSTOS HORARIOS DE MANO DE OBRA 71

TABLA 5.4. COSTOS DE REGISTRO DE PRODUCTOR, COMERCIALIZADOR Y PRODUCTO SEGÚN RESOLUCIÓN 0068 72

TABLA 5.5. COSTOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO.....72

TABLA 5.6. PRECIOS DE VENTA AL PÚBLICO DE ABONOS ORGÁNICOS.73

TABLA 5.7. CODIFICACIÓN DE PILAS PARA CONSTRUCCIÓN EN INVERNADERO.....74

TABLA 5.8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y HORAS ALTERNATIVA PILA “1 A” 75

TABLA 5.9. RESUMEN DE FLUJO DE CAJA DE ALTERNATIVA PILA “1 A” EN 5 AÑOS.....76

TABLA 5.10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y HORAS ALTERNATIVA PILA “4 A” 78

TABLA 5.11. RESUMEN DE FLUJO DE CAJA DE ALTERNATIVA PILA “4 A” A 5 AÑOS.....79

TABLA 5.12. RESUMEN DE FLUJO DE CAJA DE ALTERNATIVA “4 A” EN 25 AÑOS.....80

TABLA 5.13. RESULTADOS DE INDICADORES DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....81

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 4.1. TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS DURANTE LOS MESES DE JULIO A OCTUBRE, 2016 49
GRÁFICA 4.2. LECTURAS DE TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE EXPERIMENTACIÓN EN PILAS COMPOSTERAS (BAJO INVERNADERO) 51
GRÁFICA 4.3. PRECIPITACIONES MEDIAS DIARIAS REGISTRADAS EN LOS MESES DE JULIO-OCTUBRE, 2016 51
GRÁFICA 4.4. LECTURAS DE TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE EXPERIMENTACIÓN EN PILAS COMPOSTERAS (A LA INTEMPERIE) 52
GRÁFICA 4.5. VARIACIÓN DE pH CON RESPECTO AL TIEMPO EN PILAS COMPOSTERAS (BAJO INVERNADERO) 54
GRÁFICA 4.6. VARIACIÓN DE pH CON RESPECTO AL TIEMPO DE PILAS COMPOSTERAS A LA INTEMPERIE 54
GRÁFICA 4.7. VARIACIÓN DE HUMEDAD (%) DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PILAS (BAJO INVERNADERO) 56
GRÁFICA 4.8. VARIACIÓN DE HUMEDAD (%) DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PILAS (A LA INTEMPERIE) 57
GRÁFICA 4.9. VARIACIÓN DE CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PILAS COMPOSTERAS (BAJO INVERNADERO) 58
GRÁFICA 4.10. VARIACIÓN DE CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PILAS COMPOSTERAS (A LA INTEMPERIE) 59
GRÁFICA 4.11. PESOS INICIALES Y FINALES DE LAS PILAS COMPOSTERAS 61
GRÁFICA 5.1. PORCENTAJE DE CONTENIDO RUMINAL GESTIONADO ANUALMENTE POR LA ALTERNATIVA “1 A” 74
GRÁFICA 5.2. PORCENTAJE DE CONTENIDO RUMINAL GESTIONADO ANUALMENTE POR LA ALTERNATIVA “4 A” 77

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1. TRACTO DIGESTIVO DE UN BOVINO 5

FIGURA 2.2. ANÁLISIS DE MASA DEL PROCESO DE COMPOSTAJE 7

FIGURA 2.3. HONGO INDICADOR DE FASE MESÓFILA II 11

FIGURA 2.4. CAMBIO DE pH Y TEMPERATURA EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE 11

FIGURA 2.5. PILAS COMPOSTERAS BAJO TECHO 13

FIGURA 2.6. DIMENSIONES DE UNA PILA DE COMPOSTAJE..... 13

FIGURA 2.7. AIREACIÓN FORZADA POR CANALES 14

FIGURA 2.8. AIREACIÓN MANUAL DE UNA PILA COMPOSTERA 14

FIGURA 2.9. AIREACIÓN MECANIZADA..... 14

FIGURA 2.10. RECIPIENTES PARA SISTEMA CERRADO DE COMPOSTAJE 15

FIGURA 2.11. RECONSTRUCCIÓN DE PILA COMPOSTERA 24

FIGURA 3.1. UBICACIÓN DE LA EMRAQ-EP..... 32

FIGURA 3.2. INVERNADERO DE LA EMRAQ-EP 34

FIGURA 3.3. TERRENO ALEDAÑO A INVERNADERO 34

FIGURA 3.4. DISTRIBUCIÓN DE PILAS COMPOSTERAS..... 35

FIGURA 3.5. COLOCACIÓN DEL ASERRÍN, CAPA BASE DE LA PILA 40

FIGURA 3.6. COLOCACIÓN DE LA CAPA DE CONTENIDO RUMINAL SOBRE LA CAPA DE ASERRÍN..... 41

FIGURA 3.7. COLOCACIÓN DE SEGUNDA CAPA DE ASERRÍN 41

FIGURA 3.8. RIEGO DE AGUA SOBRE PILA COMPOSTERA 41

FIGURA 3.9. PILAS COMPOSTERAS FINALIZADAS 42

FIGURA 3.10. REGISTRO DE TEMPERATURA INTERNA EN UNA PILA COMPOSTERA 44

FIGURA 3.11. REGISTRO DEL pH DE MUESTRAS DE PILAS COMPOSTERAS 45

FIGURA 3.12 DESECADOR Y ESTUFA PARA ANÁLISIS DE HUMEDAD.... 46

FIGURA 4.1. PILA DE COMPOST MADURO BAJO INVERNADERO 60

FIGURA 4.2. “PRUEBA DEL PUÑO” AL FINAL DEL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PILA A LA INTEMPERIE..... 61

FIGURA 5.1. CAPACIDAD MÁXIMA DE ELABORACIÓN DE PILAS BAJO INVERNADERO..... 67

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ABONO ORGÁNICO: abonos elaborados con estiércol de ganado, compost rurales y urbanos, otros desechos de origen animal y residuos de cultivos.

AERÓBICO: proceso que ocurre en presencia de oxígeno.

AGROCALIDAD: Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro.

AZQ: Administración Zonal Quitumbe.

C: Carbono.

CANAL: Es el cuerpo del animal faenado, intacto o dividido, abierto por la línea media de la columna vertebral: desangrado, desollado y eviscerado, sin partes, cabeza, médula espinal, genitales y en las hembras sin ubres.

COMPOST: Producto orgánico obtenido mediante el proceso de compostaje.

COMPOST MADURO: compost que ha finalizado todas las etapas del compostaje.

COMPOST SEMIMADURO: compost que no ha terminado la etapa termófila del proceso de compostaje.

COMPOSTAJE: Tratamiento de residuos sólidos orgánicos por procesos de fermentación controlada, aeróbica, con el fin de obtener un producto estable, de características definidas y útil para la agricultura.

C.R.: Contenido ruminal.

DESECHOS NO PELIGROSOS: Conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico (putrescible o no) que no tienen utilidad práctica para la actividad que lo produce, siendo procedente de las actividades domésticas, comerciales, industriales y de todo tipo que se produzcan en una comunidad, con la sola excepción de las excretas humanas. En función de la actividad en que son producidos, se clasifican en agropecuarios (agrícolas y ganaderos), forestales, mineros, industriales y urbanos. A excepción de los mineros, por sus características

de localización, cantidades, composición, etc., los demás poseen numerosos aspectos comunes, desde el punto de vista de la recuperación y reciclaje.

DMQ: Distrito Metropolitano de Quito.

EMRAQ-EP: Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito.

FAENAMIENTO: Es todo el proceso desde que el animal en pie ingresa a la planta de faenamiento hasta su pesaje en canales.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

GANADO BOVINO: Es aquel perteneciente a los mamíferos conocidos como vacas y bueyes.

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

INIAP: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

INTEMPERIE: Ambiente atmosférico considerado como variaciones e inclemencias del tiempo que afectan a los lugares o cosas no cubierto o protegidos.

LDIA: Laboratorio de Docencia de Ingeniería Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional

%H: Porcentaje de humedad

HUMIFICACIÓN: es el proceso de formaciones de ácidos húmicos y fúlvicos, a partir de la materia orgánica mineralizada.

HUMUS: materia orgánica descompuesta, amorfa y de color marrón oscuro de los suelos, que ha perdido todo indicio de la estructura y composición de la materia vegetal y animal a partir de la que se originó.

MATERIA ORGÁNICA: Residuos vegetales, animales y de microorganismos en distintas etapas de descomposición, células y de tejidos organismos del suelo y sustancias sintetizadas por los seres vivos presentes en el suelo.

MICROORGANISMOS: Organismos vivos microscópicos.

MICROORGANISMOS MESÓFILOS: grupo de bacterias, y hongos (levaduras u hongos filamentosos) que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 30° C a 40° C.

MINERALIZACIÓN: Transformación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos y la liberación de formas inorgánicas esenciales para el desarrollo de las plantas.

%MO: Porcentaje de materia orgánica

N: Nitrógeno

pH: Potencial de Hidrógeno

Relación C/N: Relación Carbono/Nitrógeno

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

VECTOR: Cualquier material u organismo que pueda servir como vehículo transmisor de enfermedades a humanos o animales.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se enfocó en la utilización del contenido ruminal producido en la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito (EMRAQ-EP), como sustrato para la elaboración de compost y su factibilidad económica de implementación a nivel industrial.

Se utilizó aserrín y contenido ruminal como sustratos aportantes de carbón y nitrógeno, respectivamente. Se elaboraron ocho pilas composteras, cuatro de ellas bajo invernadero y cuatro a la intemperie; las cuatro pilas ubicadas bajo invernadero fueron réplicas de las cuatro pilas a la intemperie. Para estudiar el efecto de las relaciones C/N, dos de las cuatro pilas de cada sitio, operaron con la relación C/N de 41.6/1 y las otras 2 con una relación C/N de 37.7/1. Para estudiar el efecto de la aireación, las pilas de cada una de las relaciones C/N, fueron manualmente volteadas una y dos veces por semana, respectivamente.

Durante toda la experimentación, las pilas fueron monitoreadas, semanalmente por parámetros como temperatura, contenido de humedad, contenido de materia orgánica y pH.

Los resultados mostraron que el contenido ruminal es un buen sustrato para el compostaje. El compost alcanzó su madurez a las 13 semanas en el caso de la pila “1 A” bajo invernadero, aireación manual una vez por semana y relación C/N inicial de 41.6/1; y a las 10 semanas en el caso de la pila “4 A” bajo invernadero, con aireación de dos veces por semana y una relación inicial C/N DE 37.7/1. Con respecto a las pilas a la intemperie no alcanzaron su madurez en el período de 13 semanas que duró la experimentación. Se realizó análisis físico-químicos de 6 pilas, para la comparación de los resultados con la normativa chilena y los parámetros recomendados por la FAO, determinando que las pilas “1 A” y “4 A” cumplen la mayoría de parámetros de madurez del compost.

El análisis de factibilidad económica se lo realizó mediante el análisis de flujos de caja de las alternativas “1 A” y “4 A” de producción de compost por un período de cinco años, la alternativa “1 A” que no obtuvo beneficios se descartó. La alternativa

restante se la estudió por un período de 25 años y utilizando indicadores como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), la relación “Beneficio/costo” (B/C) y el plazo de recuperación (payback) se determinó que la alternativa es factible para la implementación en la empresa.

PALABRAS CLAVE: contenido ruminal, compost, compostaje, aireación manual, pila compostera, relación C/N, residuo orgánico.

ABSTRACT

The present research work focused on the use of ruminal content produced in the Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito (EMRAQ-EP) as raw material for compost production and its economic feasibility of implementation at industrial level.

Sawdust and ruminal content were used as carbon and nitrogen contributing substrates, respectively. Eight compost piles were made, four of them under greenhouse and four in the outdoor; the four piles under greenhouse were replicas of the four piles in the outdoor. To study the effect of the C/N ratios, two of the four piles at each site operated at the C/N ratio of 41.6/1 and the other 2 at a C/N ratio of 37.7/1. To study the effect of aeration, the piles of each of the C/N ratios were manually rotated once and twice per week, respectively.

Throughout the experiment, the piles were monitored weekly by parameters such as temperature, moisture content, organic matter content and pH.

The results showed that the ruminal content is a good substrate for composting. Compost reached maturity at 13 weeks in the case of the "1 A" pile under greenhouse, manual aeration once a week and an initial C/N ratio of 41.6/1; And at 10 weeks in the case of the "4 A" pile under greenhouse, with aeration twice a week and an initial ratio C/N of 37.7/1 With respect to outdoor piles did not reach maturity in the 13-week period of experimentation. The physical-chemical analysis of 6 compost piles were carried out to compare the results with the Chilean regulations and the FAO recommended parameters, determining that the "1 A" and "4 A" piles meet the majority of compost maturity parameters.

The economic feasibility analysis was done by analyzing cash flows of the alternatives "1 A" and "4 A" of compost production for a period of five years, the "1 A" alternative that did not obtain benefits was discarded . The remaining alternative was studied over a period of 20 years and using indicators such as net present value (NPV), internal rate of return (IRR), "Benefit / cost" ratio (B/C) and recovery period (Payback) was determined that the alternative is profitable and feasible for implementation in the company.

KEYWORDS: ruminal content, compost, composting, manual aeration, compost pile, C/N ratio, organic waste.

PRESENTACIÓN

Este trabajo se enfocó en determinar la viabilidad técnica, económica y financiera de la gestión del contenido ruminal producido en la EMRAQ-EP mediante la producción de compost, considerado como un abono orgánico. Se ha estructurado de la siguiente manera:

Capítulo 1: se presenta una introducción a la temática, objetivos, alcance y justificación.

Capítulo 2: “Marco teórico”, presenta conceptos generales y la normativa utilizada en el trabajo.

Capítulo 3: “Metodología aplicada”, indica la metodología utilizada para la construcción de las pilas composteras, el monitoreo y la caracterización del compost.

Capítulo 4: “Resultados y Discusión” presenta los resultados de monitoreo y análisis físico-químicos para la caracterización del compost con una comparación con estudios similares y parámetros obtenidos por la FAO y la normativa chilena.

Capítulo 5: “Factibilidad económica y financiera de implementación” indica los costos necesarios para la producción de compost, análisis de los flujos de caja de dos alternativas por cinco años y de veinte años de la alternativa que permite ganancias en su producción para el cálculo de indicadores de factibilidad y rendimiento económico y financiero.

Capítulo 6: “Conclusiones y Recomendaciones” presenta las conclusiones realizadas en base a los objetivos planteados y las recomendaciones con respecto a los resultados obtenidos en la experimentación y caracterización del compost.

Finalmente, se presentan las fuentes bibliográficas investigadas en el proceso de este proyecto, así como también los anexos que corroboran la realización del presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La generación de desechos orgánicos se ha convertido en una problemática ambiental a nivel mundial; por la deficiencia en su manejo y la creciente tasa de generación los desechos son acumulados y en la mayoría de los casos en espacios inadecuados generando un impacto ambiental y evitando el ser aprovechados (Uicab-Brito & Castro, 2003).

La industria de faenamiento de ganado genera una alta cantidad de desechos y su gestión es poco eficiente (Pacheco Guevara & Acosta Herrera, 2014; Perdigón, 2010). El contenido ruminal está constituido por el alimento no digerido del animal faenado; la problemática de este desecho se centra en el alto contenido de materia orgánica y al no ser gestionada correctamente pueden llegar a ríos y quebradas contaminándolas (Acevedo Montoya & Buitrago Arteaga, 2008).

La Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito (EMRAQ-EP) faena alrededor de 1000 reses por semana generando un volumen de contenido ruminal estimado de 15 m^3 (EMRAQ-EP, 2016). Este desecho orgánico por sus características biológico-infecciosas se lo considera un desecho peligroso y su gestión inadecuada ocasiona problemas de contaminación para la empresa (Ministerio del Ambiente, 2015).

El compostaje es un proceso biológico en el que las materias orgánicas se transforman en un abono orgánico (compost). Este tipo de abono puede ser utilizado como mejorador de suelos y al tener como sustrato el contenido ruminal, es una alternativa de gestionar este desecho pelgroso (Díaz & de Janon, 2010; Feicán Mejía, 2011; Röben, 2002; FAO, 2013; Uicab-Brito & Castro, 2003).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Investigar los parámetros óptimos para el compostaje del contenido ruminal producido en la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito y su factibilidad económica y financiera de implementación.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Gestionar los residuos orgánicos de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito mediante la fabricación de compost como un subproducto del faenamiento.
- Determinar la mejor relación entre contenido ruminal y aserrín para el proceso de compostaje.
- Caracterizar el compost producido mediante análisis de laboratorio para su consideración como abono orgánico.
- Determinar las condiciones ambientales favorables para el proceso de compostaje.
- Determinar la mejor alternativa de producción de compost que cumpla con las necesidades de la EMRAQ-EP.
- Analizar la factibilidad económica y financiera de la elaboración de compost como alternativa de gestión del contenido ruminal y su posible comercialización.

1.2. ALCANCE

El presente trabajo busca gestionar el contenido ruminal producido en la EMRAQ-EP usándolo como sustrato para la producción de compost; y su factibilidad económica y financiera para su producción y comercialización.

El proceso inicia con la elección de las diferentes variables a estudiar en las pilas composteras: condiciones ambientales, relaciones C/N y frecuencia de aireación manual. Decididas las variables, se procederá a la construcción de ocho pilas

distribuidas cuatro pilas bajo invernadero y cuatro a la intemperie, tendrán un monitoreo semanal de parámetros como temperatura, pH, contenido de humedad y contenido de materia orgánica. Al obtener el producto final, se analizará el compost como abono orgánico.

Se realizará un análisis económico y financiero de la producción de compost de dos alternativas para su comparación y determinar la opción más factible a implementarse en escala industrial y posible comercialización del compost.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En el proceso de faenamiento del 20 al 50% del peso del animal en pie, no es apto para el consumo humano, representando a los desechos orgánicos de esta actividad. El contenido ruminal es un subproducto del proceso que representa todo el material que no alcanzó a ser digerido por el animal al momento de su muerte (Febres, Vergara-López, & Venezuela, 2007); contiene gran cantidad de flora, fauna microbiana y productos de la fermentación ruminal, que lo hacen potencialmente aprovechable en procesos como compostaje o alimentación de rumiantes (Acevedo Montoya & Buitrago Arteaga, 2008).

La EMRAQ-EP produce semanalmente alrededor de 15 m^3 de contenido ruminal; este desecho es acumulado en instalaciones a la intemperie pertenecientes a la EMRAQ-EP como su disposición final (EMRAQ-EP, 2016).

El compostaje es la descomposición biológica de residuos sólidos que consisten en sustancias orgánicas tanto vegetales como animales en condiciones controladas a un estado lo suficientemente estable (Díaz & de Janon, 2010; FAO, 2013);con este proceso se obtiene el compost, un abono orgánico que mejora la calidad del suelo gracias a su aporte de nutrientes (Yugsi, 2011).

Al fin de aprovechar el contenido ruminal, se implanta la fabricación de compost a través de pilas composteras a escala piloto con diferentes relaciones C/N, frecuencia de aireación manual y condiciones ambientales; obteniendo un resultado sobre que técnica cubrió las necesidades de la EMRAQ-EP y la alternativa factible económica y financieramente para su implementación.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. EMPRESAS DE RASTRO

Son establecimientos que cuentan con un registro y aprobación de una autoridad competente (en el caso del Ecuador, Agrocalidad y GADs municipales), donde se ejerce la actividad de sacrificio de animales mediante procedimientos convenientes en cuanto al bienestar animal y la calidad de la carne para el consumo humano (INEN, 2010; Pacheco Guevara & Acosta Herrera, 2014).

2.2. FAENAMIENTO

Es el proceso ordenado sanitariamente para el sacrificio de un animal en una planta de faenamiento, con el objeto de obtener su carne en condiciones óptimas para el consumo humano (EMRAQ-EP, 2016; INEN, 1985). Este proceso debe seguir las normas técnicas y sanitarias vigentes, en Ecuador se rige a la “Ley de Mataderos” y la “Ley de Sanidad Animal” (EMRAQ-EP, 2016; INEN, 2010; Pacheco Guevara & Acosta Herrera, 2014).

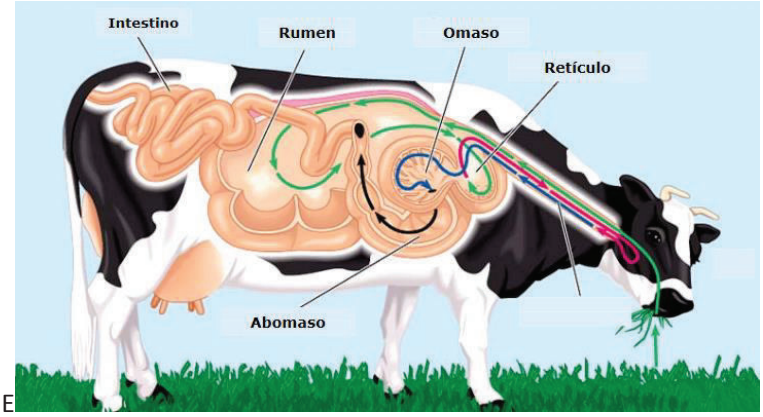
En el faenamiento de bovinos, el eviscerado es la fase donde se retiran las vísceras blancas y rojas (EMRAQ-EP, 2016); las vísceras blancas corresponden al tracto digestivo, páncreas, estómago e intestinos y obligatoriamente para su comercialización son lavadas obteniendo así el contenido ruminal (EMRAQ-EP, 2016; INEN, 2010). El proceso del faenamiento de bovinos se encuentra detallado en el “Anexo No. 1”.

2.3. CONTENIDO RUMINAL

Son los residuos de alimento obtenidos del estómago del animal al momento de ser faenado (Acevedo Montoya & Buitrago Arteaga, 2008). El medio de alimentación de los rumiantes se basa en forrajes, pasturas y vegetales en estado natural

compuestos fundamentalmente por polisacáridos insolubles como la celulosa cuyos enlaces glucosídicos β 1,4 son de difícil degradación (Cotelo, 2010). Los rumiantes desarrollaron un sistema digestivo compuesto por cuatro compartimentos: rumen, retículo, omaso y abomaso (Febres et al., 2007); el rumen tiene un ecosistema anaeróbico con características particulares de pH y temperatura con una capacidad de almacenamiento de 1000 litros o más y junto al retículo se realiza la fermentación alimenticia debido a la presencia de la microbiota simbionte ruminal, es decir, una inmensa población de bacterias, hongos y protozoos en simbiosis con el bovino. El retículo se conecta con el omaso o librillo por el orificio retículo-omasal, para llegar al último compartimento que es el abomaso (Cotelo, 2010). La Figura 1.1 muestra las partes del tracto digestivo de un bovino

FIGURA 2.1. TRACTO DIGESTIVO DE UN BOVINO



E

FUENTE: (Cotelo, 2010)

El contenido ruminal tiene una consistencia tipo papilla de color amarillo verdoso y emana un olor característico al estar fresco (Ríos & Ramírez, 2012), es desechado mediante el lavado de vísceras en el faenamiento y según Febres et al (2007) representa alrededor del 15-21% del peso corporal. El rumen es el lugar donde se almacena el contenido ruminal y comparte sus características particulares que convierten a este desecho en un material con potencial aprovechamiento (Acevedo Montoya & Buitrago Arteaga, 2008). El contenido ruminal se lo considera un contaminante por su aporte alto de carga orgánica al estar dispuesto cerca de cuerpos de agua como quebradas y ríos; su acumulación genera problemas como

atracción de vectores y emanación de olores desagradables (Ríos & Ramírez, 2012).

Según Acevedo y Buitrago (2008), el contenido ruminal tiene grandes posibilidades de aprovechamiento y por su gran cantidad microbiana tiene beneficios para el suelo al ser convertido en abono a través del compostaje (Uicab-Brito & Castro, 2003).

2.4. COMPOSTAJE

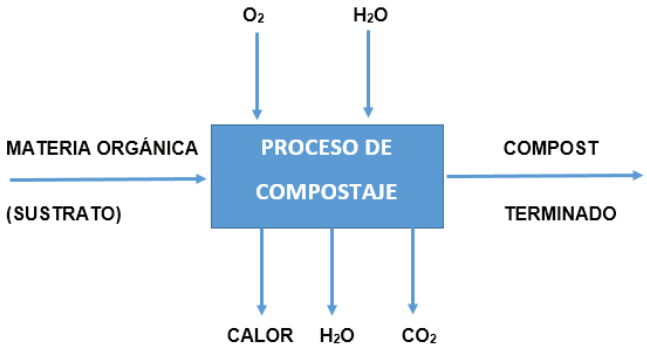
El compostaje es el proceso biológico en condiciones aeróbicas donde la materia orgánica vegetal o animal se transforma bajo la actividad microbiana en compost al alcanzar la estabilidad (Díaz & de Janon, 2010; FAO, 2013; Ruiz S., 2011).

Los materiales orgánicos inician un proceso de descomposición o mineralización que comprende el cambio de la forma orgánica a su forma inorgánica (Ruiz S., 2011); la materia orgánica está compuesta por azúcares complejos (lignina, celulosa, hemicelulosa, almidón, presentes en los residuos vegetales) y proteínas (residuos animales) que son atacados por microorganismos cuya función es descomponer y formar más microorganismos; generando biomasa, calor, agua y materia orgánica más descompuesta (Díaz & de Janon, 2010; FAO, 2013).

La mayoría de microorganismos activos en el proceso de compostaje son bacterias, hongos y algunos protozoarios (Díaz & de Janon, 2010; FAO, 2013; Ruiz S., 2011). Los microorganismos son los principales agentes activos en el compostaje por cual se debe asegurar las condiciones necesarias para su proliferación y actividad; entre estas condiciones se encuentra la temperatura, relación C/N, tamaño de la partícula, aireación, disponibilidad de oxígeno (O_2), humedad y pH. De las condiciones mencionadas anteriormente, la naturaleza físico-química del sustrato y la aireación son importantes para el diseño del proceso; mientras tanto, los factores restantes permiten determinar la composición de macro y micronutrientes en el compost (Díaz & de Janon, 2010). La Figura 2.2 muestra el proceso de compostaje como un análisis de masa: el sustrato es la materia orgánica que ingresa al proceso, con una adecuada aireación (O_2) y humedecimiento (H_2O) este

material se descompone obteniendo un compost como producto final y con una liberación de calor, vapor de agua (H_2O), y dióxido de carbono (CO_2).

FIGURA 2.2. ANÁLISIS DE MASA DEL PROCESO DE COMPOSTAJE



FUENTE: (Díaz & de Janon, 2010)

El compostaje es una práctica considerada sostenible, además de una tecnología sencilla y económica para aprovechar toda clase de residuos orgánicos. Se lo puede implementar a gran escala en municipalidades y empresas productoras de residuos orgánicos como a pequeña escala en domicilios (Díaz & de Janon, 2010).

Röben (2002) en el “Manual de compostaje para Municipios” recolectó información y datos sobre proyectos a escala piloto y gran escala de compostaje en el Ecuador detallados en el “Anexo No.2”; este estudio se lo realizó con la finalidad de conocer los aciertos y desventajas de este proceso como una guía para próximos proyectos a realizarse en el país. En este estudio se encontró que las técnicas utilizadas en su mayoría fueron el compostaje en base a pilas y la lombricultura. En estos estudios se utilizó como sustrato los desechos orgánicos de las comunidades participantes, desechos orgánicos de mercados, estiércoles de animales, entre otros. Los principales inconvenientes que se encontraron fueron las deficiencias en la separación de desechos en la fuente, falta de conocimiento técnico del compostaje, escasez de agua y falta de apoyo económico y participativo de las comunidades.

Según la FAO (2013) , el compostaje tiene las siguientes ventajas: extensión de la vida útil del relleno sanitario debido al menor volumen de materia biodegradable que ingrese; reducción de olores desagradables presentados en la descomposición

de la materia orgánica; eliminación de vectores como insectos y ratas; desinfección de patógenos como huevos y quistes de parásitos presentes en materia orgánica fresca; venta o uso del compost; reemplazo de fertilizantes artificiales por un producto más económico y natural; reducción de lixiviados y menor consumo de terreno e impacto al paisaje y al suelo (FAO, 2013; Ruiz S., 2011).

Entre los beneficios que el compost proporciona al suelo la FAO (2013) menciona: la facilitación del manejo del suelo para las labores de arado y siembra, aumento de la capacidad de retención de la humedad del suelo, reducción del riesgo de erosión, regulación de la temperatura edáfica, aporte de macronutrientes y micronutrientes, mejora de la capacidad de intercambio catiónico, aporte de microorganismos transformadores de materiales insolubles del suelo en nutrientes para las plantas, degrada sustancias nocivas, y el aporte de carbono para mantener la biodiversidad de micro y macrofauna del suelo (Aldana, 2015; Ruiz S., 2011).

No todos los productos descompuestos aeróbicamente son considerados compost; en el compostaje intervienen diferentes fases que al no culminar cada una de ellas satisfactoriamente se presentarían los siguientes riesgos:

- **Fitotoxicidad:** al no culminar el proceso de descomposición el nitrógeno se encuentra en forma de amonio, en condiciones de calor y humedad se transforma en amoniaco, la presencia de amoniaco genera un medio tóxico para el crecimiento de la planta (FAO, 2013).

- **Bloqueo biológico del nitrógeno:** ocurre en materiales con relación C/N alta, los microorganismos consumen el carbono presente en el material incrementando el consumo de nitrógeno y agotando las reservas de este nutriente en el suelo (FAO, 2013).

- **Reducción de oxígeno radicular:** la FAO (2013) menciona que al agregar material aún no descompuesto al suelo, los microorganismos tienden a utilizar el oxígeno del suelo para continuar la descomposición y disminuyendo la disposición de oxígeno para las plantas.

- **Exceso de amonio y nitratos en las plantas y contaminación de fuentes de agua:** el exceso de amonio puede perderse por volatilización o por infiltración en el suelo contribuyendo a la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Además, se puede acumular en la planta con consecuencias negativas en la calidad del fruto (ablandamiento, bajo tiempo post cosecha) (FAO, 2013).

2.4.1. FASES DEL COMPOSTAJE

El calor generado por los microorganismos en el compostaje es medible y permite identificar las etapas de descomposición de la materia orgánica. La FAO (2013) reconoce tres fases principales del compostaje y una fase de maduración de duración variable.

2.4.1.1. Fase Mesófila

Se caracteriza por un aumento de temperatura debido a la descomposición de fuentes sencillas de C y N, fermentaciones facultativas y oxidaciones aeróbicas (respiración aeróbica) realizadas por los microorganismos mesófilos generando así calor (Vargas, 2007). Este tipo de microorganismos tienen un rango de temperatura para su velocidad de crecimiento entre los 15 a 40° C, temperaturas que se alcanzan en esta etapa de descomposición.

Por la descomposición de compuestos solubles como los azúcares se producen ácidos orgánicos que pueden disminuir el pH; el tiempo de duración de esta fase se encuentra entre 2 a 8 días (FAO, 2013).

2.4.1.2. Fase Termófila o de Higienización

En esta fase de descomposición existe un aumento de temperatura, entre los 40° C y 70° C; los microorganismos mesófilos son reemplazados por microorganismos termófilos capaces de degradar sustancias más complejas de carbono, como la celulosa y la lignina, con una liberación de CO_2 y agua (Vargas, 2007). Existe un aumento de pH hasta alcalinizarse como resultado de la conversión del amonio en amoniaco y puede tener una duración entre semanas y meses (FAO, 2013).

Esta fase tiene su importancia ya que el calor generado por las bacterias destruyen contaminantes de origen fecal, huevos de Helminto y esporas de hongos fitopatógenos; la presencia de los mismos depende del uso de estiércoles, material contaminado o lodos de plantas de tratamiento como sustrato (FAO, 2013). La Tabla 2.1 muestra las temperaturas y tiempos de exposición necesarios para la eliminación de patógenos presentes en los sustratos

TABLA 2.1. TEMPERATURA NECESARIA PARA ELIMINACIÓN DE PATÓGENOS EN EL COMPOSTAJE

MICROORGANISMO	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN NECESARIA PARA ELIMINACIÓN DE PATÓGENOS
Salmonella spp	55	1 hora
	65	15-20 minutos
Escherichia coli	55	1 hora
	65	15-20 minutos
Brucella abortus	55	1 hora
	62	3 minutos
Parvovirus bovino	55	1 hora
Huevos de Ascaris lumbricoides	55	3 días

FUENTE: (FAO, 2013)

2.4.1.3. Fase de Enfriamiento o Mesófila II

Debido al agotamiento de las fuentes de carbono y nitrógeno se produce un descenso de temperatura del material hasta los 40°-45°C, donde se continúa con la degradación de polímeros como la celulosa. En este descenso de temperatura los microorganismos mesófilos reinician su actividad y el pH desciende levemente, aunque tiende a ser alcalino.

La duración de esta fase puede variar entre semanas hasta meses y se llega a confundir con la etapa de maduración (FAO, 2013). Una peculiaridad de esta fase es la posible presencia de hongos visibles a simple vista. La Figura 2.3 muestra el hongo indicador de la fase mesófila II.

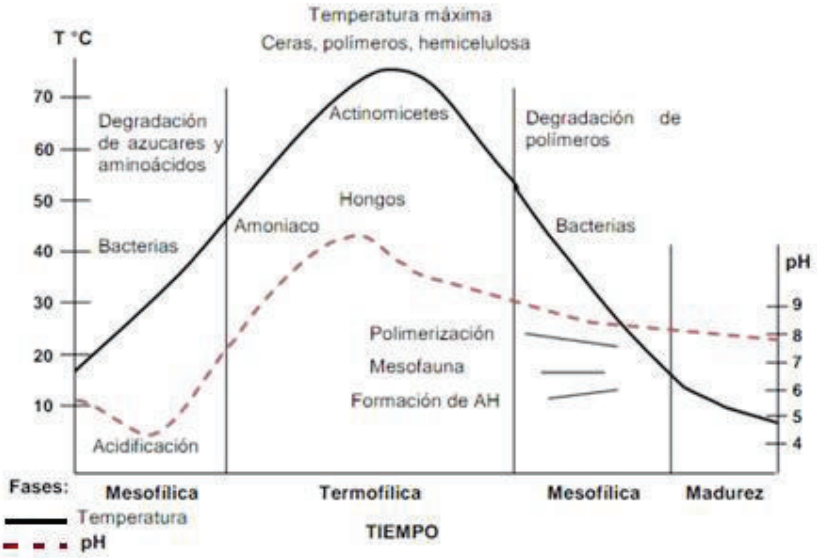
FIGURA 2.3. HONGO INDICADOR DE FASE MESÓFILA II

2.4.1.4. Fase de Maduración

Es la última fase del compostaje donde se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos fúlvicos y húmicos. La duración de esta fase tiende a ser de semanas o meses hasta que el material descompuesto alcance su estabilidad (FAO, 2013).

La Figura 2.4 indica el cambio de los parámetros de pH y temperatura que intervienen en cada fase de la producción del compost.

FIGURA 2.4. CAMBIO DE pH Y TEMPERATURA EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE



FUENTE: (FAO, 2013)

2.4.2. SISTEMAS DE COMPOSTAJE

Existen dos tipos de sistemas de compostaje: sistemas abiertos o en pilas y sistemas cerrados (FAO, 2013). Según Röben (2002) la elección del tipo de sistema depende de algunos factores como:

- Tiempo de proceso
- Espacio disponible
- Seguridad higiénica requerida
- Sustratos utilizados
- Condiciones climáticas del lugar (precipitaciones, vientos, temperaturas bajo cero).

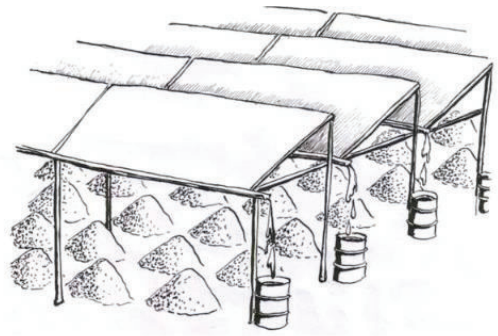
2.4.2.1. Compostaje abierto o en pila

El sistema de pilas ha sido utilizado desde la antigüedad por su manejo simple y es recomendado en un volumen de residuos mayor a $1m^3$ (FAO, 2013). Se lo puede manejar a cielo abierto o en lugares techados, dependiendo de las condiciones climáticas del sitio en el que se instale. (Röben, 2002).

Para este tipo de compostaje se debe tomar en cuenta la alternancia de los sustratos utilizados obteniendo una mezcla homogénea para una relación C/N equilibrada (FAO, 2013). Según Vargas (2007), existe dos tipos de sustratos para el compostaje: sustratos de alta energía que aportan nitrógeno, son húmedos y densos; y los sustratos voluminosos que aportan una fuente de carbón, son secos y porosos permitiendo el ingreso del oxígeno en el proceso del compostaje y su mezcla permite una descomposición eficaz. La Figura 2.5 indica un sistema de pilas composteras bajo techo.

La cantidad del material y el área disponible son factores limitantes para el tamaño de la pila; con respecto a la cantidad del se debe considerar la disminución de la pila alrededor de un 50% debido a su compactación y la pérdida de carbono en forma de CO_2 (FAO, 2013).

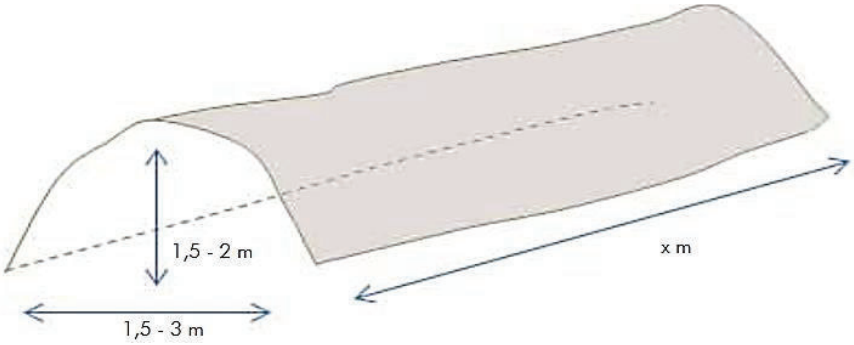
FIGURA 2.5. PILAS COMPOSTERAS BAJO TECHO



FUENTE: (Röben, 2002)

El área y la altura de la pila tienen principal consideración ya que afecta a factores como humedad, oxígeno y temperatura (FAO, 2013). La FAO (2013), recomienda alturas de 1,5 a 2 m para facilitar el volteo y un ancho entre 1,5 a 3 m; la longitud se la determina según el área disponible. La Figura 2.6 muestra las dimensiones para la construcción de una pila compostera

FIGURA 2.6. DIMENSIONES DE UNA PILA DE COMPOSTAJE

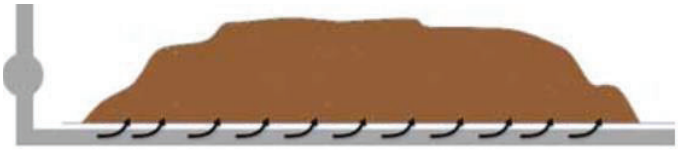


FUENTE: (FAO, 2013)

La aireación es un factor determinante en la descomposición del material, existen diferentes métodos: la aireación manual que se realiza con ayuda de palas, la aireación mecánica con ayuda de maquinaria y la aireación por canales construidos en el suelo que permiten el ingreso de aire al material (FAO, 2013).

Las Figuras 2.7, 2.8 y 2.9 indican los tipos de aireación mencionados anteriormente.

FIGURA 2.7. AIREACIÓN FORZADA POR CANALES



FUENTE: (FAO, 2013)

FIGURA 2.8. AIREACIÓN MANUAL DE UNA PILA COMPOSTERA

FIGURA 2.9. AIREACIÓN MECANIZADA

2.4.2.2. Sistema cerrado o en recipiente

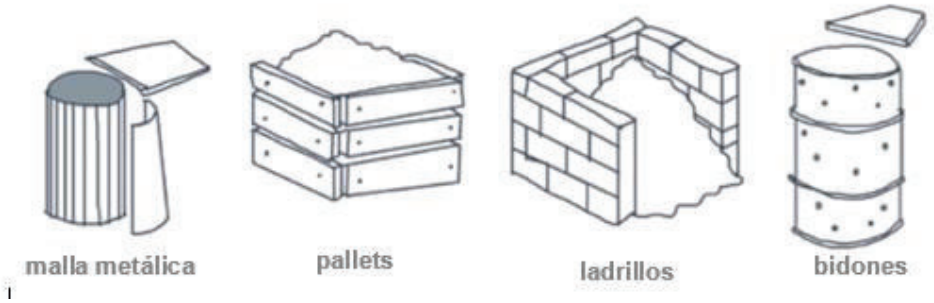
Conocido como un compostaje domiciliario, se da en recipientes donde se mantiene confinado el sustrato hasta su descomposición. Los sustratos utilizados son: la poda de jardín, estiércol, basura, recortes de verduras, papel y cartón; se evita por razones de salud pública las heces humanas, animales enfermos, restos de plantas

con altas concentraciones de pesticidas, y materiales tóxicos en general (Díaz & de Janon, 2010).

Según Díaz y de Janon (2010), este sistema tiene algunas ventajas como: proteger al material de condiciones climáticas, facilidad en la aireación, fácil extracción del lixiviado y control de la invasión de vectores; como desventaja se tiene las altas temperaturas por lo cual se debe tener un monitoreo más constante para evitar algún contratiempo en el proceso de compostaje.

Entre los materiales utilizados para los recipientes se encuentra el hormigón, madera o malla metálica; Díaz y de Janon (2010) recomiendan dimensiones de 1 x 1 m y una altura variable de 1.5 a 2 m, tomando en cuenta que un lado del recipiente pueda ser retirado para el ingreso del material y su aireación. En América Latina, es común el reúso de bidones plásticos de 220 litros con pequeñas modificaciones (FAO, 2013). La Figura 2.10 muestra los diferentes tipos de recipientes para el compostaje en sistema cerrado.

FIGURA 2.10. RECIPIENTES PARA SISTEMA CERRADO DE COMPOSTAJE



FUENTE: (FAO, 2013)

Para realizar la aireación en este tipo de compostaje se retira la parte frontal del recipiente, se saca el contenido del recipiente teniendo en cuenta que cada partícula que conforma este sistema en algún momento se encontrará en el interior. El sistema cerrado ofrece un compost en un tiempo menor al que el sistema de pilas, alrededor de seis a diez semanas se obtiene un compost maduro (Díaz & de Janon, 2010).

2.4.3. IMPACTOS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Los potenciales impactos negativos por la producción de compost se presentarían si ocurriera lo siguiente: uso de tecnología inadecuada, gestión inadecuada de residuos orgánicos y falta de medidas preventivas o correctivas. (Díaz & de Janon, 2010).

2.4.3.1. Impactos Ambientales

Recursos hídricos

El principal riesgo de contaminación para aguas superficiales y subterráneas es la producción de lixiviados, éstos son producto de una humedad alta (>60%) de los materiales que ingresan al proceso de compostaje o por factores externos como presencia de precipitaciones; los lixiviados se pueden presentar en todas las fases de compostaje, teniendo un mayor riesgo con los originarios de residuos sólidos crudos ya que su nivel de concentración de contaminantes son similares al de las aguas residuales crudas (Röben, 2002).

Como medida de prevención se tiene la pavimentación del terreno utilizado para el compostaje, el uso de materiales permeables que permitan absorber el lixiviado para su tratamiento. Además, se debe evitar la escorrentía con la elección de un terreno en el que no sería posible que ocurra o con la implementación de zanjas alrededor del sitio para desviarlas (Díaz & de Janon, 2010).

Recursos de aire

En el proceso de compostaje se pueden presentar agentes biológicos y no biológicos que pueden adicionarse al medio ambiente por medio de partículas de polvo o aerosoles (Röben, 2002), estos pueden producir infecciones de tipo respiratorio o puede afectar a otro sistema del cuerpo humano. Las esporas de *Aspergillus fumigatus* aunque su presencia no ha sido demostrada en el proceso de compostaje y su infectividad es baja, sería visto como un posible peligro para personas extremadamente sensibles (Díaz & de Janon, 2010).

Díaz y de Janon (2010) recomiendan en compostaje a cielo abierto no ubicarlos en las proximidades de centros poblados y para la supresión de polvo se optaría por medidas convencionales de control como el uso de aspersores en la zona de trabajo e instalación de sistemas de captación de aire y dispositivos de control de partículas (ciclones y filtros de manga).

Emisiones olfatorias

La emanación de olores desagradables en el compostaje se lo considera un potencial impacto para la salud y bienestar humano; las fuentes de los olores desagradables pueden ser: los residuos crudos, el mal proceso de compostaje dando condiciones anaerobias y un compost inmaduro. Se considera como medidas de prevención el atrapar los olores a través de ventilación o la contención del proceso de compostaje (Díaz & de Janon, 2010).

2.4.3.2. Impactos de Salud Pública

Vectores

Según Díaz y de Janon (2010), los vectores se pueden presentar en un proceso de compostaje por dos razones:

- Naturaleza del sustrato: residuos sólidos, residuos de alimentos, lodos de depuradoras o excrementos de animales;
- Tiempo del proceso de compostaje: existe un largo intervalo de tiempo entre la recepción del material y las etapas del proceso con condiciones letales para las moscas e intolerable para los roedores.

El correcto manejo de la limpieza en cada una de las fases del compostaje, un corto período de almacenamiento de los residuos crudos; disponer una capa de sustratos secos como aserrín, paja u hojas serían medidas de mitigación para la atracción de vectores (Röben, 2002). Entre las medidas preventivas se encontraría la pavimentación del lugar para evitar la migración de moscas y la trituración de los residuos como pre-tratamiento que permite la destrucción de huevos y larvas de moscas, como la reducción de basura como alimento para los roedores (Díaz & de Janon, 2010).

2.4.3.3. Salud y seguridad ocupacional

La salud y seguridad ocupacional brinda un ambiente sano y libre de riesgos para una actividad laboral mediante medidas de prevención y mitigación hacia enfermedades y accidentes laborales. En la actividad del compostaje se pueden presentar riesgos en la fase de pre-tratamiento, el empleado está expuesto al material crudo que puede contener olores desagradables o una mezcla de residuos que en su clasificación puede producir cortes o heridas (vidrios, metales); además, el polvo en suspensión se presenta en todas las fases del proceso con mayor cantidad en las etapas iniciales que ocasionarían enfermedades respiratorias. Una medida de controlar es el uso de mascarillas, gafas y ropa de protección (Díaz & de Janon, 2010).

2.4.4. MONITOREO DURANTE EL COMPOSTAJE

En el proceso de compostaje es necesario llevar un monitoreo de parámetros que pueden afectar su rendimiento, como son: oxígeno, temperatura, pH, humedad, materia orgánica y relación C/N, entre otros.

2.4.4.1. Oxígeno

En el compostaje los microorganismos utilizan el oxígeno necesario para su respiración y transforman el carbono de las materias primas en biomasa y en dióxido de carbono (CO_2). El CO_2 producido es considerado de bajo impacto ambiental debido a que es capturado por las plantas para su proceso de fotosíntesis (FAO, 2013).

La necesidad de oxígeno depende de la fase de descomposición en la que se encuentre, siendo una mayor tasa de consumo de oxígeno en la fase termofílica. En general, la saturación de oxígeno en el medio no debe ser menor a 5% con un nivel óptimo de 10%; en el caso de exceso de aireación existe una disminución de temperatura y mayor pérdida de humedad provocando una deshidratación de las células de los microorganismos, algunos producen esporas y se detiene la actividad enzimática encargada de la degradación de los compuestos. Por el contrario, si la aireación fuera insuficiente, se impide la evaporación de agua; con un exceso de

humedad se produce un ambiente de anaerobiosis, donde se genera malos olores y acidez por presencia de ácido acético, ácido sulfhídrico (H_2S) o metano (CH_4) (FAO, 2013).

La Tabla 2.2 indica los parámetros de aireación recomendados por la FAO, las causas y soluciones de parámetros que están fuera de rango de la tasa de aireación óptima.

TABLA 2.2. CONTROL DE LA AIREACIÓN

PORCENTAJE DE AIREACIÓN	PROBLEMA		SOLUCIONES
<5%	Baja aireación	Exceso de humedad y ambiente de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de materiales que permitan la aireación (aserrín, paja, hojas secas).
5%-15% Rango ideal			
>15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, descomposición lenta por falta de humedad	Picado del material para reducir el tamaño del poro reduciendo la aireación. Proporcionar agua o material fresco con mayor contenido de humedad (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros).

FUENTE: (FAO, 2013)

2.4.4.2. Temperatura

El cambio de temperatura determina la fase de descomposición en la que se encuentra. Se debe monitorear el descenso rápido de este parámetro para una mejor velocidad de higienización y descomposición alcanzados por duraciones mayores de temperaturas altas (FAO, 2013). La Figura 2.4 indicada anteriormente en “Fases de compostaje” muestra los cambios de temperatura durante todas las fases del proceso.

La Tabla 2.3 muestra los parámetros de bajas y altas temperaturas que pueden presentarse en el proceso de compostaje, las causas asociadas y las soluciones para estos rangos.

TABLA 2.3. PARÁMETROS DE TEMPERATURA

TEMPERATURA (°C)	CAUSAS ASOCIADAS		SOLUCIONES
Bajas temperaturas (T°. Ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente	Los microorganismos disminuyen la actividad metabólica.	Humedecer o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, etc.).
	Material insuficiente	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada	Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C/N	No existe el suficiente N para generar enzimas y proteínas por parte de los microorganismos disminuyendo su actividad.	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T° ambiente > 70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	Inhibición de la descomposición. Microorganismos mesófilos no se activan para terminar el compostaje	Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco).

FUENTE: (FAO, 2013)

2.4.4.3. pH

Este parámetro depende del sustrato utilizado y cambia según la fase de compostaje que se encuentre, para finalmente llegar a valores neutros de pH en un compost maduro. La Figura 2.4 anteriormente descrita en “Fases del compostaje” muestra los diferentes cambios de este parámetro en todas las fases del proceso.

La Tabla 2.4 indica los valores óptimos de pH y los valores altos o bajos que se pueden presentar, las causas asociadas y sus respectivas soluciones.

TABLA 2.4. PARÁMETROS ÓPTIMOS DE pH

pH	CAUSAS ASOCIADAS		SOLUCIONES
< 4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Se acidifica por presencia de ácidos orgánicos derivados de restos de cocina o frutas.	Adición de material rico en nitrógeno como estiércoles.
4,5-8,5 Rango ideal			
> 8,5	Exceso de nitrógeno	Exceso de nitrógeno en el material de origen y en condiciones de humedad y altas temperaturas se produciría amoniaco que alcaliniza el medio.	Adición de material más seco y con mayor contenido de carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín).

FUENTE: (FAO, 2013)

2.4.4.4. Humedad

La humedad es necesaria para los microorganismos que utilizan el agua como medio de transporte de nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. El rango óptimo de humedad para el compostaje se encuentra entre los 45-60% de agua en peso de material base; si la humedad presenta valores menores a los mencionados se disminuye la actividad microbiana, evitando que se complete todas las fases de degradación y obteniendo un compost inestable biológicamente. En cambio, si la humedad excede el rango, el agua saturará los poros e interferirá en la oxigenación del material (FAO, 2013).

La adición de agua para tener valores de humedad óptimos depende del sustrato utilizado; sustratos como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas tienen una mayor necesidad de riego durante el proceso que los materiales más húmedos como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped (FAO, 2013). La Tabla 2.5 indica los rangos altos y bajos de los valores óptimos de contenido de humedad, las causas asociadas y sus respectivas soluciones.

TABLA 2.5 PARÁMETROS DE HUMEDAD ÓPTIMOS

PORCENTAJE DE HUMEDAD	PROBLEMAS		SOLUCIONES
< 45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje.	Proporcionar agua al material. Añadir material fresco (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros).
45%-60% Rango ideal			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material alto en carbono como aserrín, paja u hojas secas.

FUENTE: (FAO, 2013)

2.4.4.5. Materia orgánica

La materia orgánica indica la descomposición que tiene el sustrato ya que tiende a disminuir durante todo el proceso de compostaje hasta su estabilización (Soliva & López, 2004).

Es representada por los sólidos volátiles, es por ello que el cálculo de la relación entre sólidos volátiles y sólidos totales (SV/ST) es primordial para conocer la

degradación de la materia y su estabilidad (Barrios, 2009; Encarnación & Enríquez, 2014; Osorio & Mardones, 2017). Araque (2006), Castrejón et al (2000) y Cain (2010), Mahamud, Gutiérrez y Sastre (1996), y Vigueras et al. (2014), citados por Peñaherrera (2015) identifican para una estabilización de la materia orgánica que una relación SV/ST debe ser menor o igual a 0,60. Mientras tanto, Metcalf & Eddy (1995) citados por Encarnación y Enríquez (2014) mencionan rangos de 0.3 a 0.4 para indicar dicha estabilización.

Además, con este parámetro se puede calcular el porcentaje de carbono al representar el 58% del porcentaje de materia orgánica y permite calcular con el porcentaje de nitrógeno la relación C/N del compost (Feicán, 2011).

2.4.4.6. Relación C/N

Es el resultado de la relación numérica del %C total y el %N total en base seca de los sustratos. Al inicio del compostaje el rango óptimo es de 35/1, es decir, 35 partes de carbono por cada parte de nitrógeno y al culminar el proceso se obtiene un rango entre 10/1 a 15/1 (FAO, 2013).

Si al inicio del compostaje se obtiene una relación alta se retrasaría la descomposición; en cambio, si fuera una relación baja los microorganismos consumen el carbono y dejan escapar el nitrógeno como amoniaco (FAO, 2013; Feicán Mejía, 2011).

La Tabla 2.6 indica el rango ideal de la relación C/N y en el caso de los valores mayores y menores las causas asociadas a los mismos y sus soluciones.

TABLA 2.6 VALORES ÓPTIMOS DE RELACIÓN C/N

C/N	CAUSAS ASOCIADAS		SOLUCIONES
>35/1	Exceso de Carbono	Gran cantidad de carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse.	Adición de material rico en nitrógeno como estiércoles
15/1 - 35/1 Rango ideal			
>15/1	Exceso de nitrógeno	Material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan olores desagradables por el amoniaco liberado	Adición de material rico en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín).

FUENTE: (FAO, 2013)

Para determinar una relación C/N óptima es necesario la mezcla de sustratos que permite la degradación eficaz de los mismos (Vargas, 2007).

La Tabla 2.7 indica relaciones C/N de algunos sustratos utilizados para el proceso, el contenido ruminal no tiene establecido una relación C/N determinada.

TABLA 2.7. RELACIONES C/N DE SUSTRATOS

PRODUCTO	RELACIÓN	PRODUCTO	RELACIÓN	PRODUCTO	RELACIÓN
Residuos de comida	15/1	Paja de cereales	80/1	Trébol verde	16/1
Madera (según la especie)	06/1	Estiércol	20/1	Trébol seco	16/1
Papel	170/1	Aserrín	500/1	Leguminosas en general	25/1
Pasto fresco	10/1	Madera	700/1	Vegetales (sin leguminosas)	11-12/1
Hojas	40/1 y 80/1	Grama	12-15/1	Gramíneas	19/1
Desechos de fruta	35/1	Orina	0.8/1	Paja de avena	80/1
Estiércol de vaca descompuesto	20/1	Paja de cereales	128-150/1	Humus	10/1
Tallos de maíz	60/1	Papas (cáscaras)	25/1	Gallinaza	15/1
Paja de trigo	80/1	Sangre	03/1		
Alfalfa	13/1	Caballo (excremento)	25/1		

FUENTE: (Feicán Mejía, 2011)

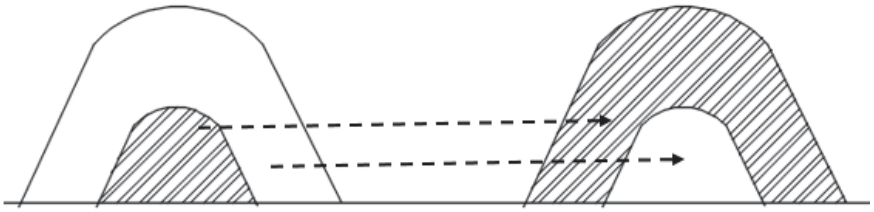
2.4.5. MANEJO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

2.4.5.1. Aireación

Los poros de los sustratos utilizados pueden variar en dimensiones y estar dispuestos de manera heterogénea y para evitar zonas de anaerobiosis en los poros pequeños se utiliza la aireación (FAO, 2013).

El volteo es una de las técnicas de aireación que brinda facilidad y es accesible económicamente (Vargas, 2007); en el volteo se debe tener en cuenta la reconstrucción del sistema (abierto o cerrado) tal que el sustrato que se encontraba en la parte externa ingrese a la parte inversa y viceversa, es decir, cada partícula que conforma el sistema original se encontrará en algún momento en el interior del mismo y obtener una descomposición del sustrato homogénea (Díaz & de Janon, 2010; Ruiz S., 2011). La Figura 2.11 indica la reconstrucción de una pila compostera.

FIGURA 2.11. RECONSTRUCCIÓN DE PILA COMPOSTERA



FUENTE: (Díaz & de Janon, 2010).

2.4.5.2. Humedecimiento

Al no existir el suficiente suministro de agua por parte de los sustratos, el porcentaje de humedad disminuye y ocurre una detención de la descomposición (FAO, 2013); para ello, el humedecimiento es una alternativa para evitar estos inconvenientes. Existen dos maneras: manual y mecánico; el principio es similar, suministrar agua por medio de regadera manual o con aspersor encima del material a compostar (Röben, 2002).

El humedecimiento es importante en las etapas mesófila y termófila ya que existen mayor cantidad de microorganismos, en la etapa de enfriamiento se evita humedecer el material debido a que al estabilizarse el compost pierde humedad (Díaz & de Janon, 2010).

2.4.6. CALIDAD DEL COMPOST

El compost alcanza su estado de estabilidad en la fase de maduración; según la FAO (2013), un compost ha madurado cuando la medición de temperatura no

aumenta a pesar de que exista aireación y se puede suponer que los componentes en los residuos más inestables se han estabilizado (Díaz & de Janon, 2010). La FAO en su “Manual de compostaje para el agricultor” (2013) tiene otros tipos de pruebas para la comprobación de la estabilización del compost descritas en el “Anexo No. 3”.

Además, se propone diferentes parámetros medibles en gabinete que permiten determinar un compost maduro. La Tabla 2.8 muestra los diferentes parámetros así como los diferentes rangos para las fases de compostaje.

TABLA 2.8. PARÁMETROS DEL PROCESO DEL COMPOSTAJE SEGÚN LA FAO

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase mesofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C/N	25/1- 35/1	15/20	10/1-15/1
Humedad	50%-60%	45%-55%	30%-40%
Tamaño de partícula	< 25 cm	~15 cm	>1,6 cm
pH	6,5-8,0	6,0-8,5	6,5-8,5
Temperatura	45-60°C	45°C-Temp. Ambiente	Temp. Ambiente
Densidad	250-400 kg/m^3	< 700 kg/m^3	< 700 kg/m^3
Materia orgánica (Base seca)	50%-70%	> 20%	> 20%
Nitrógeno Total (Base seca)	2,5-3%	1-2%	~1%

FUENTE: (FAO, 2013)

En el caso del Ecuador no existe una normativa que determine la calidad del compost, otros países como Chile cuentan con una normativa y clasificación del compost en:

- Clase A: Compost que no presenta ninguna restricción de uso debido a que ha sido sometido a un proceso de humificación pudiendo ser aplicado directamente sin mezclarse.
- Clase B: Producto que presenta restricciones y requiere ser mezclado para su aplicación.
- Compost inmaduro: Es una materia orgánica que ha pasado las fases mesófila y termófila sin alcanzar su estabilidad y debe ser mezclado para su aplicación (Chile, 2000).

La Tabla 2.9 indica los algunos parámetros y valores permisibles para clasificar a un compost según la normativa chilena.

TABLA 2.9. PARÁMETROS DE CALIDAD DE COMPOST NORMATIVA CHILE

PARÁMETRO	UNIDAD	VALORES PERMISIBLES		
		CLASE A	CLASE B	INMADURO
Humedad	% peso	< 30		
Conductividad eléctrica	mmho/cm (dS/m)	≤5	5 -12	
C/N		10- 25	10 -40	Máx 50
pH		7- 8	6,5-8,5	6-8,5
M.O	% base seca	≥25		
Coliformes fecales	NMP/g compost (base seca)	< 1000		
Salmonella sp.	NMP/4g compost (base seca)	< 3		
Huevos de Helminto	NMP/4g compost (base seca)	< 1		
Olor		No presentar olores fuertes		

Fuente: (Chile, 2000)

2.5. MARCO LEGAL

La legislación aplicable al presente proyecto de titulación se considera al contenido ruminal como un desecho peligroso por sus características biológico-infecciosas. Se analizaron los artículos de la Constitución de la República y la Ley de Régimen del Distrito Metropolitano de Quito referentes al derecho de vivir en un ambiente sano, los derechos de la naturaleza y la disposición final de los desechos peligrosos (Constituyente, 2008). En el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (Ministerio del Ambiente, 2015) y en las Ordenanzas Metropolitanas No. 404 (DMQ, 2013) , 138 (DMQ, 2016) y 332 (DMQ, 2011) se revisaron los artículos correspondientes a la disposición de los residuos peligrosos, la reutilización y aprovechamiento de los mismos; y las obligaciones que debe cumplir la empresa

al generar un alto impacto ambiental. Además, con respecto a los desechos peligrosos se necesitó el análisis del Acuerdo Ministerial 026 (Ministerio del Ambiente, 2008) del registro de generadores de desechos peligrosos y el Acuerdo Ministerial No. 142 que corresponde a los “Listados Nacionales de sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales” (Ministerio del Ambiente, 2012).

La Ordenanza Metropolitana No 316 indicó la creación de la EMRAQ-EP como empresa pública; la Ley de Sanidad Animal publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 315 del 16 de abril de 2004 establece al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y pesca como autoridad reguladora de la actividad que ejerce la empresa; y la Norma INEN 1 218 regula al proceso de faenamiento (DMQ, 2010; INEN, 1985; Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2004).

Para la posible comercialización del compost como un abono orgánico se revisaron el Acuerdo 0068 (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2016, 2017) y las normas INEN 330 (INEN, 1998a), 209 (INEN, 1998b) y 221 (INEN, 1997) que indican las regulaciones a seguir para el registro como productor de fertilizantes.

La Tabla 2.10 indica la base legal aplicable a esta investigación.

TABLA 2.10. MARCO LEGAL APLICABLE

LEGISLACIÓN	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULOS APLICABLES AL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
Constitución de la República del Ecuador (2008)	"Se reconoce el derecho a la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay"	Título II, Capítulo II, Artículo 14
	"Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible"	Título II, Capítulo IX, Artículo 83, Sección 6
	"Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente"	Título VII, Capítulo II, Sección I, Artículo 397, numeral 3
TULSMA Acuerdo No. 061. (4 de mayo del 2015)	"Toda obra, actividad o proyecto nuevo y toda ampliación o modificación de los mismos que puedan causar impacto	Título III, Capítulo I, Artículo 6

	ambiental debería someterse al Sistema único de Manejo Ambiental"	
	"Licencia Ambiental es de carácter obligatorio para aquellos proyectos considerados de medio o alto impacto o riesgo ambiental"	Título III, Capítulo III, Artículo 25
	“De los estudios ambientales”	Título III, Capítulo IV
	"Políticas generales de la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales" "Manejo integral de residuos y/o desechos" "Responsabilidad extendida del productor y/o importador" "Minimización de generación de residuos y/o desechos" "Fomento al desarrollo del aprovechamiento. Aprovechamiento y/o valorización, incluye el reúso y reciclaje".	Título III, Capítulo VI, Artículo 49, literales a,b,c y f (numeral 4)
	Competencias de la Autoridad Ambiental "Fomentar la investigación científica en los centros especializados, e instituciones de educación superior, como una herramienta para la toma de decisiones" "Establecer un registro obligatorio para personas naturales o jurídicas que generan desechos peligrosos y/o especiales"	Título III, Capítulo VI, Artículo 52, literal j y n
	"Se considera como desechos peligrosos a los desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción y que contenga características corrosivas, reactivos, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas y/o radioactivas, que representen un riesgo para la salud humana y el ambiente de acuerdo a las disposiciones legales aplicables".	Título III, Capítulo VI, Sección II, Artículo 79.
	"Fases de la gestión integral de desechos peligrosos. Aprovechamiento y/o valorización, y/o tratamiento, incluye el reúso y reciclaje"	Título III, Capítulo VI, Sección II, Artículo 83, literal e
	"Tomar medidas con el fin de reducir o minimizar la generación de desechos peligrosos y/o especiales"	Título III, Capítulo VI, Sección II, Parágrafo I, Artículo 88, literal c
	"Los procesos de aprovechamiento deben promover la competitividad mediante mejores prácticas, nuevas alternativas, de negocios y generación de empleos"	Título III, Capítulo VI, Sección II, Parágrafo V, Artículo 123, literal f
Acuerdo Ministerial N° 142	Listados Nacionales de sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales	Anexo B
Acuerdo Ministerial N° 026	Procedimientos para el Registro de generadores de desechos peligrosos, gestión de desechos peligrosos previo al licenciamiento ambiental, y para el transporte de materiales peligrosos	

Ley de Gestión Ambiental	"Establézcanse como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listado de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento".	Título III, Capítulo V, Artículo 33
Ley de Régimen del Distrito Metropolitano de Quito	"Prevendrá y controlará cualquier tipo de contaminación del ambiente"	Título I, Artículo 2, numeral 3
Ordenanza Metropolitana No. 404	"Categorización ambiental. Procedimientos a seguir, requerimientos y documentos a obtener".	Capítulo IV, Sección III, Artículo II.380.10
	"Estudio de Impacto Ambiental Ex post"	Capítulo IV, Sección IV, Parágrafo III, Artículos II.380.28, II.380.29 y II.380.30
	"Licencia Ambiental"	Capítulo IV, Sección IV, Parágrafo IV, Artículos II.380.31, II.380.32, II.380.33 y II.380.34
	"Procedimientos de Regulación para actividades que generan impactos o riesgos ambientales significativos" "Actividades que generan impactos o riesgos ambientales significativos altos".	Capítulo V, Sección I, Parágrafo I, Artículos II.380.62 y II.380.63
Ordenanza Metropolitana No. 138 Sistema de Manejo Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito	"De la regularización ambiental: el promotor de un proyecto, obra o actividad que suponga riesgo o impacto ambiental, presenta ante la Autoridad Ambiental competente la información sistematizada que permite oficializar los impactos ambientales …"	Capítulo III, Artículo 10
	"De los instrumentos para la obtención de permisos y autorizaciones administrativas ambientales"	Capítulo III, Artículo 11
	"No entregar residuos y/o desechos peligrosos a gestor ambiental autorizado para el efecto, independientemente que el administrado cuente o no con el respectivo permiso o autorización administrativa ambiental…"	Capítulo IX, Artículo 29, literal l
Ordenanza Metropolitana No. 332 Sistema de gestión integral de residuos sólidos del Distrito Metropolitano de Quito	"Los residuos orgánicos compostables son aquellos que pueden ser metabolizados por medios biológicos…" "residuos peligrosos, residuos infecciosos de animales"	Capítulo I, Sección II, Artículo 12, literal i, k
	"Los residuos sólidos que se rigen obligatoriamente por este sistema de recolección especial o sistema de aseo contratado son los residuos peligrosos, hospitalarios, escombros y otros"	Capítulo II, Sección III, Artículo 25
	"Residuos infecciosos de animales: deberán acogerse obligatoriamente al sistema de recolección especial, guardando las normas de bioseguridad…"	Capítulo II, Sección III, Subsección II, Artículo 38

	"…el Municipio o los gestores ambientales calificados construirán, operarán y mantendrán centros de compostaje o de procesamiento de residuos orgánicos, de conformidad con lo que se establece esta norma y la legislación ambiental vigente"	Capítulo II, Sección III, Subsección V, Artículo 55
Ordenanza Metropolitana No. 316	Creación de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito, EMRAQ-EP	
Ley de Sanidad Animal	"El Ministerio de Agricultura y Ganadería ejercerá el control sanitario del explotaciones ganaderas..."	Capítulo I, Artículo 4
	"El Ministerio de Agricultura y Ganadería, controlará y reglamentará la movilización y transporte del ganado que salga de las explotaciones con destino a ferias, plazas, exposiciones, camales o lugares de venta…"	Capitulo II, Artículo 13
Acuerdo Ministerial No. 234	"La Agencia Ecuatoriana del Aseguramiento de la Calidad del Agro-AGROCALIDAD registra, regula y controla a las personas naturales y jurídicas que deseen importar, fabricar, formular, envasar, distribuir y exportar fertilizantes…"	Artículo 1 y 2
Resolución 0068 Registro y control de fertilizantes, enmiendas del suelo y productos afines de uso agrícola	"Toda persona natural y/o jurídica, pública y/o privada, interesada en operar como fabricante, formulador, envasador, importador, exportador, distribuidor, almacenista de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola, está obligada a registrar su actividad ante AGROCALIDAD, previo al inicio de sus actividades" "El solicitante deberá registrar su tipo y área de operación el Sistema Gestionador Unificado de Información de AGROCALIDAD GUIA..."	Título II, Artículo 4, 5 y 6
	"De las características del registro de fertilizantes …" "Del procedimiento para el registro de fertilizantes…"	Título VI, Sección 1, Artículos 20 y 23
	"Requisitos para el registro" "Clasificación de los fertilizantes"	Título VI, Sección 2, Artículos 24 y 25
	"Vigencia del registro de fertilizantes" "Certificado de libre vente (CLV)	Título VI, Sección 4, Artículos 28 y 31
NORMAS INEN	Carne y productos cárnicos. Faenamiento	NTE INEN 1 218:1985
	Fertilizantes o abonos. Clasificación	NTE INEN 330:98
	Fertilizantes o abonos. Definiciones	NTE INEN 209:1998
	Fertilizantes o abonos. Requisitos. Etiquetado	NTE INEN 221:1997

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA APLICADA

3.1. SITIO DE EXPERIMENTACIÓN

La EMRAQ-EP es la institución municipal creada en el año 2010, encargada de operar el sistema de faenamiento de especies animales y la comercialización de sus productos para el consumo humano en el Distrito Metropolitano de Quito; así como el control de la infraestructura de mataderos municipales. La empresa ofrece los servicios de: faenamiento de bovinos, porcinos y ovinos; control veterinario Ante-Post Mortem; inspección de carnes importadas; venta de subproductos y alquiler de equipos para faenamiento de ganado (DMQ, 2010; EMRAQ-EP, 2016).

3.1.1. UBICACIÓN

Dirección:	Ciudadela La Ecuatoriana, Camilo Orejuela y Secundaria
Parroquia:	La Ecuatoriana
Cantón:	Quito
Provincia:	Pichincha
PBX:	02-3-952-300
Web:	epmrq.gob.ec

La ubicación actual de la empresa se dio a partir del año 1996, donde se otorgaron nuevas instalaciones en la ciudadela “La Ecuatoriana” con equipamiento necesario para un servicio de faenamiento técnico y sanitario del ganado (Cantos Cantos & Erazo Acosta, 2014). La Figura 3.1 presenta la ubicación del sitio de experimentación.

3.1.2. DATOS FÍSICOS DEL TERRENO

Inclinación promedio:	5.4%
Elevación:	3,034 m

Latitud: 0°19'7.57"S

Longitud: 78°33'49.94"O

FIGURA 3.1. UBICACIÓN DE LA EMRAQ-EP

FUENTE: Datos mapa 2016. Google Earth

El contenido ruminal es generado como desecho en el lavado de vísceras del ganado bovino; después de este paso, es trasladado hacia la parte externa de la planta mediante canales y depositado en una volqueta para depositarlo a la intemperie o donarlo. Según datos proporcionados de la empresa semanalmente se produce alrededor de 15 m^3 de contenido ruminal (EMRAQ-EP, 2016).

Según el “Catálogo de actividades ambientales” (Ministerio del Ambiente, 2015), la EMRAQ-EP aplica en “Construcción y/u operación de centros de faenamiento” que produce un alto impacto y riesgo ambiental. Para este tipo de actividades se requiere la licencia ambiental y el registro de generador de desechos peligrosos.

Actualmente la empresa no cuenta con un licenciamiento ambiental y su registro de desechos peligrosos se encuentra en proceso de obtención. Según el Ministerio del Ambiente (2008) en el Acuerdo No. 026 para la obtención del registro se debe llenar los siguientes documentos:

- Formulario general de registro.

- Formulario de Registro como empresa generadora de desechos peligrosos.
- Manifiesto único de entrega, transporte y recepción de desechos y recepción de desechos peligrosos.
- Declaración anual de generación, manejo y transferencia de desechos peligrosos.

El Ministerio del Ambiente si considera que el registro es favorable, lo aprobará; caso contrario se fijará los requisitos a cumplir en un término de 30 días a partir de la fecha de la presentación de la solicitud de registro. El promotor puede presentar la solicitud las veces necesarias para cubrir las observaciones que dieron la resolución desfavorable por la autoridad ambiental.

Además, la empresa generadora tiene la responsabilidad de realizar un plan de manejo específico para los desechos peligrosos; la EMRAQ-EP para el manejo del contenido ruminal optó por medio de un convenio la donación de estos desechos al INIAP.

La gestión del contenido ruminal a través del compostaje ingresa como una modalidad de manejo para este desecho peligroso y la empresa tiene la obligación de presentar la solicitud de licenciamiento ambiental por esta actividad. Este trámite se encuentra en proceso ya que la EMRAQ-EP ofrece otras actividades de manejo de los demás residuos peligrosos producidos por el faenamiento (planta de tratamiento e incinerador). En el “Anexo No. 4” se encuentra los formularios para el registro de generador de desechos peligrosos y su manejo.

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se construyeron a nivel piloto 8 pilas composteras de 2.30 m x 1.80 m, área que se determinó en base al espacio disponible que la EMRAQ-EP designó en esta investigación; 4 de ellas se ubicaron en el área bajo invernadero y las 4 restantes a la intemperie. Las 4 pilas bajo invernadero fueron réplicas de las 4 pilas ubicadas en el área a la intemperie, es decir, las condiciones climáticas como única variable diferente. Las Figuras 3.2 y 3.3 muestran el sitio de experimentación.

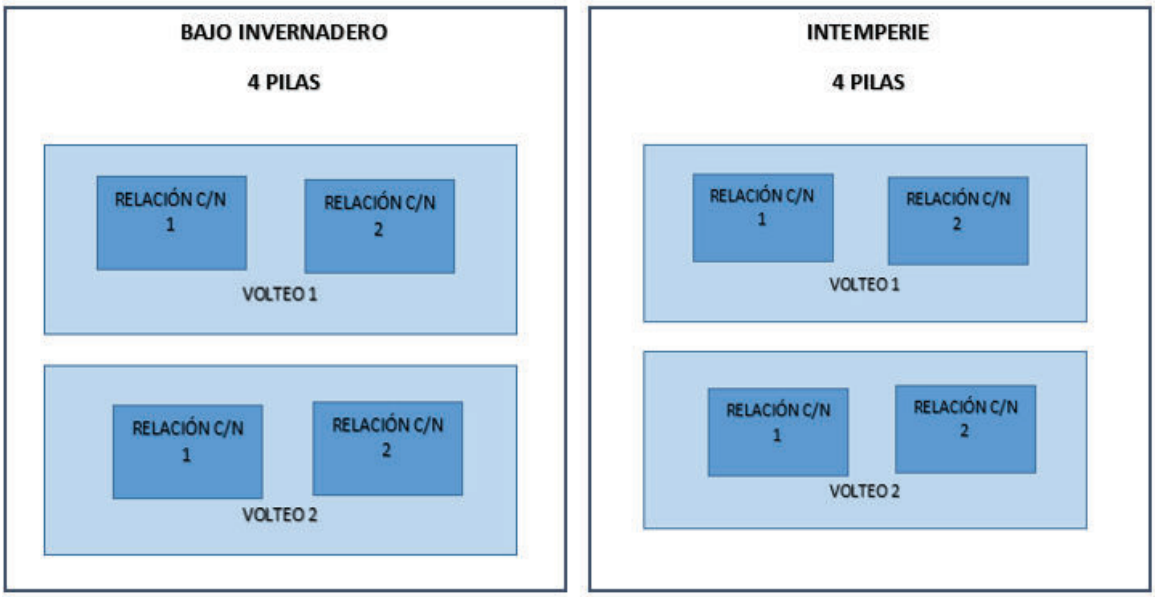
FIGURA 3.2. INVERNADERO DE LA EMRAQ-EP

FIGURA 3.3. TERRENO ALEDAÑO A INVERNADERO

Los sustratos utilizados para la construcción de las pilas fueron el contenido ruminal como la fuente de nitrógeno y el aserrín como la fuente de carbono considerado un desecho de los aserraderos. De las 4 pilas de cada área, 2 de ellas operaron inicialmente con una relación C/N de 41.6/1 y las otras dos restantes con una relación C/N de 37.7/1; estas relaciones se obtuvieron al mezclar las mismas masas de aserrín variando en cada relación la masa del contenido ruminal. La determinación de estas dos relaciones se expone en el numeral 3.2.1.

Para conocer el efecto de la aireación en el proceso, dos pilas con diferente relación C/N fueron aireadas manualmente una vez por semana y las pilas restantes de diferente relación 2 veces por semana. La Figura 3.4 muestra la distribución en forma de bloques del diseño experimental descrito anteriormente.

FIGURA 3.4. DISTRIBUCIÓN DE PILAS COMPOSTERAS



Para facilitar el control, monitoreo y manejo se procedió a codificar a cada pila. La Tabla 3.1 muestra la codificación de cada pila dependiendo las características estudiadas.

TABLA 3.1. CODIFICACIÓN DE PILAS COMPOSTERAS

VARIABLES / PILAS	FRECUENCIA DE AIREACIÓN MANUAL		RELACIONES C/N		CONDICIONES CLIMÁTICAS	
	1 vez por semana	2 veces por semana	Relación C/N= 41.6/1	Relación C/N= 37.7/1	Bajo invernadero	Intemperie
1 A	X		X		X	
2 A	X			X	X	
3 A		X	X		X	
4 A		X		X	X	
1B	X		X			X
2B	X			X		X
3B		X	X			X
4B		X		X		X

- Las pilas “1 A” –“4 A” fueron elaboradas bajo invernadero; en cambio, las pilas “1 B”- “4B” a la intemperie.
- Las pilas “1 A”, “3 A”, “1 B” y “3 B” se elaboraron con una relación C/N de 41.6/1; las pilas “2 A”, “4 A”, “2 B” y “4 B” tienen una relación C/N de 37.7/1.
- Las pilas “1 y 2 A” y “1 y 2 B” tienen una frecuencia de aireación manual de una vez por semana, y las pilas “3 y 4 A” y “3 y 4 B” tuvieron una aireación forzada de dos veces por semana.

3.2.1. RELACIONES C/N PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST

Debido al espacio disponible y estudios empíricos realizados en el sitio de experimentación se tuvo datos bases para la cantidad de contenido ruminal y aserrín utilizados. Se realizó un pesaje de los sustratos teniendo dos masas de contenido ruminal de 406.42 kg y 508.02 kg, y una masa de aserrín de 68.04 kg para ambas relaciones.

Se realizó análisis físicos químicos de contenido de humedad, densidad y porcentaje de materia orgánica de ambos sustratos utilizados; la materia orgánica se la definió para el cálculo del porcentaje de carbono; estos análisis se realizaron de dos muestras de cada sustrato por duplicado. El porcentaje de nitrógeno del contenido ruminal fue analizado en el Laboratorio de Manejo de Suelos y Agua-Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); en el caso del aserrín para el cálculo del nitrógeno se tomó el valor de la relación C/N de 500/1 recomendado por Feicán (2011) que se encuentra en la Tabla 2.7 del Capítulo 2.

La Tabla 3.2 detalla los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos realizados a los sustratos utilizados.

TABLA 3.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LOS SUSTRATOS

SUSTRATOS	DENSIDAD APARENTE (kg/m^3)	%H	% M.O	%C (base seca)	%N (base seca)	RELACION C/N
Contenido Ruminal	72.26	81,08	59.18	34.33	1.61	21.32
Aserrín	100.24	11,53	78.47	45.51	0.09	500

Para el cálculo de la relación C/N en una mezcla de sustratos, Feicán (2011) propone el cálculo de las masas de cada uno de los sustratos para obtener las proporciones de carbono y nitrógeno en base seca.

Para ello, se restó la masa de agua que contiene cada sustrato multiplicando el porcentaje de humedad con la masa del sustrato como indica la Ecuación 3.1. Del resultado de las masas secas de los sustratos se multiplico con los porcentajes de carbono y nitrógeno obtenidos en la Tabla 3.2, como muestran las Ecuaciones 3.2 y 3.3. Para el cálculo de las relaciones se sumó las masas de carbono y nitrógeno de los sustratos respectivamente y se los dividió, la Ecuación 3.4 indica esta operación.

$$MS - (MSx\%H) = Mseca \quad (3.1)$$

$$Msecax\ \%C = MC \quad (3.2)$$

$$Msecax\ \%N = MN \quad (3.3)$$

$$RELACIÓN\ C/N = \frac{\sum MC}{\sum MN} \quad (3.4)$$

Donde:

MS: masa del sustrato

Mseca: masa seca del sustrato

MC: masa de carbono

MN: masa de nitrógeno

%H: porcentaje de humedad

%C: porcentaje de carbono en base seca

%N: porcentaje de nitrógeno en base seca

Las Tablas 3.3 y 3.4 muestran la determinación de las dos relaciones C/N utilizadas en este trabajo, con sus respectivos valores para el cálculo de la relación de la mezcla de los dos sustratos.

TABLA 3.3. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN C/N de 41.6/1

SUSTRATOS	DENSIDAD APARENTE (kg/m^3)	VOLUMEN m^3	MASA TOTAL kg	MASA (C) kg	MASA (N) kg	PESO RECETA %
Contenido Ruminal	72.26	5.62	406.42	26.39	1.24	85.66
Aserrín	100.24	0.68	68.04	27.40	0.05	14.34
Totales	-	6.30	474.46	53.78	1.29	100.00
Relación C/N (receta)	**41.6/1**					

TABLA 3.4. DETERMINACIÓN DE RELACIÓN C/N 37.7/1

SUSTRATOS	DENSIDAD APARENTE (kg/m^3)	VOLUMEN m^3	MASA TOTAL kg	MASA (C) Kg	MASA (N) kg	PESO RECETA %
Contenido Ruminal	72.26	7.03	508.02	32.99	1.55	88.19
Aserrín	100.24	0.68	68.04	27.40	0.05	11.81
Totales	-	7.71	576.06	60.38	1.60	100.00
Relación C/N (receta)	**37.7/1**					

3.2.2. DETERMINACIÓN DE ALTURA DE PILA COMPOSTERA

La recomendación de la FAO (2013) al tener como factor limitante el área de construcción fue la determinación del área y una altura variable entre los rangos de 1.5 a 2 m para un mejor manejo de la pila. La altura se calculó con la Ecuación 3.5

$$V = Lxaxh \qquad (3.5)$$

$$h = \frac{V}{Lxa}$$

Donde:

V: Volumen (m^3)

L: longitud (m)

a: ancho (m)

h: altura (m)

Los volúmenes utilizados para este cálculo fueron los resultados del volumen total de la pila de las tablas 3.3 y 3.4 respectivamente; las alturas obtenidas para las dos relaciones de C/N se muestran en la Tabla 3.5.

TABLA 3.5 CÁLCULO DE DIMENSIONES DE PILAS COMPOSTERAS

RELACIONES C/N	VOLUMEN DE PILAS (m^3)	DIMENSIONES		
		ANCHO (m)	LONGITUD (m)	ALTURA (m)
41.6/1	6.30	1.80	2.30	1.52
37.7/1	7.71	1.80	2.30	1.86

3.3. PREPARACIÓN DE PILAS COMPOSTERAS

3.3.1. INSUMOS

La Tabla 3.6 muestra los insumos utilizados en la preparación de las pilas composteras, con las diferentes cantidades de contenido ruminal para las dos relaciones C/N utilizadas. Se obtuvo como resultado una masa de contenido ruminal de 3,657.76 kg y una masa de aserrín de 544.32 kg necesarios para la elaboración de las ocho pilas.

El contenido ruminal se encontraba acumulado en el terreno perteneciente a la EMRAQ-EP por lo que si se obtuvo la cantidad necesaria para iniciar la construcción de las pilas composteras; en el caso del aserrín, se visitó aserraderos cercanos para acceder al material necesario.

TABLA 3.6. INSUMOS TOTALES UTILIZADOS EN LA PREPARACIÓN DE LAS PILAS COMPOSTERAS

INSUMO	VARIABLE	CANTIDAD	UNIDAD	No. PILAS	SUMAN	TOTAL
Aserrín	RELACIÓN C/N 41.6/1	68.04	kg	4	272.16	544.32
	RELACIÓN C/N 37.7/1	68.04		4	272.16	
Contenido ruminal	RELACIÓN C/N 41.6/1	406.42	kg	4	1,625.68	3,657.76
	RELACIÓN C/N 37.7/1	508.02		4	2,032.08	

La Tabla 3.7 indica los equipos y materiales necesarios para lo construcción, manejo y monitoreo de las pilas composteras.

TABLA 3.7. EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA PREPARACIÓN DE LAS PILAS

EQUIPOS	CANTIDAD	CAPACIDAD	PROCEDENCIA
Baldes	2	20 L	AZQ
Carretilla	1	400 kg	AZQ
Cisterna	1	1000 L	AZQ
Palas	2	--	AZQ
Plástico negro	8	4x4 m	AZQ
Termómetro	1	150 °C	Casa del Químico

3.3.2. CONSTRUCCIÓN

La construcción de las pilas composteras incluyeron los siguientes pasos:

1) Limpieza de la superficie del suelo.
2) Colocar una capa homogénea de aserrín en la superficie del suelo cubriendo el área (2.30 x 1.80 m^2) para la pila utilizando 13.61 kg de aserrín. Esta primera capa sirve como pavimentación del sitio utilizado evitando el traspaso de lixiviados al suelo en caso de un contenido ruminal con alta humedad. La Figura 3.5 muestra este paso.

FIGURA 3.5. COLOCACIÓN DEL ASERRÍN, CAPA BASE DE LA PILA

3) Colocar una capa homogénea de contenido ruminal sobre la capa de aserrín, la capa se lo aplica según las dos relaciones C/N con las que se trabajó, es decir, 203.21 kg para la relación de 41.6/1 y 254.01 kg para la relación C/N 37.7/1. La Figura 3.6. muestra este paso.

FIGURA 3.6. COLOCACIÓN DE LA CAPA DE CONTENIDO RUMINAL SOBRE LA CAPA DE ASERRÍN

4) Adicionar homogéneamente una segunda capa de aserrín de 27.22 kg para ambos casos de estudio y humedecer la pila con agua hasta alcanzar su capacidad de campo. Las Figuras 3.7 y 3.8 muestran este paso

FIGURA 3.7. COLOCACIÓN DE SEGUNDA CAPA DE ASERRÍN

FIGURA 3.8. RIEGO DE AGUA SOBRE PILA COMPOSTERA

5) Seguidamente, colocar una segunda capa de contenido ruminal y una capa final de aserrín. Humedecer nuevamente hasta alcanzar la capacidad de campo.
6) Finalmente para acelerar el proceso de compostaje por el aumento de temperatura y reducir las alteraciones por precipitaciones, vientos fuertes o presencia de vectores, todas las pilas fueron cubiertas con plástico negro. La Figura 3.9 muestra las pilas composteras al final de su preparación.

   Cabe mencionar que los sustratos no se mezclaron en la elaboración de las pilas sino en su manejo descrito a continuación.

FIGURA 3.9. PILAS COMPOSTERAS FINALIZADAS

3.4. MANEJO DE PILAS COMPOSTERAS

3.4.1. AIREACIÓN

Las pilas fueron aireadas manualmente con una frecuencia de una y dos veces por semana. El proceso de aireación consistió en voltear la pila en la pila original y reconstruirla de tal forma que el material que se encontraba en el interior de la pila forme parte de la parte externa de la misma y viceversa. (Díaz & de Janon, 2010).

3.4.2. HUMEDECIMIENTO

El humedecimiento de las pilas se utilizó para el control de temperatura, evitar que el material se combustione y facilitar la descomposición microbiana de la materia orgánica.

Se humedeció cada una de las pilas composteras luego del primer volteo semanal, utilizando aproximadamente 40 litros de agua por pila y aplicando por aspersión manual. Esta actividad se realizó durante las cuatro primeras semanas en las cuales se presenta la fase mesófila y termófila (FAO, 2013).

3.5. MONITOREO DE PILAS COMPOSTERAS

El monitoreo se realizó a través de la determinación semanal de cuatro parámetros: temperatura, contenido de humedad, pH y materia orgánica.

3.5.1. TEMPERATURA

Se registró la temperatura ambiente y la temperatura interna de cada pila. Para el primer caso, la estación meteorológica Izobamba del INAMHI ubicada a una latitud de 0° 22’ 0” S, longitud de 78° 33’ 0” W y altitud de 3058 m; proporcionó las temperaturas medias diarias del período de experimentación, cuyos datos se encuentran registrados en el “Anexo No. 6”. Se tomó el registro de esta estación debido a la cercanía del sitio de experimentación.

La temperatura interna de las pilas composteras fueron registradas por duplicados dos veces por semana, utilizando un termómetro de mercurio con un rango de lectura de 0 °C a110 °C; colocando en el centro de la pila a unos 40 cm de profundidad según lo recomendado por Díaz y de Janon (2010) y Ruiz S. (2011), manteniendo el termómetro por un minuto, los datos registrados se muestran en la Tabla 3.8.

La Figura 3.10 muestra el registro de temperaturas de las pilas.

FIGURA 3.10. REGISTRO DE TEMPERATURA INTERNA EN UNA PILA COMPOSTERA

TABLA 3.8. REGISTRO DE TEMPERATURAS INTERNAS DE LAS PILAS COMPOSTERAS

TIEMPO (días)	TEMPERATURA DE PILA (°C)							
	PILAS BAJO INVERNADERO				PILAS A LA INTEMPERIE			
	1A	2A	3A	4A	1B	2B	3B	4B
2	39,7	38,7	36,5	40,5	40,3	40,0	33,5	38,5
8	40,3	39,2	41,0	45,0	40,7	40,7	42,5	45,5
10	44,3	42,8	47,5	52,0	43,3	42,7	50,0	52,5
15	50,0	49,0	49,0	56,5	49,0	48,5	54,0	52,5
17	49,0	49,0	51,5	54,5	48,3	49,0	51,5	51,5
22	38,0	40,0	53,0	53,0	43,0	39,0	52,0	53,0
24	37,5	40,0	49,0	51,8	42,5	39,0	51,8	53,5
29	36,3	37,0	47,5	49,5	40,5	39,0	48,0	49,5
31	35,5	37,0	41,0	48,5	39,0	38,0	47,5	46,5
36	34,5	35,5	38,5	45,8	37,0	33,0	43,0	42,0
37	33,0	34,5	36,8	46,8	33,5	33,5	35,5	44,5
39	34,0	37,0	36,3	45,8	36,5	37,0	36,0	44,0
44	33,8	36,3	32,5	44,8	33,3	35,5	36,8	40,5
46	33,0	35,5	33,0	40,5	32,5	35,0	32,0	33,0
51	31,5	30,5	31,0	37,0	27,5	34,0	34,8	30,0
53	27,5	29,0	25,0	30,0	27,0	30,0	31,5	32,0
58	26,0	28,0		26,0	24,0	24,5	31,5	32,8
60	30,3	32,5		25,5	25,8	28,0	34,0	31,0
65	27,8	29,8		24,0	23,5	26,0	31,0	31,0
67	27,0	27,0		22,0	25,5	26,0	28,0	30,0
72	29,0	28,0		20,0	21,0	24,0	28,5	30,0
74	25,0	25,0		20,0	23,5	26,0	27,0	29,5
79	23,0	21,0			21,0	27,5	28,3	23,0
81	24,0	22,0			24,0	26,0	27,8	24,5
86	22,0				22,0	29,0		
88	21,0				24,0	27,0		
93	20,0				22,5	28,5		
95	20,0				23,5	27,5		

3.5.2. pH

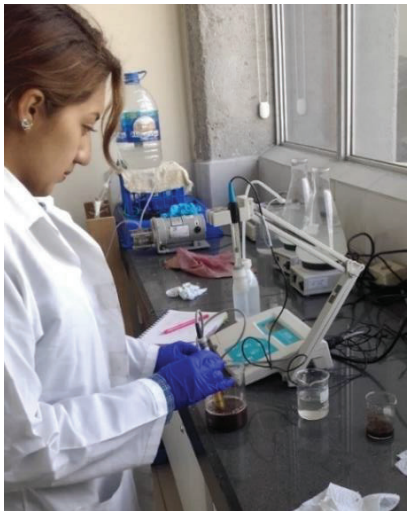
Este parámetro fue determinado en gabinete, siguiendo las recomendaciones de Zagal & Sadzawka (2007) en el LDIA, protocolo que se encuentra en el numeral 5.3 del “Anexo No. 5”. Las lecturas se registraron una vez por semana y por duplicado, la Tabla 3.9 muestra los registros semanales de pH.

La Figura 3.11 presenta una vista de la determinación del pH. En el “Anexo No. 8” se encuentra fotografías sobre la preparación de las muestras para la medición de este parámetro.

TABLA 3.9. VARIACIÓN DE pH EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE PILAS COMPOSTERAS

TIEMPO (semanas)	VALORES DE pH							
	PILAS BAJO INVERNADERO				PILAS A LA INTEMPERIE			
	1A	2A	3A	4A	1B	2B	3B	4B
1	8,5	8,6	8,8	8,8	8,8	9,0	8,9	9,2
2	8,8	8,9	9,0	9,1	8,7	8,7	9,0	9,1
3	9,3	9,4	8,8	9,1	9,3	8,9	9,2	9,1
4	9,1	8,2	9,1	8,9	9,3	9,1	9,2	9,2
5	8,9	9,1	9,6	9,7	9,1	9,3	9,8	10,0
8	9,0	8,9	8,9	9,5	9,1	9,2	9,7	9,9
9	9,0	9,2		9,0	9,3	9,3	9,5	9,5
10	9,1	9,2		9,1	9,3	9,3	9,7	9,8
11	9,5	9,6			9,5	9,8	9,6	9,7
12	9,4				9,0	8,9		
13	8,9				8,9	9,0		

FIGURA 3.11. REGISTRO DEL pH DE MUESTRAS DE PILAS COMPOSTERAS



3.5.3. HUMEDAD (%)

Este parámetro se registró semanalmente por duplicado siguiendo el protocolo realizado por Zagal & Sadzawka (2007) descrito en el numeral 5.1 del "Anexo No. 5". La Figura 3.12 muestra el desecador y la estufa utilizados para el análisis de humedad y la Tabla 3.10 muestra los registros del contenido de humedad durante el proceso de compostaje.

FIGURA 3.12 DESECADOR Y ESTUFA PARA ANÁLISIS DE HUMEDAD

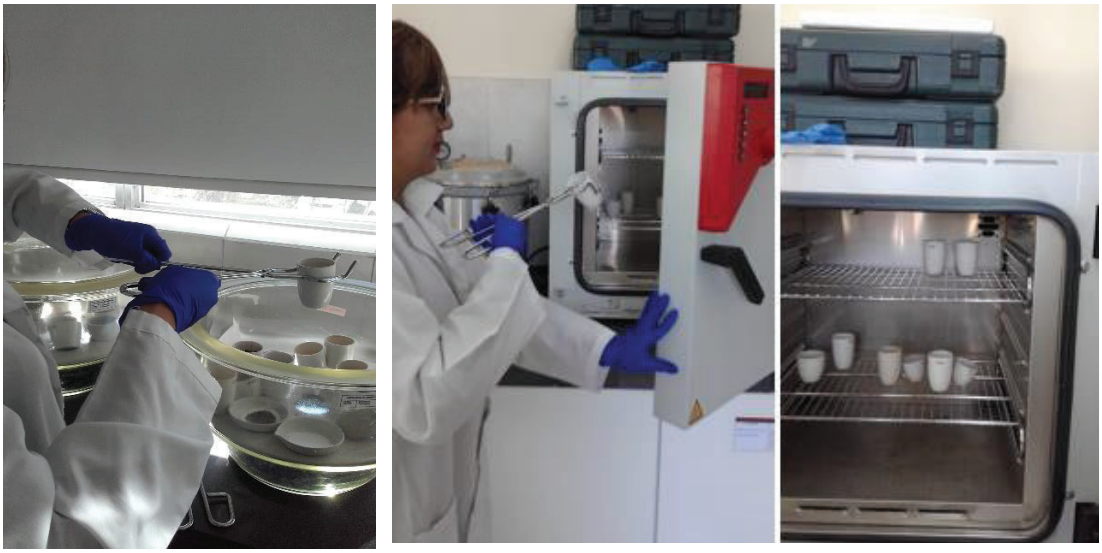


TABLA 3.10. REGISTRO DE HUMEDAD EN LAS PILAS COMPOSTERAS

TIEMPO (semanas)	HUMEDAD (%)							
	PILAS BAJO INVERNADERO				PILAS A LA INTEMPERIE			
	1A	2A	3A	4A	1B	2B	3B	4B
1	73.4	78.6	80.5	81.9	74.6	80.4	80.7	76.4
2	77.0	76.8	71.7	74.6	79.6	75.7	74.1	73.8
3	76.0	69.1	77.2	76.9	77.5	77.1	77.4	75.7
4	71.3	81.9	69.2	68.2	76.6	76.6	72.4	68.1
5	66.5	74.8	55.7	60.5	78.5	68.4	68.6	55.7
8	70.7	71.0	61.8	51.2	67.3	73.3	59.6	61.7
9	68.3	65.3		44.9	64.3	67.8	58.8	55.2
10	65.0	59.9		30.0	61.3	67.5	67.4	57.4
11	51.2	49.3			58.3	52.4	51.9	40.3
12	46.4				49.4	63.3		
13	30.6				52.0	48.3		

3.5.4. MATERIA ORGÁNICA (%)

El porcentaje de materia orgánica fue registrado quincenalmente por duplicado siguiendo el protocolo descrito por Zagal & Sadzawka (2007) descrito en los numerales 5.2 y 5.4 en el "Anexo No. 5". Con los datos obtenidos de la materia orgánica se calculó la relación de sólidos volátiles/ sólidos totales (SV/ST). Las Tablas 3.11 y 3.12 muestran los registros del contenido de materia orgánica y de la relación SV/ST respectivamente.

TABLA 3.11. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE

TIEMPO (semanas)	MATERIA ORGÁNICA (%)							
	PILAS BAJO INVERNADERO				PILAS A LA INTEMPERIE			
	1 A	2A	3A	4A	1B	2B	3B	4B
2	45.5	49.1	43.9	49.4	56.2	45.5	47.8	53.0
4	35.7	52.6	34.8	37.1	46.9	48.1	43.2	44.5
5	37.4	35.7	36.6	31.5	30.1	38.0	42.9	31.8
8	35.4	28.8	40.5	31.2	31.5	33.9	31.7	37.1
9	25.3	27.5		26.2	25.9	22.6	30.6	33.6
10	24.1			21.8	17.2	30.1	41.3	32.0
13	21.3				23.8	20.2	26.7	30.1

TABLA 3.12. VALORES DE SV/ST DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE

TIEMPO (semanas)	RELACIÓN SV/ST							
	PILAS BAJO INVERNADERO				PILAS A LA INTEMPERIE			
	1A	2A	3A	4A	1B	2B	3B	4B
2	0.45	0.49	0.44	0.49	0.56	0.45	0.48	0.53
4	0.36	0.53	0.35	0.37	0.47	0.48	0.43	0.44
5	0.37	0.36	0.37	0.31	0.30	0.38	0.43	0.32
8	0.35	0.29	0.41	0.31	0.31	0.34	0.32	0.37
9	0.25	0.27		0.26	0.26	0.23	0.31	0.34
10	0.24			0.22	0.17	0.30	0.41	0.32
13	0.21				0.24	0.20	0.27	0.30

3.6. CARACTERIZACIÓN DEL COMPOST

La determinación de la madurez del compost se realizó con pruebas en campo y en gabinete.

3.6.1. PRUEBAS DE CAMPO

- **Temperatura:** si los registros de temperatura no muestran cambios significativos semana a semana se infiere que la pila alcanzó su madurez.
- **Análisis de aspecto y olor**: según Ruiz S. (2011) si el compost presenta un color marrón oscuro y olor similar al de la tierra húmeda equivale a madurez.
- **Prueba del puño**: si el sustrato es tomado con la mano y no drena agua se alcanzó la madurez del compost.

3.6.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO

Una vez alcanzada la madurez de las pilas composteras, se procedió en gabinete a la caracterización físico-química del compost, los análisis realizados fueron: peso final, densidad, contenido de humedad, pH, contenido de materia orgánica y relaciones C/N. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Docencia de Ingeniería Ambiental (LDIA) y en Laboratorio de Manejo de Suelos y Agua de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

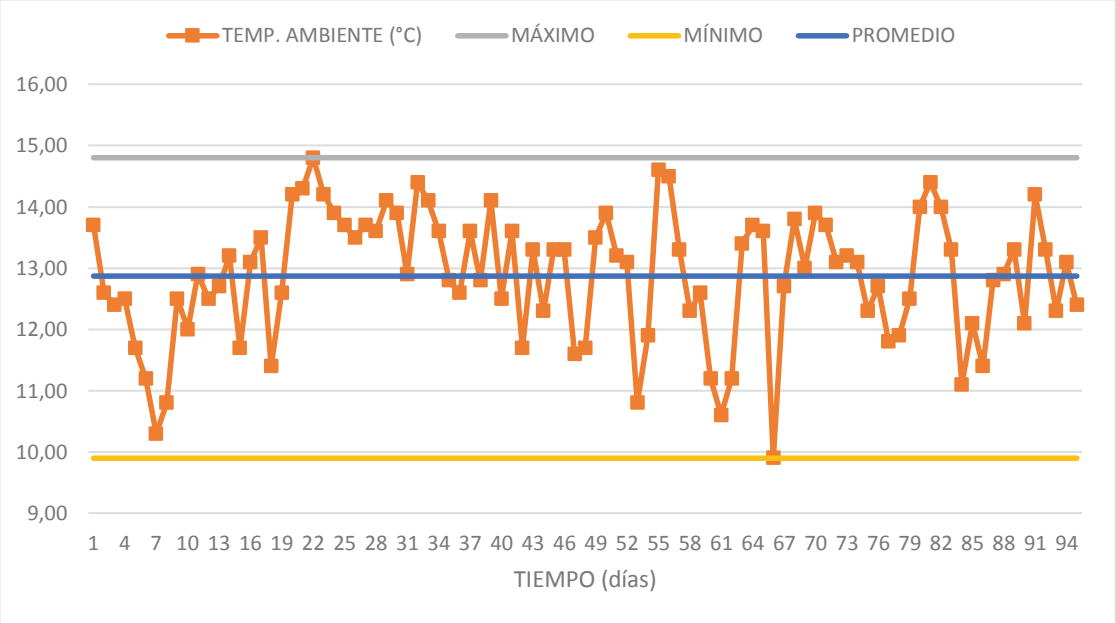
4.1. PARÁMETROS DE MONITOREO

4.1.1. TEMPERATURA

4.1.1.1. Temperatura ambiente

La Gráfica 4.1 muestra los registros de temperatura media diaria del período de experimentación entre los meses de julio a octubre del 2016, donde se observa la temperatura máxima alcanzada fue de 14.8 °C en el día 22, una temperatura mínima de 9.9 °C en el día 66 y una temperatura promedio de 12.9 °C.

GRÁFICA 4.1. TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS DURANTE LOS MESES DE JULIO A OCTUBRE, 2016



FUENTE: INAMHI

3.1.1.2. Temperatura interna de las pilas composteras

Cada una de las pilas composteras tuvo un comportamiento singular en el desarrollo de su descomposición, por ello se realizó el análisis de cada una de ellas bajo las dos condiciones climáticas estudiadas: bajo invernadero y a intemperie.

Bajo invernadero

- La pila “1 A” alcanzó su fase termófila al día 15 con una temperatura de 50 °C, esta fase permaneció durante 7, en el día 22 se registró una temperatura de 38 °C que indica el cambio a la fase mesófila II. La temperatura sigue disminuyendo hasta los 20 °C a partir del día 93, donde alcanza su estabilidad.
- La pila “2 A” alcanzó la fase termófila al día 15 con una temperatura de 49°C, la fase mesófila II se presentó al día 22 con una temperatura de 40 °C, su temperatura disminuyo hasta alcanzar el valor de 22° C el día 81.
- La pila “3 A” inició su fase termófila el día 10 y su mayor temperatura alcanzada fue de 53 °C el día 22, esta fase duró 26 días lo que permitió una higienización mayor que en los casos anteriores analizados. La fase mesófila II inicia desde el día 36 hasta el día 57 que alcanza la temperatura de 25° C.
- La pila “4 A” alcanzó su fase termófila el día 8 con una temperatura de 45° C, esta pila alcanzó lecturas de temperaturas que según la Tabla 2.1 del Capítulo 2 son las indicadas para la eliminación de patógenos (FAO, 2013); la fase termófila duró 43 días y el día 51 existió un cambio de temperatura a 37° C que indicó el cambio a la fase mesófila II. Su estabilidad se alcanzó a los 20° C el día 72.

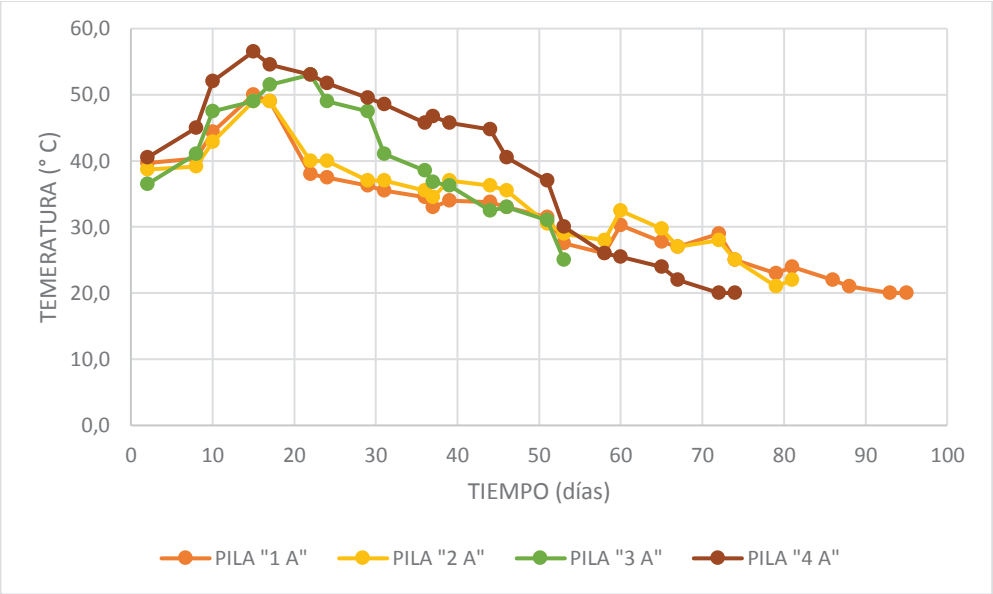
La Gráfica 4.2 muestra el registro de las lecturas de temperatura durante la experimentación de las pilas “1 A”, “2 A”, “3 A” y “4 A” bajo invernadero.

A Intemperie

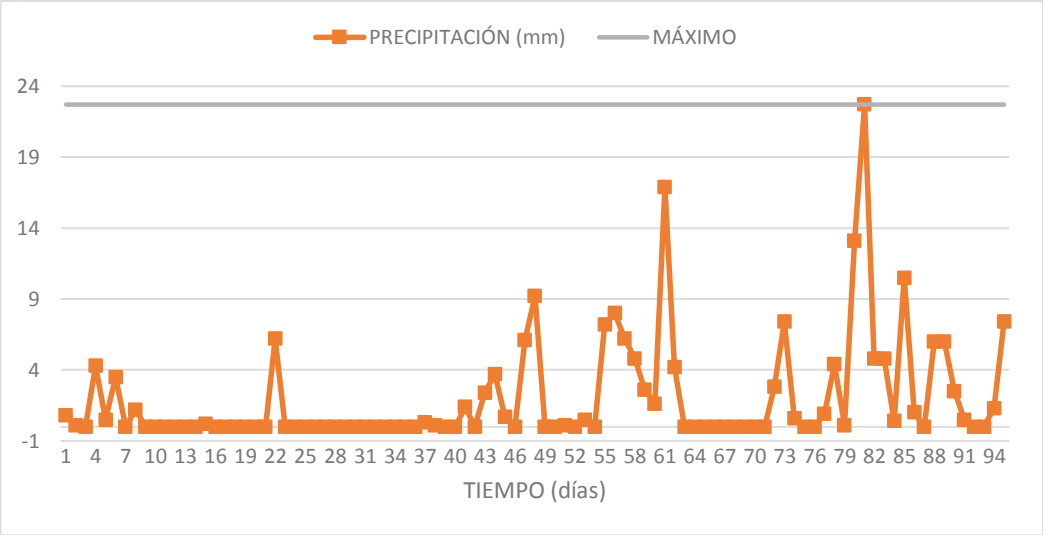
En el caso de las pilas tratadas a la intemperie todas iniciaron la fase termófila el día 10, con una duración de 19,12, 27 y 36 días, respectivamente. En la experimentación existieron precipitaciones que alteraron los registros de

temperatura de las pilas teniendo el día 81 la precipitación más alta de 22.7 mm que ocasionó inundaciones en las pilas a intemperie a pesar de estar cubiertas con plástico. Los datos de precipitaciones se encuentran recolectados en el “Anexo No. 5”, y la Gráfica 4.3 muestra los registros de las precipitaciones medias diarias durante los meses de julio y octubre del 2016.

GRÁFICA 4.2. LECTURAS DE TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE EXPERIMENTACIÓN EN PILAS COMPOSTERAS (BAJO INVERNADERO)



GRÁFICA 4.3. PRECIPITACIONES MEDIAS DIARIAS REGISTRADAS EN LOS MESES DE JULIO-OCTUBRE, 2016

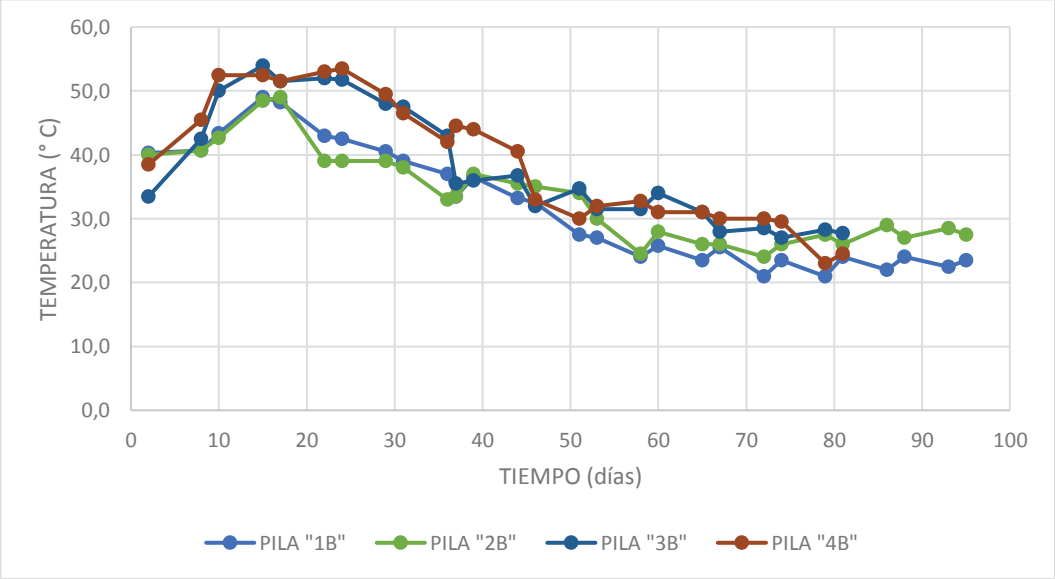


FUENTE: INAMHI (2016)

Finalizada la experimentación, ninguna de las pilas alcanzó la estabilidad resultando un compost húmedo con emanación de olores desagradables, la Gráfica 4.4 muestra el registro de las lecturas de temperatura de las pilas “1 B”, “2 B”, “3 B” y “4 B” a la intemperie.

Entre las dos condiciones climáticas estudiadas se encontró que las pilas ubicadas bajo invernadero tuvieron mayor temperatura que las de intemperie; con respecto a la duración de la fase termófila, se evidenció que en las pilas “3 A”, “4 A”, “3B” y “4 B” fue mayor que las pilas restantes indicando que la aireación manual de dos veces por semana permitió el aumento de temperatura en el proceso del compostaje.

GRÁFICA 4.4. LECTURAS DE TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE EXPERIMENTACIÓN EN PILAS COMPOSTERAS (A LA INTEMPERIE)



En la investigación de López Guerrero (2014) realizada en Latacunga utilizando algas y helechos acuáticos para el proceso de compostaje, se obtuvo una gráfica de las lecturas quincenales de temperatura con las fases de compostaje marcadas sin variaciones alcanzando en la fase termófila un rango entre los 60-68° C y en la fase de maduración llegó a una temperatura de 12° C, en la cual se observó un declive de temperatura prominente al que se obtuvo en esta investigación. En cambio, los estudios de Vargas (2007) con tres tipos de compost ubicados en Riobamba y de Apaza-Condori, Mamani-Pati, & Sainz-Mendoza (2015) en el centro

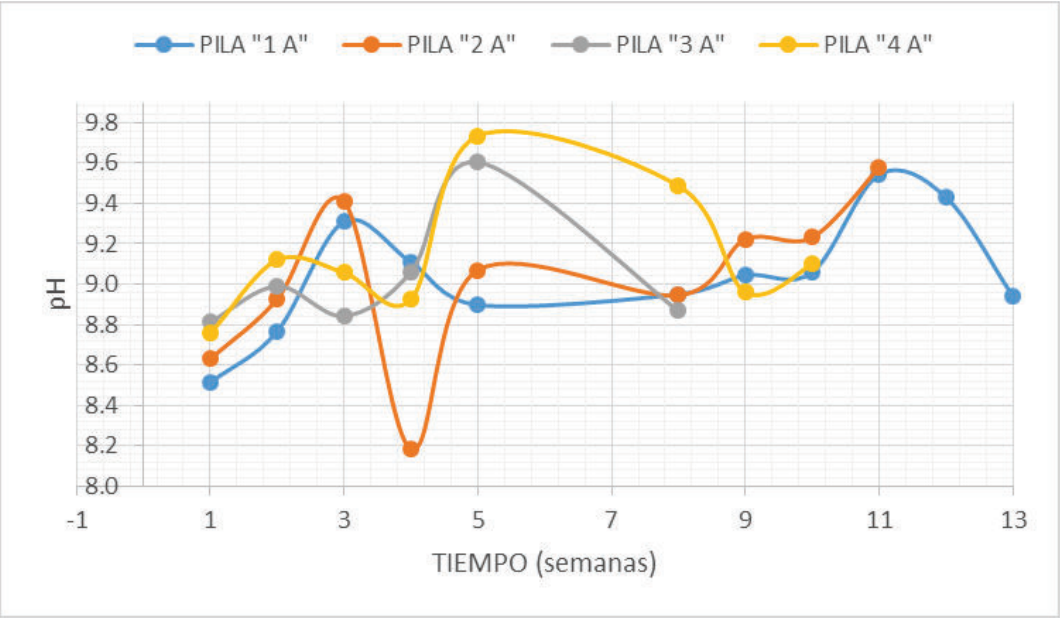
experimental Kallutaca con compostaje de hojas residuales de coca se obtuvieron gráficas similares a las obtenidas en esta experimentación, esto se debió a que los registros de las temperaturas fueron diarios para observar el comportamiento real del compostaje.

4.1.2. pH

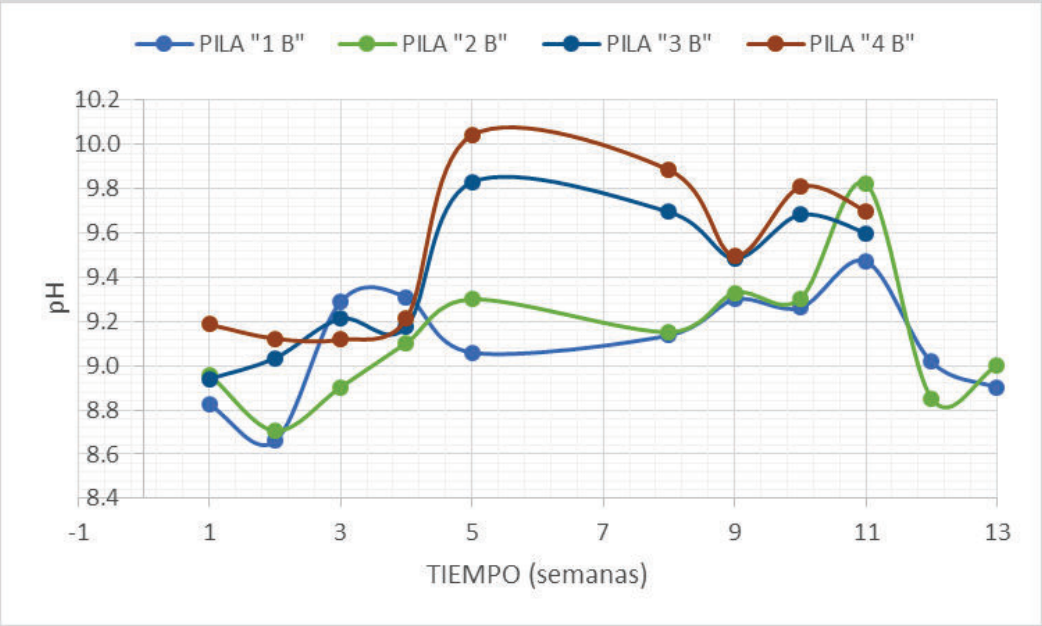
La FAO (2013) menciona que este parámetro depende de los sustratos utilizados para el compostaje; en este caso, el pH del contenido ruminal inicialmente fue de 9,29. Restrepo (2007) mencionado por López (2014) indica que el valor de pH en el compost, al principio del proceso tiende a acidificarse pero en el desarrollo del compostaje se autocorrige hasta llegar a valores óptimos entre 6 y 7,5. La primera semana existió una ligera disminución de este parámetro, para la segunda semana aumentó el pH. En todas las pilas composteras se repite este comportamiento en una variación de pH hasta el final del experimento. Las pilas que resultaron con menor pH fueron: la pila “3 A” bajo invernadero de 8.9; la pila “1 B” de 8.9 y la pila “2 B” de 9, ambas a la intemperie.

Las Gráficas 4.5 y 4.6 muestran las variaciones de pH con respecto al tiempo bajo invernadero y a la intemperie.

GRÁFICA 4.5. VARIACIÓN DE pH CON RESPECTO AL TIEMPO EN PILAS COMPOSTERAS (BAJO INVERNADERO)



GRÁFICA 4.6. VARIACIÓN DE pH CON RESPECTO AL TIEMPO DE PILAS COMPOSTERAS A LA INTEMPERIE



Las investigaciones de López (2014) indicaron una disminución de pH al inicio del proceso y el aumento paulatino según avanza el proceso de descomposición para

llegar a un valor neutro; Apaza-Condori et al. (2015) no indica los valores obtenidos en todo el proceso pero sus valores finales de pH son neutros..

Soliva & López (2004) y la FAO (2013) mencionan que conseguir un pH básico en el compostaje es un indicativo de contenido de nitrógeno amoniacal en condiciones de humedad y altas temepraturas y de una deficiente relación C/N. En esta investigación, se pudo comprobar que el contenido ruminal tiene un alto porcentaje de nitrógeno que influyó en el valor de este parámetro y no la relación C/N inicial que no fue deficiente sino alta en contenido de carbono. Para el desarrollo de un cultivo el pH del suelo debe ser de valores neutros (AgroEs.es, s. f.) y una forma de alcanzar la estabilidad de suelos ácidos es la aplicación de abonos alcalinos, pero se debe tener precaución en el uso de fertilizantes con altos contenidos de ntrógeno como la úrea o sulfato de amonio ya que pueden producir más acidez en el suelo; la aplicación de este tipo de abonos orgánicos puede ser una alternativa para neutralizar suelos ligeramente ácidos como los suelos volcánicos presentes en el país (Saltos & López, s. f.).

4.1.3. HUMEDAD

Referente al contenido de humedad, en todas las pilas se comprobó una reducción de su humedad inicial, tal como lo recomienda la FAO (2013). De las pilas bajo invernadero, las pilas “1 A” y “4 A” alcanzaron valores de humedad óptimos de la fase maduración (30.6% y 30.0%, respectivamente).

En el caso de las pilas ubicadas a la intemperie, en las primeras semanas se evidenció una disminución de este parámetro en todas las pilas, con la presencia de las precipitaciones indicadas en el Gráfico 4.3 existieron variaciones en este parámetro detalladas a continuación:

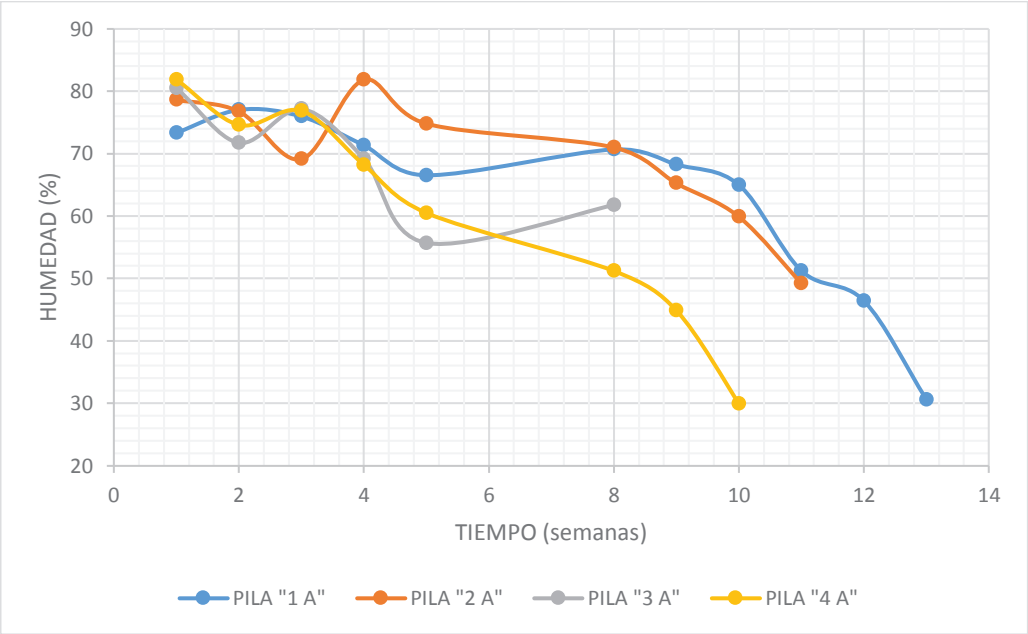
- La pila “1 B” fue la pila con menores variaciones en el contenido de humedad ya que los registros de este parámetro indicaron un ligero aumento entre las semanas cuatro y cinco de 76.6 a 78.5% y de la semana 12 y 13 de 49.4-52%.
- La pila “2 B” aumentó ligeramente su humedad entre las semanas dos y tres de 75.7-77.1%, entre las semanas cinco y ocho existió un cambio de 68.4 a

78.3% y entre las semanas 11 y 12 un aumento de humedad de 52.4 a 63.3%.

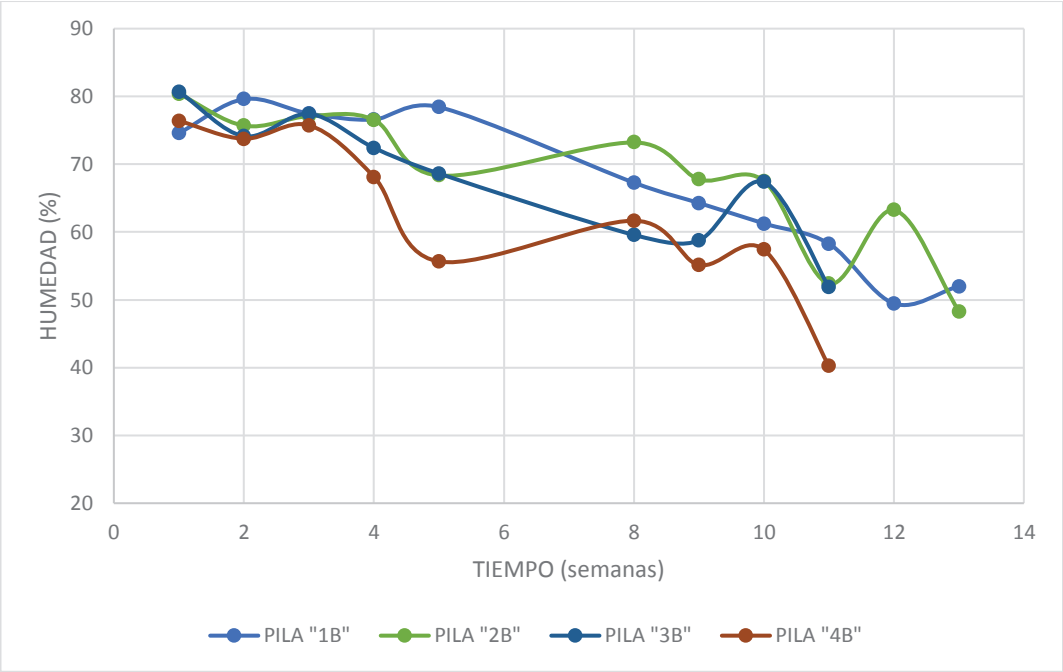
- La pila “3 B” tuvo un aumento de humedad entre las semanas dos y tres de 74.1-77.4% y entre la semana nueve y diez de 58.8 a 67.4%.
- La pila “4 B” presentó disminuciones en las semanas 2 y 3 de 73.8 a 75.7%, entre las semanas cinco y ocho de 55.7 a 61.7% y entre las semanas nueve y diez un ligero aumento de humedad de 55.2 a 57.4%. Finalizado la experimentación, esta pila alcanzó el menor valor de contenido de humedad (40.3%).

Vargas (2007) en su investigación monitoreó la humedad en campo por la técnica del puño por lo que no presentó registros de este parámetro, esta técnica es recomendada por la FAO (2013) en caso de no contar con un laboratorio para realizar el análisis de humedad. Las Gráficas 4.7 y 4.8 muestran la variación de humedad durante el proceso de compostaje en las pilas “1 A”, “2 A”, “3 A” y “4 A” bajo invernadero y las pilas “1 B”, “2 B”, “3 B” y “4 B” a la intemperie.

GRÁFICA 4.7. VARIACIÓN DE HUMEDAD (%) DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PILAS (BAJO INVERNADERO)



GRÁFICA 4.8. VARIACIÓN DE HUMEDAD (%) DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PILAS (A LA INTEMPERIE)



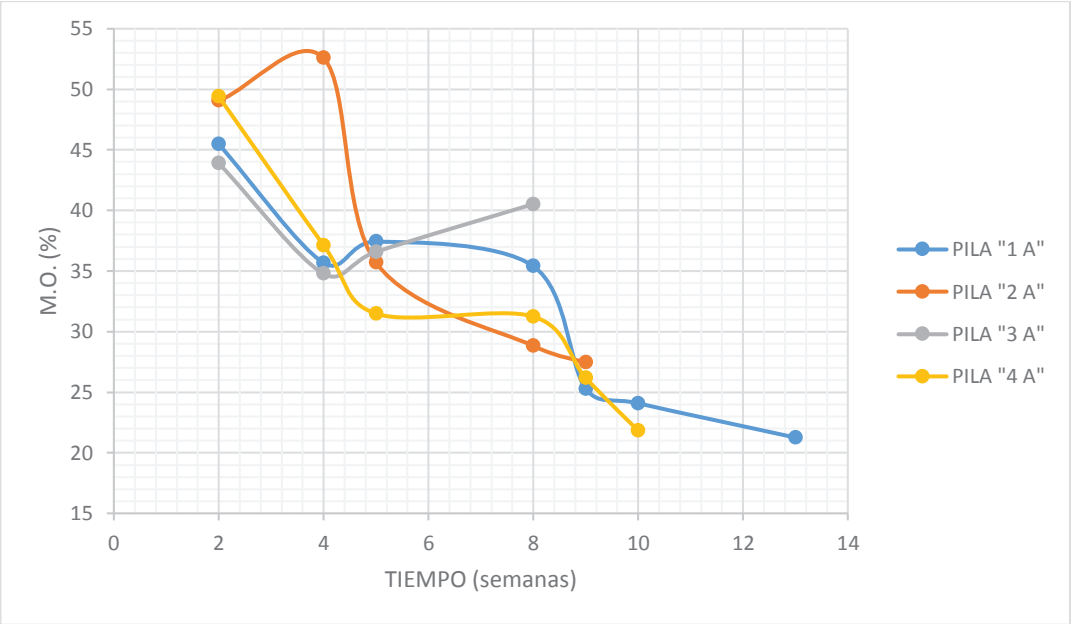
4.1.4. MATERIA ORGÁNICA (%)

La Gráfica 4.9 muestra la variación del contenido de materia orgánica durante el proceso de compostaje en las pilas bajo invernadero, donde se observó los siguientes comportamientos:

- La pila “1 A” tuvo un aumento en su contenido de materia orgánica entre las semanas cuatro y cinco de 35.7 a 37.4%, entre las semanas ocho y nueve tuvo una disminución de 35.4 a 25.3%, para finalizar con un contenido de materia orgánica en la semana 13 de 21.3%.
- La pila “2 A” tuvo un aumento entre la semana dos y cuatro de 49.1 a 52.6%, esta pila finalizó con un contenido de materia orgánica de 27.5%.
- La pila “3 A” aumentó su contenido entre las semanas cinco y ocho de 36.6 a 40.5%, siendo el último valor registrado para esta pila.
- La pila “4 A” disminuyó su contenido de materia orgánica en el transcurso de las semanas, entre las semanas cinco y ocho se mantuvieron cercanos los

registros para seguir con la disminución del contenido hasta finalmente alcanzar el valor de 21.8%.

GRÁFICA 4.9. VARIACIÓN DE CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PILAS COMPOSTERAS (BAJO INVERNADERO)



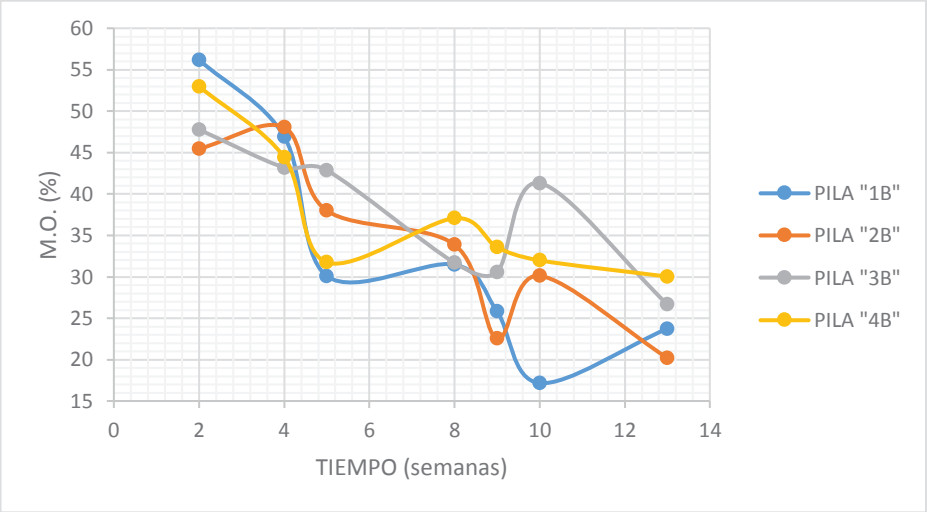
Las pilas a la intemperie tuvieron mayores variaciones en sus registros de contenido de materia orgánica que se muestra en la Gráfica 4.10 y detallados en a continuación:

- La pila “1 B” tuvo un aumento del contenido de materia orgánica entre las semanas 10 y 13 de 17.2 a 23.8%.
- La pila “2 B” tuvo aumentos entre las semanas dos y cuatro de 45.5 a 48.1%, entre las semanas nueve y diez de 22.6 a 30.1%.
- La pila “3 B” registró un aumento de 30.6 a 43% entre las semanas nueve y diez.
- La pila “4 B” tuvo un aumento entre las semanas cinco y ocho de 31.8 a 37.1%.

Finalmente, al comparar la Gráfica 4.10 con la Gráfica 4.8 de contenido de humedad de las pilas en invernadero, se encuentra una relación con el aumento de

la humedad y el de este parámetro. Soliva & López (2004) indican que es necesario conocer los valores iniciales de materia orgánica para poder valorar la estabilidad y muestran en la gráfica de la variación del contenido de materia orgánica en el proceso de compostaje de residuos una disminución continua como la presentaba en la pila “4 A” bajo invernadero.

GRÁFICA 4.10. VARIACIÓN DE CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PILAS COMPOSTERAS (A LA INTEMPERIE)



Además, se calculó la relación SV/ST cuyos resultados se observan en la Tabla 3.12 indicando que todas las pilas cumplieron el rango establecido para que a la materia orgánica se la considere estable (Peñaherrera, 2015, Encarnación & Enríquez, 2014).

4.2. CARACTERIZACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE COMPOST MADURO

Al final de la experimentación, se analizaron 6 de las 8 pilas composteras construidas, las pilas “2 A” y “3 A” bajo invernadero fueron hurtadas y no culminaron el proceso de experimentación. Finalizando el proceso se tomó en cuenta la madurez del compost por medio de la estabilización de la temperatura; se obtuvo dos pilas con una temperatura estable de 20° C: la pila “1 A” y “4 A”, ambas bajo

invernadero. En el caso de las pilas a la intemperie no alcanzaron temperaturas estables como se pudo observar en la Tabla 3.8.

Otro parámetro que define la madurez de un compost es la apariencia y olor del compost (Ruiz S., 2011), las pilas “1 A” y “4 A” adquirieron un color marrón y un olor a tierra que determinaba un compost maduro. En cambio, las pilas construidas a la intemperie reflejaron un color café oscuro similar a la tierra húmeda y con olores desagradables al remover el material. La Figura 4.1 muestra la pila “4 A” al finalizar el proceso de compostaje.

Finalmente, la “prueba de puño” es un método en campo para determinar la humedad del compost y su madurez. Al realizarla, en todas las pilas composteras no hubo escurrimiento de agua pero las pilas “1B”, “2B”, “3B” y “4B” elaboradas a la intemperie eran visiblemente más húmedas que las pilas bajo invernadero.

La Figura 4.2 muestra el resultado de la “prueba de puño” en una pila a la intemperie donde se observa el material húmedo.

FIGURA 4.1. PILA DE COMPOST MADURO BAJO INVERNADERO

FIGURA 4.2. "PRUEBA DEL PUÑO" AL FINAL DEL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PILA A LA INTEMPERIE

La FAO (2013) recomienda para la obtención de compost tener en cuenta la reducción del tamaño de las pilas hasta un 50% (FAO, 2013), esto se comprobó con el pesaje sin cernir de las pilas y su comparación con el peso inicial de cada una de ellas. La Gráfica 4.11 indica la comparación de pesos al inicio y al final compostaje y la Tabla 4.1 muestra el porcentaje de reducción en peso de cada una de las pilas analizadas.

GRÁFICA 4.11. PESOS INICIALES Y FINALES DE LAS PILAS COMPOSTERAS

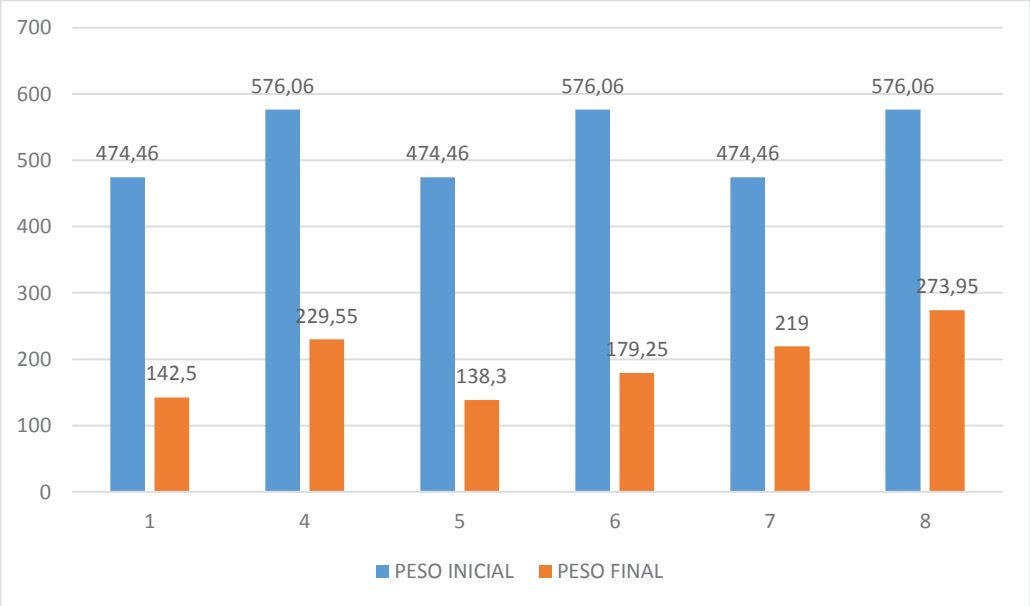


TABLA 4.1. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN EN PESO DE PILAS

PESOS (kg)	PILAS BAJO INVERNADERO		PILAS A LA INTEMPERIE			
	1 A	4 A	1B	2B	3B	4B
INICIAL	474.46	576.06	474.46	576.06	474.46	576.06
FINAL	142.5	229.55	138.3	179.25	219	273.95
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN (%)	**70.0**	**60.2**	**70.9**	**68.9**	**53.8**	**52.4**

La FAO (2013) menciona que en el compostaje existe una disminución alrededor del 50% debido a la compactación y la liberación del carbono en forma de CO_2, el Gobierno del Estado de México (2015) menciona que de 100 kg de materia orgánica se obtienen 30 kg de compost indicando una disminución mayor. De los resultados obtenidos la pila con mayor disminución fue la pila “1 B” con un 70.9% del peso inicial. Se observó que la relación C/N influye en la disminución del peso; las pilas a la intemperie son un ejemplo de ello, ya que las pilas que tuvieron una igual frecuencia de aireación (“1 B” y “2 B”, una vez por semana; “3 B” y “4 B”, dos veces por semana) se obtuvo un menor porcentaje de disminución de peso en la pila con C/N menor.

Se realizaron análisis físico-químicos de: pH, contenido de humedad, contenido de materia orgánica y densidad a muestras de cada una de las pilas, los resultados se presentan en detalle en la Tabla 4.2, estos resultados fueron comparados con los resultados obtenidos en diferentes estudios de compostaje y con los rangos y parámetros dados por la FAO y la normativa chilena.

La FAO (2013) indica la densidad para un compost maduro menor a 700 kg/m^3 y comparando con este valor todas las pilas analizadas cumplieron la densidad necesaria para un compost maduro. Díaz & de Janon (2010), presentaron resultados de diferentes tipos de compost que tienen valores similares a los obtenidos por la pila “4 A” bajo invernadero.

TABLA 4.2. RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO-QUÍMICOS FINALES EN PILAS COMPOSTERAS

ANÁLISIS FINAL		RESULTADOS						PARÁMETROS			
PARÁMETRO	UNIDAD	1A	4A	1B	2B	3B	4B	FAO	NORMATIVA CHILENA		
									A	B	I
PESO NETO	Kg	142.5	229.55	138.3	179.25	219	273.95				
VOLUMEN	m^3	0.56	0.63	0.52	0.66	1.38	1.6				
Densidad	kg/m^3	253.2	362.57	265.87	271.16	158.4	171.31	< 700			
OLOR		T	T	D	D	D	D		no presentar olores desagradables		
Temperatura	°C	20	20	23.5	27.5	27.8	24.5	Temp. Ambiente			
pH		8.9	9.1	8.9	9	9.6	9.7	6.5-8.5	7.0-8.0	6.5-8.5	6-8.5
Humedad	%	30.6	30	52	48.3	51.9	40.3	30-40	< 30		
Materia orgánica	%	21.3	21.8	23.8	20.2	26.7	30.1	> 20	≥ 25		
Carbono	%	12.33	12.67	13.78	11.72	15.49	17.43				
Nitrógeno	%	1.19	1.12	1.05	1.12	1.19	1.19	~ 1			
Relación C/N		10.4/1	11.3/1	13.1/1	10.5/1	13.01/1	14.7/1	10/1-15/1	10/1-25/1	10/1-40/1	máx. 50

D: olor desagradable; T: olor a tierra; I: inmaduro

Las pilas “1 A” y “4 A” bajo invernadero presentaron un olor a tierra casi imperceptible que entra en las características de calidad de la normativa chilena, la FAO (2013) presentó dos casos compostaje con excretas y residuos de la crianza de cerdos en Colombia y de residuos orgánicos en Paraguay en los cuales se presentó igual característica de olor.

Ninguna pila cumplió en el parámetro de pH los rangos presentados por la FAO (2013) para cualquier tipo de residuo orgánico ni en la clasificación de compost de la normativa chilena (Chile, 2000). En los estudios realizados por Soliva & López (2004) de tres tipos de compost una muestra presentó un valor alto (8.9) y se refería a residuos de cultivos hortícolas de invernadero contaminados, los otros tipos de compost presentaron valores aceptables en el rango de 6.5-8.5. De igual manera en resultados presentados por Collins & Parson, (s. f.) de compostaje de estiércol

de cerdos y Apaza-Condori et al., (2015) de compostaje de hojas de coca obtuvieron un valor de pH no mayor a 8; Moreno y Moral (2008) citados por Apaza. Condori et al. (2015) menciona que el aumento de pH se presentan por la degradación de compuestos de naturaleza ácida y la mineralización de compuestos nitrogenados formando amoniaco.

A nivel industrial, se encontró que los compost ofertados tienden a un pH básico, es decir mayor a 7; son los casos de “Maxcompost” con un valor de 9 (Sánchez, 2010), “Biocane” de 8.18 (INCAUCA S.A., 2013) y “Compost orgánico” de “Flower” con un valor de 8.5 (Flower, s. f.) . Además en la florícola “Ceres Farms” el Ing. Ricardo Matallana y el Ing. Javier Morales hicieron mediciones de sus abonos resultando un valor de 9.9 para el compost y de 7.6 para la gallizana que utilizan en sus cultivos teniendo resultados favorables (Matallana & Morales, 2017).

La humedad de las pilas se encontró en un rango entre los 30% presentado en la pila “4 A” bajo invernadero hasta un 52% de la pila “1B” a la intemperie; según la FAO (2013) las pilas “1 A” y “4 A” bajo invernadero cumplen los rangos de un compost maduro, en cambio, las pilas a la intemperie tuvieron un valor mayor de humedad, en la normativa chilena la pila “4 A” bajo invernadero cumplió el rango establecido. En el trabajo presentado por Soliva y López (2004) de tres tipos de compost, los compost de residuos de jardinería presentaron mayores valores de humedad (54.46 y 62.47%) que el compost realizado por residuos de cultivos hortícolas (31.41%); Díaz y de Janon (2010) presentan contenidos de humedad de diferentes tipos de compost como los residuos de jardín (34-61%), de papel residual y residuos alimentarios (~ 40%) y de residuos municipales mixtos (~45%), lo que indica que en esta investigación se obtuvo valores de contenido de humedad similares a experimentaciones realizadas.

El porcentaje de materia orgánica según la FAO (2013) es mayor al 20% y de la norma de calidad de compost de Chile (2000) ≥25%; todas las pilas cumplieron el parámetro según la FAO, pero sólo las pilas “3 B” y “4 B” cumplieron la normativa chilena. Los resultados presentados por Apaza-Condori et al. (2015) tuvieron valores altos de materia orgánica; en cambio Vargas (2007) obtuvo valores menores a 20%, cuya experimentación se realizó en el país y de condiciones

climáticas similares a las expuestas en esta investigación indicando que en estas condiciones se tiene mayor disminución de este parámetro.

Los porcentajes de nitrógeno de los análisis realizados por el INIAP fueron: las pilas “1 A” bajo invernadero, “3B” y “4B” a la intemperie tuvieron un valor de 1.19%, la pila “4 A” bajo invernadero y “2B” a la intemperie fueron de 1.12% y la pila “1B” a intemperie obtuvo un valor de 1.05%. Estos valores ingresan en el parámetro que dispone la FAO (2013) y se asemejan a los obtenidos en la investigación de Vargas (2017); Apaza- Condori et al. (2015) en sus investigaciones de compostaje de hojas de coca obtuvo valores entre 2.33-3.10% de nitrógeno, mayores a los obtenidos en esta investigación.

Una de los objetivos de esta investigación fue la obtención de una relación C/N óptima que permita ser considerado el material gestionado como compost, según los parámetros de la FAO (2013) y la norma de calidad de compost de Chile (2000) todas las pilas analizadas resultaron con valores óptimos para un compost maduro, y en el caso de la normativa chilena de un compost clase “A”.

Uno de los factores que definen la calidad del compost es el aspecto microbiológico cuyos parámetros se encuentran en la Tabla 2.9 del Capítulo 2 tomado de la norma de calidad del compost de Chile, ya que al no ser higienizado por completo los residuos orgánicos pueden ser foco de infecciones y contaminación del suelo (FAO, 2013).

CAPÍTULO 5

FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO

Para el análisis de la factibilidad económica y financiera se escogió dos alternativas de elaboración de compost que alcanzaron su estado de madurez. Estas alternativas fueron las pilas “1 A” y “4 A”, con diferentes relaciones C/N, aireación manual y tiempo de descomposición.

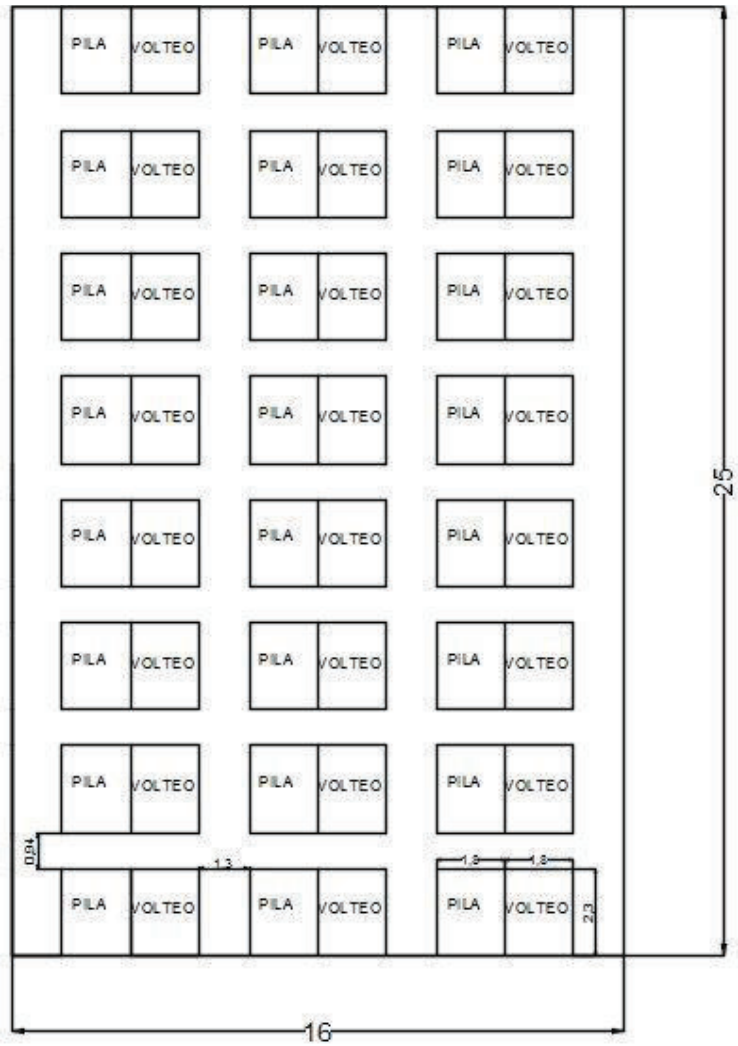
El proyecto propuesto a la EMRAQ-EP fue la producción anual de compost para su comercialización en presentación de 1 kg. Debido que ambas alternativas fueron desarrolladas bajo invernadero, se calculó la capacidad máxima de producción en el sitio obteniendo la cantidad de 24 pilas. La Grafica 5.1 muestra la distribución de las 24 pilas composteras en el invernadero.

Analizadas las dos alternativas mediante flujos de caja en un período de cinco años, se obtuvo valores de utilidades que permitieron la selección de una alternativa para su desarrollo en 25 años. Al finalizar el análisis en 25 años se calculó indicadores de factibilidad económica y financiera como el valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), relación “Beneficio/Costo” (B/C) y el plazo de recuperación (Payback) para conocer su factibilidad económica y financiera.

Además, en cada una de las alternativas se analizó el porcentaje de contenido ruminal gestionado anualmente y la cantidad de compost producido para su comercialización como valores para determinar la alternativa rentable para la EMRAQ-EP.

Para el cálculo de costos de los años posteriores se realizó un promedio entre los promedios de la inflación mensual de abril de 2016 hasta abril 2017 y el promedio de los últimos 12 años. La Tabla 5.1 muestra los valores de las inflaciones mensuales y anuales para el cálculo de la inflación para el proyecto.

FIGURA 5.1. CAPACIDAD MÁXIMA DE ELABORACIÓN DE PILAS BAJO INVERNADERO



Se obtuvo una inflación de 2.55%, este valor sirvió para el cálculo de materiales, insumos y mano de obra ya que la inflación es un indicador referente para el aumento del salario básico unificado (SBU) (Astudillo, 2016).

El Valor Actual Neto, es la sumatoria de los valores actuales (VA) obtenidos. La Ecuación 5.1 indica el cálculo del Valor Actual y la Ecuación 5.2 el cálculo del VAN.

$$\mathrm{VA} = \frac{\mathrm{I-E}}{(1+\mathrm{r})^{\mathrm{t}}} \qquad (5.1)$$

$$\mathrm{VAN} = \sum \mathrm{VA} = \sum \frac{\mathrm{I-E}}{(1+\mathrm{r})^{\mathrm{t}}} \qquad (5.2)$$

Donde:

VA: Valor actual

I-E: ingresos menos egresos

r: tasa de descuento

t: tiempo

TABLA 5.1. INFLACIONES ANUALES Y MENSUALES PARA CÁLCULO DE INFLACIÓN DEL PROYECTO

Año	Inflación	Mes	Inflación
2004	1.95%	abr-16	1.78%
2005	4.36%	may-16	1.63%
2006	2.87%	jun-16	1.59%
2007	3.32%	jul-16	1.58%
2008	8.83%	ago-16	1.42%
2009	4.31%	sep-16	1.30%
2010	3.33%	oct-16	1.31%
2011	5.41%	nov-16	1.05%
2012	4.16%	dic-16	1.12%
2013	2.70%	ene-17	0.90%
2014	3.67%	feb-17	0.96%
2015	3.38%	mar-17	0.96%
2016	1.20%	abr-17	1.14%
Promedio	3.81%	Promedio	1.29%
INFLACIÓN	2.55%		

FUENTE: (INEN, 2017)

La tasa de descuento (r) se determinó mediante el Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM) expresada en la Ecuación 5.3:

$$r = r_f + \beta * (r_m - r_f) + \text{riesgo país} + \text{inflación} \qquad (5.3.)$$

r_f es la tasa de libre riesgo y es obtenida del rendimiento de los Bonos del Tesoro de Estados Unidos de América a 30 años plazos; se utilizó un valor de 2.95%; r_m representa la tasa de rentabilidad de mercado, se encuentra en función de la prima de riesgo establecida por el mercado de Estados Unidos de América (11%); β es la medida de riesgo sistemático con un valor 0.92 (Beltrán, 2016); riesgo país es un valor obtenido del Banco Central del Ecuador con un valor de 6.89% («Banco Central del Ecuador», 2017) y como valor de la inflación se usó el porcentaje

calculado (2.55%). En este proyecto no se tomó en cuenta el valor de “riesgo país” por ser un proyecto desarrollado en el Ecuador sin inversión internacional, resultando una tasa de descuento igual a 12.91%

$$\mathrm{r} = 2.95 + 0.92(11 - 2.95) + 2.55$$

r= 12.91

Para determinar la rentabilidad del proyecto se tiene a consideración los siguientes criterios:

- Si VAN > 0: el proyecto es rentable
- Si VAN <0: el proyecto no es rentable.

La tasa interna de retorno (TIR) es aquella tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, a una mayor tasa de retorno la alternativa se vuelve más atractiva al ser un emprendimiento sólido con altas posibilidades de éxito (Beltrán, 2016).

El criterio de relación “Beneficio/Costo” se da por la división entre los beneficios y costos a valor presente; para determinar la factibilidad se tiene los siguientes criterios:

- Si B/C >1.0: se acepta el proyecto;
- Si B/C=1.0: se replantea el proyecto:
- Si B/C<1.0: se rechaza el proyecto.

El plazo de recuperación (Payback) es un criterio que analiza el periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial invertido, es necesario los datos de los flujos de caja para su cálculo. La Ecuación 4.4 muestra el cálculo del Payback.

$$Payback = a + \frac{I_O - b}{Ft}$$

Donde

Payback: plazo de recuperación

a: número del periodo inmediatamente anterior hasta recuperar el desembolso inicial

b: suma de los flujos hasta el final del periodo “a”.

Ft: valor del flujo de caja del año que se recupera la inversión (Velayos, 2015).

5.1. CÁLCULO DE COSTOS

Los costos directos de este proyecto fueron:

- **Materias primas:** aserrín y contenido ruminal.
- **Materiales e insumos:** costales, fundas de empaquetado y etiquetas.
- **Mano de obra:** jornal de construcción, volteo, empaquetado y pesaje, hidratación y refrigerio.

Los costos indirectos fueron:

- **Mano de obra:** administrador, supervisor, jornal de monitoreo y de mantenimiento.
- **Materiales e insumos:** palas, baldes, cisterna, carretilla, botas, equipo de protección termómetro; tiras de pH, consumo de agua, plástico negro e invernadero.
- **Gastos:** registro como productor de fertilizantes y análisis de laboratorio.

Los costos de materiales e insumos directos e indirectos se obtuvieron de precios del mercado; la Tabla 5.2 expone el valor del mercado, la cantidad necesaria para la elaboración de 24 pilas en cada alternativa y el costo para cada una de ellas.

En el caso de las materias primas, el contenido ruminal es un desecho orgánico de la empresa y no tuvo un costo de adquisición, el aserrín tuvo un valor de $2.50 por los 68.04 kg necesarios para una pila compostera; este valor es utilizado para los dos tipos de alternativas (pila “1 A” y pilas “4 A”) siendo la variante la masa de contenido ruminal para el estudio de las relaciones de C/N.

TABLA 5.2. COSTOS DE MATERIALES E INSUMOS DIRECTOS E INDIRECTOS

MATERIALES E INSUMOS	CAPACIDAD Y CARACTERÍSTICAS	VALOR DE MERCADO (USD)	CANTIDAD NECESARIA		COSTO (USD)	
			"1 A"	"4 A"	"1 A"	"4 A"
DIRECTOS						
Costales	55 kg	0.15	74	120	11.1	18
Fundas de empaquetado	1 kg	0.02	3420	5509	68.40	110.18
Etiquetas	80% de la superficie de la funda	0.02	3420	5509	68.40	110.18
INDIRECTOS						
Palas	cabo corto, cuadrada	8.00	2		16.00	
Baldes	8 l.	3.50	2		7.00	
Carretilla	400 kg	75.00	1		75.00	
Cisterna	1 m^3	70.00	1		70.00	
Botas	de caucho	8.70	2		17.40	
Equipo de protección	incluye: gafas, mascarilla y guantes	10.30	2		20.60	
Plástico negro	rollo de 70 x 4m	140.53	1		140.53	
Plástico invernadero	rollo de 70 x 4m	205.00	0.5		102.50	
Consumo de agua	m3 (valor industria)	0.72	4.8		3.46	
Termómetro	110° C	8.47	1		8.47	
Tiras de pH		0.14	312	240	43.68	33.60

Con respecto a mano de obra, los jornales realizaron diferentes actividades como: construcción, volteo, monitoreo, pesaje y et iquetado; cada una de ellas con distinta duración. La Tabla 5.3 muestra los salarios horarios de los jornales, del administrador y supervisor, además de las horas empleadas en el transcurso de la semana. El costo horario incluye todos los beneficios de ley (décimo tercero, décimo cuarto, fondos de reserva, aporte patronal, desahucio y vacaciones); en el caso del salario del jornal de construcción, volteo, etiquetado y pesaje se tomó en cuenta un valor adicional para la hidratación en el desarrollo de la actividad.

TABLA 5.3. COSTOS HORARIOS DE MANO DE OBRA

CARGO/ACTIVIDAD	CANTIDAD DE PERSONAL	HORAS TRABAJADAS POR SEMANA	SALARIO HORARIO (USD)
ADMINISTRADOR	1	3	6.61
SUPERVISOR	1	3	5.01
JORNAL DE CONSTRUCCIÓN	2	13.5	3.55
JORNAL DE PESAJE Y ETIQUETADO	2	24	
JORNAL DE VOLTEO "1 A"	2	12	
JORNAL DE VOLTEO "4 A"	2	6	
JORNAL DE MONITOREO	1	4	3.4

Los gastos corresponden a los requisitos que dispone la Resolución 0068 para el registro del productor, comercializador y del producto, estos valores se encuentran detallados en la Tabla 5.4 (Agrocalidad, 2017b). Para el cumplimento del registro del producto fue necesario la caracterización del compost por medio de los análisis de laboratorio (Agrocalidad, 2017a) , en la Tabla 5.5 se indica los análisis necesarios y sus precios.

TABLA 5.4. COSTOS DE REGISTRO DE PRODUCTOR, COMERCIALIZADOR Y PRODUCTO SEGÚN RESOLUCIÓN 0068

DETALLE DE REQUERIMIENTO	VALOR (USD)
Registro productor	151.44
Registro comercializador grande 5 años	504.8
Registro de fertilizantes por producto	151.44
Supervision de pruebas de eficacia cada 2 años	50.48
Informe técnico de autorización previa por permiso de fertilizantes	25.24
Emision de certificado de registro	5.05
Emision de certificado de libre venta (por producto)	5.05
Inspección e informe de planta beneficio para calificar de productor	151.44
TOTAL (USD)	1044.94

FUENTE: (Agrocalidad, 2017b).

TABLA 5.5. COSTOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

ANÁLISIS	VALOR (USD)
Nitrógeno total	15.02
Nitrógeno nítrico	16.35
Nitrógeno amoniacal	12.84
Fósforo total	14.02
Boro	13.28
Sulfatos	29.1
Carbonatos	10.01
Cloruros	11.22
Cenizas	6.7
Materia orgánica	11.84
Metales (K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Na, Mo, Al, Co)	10.18
pH y conductividad eléctrica	6.43
Humedad	3.02
Coliformes fecales	15.96
TOTAL (USD)	175.97

FUENTE: (Agrocalidad, 2017b; INIAP, 2016)

El precio del kilogramo de compost fue igual para ambas alternativas y se lo determinó al promediar precios de venta al público de abonos orgánicos que variaron entre los $0.18 hasta los $3.50, el detalle de los mismos y su promedio se encuentra registrados en la Tabla 5.6.

Este promedio permitió conocer un valor del mercado que no se puede sobrepasar para competir con los diferentes abonos y desarrollando cada una de las propuestas se determinó el valor del kilogramo del compost de $0.45 el cual se encuentra bajo el promedio calculado.

TABLA 5.6. PRECIOS DE VENTA AL PÚBLICO DE ABONOS ORGÁNICOS

PRODUCTO	CAPACIDAD (kg)	PRECIO (USD)	PRECIO kg (USD)
Scoabonanza (Abono orgánico de gallinaza)	23	2.95	0.13
Abono orgánico Agripac	40	5.37	0.13
Biocompost (Humus preparado)	23	3.52	0.15
Bioforce Abono orgánico	23	3.95	0.17
Organic Plus Sólido	40	7	0.18
Humus	40	12	0.30
Super tierra abonada	2.5	1.57	0.63
Abono orgánico S/M	0.45	0.4	0.89
Kompost	4	4.36	1.09
Compost Pumamaqui	2	2.86	1.43
Terrenace (Abono orgánico)	1	3.5	3.50
PROMEDIO			0.78

5.2. ALTERNATIVA PILA “1 A”

La pila “1 A” tuvo un período de descomposición de 13 semanas, con una aireación manual de una vez por semana y una relación C/N de 41.6/1 utilizando una masa de contenido ruminal de 406.42 kg por pila para obtener 142.5 kg de compost.

Se construyeron 24 pilas según la capacidad del invernadero indicada en la Figura 5.1 anteriormente; cada día fueron elaboradas en grupos de tres pilas; a cada grupo se le asignó una letra como código de identificación, esto se encuentra detallado en la Tabla 5.7.

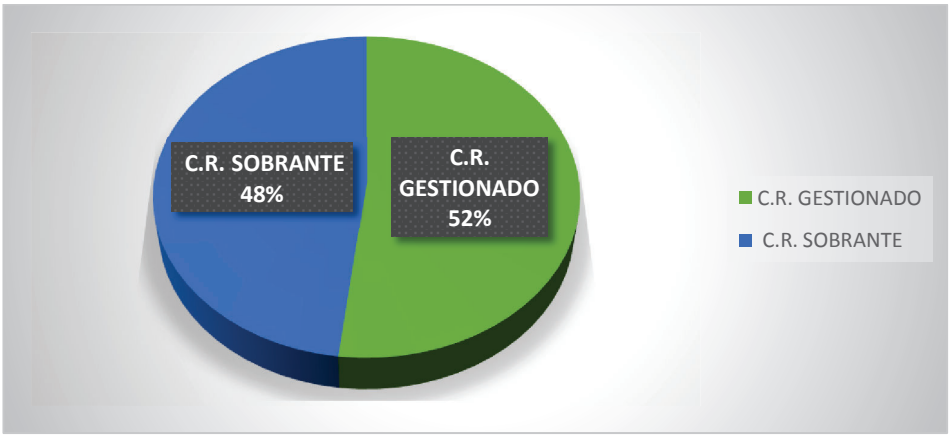
TABLA 5.7. CODIFICACIÓN DE PILAS PARA CONSTRUCCIÓN EN INVERNADERO

PILAS	CÓDIGO
1,2,3	A
4,5,6	B
7,8,9	C
10,11,12	D
13,14,15	E
16,17,18	F
19,20,21	G
22,23,24	H

Para las actividades de construcción de las pilas y pesaje del compost en su presentación de 1 kg se asignaron ocho días para cada una de estas actividades, con lo que se obtuvo un cronograma de producción de 15 semanas, la Tabla 5.8 muestra el cronograma de 15 semanas con el número de horas diarias y semanales trabajadas para la alternativa de la pila “1 A”.

Con este cronograma se obtuvo una construcción anual de 72 pilas con una producción de 9,324 kg de compost. La EMRAQ-EP aproximadamente desecha 15 m3 o 1,083.9 kg de contenido ruminal semanalmente resultando una producción anual de 56,362.8 kg, con la alternativa de la pila “1 A” se gestionaron 29,262.24 kg de este desecho, es decir, un 52% del contenido ruminal producido anualmente. La Gráfica 5.1 muestra el porcentaje de contenido ruminal gestionado.

GRÁFICA 5.1. PORCENTAJE DE CONTENIDO RUMINAL GESTIONADO ANUALMENTE POR LA ALTERNATIVA “1 A”



SEMANAS	1						2						3						4						5					
DÍAS	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S
CONSTRUCCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H																						
HORAS DIARIAS	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25																						
HORAS SEMANALES	13.5						4.5						0						0						0					
VOLTEO							A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
													G	H					G	H					G	H				
HORAS DIARIAS							0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	1.5	1.5	0.75	0.75	0.75	0.75	1.5	1.5	0.75	0.75	0.75	0.75	1.5	1.5	0.75	0.75	0.75	0.75
HORAS SEMANALES							4.5						6						6						6					
EMPAQUETADO																														
HORAS DIARIAS																														
HORAS SEMANALES	0						0						0						0						0					
MONITOREO							A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
										A	B	C	D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H	
													G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C
HORAS DIARIAS							0.25	0.25	0.25	0.5	0.5	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5
HORAS SEMANALES							2.25						4						4						4					
SEMANAS	6						7						8						9						10					
DÍAS	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S
VOLTEO	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
	G	H					G	H					G	H					G	H					G	H				
HORAS DIARIAS	1.5	1.5	0.75	0.75	0.75	0.75	1.5	1.5	0.75	0.75	0.75	0.75	1.5	1.5	0.75	0.75	0.75	0.75	1.5	1.5	0.75	0.75	0.75	0.75	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5
HORAS SEMANALES	6						6						6						6						4					
EMPAQUETADO																														
HORAS DIARIAS																														
HORAS SEMANALES	0						0						0						0						0					
MONITOREO	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
	D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H	
	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C
HORAS DIARIAS	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5
HORAS SEMANALES	4						4						4						4						4					
SEMANAS	11						12						13						14						15					
DÍAS	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S
VOLTEO	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F						
	G	H					G	H					G	H					G	H					G	H				
HORAS DIARIAS	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5				
HORAS SEMANALES	4						4												4						1					
EMPAQUETADO																				A	B	C	D	E		F	G	H		
HORAS DIARIAS																				4	4	4	4	4		4	4	4		
HORAS SEMANALES	0						0						0						20						12					
MONITOREO	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F						
	D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H							
	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H					G	H				
HORAS DIARIAS	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25	0.25				
HORAS SEMANALES	4						4						4						3.25						0.5					

Para esta alternativa fue necesaria una inversión de $17,000.00 en la cual se incluye el costo de $ 7,000.00 de la construcción del invernadero en el año 2015 y es de propiedad de la empresa. La Tabla 5.9 muestra un resumen del flujo de caja de la alternativa “1 A” en cinco años.

TABLA 5.9. RESUMEN DE FLUJO DE CAJA DE ALTERNATIVA PILA “1 A” EN 5 AÑOS

RESUMEN DE FLUJO DE CAJA	
EGRESOS	
TIEMPO	5 años
TIPO DE COSTOS	VALOR
COSTOS DIRECTOS	
Materia prima	199.07
Jornal	424.03
VOLTEO	
Jornal	1,590.11
PESAJE Y EMPAQUETADO	
Jornal	753.83
Materiales	466.17
TOTAL COSTOS DIRECTOS	3,433.20
COSTOS INDIRECTOS	
ADMINISTRATIVO	
Administrador	986.91
Supervisor	748.02
MONITOREO	
Jornal	637.37
Materiales	108.03
MANTENIMIENTO	143.42
EQUIPOS Y MATERIALES	383.25
Consumo de agua	11.47
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	3,018.47
INGRESOS	
INGRESOS POR VENTAS	5,106.26
FACTIBILIDAD	
INGRESOS	5,106.26
EGRESOS	6,451.67
UTILIDAD	-1,345.42

Se obtuvo como egresos $ 6,451.67, como ingresos por la venta del compost de $ 5,106.26 resultando una utilidad de -$ 1,345.42. La inversión inicial no logró recuperarse, sólo se tuvieron un total de $1,462.19 presentado en los meses siete,

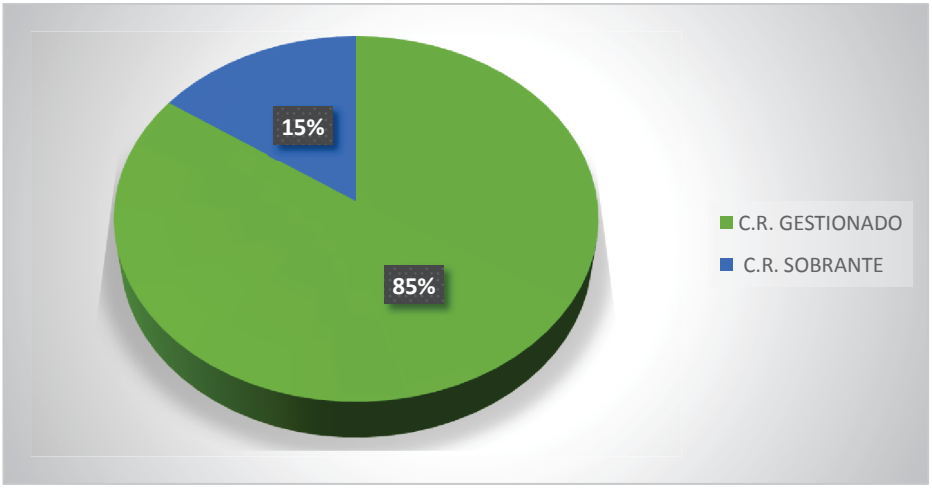
diez y once del primer año, el flujo de caja por un período de cinco años se encuentra en la Tabla 7.1 del “Anexo No. 7”. Con estos resultados se descartó esta alternativa como rentable para la empresa y no se llevó a cabo un análisis por un período mayor.

5.3. ALTERNATIVA PILA “4 A”

Esta alternativa tuvo un tiempo de descomposición de 10 semanas, con una aireación manual de dos veces por semana, con una relación C/N de 37.7/1 utilizando 508.02 kg de contenido ruminal y produciendo 229.55 kg de compost. De igual manera que la alternativa “1 A” se codificó a las 24 pilas construidas como indica la Tabla 5.7 anteriormente; el cronograma desarrollado para esta alternativa tuvo una duración de 12 semanas y está representado en la Tabla 5.10 con las horas diarias y semanales empleadas para cada actividad.

Se obtuvo la construcción de 94 pilas anuales con una producción total de 21,577.7 kg de compost, gestionando 47,753.88 kg de contenido ruminal que representa el 85% de la producción anual de este desecho, la Gráfica 5.2 muestra el porcentaje de contenido ruminal gestionado anualmente.

GRÁFICA 5.2. PORCENTAJE DE CONTENIDO RUMINAL GESTIONADO ANUALMENTE POR LA ALTERNATIVA “4 A”



SEMANAS	1						2						3						4					
DIAS	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S
CONSTRUCCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H																
HORAS DIARIAS	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25																
HORAS SEMANALES	13.5						4.5						0						0					
VOLTEO							A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
										A	B	C	D	E	F	G	H		D	E	F	G	H	
													G	H		A	B	C	G	H		A	B	C
HORAS DIARIAS							0.75	0.75	0.75	1.5	1.5	1.5	2.25	2.25	1.5	2.25	2.25	1.5	2.25	2.25	1.5	2.25	2.25	1.5
HORAS SEMANALES							6.75						12						12					
EMPAQUETADO																								
HORAS DIARIAS																								
HORAS SEMANALES	0						0						0						0					
MONITOREO							A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
										A	B	C	D	E	F	G	H		D	E	F	G	H	
													G	H		A	B	C	G	H		A	B	C
HORAS DIARIAS							0.25	0.25	0.25	0.5	0.5	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5
HORAS SEMANALES							2.25						4						4					
SEMANAS	5						6						7						8					
DIAS	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S
VOLTEO	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
	D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H	
	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C
HORAS DIARIAS	2.25	2.25	1.5	2.25	2.25	1.5	2.25	2.25	1.5	2.25	2.25	1.5	2.25	2.25	1.5	2.25	2.25	1.5	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1
HORAS SEMANALES	12						12						12						8					
EMPAQUETADO																								
HORAS DIARIAS																								
HORAS SEMANALES	0						0						0						0					
MONITOREO	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
	D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H	
	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C
HORAS DIARIAS	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5
HORAS SEMANALES	4						4						4						4					
SEMANAS	9						10						11						12					
DIAS	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S	L	M	Mi	J	V	S
VOLTEO	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F						
	D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H	
	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H				
HORAS DIARIAS	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1	1	1	0.5	0.5	0.5	
HORAS SEMANALES	8						8						8						3.5					
EMPAQUETADO																	A	B	C	D	E	F	G	H
HORAS DIARIAS																	4	4	4	4	4	4	4	4
HORAS SEMANALES	0						0						8						24					
MONITOREO	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F						
	D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H		D	E	F	G	H	
	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H		A	B	C	G	H				
HORAS DIARIAS	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25	0.25	
HORAS SEMANALES	4						4						4						1.75					

Para el desarrollo de esta alternativa fue necesaria una inversión de $9,500.00 incluidos los $ 7,000.00 del invernadero construido en el 2015. Se analizó la propuesta por medio un flujo de caja en el mismo período de cinco años que la anterior alternativa. La Tabla 5.11 muestra el resumen de este flujo de caja obteniendo como egresos $9,067.10, ingresos de $10,967.40 con una utilidad de $1,900.30.; con respecto a la inversión, si se logró la recuperación de la inversión en este período.

TABLA 5.11. RESUMEN DE FLUJO DE CAJA DE ALTERNATIVA PILA "4 A" A 5 AÑOS

RESUMEN DE FLUJO DE CAJA	
EGRESOS	
TIEMPO	5 años
TIPO DE COSTOS	VALOR
COSTOS DIRECTOS	
Materia prima	265.43
Jornal	565.37
VOLTEO	
Jornal	3,211.62
PESAJE Y EMPAQUETADO	
Jornal	1,005.10
Materiales	994.75
TOTAL COSTOS DIRECTOS	6,042.28
COSTOS INDIRECTOS	
ADMINISTRATIVO	
Administrador	1,052.70
Supervisor	797.89
MONITOREO	
Jornal	601.65
Materiales	108.03
MANTENIMIENTO	143.42
EQUIPOS Y MATERIALES	305.83
Consumo de agua	15.29
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	3,024.82
INGRESOS	
INGRESOS POR VENTAS	10,967.40
FACTIBILIDAD	
INGRESOS	10,967.40
EGRESOS	9,067.10
UTILIDAD	1,900.30
UTILIDAD ACUMULADA	10,196.60

Con estos resultados, se decidió analizar la alternativa por un período de 25 años se añadió en los años seis, once, dieciséis y veintiuno los valores de compra de una nueva cisterna, análisis de laboratorio y el registro como productor de fertilizantes En la Tabla 7.2 del “Anexo No. 7” se encuentra desarrollado el flujo de caja de la alternativa “4 A” en 25 años y la Tabla 5.12 muestra el resumen del flujo de caja en 25 años; como egresos se tuvo un valor de $ 15,003.12, ingresos de $ 18,147.51 con una utilidad de $3,144.39 y una utilidad acumulada en los 25 años de $ 52,855.19.

TABLA 5.12. RESUMEN DE FLUJO DE CAJA DE ALTERNATIVA “4 A” EN 25 AÑOS

RESUMEN DE FLUJO DE CAJA	
EGRESOS	
TIEMPO	25 años
TIPO DE COSTOS	VALOR
COSTOS DIRECTOS	
Materia prima	439.20
Jornal	935.51
VOLTEO	
Jornal	5,314.20
PESAJE Y EMPAQUETADO	
Jornal	1,663.12
Materiales	1,645.99
TOTAL COSTOS DIRECTOS	9,998.02
COSTOS INDIRECTOS	
ADMINISTRATIVO	
Administrador	1,741.89
Supervisor	1,320.25
MONITOREO	
Jornal	995.53
Materiales	178.76
MANTENIMIENTO	237.32
EQUIPOS Y MATERIALES	506.06
Consumo de agua	25.30
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	5,005.10
INGRESOS	
INGRESOS POR VENTAS	18,147.51
FACTIBILIDAD	
INGRESOS	18,147.51
EGRESOS	15,003.12
UTILIDAD	3,144.39
UTILIDAD ACUMULADA	52,855.19

Se calculó los valores actuales de egresos, ingresos y utilidades, detallados en la Tabla 7.3 del “Anexo No. 7”; estos valores son necesarios para conocer el VAN, el TIR, la relación B/C y el Payback de la inversión inicial. La Tabla 5.13 muestra los resultados de los indicadores de factibilidad económica y financiera

TABLA 5.13. RESULTADOS DE INDICADORES DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

INDICADORES	RESULTADO
VAN	5267.74
TIR	21.43%
B/C	1.06
Payback	3.82 años

El valor actual neto (VAN) fue de mayor a cero lo que indicó que el proyecto es rentable, la tasa interna de rentabilidad fue mayor a la tasa de descuento de 12.91% lo que hace a este proyecto llamativo para la inversión de la empresa; la relación “Beneficio/costo” (B/C) fue de 1.06 indicando rentabilidad y si se desea tener una relación B/C mayor a la obtenida se puede incrementar el precio del kilogramo de compost de tal manera que aumenta los ingresos pero se debe considerar el precio máximo indicado en la Tabla 5.6 en la sección de “Cálculo de costos” de este capítulo.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

El compostaje es un método eficiente para la gestión del contenido ruminal ya que se obtuvo un subproducto estable y útil evitando que sea un foco de contaminación a la salud y el medio ambiente.

Al ser un método eficiente de gestión, la propuesta del compostaje del contenido ruminal puede formar parte del manejo de los residuos peligrosos que realice la EMRAQ-EP y ser incluida en el plan de minimización de desechos peligrosos que pide el Acuerdo No. 061 para su licenciamiento ambiental.

El efecto de las condiciones climáticas mostró ser importante en el proceso de compostaje; las pilas bajo invernadero alcanzaron su estabilidad al finalizar el proceso de experimentación en todos sus parámetros, en cambio, las pilas a la intemperie pesar de alcanzar una relación C/N favorable, no lograron cumplir con parámetros como estabilización de la temperatura, color, olor y contenido de humedad.

La aireación manual de dos veces por semana fue la más eficiente debido a que permitió una descomposición en menor tiempo de 10 semanas, mientras que la aireación manual de una vez por semana permitió una descomposición en 13 semanas.

La relación C/N inicial en el compostaje también es un factor determinante en la duración del proceso: la relación C/N de 41.6/1 correspondiente a la pila “1 A” bajo invernadero logró un compost maduro a las 13 semanas, mientras la pila “4 A” bajo invernadero con una relación C/N de 37.7/1, siendo un valor cercano al recomendado por la FAO (35/1) se descompuso en un período de 10 semanas.

El monitoreo de los parámetros de temperatura, pH, contenido de humedad y materia orgánica fueron importantes para conocer el comportamiento en la descomposición de este tipo de sustratos.

La determinación de la madurez del compost depende del conjunto de parámetros estudiados debido a que las pilas a la intemperie cumplieron los parámetros de contenido de materia orgánica y relación C/N pero con factores como contenido de humedad, olor y color dieron resultados de un compost inmaduro que al ser utilizado puede causar daños en el suelo.

Ninguna de las pilas cumplió el parámetro de pH recomendado y la normativa chilena, lo que puede ser considerado un limitante de la comercialización del compost. En la práctica, plantaciones florícolas como “Ceres Farms” y “Florecal” ubicadas en Cayambe, utilizan abonos con un pH alcalino entre 7.6 y 9.9 obteniendo resultados favorables para sus respectivas producciones, indicando que el compost obtenido en esta investigación si puede ser administrado al suelo poniendo en conocimiento el valor del pH en la hoja de seguridad del abono orgánico.

Por medio flujos de caja se obtuvo que la alternativa de producción de pilas tipo “4 A” bajo invernadero, con aireación manual de dos veces por semana y relación C/N de 37.7/1 es factible para la elaboración de 229.55 kg de compost por pila para su comercialización obteniendo utilidades desde el mes cuarto del año uno y recuperando la inversión inicial que realiza la empresa.

Con la propuesta presentada se analiza la gestión del 85% de la producción anual del contenido ruminal, lo que permitiría que la empresa estudie la posibilidad de obtener la licencia ambiental para el manejo de este desecho con el fin de aprovecharlo y obtener réditos económicos con el compost como subproducto y no sólo entregar el desecho como donación a instituciones como INIAP.

Con los valores del valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación “Beneficio/costo” (B/C) el proyecto de gestión del contenido ruminal a través compostaje de la alternativa “4 A” es factible para su implementación a nivel industrial.

6.2. RECOMENDACIONES

Según Díaz & de Janon, (2010), Feicán Mejía (2011), FAO (2013) y Ruiz S. (2011) recomiendan la trituración de los sustratos como una medida de eliminación de huevos y larvas de moscas y para una descomposición más acelerada de la materia orgánica. Este tipo de pre-tratamiento no fue aplicado en la investigación pero podría ser una opción para disminuir el tiempo de descomposición.

Para alcanzar la relación óptima de C/N inicial para el compostaje se recomienda la disminución del aserrín, o la suplantación del mismo por otro material como hojas secas, paja o papel que tienen una relación C/N menor a la del sustrato utilizado.

Con respecto al pH, se debe realizar estudios para la diminución de la alcalinidad y pueda alcanzar los valores límites de 8.5 propuestos por la FAO y la normativa chilena.

Es necesaria la capacitación al personal encargado del lavado de las vísceras para que los residuos sean clasificados apropiadamente a fin de evitar la presencia de residuos inorgánicos como restos de plásticos que no permiten que el compostaje se realice eficientemente.

Las instituciones nacionales como INEN y AGROCALIDAD deben realizar estudios para determinar la calidad de abonos orgánicos producidos en el país, debido a que la información es deficiente en este aspecto.

La alternativa propuesta de la pila “4 A” para la producción y comercialización de compost es un proyecto base modificable a las necesidades de la empresa variando costos de mano de obra y el precio de venta al público del compost.

Los datos analizados en este proyecto pueden ser presentados a los directivos de la empresa no sólo como la gestión de desechos peligrosos sino como una propuesta que permite recuperar la inversión inicial y provoca ingresos por la venta del compost y sea incluido en los planes de inversión 2017-2018 de la EMRAQ-EP.

El contenido ruminal igual que los excrementos de los bovinos tienen potencial proliferación de bacterias patógenas, es necesario realizar los análisis

microbiológicos, como coliformes fecales del compost producido para determinar su inocuidad.

La producción de compost a la intemperie puede ser factible en meses que presenten una disminución de precipitaciones ya que la presencia de las mismas fue el factor que no permitió la maduración de las pilas a la intemperie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Apaza-Condori, E. E., Mamani-Pati, F., & Sainz-Mendoza, H. (2015). Sistema de compostaje para el tratamiento de residuos de hoja de coca con la incorporación de tres activadores biológicos, en el centro experimental de Kallutaca. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, *3*(2), 75–85.
2. Beltrán, M. (2016, marzo). *Estudio de factibilidad económica y financiera utilizando tecnología Net Zero Energy para un proyecto de vivienda familiar de clase media urbana en la ciudad de Quito*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
3. Díaz, L., & de Janon, C. (2010). *Reciclaje y Tratamiento Biológico de los Residuos Sólidos Municipales*. Quito, Ecuador: Editorial Ecuador.
4. DMQ. ORDM - 138 Sistema de Manejo Ambiental del DMQ. (2016).
5. DMQ. ORDM-316 Creación de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito, «EMRAQ-EP», 316 § (2010).
6. Febres, O. A., Vergara-López, J., & Venezuela, Z. U. (2007). Propiedades físicas y químicas del rumen. *Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal*, *15*(S1), 133–140.
7. Matallana, R., & Morales, J. (2017, julio). Información Abonos- Florícola Ceres Farms.
8. Ríos, M., & Ramírez, L. (2012). Aprovechamiento del contenido ruminal bovino para ceba cunicola, como estrategia para diezmar la contaminación generada por el matadero en San Alberto. *Prospectiva*, *10*(2), 56–63.
9. Ruiz S. (2011, enero). *Plan de gestión de Residuos del Camal del Cantón Antonio Ante*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
10. Uicab-Brito, L. A., & Castro, C. S. (2003). Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta [use of rumen content and residues from the meat industry for compost making]. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *2*, 45–63.

BIBLIOGRAFÍA DIGITAL

11. Acevedo Montoya, D., & Buitrago Arteaga, L. F. (2008). *Evaluación del contenido ruminal como suplemento alimenticio para el consumo de ganado bovino ensilándolo con Lactobacillus casei* (B.S. thesis). Universidad EAFIT. Recuperado a partir de http://repository.eafit.edu.co/handle/10784/403

12. Agrocalidad. (2017a). Dirección de Registro de Insumos Agrícolas. Recuperado 21 de abril de 2017, a partir de http://www.agrocalidad.gob.ec/registro-de-insumos/

13. Agrocalidad. (2017b). *Tarifario 2017*. Recuperado a partir de http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2013/11/Tarifario_p%C3%A1gina-16_vigente.pdf

14. AgroEs.es. (s. f.). PH del suelo agrícola. Recuperado 10 de julio de 2017, a partir de http://www.agroes.es/agricultura/el-suelo/148-ph-del-suelo-agricultura

15. Aldana, J. (2015). *Evaluación de la calidad microbiológica del compostaje de plumas de gallina y desechos sólidos de agua residual del municipio de Ventaquemada*. Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja. Recuperado a partir de https://issuu.com/ingenieriaagropecuariajdc/docs/evaluaci__n_de_la_calidad_microbiol

16. Banco Central del Ecuador. (2017, abril). Recuperado 21 de abril de 2017, a partir de https://contenido.bce.fin.ec/

17. Barrios, J. (2009, y 4 de diciembre de). ASPECTOS GENERALES DEL MANEJO DE LODOS. *Curso sobre manejo y aporvechamiento de lodos*

provenientes de plantas de tratamiento. Recuperado 31 de marzo de 2017, a partir de http://www.ai.org.mx/ai/archivos/talleres/aprovechamiento-lodos/Aspectos%20Generales%20del%20Manejo%20de%20Lodos.pdf

18. Cantos Cantos, R. V., & Erazo Acosta, R. (2014). *Evaluación de los Impactos Ambientales y sus Medidas de Mitigación, Derivados del Camal Metropolitano Quito* (B.S. thesis). Recuperado a partir de http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3174

19. Chile. Norma de Calidad de compost (2000). Recuperado a partir de http://www.lombricultura.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/biblioteca/normas/Norma%20calidad%20COMPOST.pdf

20. Collins, E., & Parson, S. (s. f.). *DEVELOPMENT OF A COMPOSTING RECIPE FOR SWINE*. Department of Biological Systems Engineering Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg. Recuperado a partir de http://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/AWM/swineComposting.pdf

21. Constituyente, E. A. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Recuperado a partir de http://repositorio.dpe.gob.ec/bitstream/39000/638/1/NN-001-Constituci%C3%B3n.pdf

22. Cotelo, M. F. (2010). Microbiota ruminal: estrategias de modulación con microorganismos fibrolíticos. Recuperado a partir de https://www.researchgate.net/profile/Martin_Fraga/publication/234074931_Microbiota_ruminal_estrategias_de_modulacion_con_microorganismos_fibroliticos/links/09e4150ed922e09665000000.pdf

23. Daza, A., & Pineda, J. (2014, abril). *Evaluación de la capacidad de biotransformación de las sales de ácidos biliares: colato y ddehidrocolato de sodio, por microorganismos aislados en dos camales de la sierra ecuatoriana*. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. Recuperado a partir de http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6619/1/UPS-QT05108.pdf

24. DMQ. ORDM-332 Sistema de gestión integral de residuos sólidos del Distrito Metropolitano de Quito, 332 § (2011). Recuperado a partir de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/ordm_332_sis_gest_int.pdf

25. DMQ. ORDM 404 Sustitutiva del Título V «del medio ambiente» del Libro segundo del Código Municipal (2013). Recuperado a partir de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/ORDENANZA%20METROPOLITANA%20No%200404.pdf

26. EMRAQ-EP. (2016, julio). EMRAQ-EP. Recuperado 25 de julio de 2016, a partir de http://www.epmrq.gob.ec/index.php/nosotros/nosotros

27. EMRAQ-EP. (s. f.). FLUJOGRAMA BOVINOS. Recuperado a partir de http://www.epmrq.gob.ec/images/faenamiento/FLUJOGRAMA_bovinos.pdf

28. Encarnación, G., & Enríquez, L. (2014, septiembre). *Evaluación Técnica Ambiental de un reactor anaerobio de alta concentración de sólidos volátiles*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado a partir de http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8565/4/CD-5774.pdf

29. Faenamiento de Bovinos - Empresa Publica Metropolitana de Rastro Quito. (s. f.). Recuperado 16 de diciembre de 2016, a partir de http://www.epmrq.gob.ec/index.php/servicios/faenamiento/faenamiento-bovinos

30. FAO. (2013). *MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR. Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado a partir de http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf

31. Feicán Mejía, C. (2011). Manual de producción de abonos orgánicos. Recuperado a partir de http://190.12.16.188/handle/41000/2396

32. Flower. (s. f.). COMPOST ORGÁNICO 80025 Ficha técnica. Recuperado a partir de http://www.totnatura.ad/image/data/FTCP%2080025%20COMPOST%20ORGANIC%2050%20L.pdf

33. Gobierno del Estado de México. (2015). Composta | Secretaría de Medio Ambiente. Recuperado 10 de julio de 2017, a partir de http://sma.edomex.gob.mx/composta

34. INCAUCA S.A. (2013, junio 24). BIOCANE Hoja de seguridad. Recuperado a partir de http://recintodelpensamiento.com/ComiteCafeteros/HojasSeguridad/Files/HojasSeg/HSBiocane2014811144140.pdf

35. INEN. NTE INEN 1218: CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS. FAENAMIENTO (1985). Recuperado a partir de http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1218.pdf

36. INEN. NTE INEN 0221: 1997 Fertilizantes o abonos. Etiquetado. Requisitos (1997). Recuperado a partir de http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2013/11/inen-0221-1997.pdf

37. INEN. INEN-330 Clasificación de fertilizantes (1998). Recuperado a partir de http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2013/11/INEN-330-clasificacion-de-fertilizantes-11-04-2017.pdf

38. INEN. NTE INEN 0209: 1998 Fertilizantes o abonos. Definiciones (1998). Recuperado a partir de http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2013/11/inen-0209-1998.pdf

39. INEN. NTE INEN 2346:2010 CARNE Y MENUNDENCIAS COMESTIBLES DE ANIMALES DE ABASTO. REQUISITOS (2010). Recuperado a partir de https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2346.2010.pdf

40. INIAP. (2016). *Precios análisis de suelos, aguas y tejidos y forma de pago*. Estación Experimental Santa Catalina. Recuperado a partir de http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/stories/descargas/catalina/PRECIOS_SUELOS_AGUAS_TEJIDOS_CATALINA_1.pdf

41. Landeta M. (2009, marzo). *Diseño de estrategias para mitigar el impacto ambiental negativo causado por los desechos sólidos y líquidos generados en los procesos de recepción y faenamiento en camales municipales de Carchi, Imbabura y Norte de Pichincha*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, Ibarra. Recuperado a partir de http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/240/1/T72199.pdf

42. López Guerrero, V. A. (2014). *Caracterización fitoquímica y biodinámica de las algas de agua dulce y del helecho acuático (Azolla sp.) en el proceso de*

compostaje, Latacunga Cotopaxi (B.S. thesis). Recuperado a partir de http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/7689

43. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Ley de Sanidad Animal (2004). Recuperado a partir de http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu5452.pdf

44. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Acuerdo Ministerial No. 234 (2016). Recuperado a partir de http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2013/11/acuerdo-ministerial-2341.pdf

45. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, A. E. de A. de la C. del A. Resolución 0068 Normativa General para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola (2017). Recuperado a partir de http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2013/11/DAJ-201720A-0201-0068-normativa-general-de-fertilizantes-29-05-2017.pdf

46. Ministerio del Ambiente. Acuerdo No. 026 Procedimientos para Registro de generadores de desechos peligrosos, gestión de desechos peligrosos previo al licenciamiento ambiental, y para el transporte de materiles peligrosos, Pub. L. No. 026, 106 (2008). Recuperado a partir de http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/249439/AM+026++registro+generadores+desechos+peligrosos_gesti%C3%B3n+y+transporte.pdf/b4c082ef-3816-46d5-83fd-8867aa297352

47. Ministerio del Ambiente. Acuerdo Ministerial No. 142 Listados Nacionales de sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales (2012).

Recuperado a partir de http://europa.sim.ucm.es/compludoc/AA?articuloId=166269

48. Ministerio del Ambiente. Acuerdo No. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria TULSMA (2015). Recuperado a partir de http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108

49. Osorio, P. C., & Mardones, V. A. (2017). I-146-GRADIENTES DE ESTABILIZACIÓN DE LODOS DE ACUERDO A LOS REGÍMENES DE PROCESOS DE FANGOS ACTIVOS-TEORIA Y PRACTICA. Recuperado a partir de https://www.researchgate.net/profile/Pedro_Cisterna/publication/228547551_I-146-GRADIENTES_DE_ESTABILIZACIN_DE_LODOS_DE_ACUERDO_A_LOS_REGMENES_DE_PROCESOS_DE_FANGOS_ACTIVOS-TEORIA_Y_PRACTICA/links/0c96052647bce8584f000000.pdf

50. Pacheco Guevara, H. A., & Acosta Herrera, J. A. (2014). Tratamiento de desechos para empresas municipales de rastro. Recuperado a partir de http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3063

51. Peñaherrera, M. (2015). *ESTABILIZACIÓN DE LODOS PROVENIENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE DIGESTIÓN ANAEROBIA*. Quito, Ecuador.

Recuperado a partir de http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4511/1/UDLA-EC-TIAM-2015-24.pdf

52. Perdigón, R. A. P. (2010). UNA BREVE DESCRIPCIÓN DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN LOS MATADEROS DE COLOMBIA Y SU INCLUSIÓN EN LOS PROCESOS DE LAS TECNOLOGÍAS LIMPIAS O APROPIADAS. *Boletín Semillas Ambientales*, *4*(2). Recuperado a partir de http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/bsa/article/view/9397

53. Röben, E. (2002). Manual de Compostaje para Municipios. Recuperado a partir de http://www.resol.com.br/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf

54. Saltos, J., & López, I. (s. f.). Caracterización de la ácidez de suelos volcánicos del Ecuador y su respuesta al encalado. Recuperado 7 de julio de 2017, a partir de https://www.researchgate.net/publication/48220700_Caracterizacion_de_la_acidez_de_suelos_volcanicos_del_Ecuador_y_su_respuesta_al_encalado

55. Sánchez, A. (2010, julio 1). MAXCOMPOST- Ficha de seguridad. Recuperado a partir de http://www.maxcompost.com/Docs/FICHA_DE_SEGURIDAD_maxcompost.pdf

56. Soliva, M., & López, M. (2004). CALIDAD DEL COMPOST: INFLUENCIA DEL TIPO DE MATERIALES TRATADOS Y DE LAS CONDICIONES DEL PROCESO. En *Formación de técnicos para el tratamiento y gestión de lodos de depuración*. Barcelona. Recuperado a partir de

http://mie.esab.upc.es/ms/recerca_experimentacio/articles_ESAB/Calidad%20compost%20lodos.pdf

57. Texto Unificado dde Legislación Secundaria del MAG, Libro II, 3609 § (2014). Recuperado a partir de http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2013/11/reglamento-texto-unificado-MAG-3609.pdf

58. Vargas, Y. (2007). *EVALUACIÓN DEL CONTENIDO NUTRIMENTAL DEL COMPOST ELABORADO CON TRES TIPOS DE MEZCLAS DE DESECHOS ORGÁNICOS Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI (Brassica oleracea var. Italica plenk)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Recuperado a partir de http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/376/1/T-SENESCYT-0148.pdf

59. Velayos, V. (2015). Payback - Plazo de Recuperación. Recuperado 21 de abril de 2017, a partir de http://economipedia.com/definiciones/payback.html

60. Yugsi. (2011). Elaboración y Uso de Abonos Orgánicos. Guía de Campo para Capacitación a Capacitores. Recuperado a partir de http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2422/4/iniapscbd410.pdf

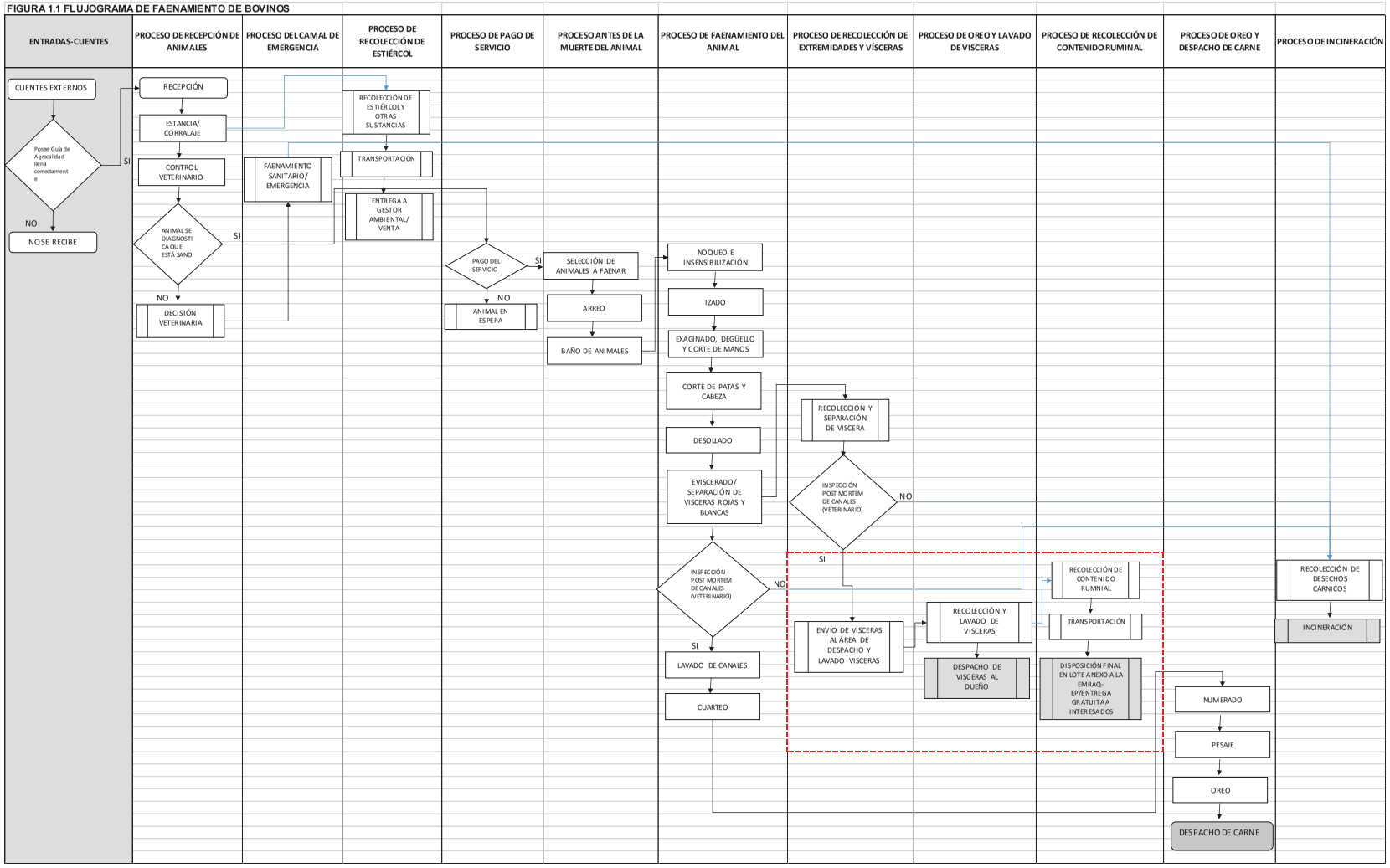
61. Zagal, E., & Sadzawka, R. (2007). *Protocolo de Métodos de Análisis para suelos y lodos* (Universidad de Concepción de Chile). Recuperado a partir de http://www.cofes.org.ar/descargas/relas/4_jornada/Protocolos_suelos%20y_lodos_Sadzawka.pdf

ANEXOS

ANEXO No. 1

FAENAMIENTO DE BOVINOS

FIGURA 1.1 FLUJOGRAMA DE FAENAMIENTO DE BOVINOS



ANEXO No. 2

EXPERIENCIAS DE COMPOSTAJE EN EL ECUADOR

TABLA 2.1 EXPERIENCIAS DE COMPOSTAJE EN ECUADOR

LUGAR	INSTITUCIÓN RESPONSABLE	TECNOLOGÍA UTILIZADA	TIPO DE DESECHOS PROCESADOS	CAPACIDAD DE PLANTA	PROBLEMAS CON LA REALIZACIÓN	TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN
Ambato	Misión Salesiana	Pre-fermentación en pilas, después troceado de los desechos gruesos y lombricultura en lechos	Desechos de agricultura y estiércoles de ganado	50 m^3 compost/mes	Control insuficiente del proceso	No hay información
	Municipio de Ambato/ Universidad Técnica de Ambato	Compostaje en pilas, con métodos diferentes de operación por fines experimentales	Desechos biodegradables del mercado mayorista de la ciudad	100m^2	Falta de fondos para hacer una inversión a gran escala. Falta de instrumentos para control científico del proceso.	No hay información
Cuenca	Granja Integral "El Paraíso"	Clasificación manual de desechos mixtos, lombricultura en camas a granel	Desechos vegetales proporcionados por el municipio, desechos animales y vegetales de la granja	240m^2	Falta de clasificación previa de los desechos	No hay información
Ibarra	Universidad Técnica del Norte/Municipio de Ibarra	Clasificación manual de los desechos orgánicos por un obrero, compostaje en pilas, tamizado del producto.	Desechos orgánicos del mercado	36.8 m^3/mes	Duración muy corta del proceso (4semanas). Contenido demasiado de cenizas	1 año (1996-1997)
Joyocoto (Guaranda, Bolívar)	Comunidad de Joyocoto	Proceso completamente mecanizado: separación por tamiz vibratorio, banda transportadora para la separación, electroimán, picadora rotativa, compostaje con pilas aireadas y contenedor de compostaje, trituración y después tamizado del producto listo.	Desechos orgánicos del mercado de Guaranda	53 t/mes	Problemas organizacionales. Costo elevado de operación. No se utiliza la capacidad entera de la planta. No hay participación comunitaria para extender el proyecto.	Desde 1994
Loja	Municipio de Loja	Clasificación domiciliaria de la basura biodegradable, separación manual en el sitio, lombricultura en lechos (con riego), secado, clasificación manual y tamizado del producto	Desechos biodegradables de las casas (actualmente 50% de la ciudad) y de los mercados, colegios, cementerio, etc.	Aproximadamente 20 t/día	Insuficiente clasificación domiciliaria. Falta de fondos para mecanizar el proceso de pre-tratamiento de los desechos antes del compostaje	Desde 1997
Manglaralto (Sta. Elena-Guayas)	Comunidad de Manglaralto	Lombricultura con lechos, con riego (cisterna de captación del agua)	Desechos orgánicos de la comunidad	No hay información	Escasez de agua. Falta de conocimiento técnico. Problemas financieros para la continuación de la actividad	Desde 1997
Mindo (Pichincha)	Fundación Puntos Verdes/Junta Parroquial de Mindo/ Municipio de los Bancos	Clasificación domiciliaria de la basura orgánica, lombricultura en lechos, tamizado del producto	Desechos biodegradables de la parroquia de Mindo	Basura de 1000 personas	Basura demasiado gruesa por falta de picado. Problemas financieros	Desde 2000
Puerto Quito	Universidad Tecnológica Equinoccial/ Escuela Agroforestal	Compostaje en pilas (bajo plataneros o árboles de cítricos)	Basura de jardín y cocina, estiércoles de animales, cenizas y cal	Escala de laboratorio (10m2)	No hay	No hay información
Puerto Rico (Pto. López-Manabí)	Comunidad de Puerto Rico	Compostaje en pilas mezcladas con hierbas y agua.	Desechos orgánicos de la comunidad	No hay información	Escasez de agua. Proceso muy largo (8 meses)	Desde 1995
Puyo	Corporación Saar-Entsa	Clasificación manual de desechos mixtos, compostaje en pilas (bajo techo)	Desechos orgánicos mezclados de la ciudad	No hay información	Desechos mezclados (incluido hospitalario). Inundación del terreno. Falta de control del proyecto. Problemas financieros.	1995-1996
Quito	Empresa Compostec	Clasificación manual de desechos mezclados, compostaje a cielo abierto. Se añaden microorganismos para acelerar el proceso.	Desechos del camal metropolitano y mercados	32t/mes de estiércol, 96 t/mes de desechos biodegradables de los mercados	Falta de separación en la fuente. Problemas financieros. Ubicación en la zona urbana (resistencia de la población, problemas ambientales)	Desde 1998

TABLA 1.1 CONTINUACIÓN

Riobamba	Asociación Nuevo Camino, organizaciones barriales.	Lombricultura en lechos con control de humedad, tamizado del producto listo.	Asociación Nuevo Camino: Desechos de los mercados y del camal; organizaciones barriales: basura domiciliaria biodegradable	35 m^3/día de desechos de los mercados y del camal; org. barriales: desconocido	Problemas organizacionales en la asociación. Falta de clasificación en la fuente. Ingresos insuficientes de la comercialización.	Desde 1995
Sigsig (Azuay)	Municipio de Sigsig Fundación Sendas	Clasificación de desechos mixtos, lombricultura en lechos; control de plagas durante la humificación, clasificación manual del producto listo	Desechos del mercado municipal	No hay información	Falta de separación de los desechos en la fuente. Falta de apoyo político	Desde 1996
Sta. Lucía Bravo (Guamote, Chimborazo)	Comunidad de Santa Lucia Bravo	Clasificación manual de desechos mixtos y lombricultura, operación de planta en mingas	Desechos biodegradables de la comunidad y desechos del mercado de Guamote	15 m^3/mes	Falta de clasificación domiciliaria	No hay información
Tena	Municipio de Tena	Clasificación domiciliaria de los desechos biodegradables, después compostaje en lechos de hormigón.	Desechos orgánicos producidos por la población	Lechos con una capacidad total de 18.7 m^3	Problemas con putrefacción anaeróbica por causa del clima. Problemas financieros para la continuación. Mala clasificación domiciliaria.	Desde 1995

FUENTE: (Röben, 2002)

ANEXO No. 3

PRUEBAS DE COMPROBACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE COMPOST

PRUEBA DE AUTOCALENTAMIENTO

- Secar el material a 105° C.
- Tomar 3 muestras de 600g cada una y se humedecen hasta que tengan una humedad de 35%,40% y 45%, respectivamente.
- Añadir 30g de compost maduro o de tierra humus, esto inicia el proceso de fermentación.
- Mezclar las muestras, dejar a la intemperie por el lapso de 30 minutos. Transcurrido el tiempo necesario se los dispone en recipientes dewar.
- Cerrar los recipientes con un atapa de caucho con 3 orificios; uno es para poner un termómetro eléctrico en el centro de la muestra, una para la aireación y el tercer orificio sirve para la evacuación del airea sucio a través de succión. Se puede utilizar bombas estándar de acuario para la aireación.

Según la temperatura obtenida en el experimento, se puede conocer el grado de madurez del compost comparando con los parámetros de la Tabla 2.1 que indica las categorías de madurez del compost.

TABLA 2.1. CATEGORÍAS DE MADUREZ DEL COMPOST.

GRADO DE MADUREZ	TEMPERATURA OBTENIDA EN EL EXPERIMENTO DE AUTOCALENTAMIENTO (°C)	CATEGORÍA DE PRODUCTO
I	>60	Materia cruda
II	50-60	Compost tierno
III	40-50	Compost tierno
IV	30-40	Compost maduro
V	>30	Compost maduro

FUENTE: (Röben, 2002)

Si se utiliza un compost de clase II o III no se garantiza la eliminación de gérmenes fitotóxicos y patógenos que podrían ocasionar problemas de salud del ser humano como inconvenientes en las propiedades del suelo.

DETERMINACIÓN EN CAMPO

Existen varias técnicas para determinar en campo la madurez del compost, entre ellas se encuentran:

- Tomar mínimo tres muestras representativas del tamaño de la pila, se analiza el aspecto y el olor del material. Debe estar oscuro, con olor a suelo húmedo, y cuando se realiza la “prueba del puño”, no debe mostrar exceso de humedad.
- Hacer un “cuarteo” de la pila y tomar de cada cuarto tres muestras de 100 gramos de material, introducirlos en bolsas de plástico y dejarlas por dos días en un lugar fresco y seco. Si en el transcurso del tiempo estimado las bolsas tienden a hincharse (llena de aire) y con condensación de humedad es un indicativo que el compost aún no llega a su fase de madurez.
- Introducir un machete o instrumento metálico de 50cm hacia el centro de la pila. Si al cabo de 10 minutos al retirar el instrumento se encuentra caliente, determina que el proceso de descomposición aún sigue vigente y se debe dejar hasta que alcance la estabilidad.

ANEXO No. 4

FORMULARIOS DE REGISTRO DE GENERADORES DE DESECHOS PELIGROSOS (ACUERDO No. 026)

TABLA 4.1. REGISTRO GENERAL DE GENERADOR DE DESECHOS PELIGROSOS

MINISTERIO DEL AMBIENTE
SUBSECRETARIA DE CALIDAD AMBIENTAL
SUBSECRETARIA DE GESTION AMBIENTAL COSTERA

REGISTRO GENERAL PARA LOS TRÁMITES DEL
MINISTERIO DEL AMBIENTE O DE LA INSTITUCION INTEGRANTE DEL
SISTEMA NACIONAL DESCENTRALIZADO DE GESTION AMBIENTAL

(MA-SGD-HGR-01)

PARA SER LLENADO POR EL MAE O INSTITUCIONES INTEGRANTES DEL SISTEMA NACIONAL DESCENTRALIZADO DE GESTIÓN AMBIENTAL	
1) SOLICITUD NUMERO:	
2) REGISTRO PARA: (Si el generador pretende realizar actividades de reuso, reciclaje,	
transporte y/o tratamiento deberá indicarlo marcando las dos opciones)	
GENERADOR ( )	
PRESTADOR DE SERVICIOS PARA EL MANEJO DE DESECHOS PELIGROSOS:	
Reciclaje ( ) Reuso ( ), Transporte ( ),Tratamiento: físico, químico o biológico ( ); Coprocesamiento ( ),	
Incineración ( ), Disposición final ( )	
3) NUMERO DE LICENCIA AMBIENTAL:	
(Si cuenta con este número, derivado de la evaluación de impacto ambiental presentar la Constancia de Registro u oficio resolutivo)	
4) RECIBIDO POR:	
Nombre y firma	(Sello con fecha de recibido)
5) ENVIAR A (Marcar con una X)	
Ministerio del Ambiente. Subsecretaría de calidad ambiental.	
Institución integrante del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental	

PARA SER LLENADO POR EL SOLICITANTE	
6) NOMBRE DE LA EMPRESA	Nombre y firma del representate legal, cargo
Declaramos que la información contenida en esta solicitud y sus anexos es fidedigna y que puede ser verificada por el MAE, la que en caso de omisión o falsedad, podrá invalidar el trámite y/o aplicar las sanciones correspondientes.	Nombre y firma del responsable técnico

TABLA 4.1. CONTINUACIÓN

DATOS DE REGISTRO	
1) NOMBRE DE LA EMPRESA QUE SOLICITA EL TRÁMITE	RUC:
2) ACTIVIDAD productiva PRINCIPALDEL ESTABLECIMIENTO	
3) DOMICILIO DE SOLICITANTE Calle: Número: Provincia: Parroquia: Teléfonos: Fax: Correo electronico:	
4) DOMICILIO DEL ESTABLECIIENTO (En caso de que el establecimiento o instalación generadora de desechos peligrosos tenga otra dirección a la del domicilio manifestada en el apartado anterior, indicarla en esta sección. Calle: Número: Provincia: Parroquia: Teléfonos: Fax: Correo electronico:	
5) SECTOR AL QUE PERTENECE EL SOLICITANTE	
Extracción de petróleo y Gas Natural	
Coque y productos de refinación del petróleo	
Fabricación de sustancias y productos químicos	
Papel y productos de papel	
Productos de caucho y plástico	
Textiles	
Vehículos automotores	
Producción de madera	
Maquinaria y equipo	
Explotación de minas y extracción de minas y canteras	
Alimentos y bebidas	
Transporte	
Comunicaciones	
Electricidad, gas o agua.	
Agricultura, horticultura, floricultura, acuacultura, forestería,	
Pinturas, barnices y productos y servicios relacionados.	
Otros	
6) FECHA DE INICIO DE OPERACIÓN: DIA ☐☐ MES ☐☐ AÑO ☐☐☐☐	
7) Documentos que debe anexar para inicio del trámite: Informe de Regulación Municipal(uso de suelo)	

TABLA 4.1. CONTINUACIÓN

ANEXO A

	MINISTERIO DEL AMBIENTE.
	SUBSECRETARIA DE CALIDAD AMBIENTAL
	SUBSECRETARIA DE GESTION AMBIENTAL COSTERA
SISTEMA DE GESTION DE DESECHOS PELIGROSOS	*Pag*
REGISTRO COMO EMPRESA GENERADORA DE DESECHOS PELIGROSOS	MA-SGD-RG-01

1. LLENAR LA HOJA GENERAL DE REGISTRO, QUE CONTIENE LOS DATOS GENERALES DE LA EMPRESA.

2. IDENTIFICACIÓN Y GENERACIÓN ANUAL DE DESECHOS PELIGROSOS DE LA INSTALACIÓN

GENERACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS											
IDENTIFICACIÓN DEL DESECHO									GENERACIÓN ANUAL		PUNTO(S) DE GENERACIÓN (5)
NOMBRE DE DESECHO DE ACUERDO A LISTADO NACIONAL DE DESECHOS (1)	CLAVE DE DESECHO EL LISTADO NACIONAL DE DESECHOS PELIGROSOS (2)	CATEGORIA (3)	CRTIB						CANTIDAD	UNIDAD (4)	

3. ENVASADO DE DESECHOS PELIGROSOS

ENVASADO DE DESECHOS PELIGROSOS					
CLAVE DEL DESECHO (2)	TIPO DE ENVASE (6)	CAPACIDAD DE ENVASE			INCOMPATIBLE CON
		CANTIDAD	CAPACIDAD	UNIDAD	

Para envases tipo 11 Indicar	
Dimensiones:	
Forma:	
Materia:	
Cantidad	
Capacidad	

TABLA 4.1. CONTINUACIÓN

ANEXO A

4. ETIQUETADO

ETIQUETADO DE DESECHOS PELIGROSOS		
CLAVE DEL DESECHO	METODO DE ETIQUETADO (7)	OBSERVACIONES

6. ALMACENAMIENTO TEMPORAL

ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE DESECHOS PELIGROSOS							
IDENTIFICACION DE ALMACEN	CLAVE DEL DESECHO	ALMACENAMIENTO					
		Características del almacén (8)				Capacidad total por almacén	
		Local(8.1)	Material(8.2)	Ventilación (8.3)	Iluminación (8.4)	Cantidad	Unidad (4)

ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE DESECHOS PELIGROSOS						
IDENTIFICACION DE ALMACEN	CUENTA CON FOSAS DE RETENCIÓN O MUROS DE CONTENCIÓN	CAPACIDAD DE FOSAS DE RETENCIÓN DE DERRAMES	CUENTA CON TRINCHERAS O CANALETAS PARA CONDUCIR DERRAMES	CUENTA CON SISTEMAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIO	CUENTA CON SEÑALAMIENTOS Y LETREROS DE COMUNICACIÓN DE RIESGOS	CUENTA CON SISTEMA DE DETECCION Y ALARMA

Tipo de almacén (marcar con X)		Dimensiones (m)		
Abierto		Largo:	Ancho:	Altura:
Cerrado		Largo:	Ancho:	Altura:

TABLA 4.1. CONTINUACIÓN

6. RECICLAJE O TRATAMIENTO DENTRO DE LA INSTALACIÓN

¿RECICLA O DA TRATAMIENTO A SUS DESECHOS DENTRO DEL ESTABLECIMIENTO ? : ( ) SI ( ) NO
Nota: En caso de dar manejo que incluya cualquier tipo de reuso, reciclaje o tratamiento el generador deberá presentar su registro y
EN CASO DE SER AFIRMATIVA SU RESPUESTA, ANOTE LOS DATOS CORRESPONDIENTES EN LA SIGUIENTE TABLA EN CASO

RECUPERACIÓN, RECICLAJE O TRATAMIENTO DENTRO DEL ESTABLECIMIENTO			
IDENTIFICACIÓN DEL RESIDUO	MÉTODO DE RECICLAJE O TRATAMIENTO INTERNO		
		CAPACIDAD	
CLAVE DEL RESIDUO	CLAVE (9)	CANTIDAD	UNIDAD (3)

7. PRESTADORES DE SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE DESECHOS

CLAVE DEL DESECHO	NOMBRE DE EMPRESA PRESTADORA	NO. DE LICENCIA O	TIPO DE TRATAMIENTO

8. TRASLADO TERRESTRE DEL DESECHO

CLAVE DEL DESECHO	CANTONES	PROVINCIAS	CANTON DE DESTINO		PROVINCIA DE DESTINO

9. REUSO O TRATAMIENTO FUERA DE LA INSTALACIÓN

RECUPERACIÓN, RECICLAJE O TRATAMIENTO FUERA DEL ESTABLECIMIENTO					
CLAVE DEL DESECHO	MÉTODO DE RECICLAJE O TRATAMIENTO			EMPRESA PRESTADORA DEL SERVICIO	
	CLAVE (9)	CAPACIDAD ANUAL		NOMBRE	NUMERO DE LICENCIA O AUTORIZACIÓN
		CANTIDAD	UNIDAD (3)		

10. DISPOSICION FINAL

CLAVE DEL DESECHO	EMPRESA PRESTADORA DEL SERVICIO			
	NOMBRE DE LA EMPRESA	NUMERO DE LICENCIA O AUTORIZACIÓN	SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL. PROVINCIA. CANTÓN Y PARROQUIA	COORDENADAS GEOGRAFICAS DEL SITIO

11. SUSTANCIAS QUIMICAS PELIGROSAS ANEXO A

NUMERO DE REGISTRO O LICENCIA	

RELACION SUSTANCIAS QUIMICAS PELIGROSAS-DESECHOS PELIGROSOS					
LISTADO NACIONAL DE DESECHOS PELIGROSOS (1)	PUNTO(S) DE GENERACIÓN (5)	SUSTANCIA QUIMICA PELIGROSA INVOLUCRADA EN LA GENERACION			
		NOMBRE SUSTANCIA	CLAVE O NO.	CANTIDAD	UNIDAD

Los números entre paréntesis indica la clave correspondiente al catálogo de claves.

El generador deberá contratar exclusivamente los servicios de transporte, reciclaje, tratamiento y/o disposición final de residuos peligrosos con Empresas Autorizadas por el Ministerio

Para cualquier aclaración, duda y/o comentario con respecto a este trámite, sírvase llamar al servicio de Atención Telefónica a del Ministerio del Ambiente a los teléfonos 022523369 en

TABLA 4.2. REGISTRO DE GENERADORES DE DESECHOS

REGISTRO DE GENERADORES DE DESECHOS PELIGROSOS

Fecha:	
Responsable o representante de la Empresa	
Cargo o puesto en la empresa	
Dirección	

Con fundamento en los artículos No. 160 numeral 5 y No. 204 del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Desechos Peligrosos; el Ministerio del Ambiente otorga a la empresa:

lo siguiente:

El Número de Registro Ambiental como Generador de Desechos Peligrosos		
El registro cubre los siguientes desechos	Código de desecho	Desecho Peligroso
Código de Declaración Anual		
Código de Manifiesto Único		
El número de la libreta de registros de almacenamiento temporal de desechos peligrosos (inventario)		
Para las instalaciones		

Debiendo sujetarse en todo momento a lo establecido en la Ley de Prevención y Control de Contaminación Ambiental, Ley de Gestión Ambiental, Reglamento a la Ley de Gestión

TABLA 4.2. CONTINUACIÓN

Ambiental para la prevención y control de la contaminación ambiental y demás disposiciones jurídicas aplicables dentro de los siguientes términos:
1. Remitir a la Dirección de Control y Prevención de la Contaminación del Ministerio del Ambiente o a la Autoridad Ambiental de Aplicación Acreditada, una declaración anual (Formulario DA-SGD-01) de los movimientos que hubiere efectuado con sus desechos peligrosos generados mediante el formato que esta misma disponga, la cual deberá contener al menos: registros sobre el origen de los desechos, cantidades producidas, transporte utilizado y destino de los desechos, los mismos que deberán entregarlos debidamente llenados con fecha límite, diciembre de cada año. Debiendo citar el número de registro ambiental, número de licencia ambiental, código de declaración anual y el número de libro de registro de los movimientos de entrada y salida de desechos peligrosos en su área de almacenamiento temporal. 2. Dar a los desechos peligrosos, el manejo previsto en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por desechos peligrosos. 3. Mantener disponible el número de libro de registro de los movimientos de entrada y salida de desechos peligrosos en su área de almacenamiento temporal (llevar una bitácora mensual sobre la generación de desechos peligrosos y el almacenamiento temporal). 4. Manejar los desechos peligrosos que sean incompatibles en términos de la legislación ecuatoriana en forma separada. 5. Envasar los desechos peligrosos en recipientes que reúnan las condiciones de seguridad. 6. Etiquetarlos de acuerdo a los lineamientos establecidos por el Ministerio del Ambiente 7. Almacenar sus desechos peligrosos en condiciones de seguridad y en áreas que cumplan con lo dispuesto en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Desechos Peligrosos y en los lineamientos establecidos por el Ministerio del Ambiente. 8. Transportar los desechos peligrosos en vehículos de empresas que cuenten con licencia ambiental. 9. Tratar y disponer sus desechos peligrosos en sitios de empresas que cuenten con la licencia ambiental correspondiente 10. Dar a sus desechos peligrosos el tratamiento que corresponda de acuerdo a lo dispuesto en el Reglamento y marco legal aplicable. 11. Los demás previstos en el Reglamento correspondiente y en otras disposiciones aplicables. 12. Presentar un programa de minimización de residuos en un plazo de 4 meses a partir del otorgamiento de la presente autorización (Artículo 160, No.1). 13. El representante de la empresa deberá brindar todas las facilidades y apoyos necesarios al personal facultado del Ministerio del Ambiente en la supervisión del cumplimiento a las condicionantes establecidas en el presente documento, así mismo deberá acatar las indicaciones que en su momento se determinen.

TABLA 4.3.CLAVE DE MANIFIESTO

MINISTERIO DEL AMBIENTE
SUBSECRETARIA DE CALIDAD AMBIENTAL
SUBSECRETARIA DE GESTION AMBIENTAL COSTERA

CLAVE DEL MANIFIESTO

MANIFIESTO UNICO DE ENTREGA, TRANSPORTE Y RECEPCION DE DESECHOS PELIGROSOS

GENERADOR

1.-NOM. DE REGISTRO COMO GENERADOR DE DESECHOS:	2. NUM. DE LICENCIA AMBIENTAL	3-No. DE MANIFIESTO d/m/a	4.- PAGINA

5.-NOMBRE DE LA EMPRESA GENERADORA:

6. REGISTRO UNICO DE CONTRIBUYENTES

7.-NOMBRE DE LA INSTALACION GENERADOORA:

DOMICILIO (CALLE Y NO): | PROV.:

CANTON | Autoridades Ambientales de Aplicación | PARROQUIA:

No. ONU | TEL.

8.- DESCRIPCION (Nombre del desecho de acuerdo al listado Nacional e indicar CRTIB	Código del desecho	CONTENEDOR		CANTIDAD TOTAL DEL DESECHO	UNIDAD VOLUMEN/PESO
		TIPO	CAPACIDAD		

9.- INSTRUCCIONES ESPECIALES E INFORMACION ADICIONAL PARA EL MANEJO SEGURO (INDICAR INCOMPATIBILIDAD).

10.- CERTIFICACION DEL GENERADOR:

DECLARO QUE EL CONTENIDO DE ESTE LOTE ESTA TOTAL Y CORRECTAMENTE DESCRITO MEDIANTE EL NOMBRE DEL DESECHO, CARACTERISTICAS CRTI, BIEN EMPACADO, ENVASADO MARCADO Y ROTULADO, NO ESTÁ MEZCLADO CON DESECHOS O MATERIALES INCOMPATIBLES, SE HAN PREVISTO LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA SU TRANSPORTE POR VIA TERRESTRE DE ACUERDO A LA LEGISLACION NACIONAL VIGENTE.

NOMBRE, CARGO Y FIRMA DEL RESPONSABLE

TELEFONO Y/O CORREO ELECTRONICO DE RESPONSABLE

NO. DE RESOLUTIVO DE NO REUSO/RECICLAJE EN LA INSTALACION. | FECHA:

TRANSPORTE

11.- NOMBRE DE LA EMPRESA TRANSPORTISTA:

DOMICILIO:

TEL.	NO. DE LICENCIA AMBIENTAL DEL MAE:	NO. DE LICENCIA DE POLICIA NACIONAL:	NO. DE PLAN DE CONTINGENCIAS APROBADO:

Si el desecho se exporta, indicar	No de embarque:	Puerto de salida: Fecha: Autorización:

12- RECIBI LOS DESECHOS DESCRITOS EN EL MANIFIESTO PARA SU TRANSPORTE.

NOMBRE: | FIRMA

CARGO: | FECHA DE EMBARQUE: DIA MES AÑO

13.- RUTA DE LA EMPRESA GENERADORA HASTA SU ENTREGA.

PROVINCIA, CANTON Y PARROQUIAS INTERMEDIAS | CARRETERAS O CAMINOS UTILIZADOS

14.- TIPO DE VEHICULO | No. DE PLACA:

TABLA 4.3. CONTINUACIÓN

MINISTERIO DEL AMBIENTE
SUBSECRETARIA DE CALIDAD AMBIENTAL
SUBSECRETARIA DE GESTION AMBIENTAL COSTERA

CLAVE DEL MANIFIESTO

DESTINATARIO

15.- NOMBRE DE LA EMPRESA DESTINATARIA: ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

15.1 NÚMERO DE LICENCIA AMBIENTAL:

DOMICILIO

15.2 En caso de existir diferencias en la Verificación de entrega (Marcar con una X) :

Cantidad Tipo Desecho Rechazo parcial Rechazo total

15.3 Destinatario alterno. Nombre:

Teléfono: No. de Licencia Ambiental

15.4 Nombre y Firma del responsable del destinatario alterno. Fecha DIA MES AÑO

15.5 MANEJO QUE SE DARÁ AL DESECHO (Indicar con X y o especificar)	RELLENO DE SEGURIDAD	TRATAMIENTO	CO-PROCESAMIENTO	INCINERACIÓN	RELLENO DE SEGURIDAD	OTROS

15.6 CERTIFICACION DE LA RECEPCION DE LOS DESECHOS DESCRITOS EN EL MANIFIESTO INDICADOS EN EL MANIFIESTO EXCEPTO LO INDICADO EN EL PUNTO 12.2

OBSERVACIONES:

NOMBRE: FIRMA:

CARGO: FECHA DE RECEPCIÓN:

DIA MES AÑO

INSTRUCCIONES:

1. Una vez que el generador obtenga el No. de registro y de Licencia Ambiental como generador de desechos peligroso deberá obtener del Ministerio del Ambiente el presente formato
2. Para cada embarque o volumen de transporte, el generador deberá entregar al transportista un manifiesto en original, debidamente firmado, y dos copias del mismo.
3. El transportista conservará una de las copias que le entregue el generador, para su archivo, y firmará el original del manifiesto, mismo que entregará al destinatario, junto con una copia de éste, en el momento en que le entregue los desechos peligrosos al destinatario.
4. El destinatario de los desechos peligrosos conservará la copia del manifiesto que le entregue el transportista, para su archivo, y firmará el original, mismo que deberá remitir de inmediato al generador.
5. El original del manifiesto y las copias del mismo, deberán ser conservadas por el generador, por el transportista y por el destinatario de los desechos peligrosos, respectivamente, conforme lo marque el Ministerio del Ambiente.
6. Una vez que los desechos peligrosos y el manifiesto se haya entregado al transportista y de contar con los medios, el generador podrá enviar vía correo electrónico o fax este manifiesto al Ministerio del Ambiente al correo electrónico: dnpcc@ambiente.gov.ec; mma@ambiente.gov.ec mma@ambienteque.gov.ec; o al No. de Fax 022523269, 042653995
7. Llenar con letra de molde, máquina o computadora.

TABLA 4.4. DECLARACIÓN ANUAL DE GENERACIÓN Y MANEJO DE DESECHOS PELIGROSOS

ANEXO

DECLARACION ANUAL DE GENERACION Y MANEJO DE DESECHOS PELIGROSOS
DATOS DE REGISTRO
Para ser llenado por el establecimiento industrial

MA-SGD-DA

	DECLARACION ANUAL(Indicar Año):
1) NOMBRE DE LA EMPRESA:	RUC:

2) NUMERO DE REGISTRO AMBIENTAL COMO EMPRESA GENERADORA:	3) NUMERO DE LICENCIA AMBIENTAL COMO PRESTADOR DE SERVICIO DE MANEJO DE DESECHOS PELIGROSOS:
4) NUMERO DE LICENCIA COMO EMPRESA QUE MANEJA SUSTANCIAS QUIMICAS PELIGROSAS:	
5) PRINCIPAL ACTIVIDAD PRODUCTIVA DEL ESTABLECIMIENTO:	
6) RESPONSABLE TECNICO (Responsable de la gestión ambiental en la empresa para consulta y/o aclración de información	
7) NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL CONSULTOR (En el caso de que la declaración anual haya sido elaborada por un consultor	
8) NOMBRE Y FIRMA DEL REPRESENTANTE LEGAL	
DECLARACION JURAMENTADA de que la información contenido en este formulario y sus anexos es fidedigna y puede ser sujeta a comprobación por la Autoridad Competente, que en caso de omisión o falsedad podrá invalidar el trámite y/o aplicar las sanciones correspondientes.	
FECHA:	

TABLA 4.5.1 DECLARACIÓN DE GENERACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS

Area de Generación [1]	Materiales o sustancia peligrosas involucradas en la generación [2]	Identificación del residuo			Generación anual del desecho			Potencialidad de valorización del desecho[7]		
		Nombre del desecho de acuerdo al listado Nacional.	Clave [3]	CRTIB [4]	Cantidad	Unidad [5]	Residuo Nuevo [6]	Recuperación de energía	Recuperación de Materiales	Reuso directo del desecho en otro proceso

TABLA 4.5.2. DECLARACIÓN DE TRANSFERENCIA DE DESECHOS PELIGROSOS

Identificación del desecho		Destino de desechos peligrosos generados						
		Transferencia anual de desechos						
Nombre del desecho de acuerdo al listado Nacional.	Clave [1]	Cantidad	Unidad [2]	Destino [3]	Modalidad de manejo [4]	Nombre y No. de autorización de transportista [5]	El desecho se transporta fuera del cantón o provincia [6]	Nombre y No. de licencia de la empresa prestadora de servicios para manejo de desechos [7]

OBSERVACIONES:	

TABLA 4.5.3. DECLARACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS ALMACENADOS DENTRO DEL ESTABLECIMIENTO DEL GENERADOR DEL PRESTADOR DE SERVICIO DE MANEJO

Identificación de almacén [1]	Tipo de almacenamiento [2]		Características del almacén [3]			Desechos peligrosos almacenados					
						Identificación del desecho					
	Bajo techo	A la intemperie	Local	Ventilación	Iluminación	Nombre del desecho [4]	Clave [5]	Cantidad Anual [6]	Unidad [7]	Forma de almacenamiento [8]	Período [9] (Días)

TABLA 4.5.4. MANEJO DE DESECHOS PELIGROSOS

Tratamiento		Licencia ambiental	Identificación del desecho									Tipo de transferencia [3]	Modalidad de manejo [4]	Total manejado		Datos de recolector y transportista [5]		
			Nombre del desecho de acuerdo al listado Nacional.	Clave [1]	CRTIB [2]									Cantidad anual	Unidad [2]	Cantidad	Unidad [2]	Nombre y licencia ambiental
Dentro del establecimiento	Por la misma empresa generadora																	
	Por empresa prestadora de servicio																	
Fuera del establecimiento por empresa prestadora del servicio																		

ANEXO No. 5

PROTOCOLO DE MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA SUELOS Y LODOS

4.1. HUMEDAD Y SÓLIDOS TOTALES

Secado a 105ºC±5ºC (lodos y suelos)

1. Principio y alcance

1.1. La muestra de lodo tal como se recibió, la muestra de lodo secado a 40ºC±2ºC y la muestra de suelo secado a 40ºC±2ºC se secan a una temperatura de 105ºC ± 5°C hasta masa constante. La fracción remanente corresponde al contenido de sólidos totales y la fracción evaporada, al contenido de agua.

Nota 1 Se asume que la pérdida de masa del suelo o del lodo a 105ºC ± 5°C es agua; sin embargo, en algunos materiales, una parte del contenido orgánico se descompone a esa temperatura y en otros, algunos minerales, como el yeso, pierden agua de cristalización.

1.2. Los valores del contenido de agua de las muestras secadas a 40ºC±2ºC se usan para corregir los resultados de los análisis que dependen de la masa, a una base común de lodo o suelo seco a 105ºC±5ºC.

1.3. Este método es aplicable a todos los tipos de suelos y a los lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas.

2. Equipos y materiales especiales

2.1. Estufa para secado, de preferencia con ventilación forzada de aire, capaz de mantener una temperatura de 105ºC ± 5°C.

2.2. Recipientes de metal o vidrio con tapa hermética, capacidad de 25 a 100 ml.

2.3. Desecador con un agente secante activo.

2.4. Balanza de precisión con una exactitud de 0,01 g.

3. Procedimiento

3.1. Pesar en un recipiente con tapa (2.2), seco y pre-pesado:

3.1.1. 25 g a 50 g (exactitud 0,01 g) de lodo tal como se recibió homogenizado, o

3.1.2. 10 g a 20 g (exactitud 0,01 g) de lodo seco a 40ºC±2ºC y < 2mm o

3.1.3. 10g a 20g (exactitud de 0,01 g) de suelo seco a 40° C ±2ºC y < 2mm

3.2. Colocar en la estufa (2.1) y secar destapado a 105° C ±5ºC hasta masa constante.

Nota 2

Se entiende por masa constante a la masa alcanzada cuando, durante el proceso de secado, la diferencia entre dos pesadas sucesivas de la muestra fría, con un intervalo de 4 horas, entre ellas, no excede del 0,1% de la última masa determinada. Para la mayoría de las muestras, 16 a 24 horas son suficientes para alcanzar una masa constante.

3.3. Retirar de la estufa, tapar y enfriar en desecador (2.3.)

3.4. Sacar del desecador y pesar inmediatamente con una exactitud de 0, 01 g.

Nota 3

Terminado el análisis, la muestra residual del lodo tal como se recibió puede usarse para determinar el contenido de sólidos volátiles y/o de materia orgánica.

4. Cálculos

4.1. Lodos

4.1.1. Calcular el contenido de agua del lodo, expresado en porcentaje en base a la muestra tal como se recibió, según:

$$Agua\ del\ lodo\ tal\ como\ se\ recibió\ (\%) = \frac{a-b}{a-c} x\ 100$$

Donde:

a = masa en g del lodo como se recibió (3.1.1.) + recipiente

b = masa en g del lodo seco a 105° C ±5ºC + recipiente.

c = masa en g del recipiente

4.1.2. Calcular el contenido de sólidos totales del lodo, expresado en porcentaje en base a la muestra tal como se recibió, según:

$$Sólidos\ totales\ (\%) = \frac{a-b}{a-c} x\ 100$$

Dónde:

a = masa en g del lodo tal como se recibió (3.1.1) + recipiente

b = masa en g del lodo seco a 105ºC±5°C + recipiente

c = masa en g del recipiente

4.1.3. Calcular el contenido de agua del lodo seco a 40ºC±2ºC, expresado en porcentaje en base a muestra seca a 105ºC±5ºC, según:

$$Agua\ del\ lodo\ seco\ a\ 40°C\ \pm 2°\mathrm{C}\ (\%) = \frac{d-e}{e-f} x\ 100$$

Donde:

d = masa en g del lodo seco a 40ºC±2ºC (3.1.2) + recipiente

e = masa en g del lodo seco a 105ºC±5°C + recipiente

f = masa en g del recipiente

4.1.4. Calcular el factor de corrección por humedad (Fhlodo) según:

$$Fh_{lodo} = \frac{100 + Agua\ (\%)}{100}$$

Donde:

Agua (%) = contenido de agua del lodo seco a 40ºC±2ºC (4.1.3)

Nota 4

El factor de corrección por humedad, Fh_{lodo}, se usa para expresar resultados en base a lodo seco a 105ºC±5ºC. Para ello, se multiplican por Fh_{lodo} los resultados de los análisis que dependen de la masa y que se han determinado en el lodo seco a 40ºC±2ºC.

4.2. Suelos

4.2.1. Calcular el contenido de agua del suelo seco a 40ºC±2ºC, expresado en porcentaje en base a muestra seca a 105ºC±5ºC, según:

$$Agua\ del\ suelo\ seco\ a\ 40°C\ \pm 2°\mathrm{C}\ (\%) = \frac{g-h}{h-i} x\ 100$$

Donde:

g = masa en g del suelo seco a 40°C ±2ºC (3.1.3) + recipiente

h = masa en g del suelo seco a 105°C ±5ºC + recipiente

i = masa en g del recipiente

4.2.2. Calcular el factor de corrección por humedad (Fh_{suelo}) según:

$$Fh_{suelo} = \frac{100 + Agua\ (\%)}{100}$$

Donde:

Agua (%) = contenido de agua del lodo seco a 40ºC±2ºC (4.1.3)

Nota 5

El factor de corrección por humedad, Fh_{suelo}, se usa para expresar resultados en base a suelo seco a 105°C ±5ºC. Para ello, se multiplican por Fh_{suelo} los resultados de los análisis que dependen de la masa y que se han determinado en el suelo seco 40ºC±2ºC.

4.2. SÓLIDOS VOLÁTILES

Calcinación a 550°C (lodos)

1. Principio

1.1. El residuo de la determinación del contenido de agua en la muestra de lodo tal como se recibió se calcina a 550°C hasta masa constante. Los sólidos remanentes corresponden a los sólidos fijos, mientras que la pérdida de masa a los sólidos volátiles.

1.2. Este método es aplicable a los lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas.

2. Interferencias

2.1. La determinación de bajas concentraciones de sólidos volátiles en presencia de altas concentraciones de sólidos fijos puede estar sujeta a un error considerable.

2.2. Los residuos altamente alcalinos pueden reaccionar con la sílice de la muestra o de las cápsulas que contienen sílice.

3. Equipos y materiales especiales

3.1. Mufla que permita operar a 550°C.

3.2. Desecador con un agente secante activo.

4. Procedimiento

4.1. Introducir en la mufla el recipiente con el residuo seco a 105ºC±5ºC del lodo tal como se recibió.

4.2. Lentamente subir la temperatura a 550ºC. Mantener la temperatura durante 2 h y luego lentamente disminuirla hasta menos de 200ºC.

4.3. Sacar, colocar en el desecador (3.2) y dejar enfriar hasta temperatura ambiente. 4.4 Pesar y registrar la masa con una exactitud de 0,01 g.

Nota 1

Las determinaciones de los duplicados deben estar dentro del 5% de su valor promedio.

5. Cálculos

5.1. Calcular los sólidos volátiles, expresados en porcentaje en base a la muestra tal como se recibió, según:

$$Sólidos\ volátiles\ (\%) = \frac{a-b}{m} x100$$

Donde:

a = masa, en g, del residuo + recipiente, antes de la calcinación (Método 2.1, punto 3.4)

b = masa, en g, del residuo + recipiente, después de la calcinación (4.4)

m = masa, en g, de lodo tal como se recibió (Método 2.1, punto 3.1)

4.3. pH

Suspensión y determinación potenciométrica (lodos y suelos)

1. Principio y alcance

1.1. Se prepara una suspensión de lodo tal como se recibió, o de suelo seco a 40ºC±2ºC y <2 mm, con agua en una proporción muestra: agua de 1:2,5, en el sobrenadante se determina el valor de pH-H_2O, con un medidor de pH.

Nota 1

La determinación de pH en lodos debe realizarse tan pronto como sea posible.

1.2. Este método es aplicable a todos los tipos de suelos (excepto a los suelos orgánicos) y a los lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas.

Nota 2

En suelos orgánicos aumentar la relación muestra: agua a 1:5.

2. Equipos y materiales especiales

2.1. Agitador o varillas de vidrio o plástico.
2.2. Medidor de pH con ajuste de pendiente y control d temperatura.
2.3. Electrodos de vidrio y de referencia o electrodo combinado.
2.4. Termómetro.
2.5. Recipientes de vidrio o plástico de al menos 100ml de capacidad.

3. Reactivos

Durante el análisis, usar solamente reactivos de grado analítico reconocido y agua de clase 2 según la NCh426/2 (CE ≤ 0,5 mS/m a 25ºC) y con un pH > 5,6.
3.1 Soluciones tampones de pH 4,00, 7,00 y 9,22 (o similares). Disponibles en el comercio.

4. Procedimiento

4.1. Pesar en un recipiente (2.5):

4.1.1. 20 g (exactitud 1 g) de lodo tal como se recibió, o

4.1.2. 20 g (exactitud 1 g) de suelo seco a 40ºC±2ºC y < 2 mm.

4.2. Agregar 50 mL de agua a una temperatura entre 20ºC y 25ºC.

4.3. Agitar vigorosamente la suspensión durante 5 min usando el agitador (2.1) y dejar reposar al menos 2 h pero no más de 24 h. Alternativa: Agitar en forma manual y periódicamente durante 2 h, con la ayuda de una varilla de vidrio o de plástico.

4.4. Calibrar el medidor de pH siguiendo las instrucciones del fabricante y usando dos soluciones tampones, la de pH 7,00 y una de las siguientes: pH 4,00 o pH 9,22, dependiendo del rango de pH de las muestras.

4.5. Si los electrodos no cuentan con termocompensador, medir la temperatura de la suspensión y cuidar que no difiera en más de 1°C de la temperatura de las soluciones tampones que deben estar a una temperatura de 20ºC a 25ºC.

4.6. Agitar la suspensión e introducir los electrodos (2.3).

4.7. Leer el pH una vez estabilizada la lectura y anotar el valor con dos decimales.

Nota 3

La lectura puede considerarse estable cuando el pH medido en un período de 5 s varía en no más de 0,02 unidades. El tiempo requerido para la estabilización generalmente es de 1 min o menos, pero puede depender de numerosos factores, incluyendo:

- El valor del pH (en suelos alcalinos es más difícil alcanzar la estabilización de la lectura del pH);
- La calidad y antigüedad del electrodo de vidrio;
- Las diferencias de pH entre las muestras de una serie;
- La mezcla mecánica de la suspensión antes de la medición de pH puede ayudar a lograr lecturas estables en un menor tiempo.

Nota 4

En las muestras con alto contenido de materia orgánica y/o arcilla puede ocurrir el efecto de suspensión. En los suelos calcáreos la suspensión puede adsorber dióxido de carbono. En estas circunstancias y en los suelos con bajos contenidos de sales solubles es difícil alcanzar un pH estable.

4.4. MATERIA ORGÁNICA

Calcinación a 550ºC (lodos y suelos)

1. Principio y alcance

1.1. Las muestras de lodos y de suelos, secadas a 40ºC±2ºC, <2mm y libre de materias inertes y de carbonatos, se calcinan a 550° C. Se asume que el material volatilizado es la fracción orgánica.

Nota 1

Si la muestra de lodo no contiene carbonatos, se calcula el contenido de materia orgánica a partir de los sólidos volátiles.

1.2. Este método es aplicable a los lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas y a todos los suelos, con excepción de los suelos con predominio de carga variable.

Nota 2

Para determinar el contenido de materia orgánica en los suelos con predominio de carga variable puede el Método 7.1 descrito en Sadzawka et al. (2006).

2. Equipos y materiales especiales

2.1. Crisoles o cápsulas de porcelana, cuarzo o metal 25-50 ml de capacidad

2.2. Estufa con circulación de aire capaz de mantener una temperatura 100ºC±5ºC.

2.3. Desecador con vacío con un agente secante activo.

2.4. Mufla.

3. Reactivos

3.1. Ácido clorhídrico, HCl, 0,05 mol/L. Diluir 4 mL de HCl 37% o 5 mL de HCl 32% con agua y llevar a 1 L.

4. Procedimiento

4.1. Detectar la presencia de carbonatos agregando gotas de ácido clorhídrico (3.1) a una porción de la muestra seca a 40ºC±2ºC de lodo o de suelo.

Nota 3

La aparición de burbujas indica presencia de carbonatos.

4.2. Alternativas:

4.2.1. La muestra de lodo y/o suelo contiene carbonatos:

4.2.1.1. Colocar entre 10 g y 20 g (exactitud 0,01 g) de muestra seca 40ºC±2ºC y <2mm de lodo o de suelo en un crisol o cápsula (2.1) pre-presado.

4.2.1.2. Agregar ácido clorhídrico (3.1) hasta que cese el burbujeo.

4.2.1.3. Secar en estufa a 105ºC±5ºC durante 2 horas.

4.2.2. La muestra de lodo no contiene carbonatos:

4.2.2.1. No continuar el análisis y calcular el contenido de materia orgánica.

4.2.3. La muestra de suelo no contiene carbonatos:

4.2.3.1. Usar la muestra seca a 105ºC±5ºC después de la determinación del contenido de agua.

4.3. Colocar en la mufla (2.4) y lentamente subir la temperatura a 550°C. Mantener la temperatura durante 2h y luego lentamente disminuirla a menos de 200°C.

4.4. Sacar, colocar en el desecador (2.3) y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.

4.5. Pesar y registrar la masa con una exactitud de 0,001 g.

5. Cálculos

5.1. Lodos con carbonatos

5.1.1. Calcular el contenido de materia orgánica en la muestra de lodo que posee carbonatos, en base a muestra seca a 105ºC±5ºC, según:

$$Materia\ orgánica\ (\%) = \frac{a-b}{a-c} x100xFh_{lodo}$$

Donde:

a = masa en g de lodo seco a 40ºC±2ºC (4.2.1.1)+ recipiente

b = masa en g del residuo de calcinación + recipiente

c = masa en g del recipiente

Fh_{lodo}= Factor de corrección por humedad

5.2. Lodos sin carbonatos

5.2.1. Calcular el contenido de materia orgánica en la muestra de lodo que no posee carbonatos, en base a muestra seca a 105ºC±5ºC, según:

$$Materia\ orgánica\ (\%) = \frac{sólidos\ volátiles\ (\%)}{100 - \ agua_{tcsr}(\%)} x100$$

Donde:

Sólidos volátiles (%) = valor obtenido por el método descrito.

$Agua_{tcsr}$ (%) = agua, en %, de la muestra de lodo tal como se recibió

5.3. Suelos con carbonatos

5.3.1. Calcular el contenido de materia orgánica en la muestra de suelo, en base a muestra seca a 105ºC±5ºC, según:

$$Materia\ orgánica\ (\%) = \frac{a - b}{a - c} x100xFh_{suelo}$$

Donde:

a = masa en g de lodo seco a 40ºC±2ºC (4.2.1.1)+ recipiente

b = masa en g del residuo de calcinación + recipiente

c = masa en g del recipiente

Fh_{suelo}= Factor de corrección por humedad

5.4. Suelos sin carbonatos

5.4.1. Calcular el contenido de materia orgánica en la muestra de suelo, en base a muestra seca a 105ºC±5ºC, según:

$$Materia\ orgánica\ (\%) = \frac{d-b}{d-c} x100$$

Donde:

b = masa, en g, del residuo de calcinación+ recipiente

c = masa, en g, del recipiente

d = masa, en g, de suelo seco a 105ºC±5ºC + recipiente.

ANEXO No. 6

REGISTRO DE TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS Y DATOS PLUVIOMÉTRICOS (INAMHI)

TABLA 4.1. REGISTROS DE TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS DE JULIO A OCTUBRE DE 2016

DÍA	TEMP. AMBIENTE (°C)
1	13.7
2	12.6
3	12.4
4	12.5
5	11.7
6	11.2
7	10.3
8	10.8
9	12.5
10	12.0
11	12.9
12	12.5
13	12.7
14	13.2
15	11.7
16	13.1
17	13.5
18	11.4
19	12.6
20	14.2
21	14.3
22	14.8
23	14.2
24	13.9
25	13.7
26	13.5
27	13.7
28	13.6
29	14.1
30	13.9
31	12.9
32	14.4
33	14.1
34	13.6
35	12.8
36	12.6
37	13.6
38	12.8
39	14.1
40	12.5
41	13.6
42	11.7
43	13.3
44	12.3
45	13.3
46	13.3
47	11.6
48	11.7
49	13.5
50	13.9
51	13.2
52	13.1
53	10.8
54	11.9
55	14.6
56	14.5
57	13.3
58	12.3
59	12.6
60	11.2
61	10.6
62	11.2
63	13.4
64	13.7
65	13.6
66	9.9
67	12.7
68	13.8
69	13.0
70	13.9
71	13.7
72	13.1
73	13.2
74	13.1
75	12.3
76	12.7
77	11.8
78	11.9
79	12.5
80	14.0
81	14.4
82	14.0
83	13.3
84	11.1
85	12.1
86	11.4
87	12.8
88	12.9
89	13.3
90	12.1
91	14.2
92	13.3
93	12.3
94	13.1
95	12.4

FUENTE: INAM

TABLA 4.2. DATOS PLUVIOMÉTRICOS DIARIOS DE ESTACIÓN IZOBAMBA DURANTE MESES DE JULIO-OCTUBRE

PRECIPITACIONES	
DÍA	PRECIPITACIÓN (mm)
1	0.0
2	0.8
3	0.1
4	0.0
5	4.3
6	0.5
7	3.5
8	0.0
9	1.2
10	0.0
11	0.0
12	0.0
13	0.0
14	0.0
15	0.0
16	0.2
17	0.0
18	0.0
19	0.0
20	0.0
21	0.0
22	0.0
23	6.2
24	0.0
25	0.0
26	0.0
27	0.0
28	0.0
29	0.0
30	0.0
31	0.0
32	0.0
33	0.0
34	0.0
35	0.0
36	0.0
37	0.0
38	0.3
39	0.1
40	0.0
41	0.0
42	1.4
43	0.0
44	2.4
45	3.7
46	0.7
47	0.0
48	6.1
49	9.2
50	0.0
51	0.0
52	0.1
53	0.0
54	0.5
55	0.0
56	7.2
57	8.0
58	6.2
59	4.8
60	2.6
61	1.6
62	16.9
63	4.2
64	0.0
65	0.0
66	0.0
67	0.0
68	0.0
69	0.0
70	0.0
71	0.0
72	0.0
73	2.8
74	7.4
75	0.6
76	0.0
77	0.0
78	0.9
79	4.4
80	0.1
81	13.1
82	22.7
83	4.8
84	4.8
85	0.4
86	10.5
87	1.0
88	0.0
89	6.0
90	6.0
91	2.5
92	0.5
93	0.0
94	0.0
95	1.3
96	7.4
97	4.1
98	15.7
99	0.0

FUENTE: INAMHI 2016

ANEXO No. 7

FLUJOS DE CAJA

ANEXO No. 8

FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 6.1 CONSTRUCCIÓN DE PILAS COMPOSTERAS EN INVERNADERO

FOTOGRAFÍA 6.2 CONSTRUCCIÓN DE PILAS COMPOSTERAS A LA INTEMPERIE

FOTOGRAFÍA 6.3 PROCESO DE VOLTEO DE PILAS COMPOSTERAS

FOTOGRAFÍA 6.4 PILA A LA INTEMPERIE

FOTOGRAFÍA 6.5 PROCESO DE DESCOMPOSICIÓN DE UNA PILA COMPOSTERA

FOTOGRAFÍA 6.6 LEVANTAMIENTO DE PILAS DE COMPOST MADURO

FOTOGRAFÍA 6.7 PESAJE DE COMPOST

FOTOGRAFÍA 6.8 MUESTREO DE PILAS

FOTOGRAFÍA 6.9 PREPARACIÓN DE MUESTRAS Y MEDICIÓN DE ANÁLISIS DE pH

FOTOGRAFÍA 6.10 ESPACIO DE ALMACENAMIENTO DEL CONTENIDO RUMINAL