UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

"COMPOSTAJE DE SUBPRODUCTOS DERIVADOS DEL SACRIFICIO Y FAENADO DE GANADO DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUARAZ, UTILIZANDO DIFERENTES SUSTRATOS"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO SANITARIO

Bach. CAMACHO MACEDO MIRIAM STEFANY

Asesor: Ing. NINO FRANKLIN ARAUJO JAMANCA

HUARAZ – ANCASH – PERÚ

NOVIEMBRE – 2017

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento especian en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mis padres Santa F. Macedo Bustamante y Esteban D. Camacho Rodríguez, quienes por ellos soy lo que soy. Por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles.

A mi hermana, por haber compartido buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

Al M.V. Cristhian D. DÍAZ ROJAS y al personal del Camal Municipal de Huaraz, por brindarme las facilidades del caso, para realizar la recolección de los residuos.

A los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria por quienes he llegado a obtener los conocimientos necesarios para poder desarrollar la tesis.

Al Ing. Nino F. ARAUJO JAMANCA, por su colaboración en el desarrollo de la presente tesis.

A Teresa P. GONZALES CHAVEZ, Andrea D. ORTIZ PEREZ y Juan M. COCHACHIN MORALES, por su amistad y apoyo incondicional.

.

INDICE

DEDICATORIA……..... i
AGRADECIMIENTO..... ii
INDICE……..…….iii
INDICE DE GRÁFICOS vii
INDICE DE CUADROS viii
INDICE DE FOTOGRAFÍAS..... ix
RESUMEN……..……xi
ABSTRACT……..….xii

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN..... 1
1.1. OBJETIVOS..... 3
1.1.1. OBJETIVO GENERAL 3
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 4
1.2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 4
1.2.2. FORMULACIÓN 4
1.2.3. JUSTIFICACIÓN 5
1.3. HIPÓTESIS GENERAL 6
1.3.1. VARIABLES..... 6
1.3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 7

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO 8
2.1. ANTECEDENTES..... 8
2.2. FUNDAMENTACIÓN DE LA TESIS 12
2.2.1. FUNDAMENTACIÓN LEGAL 12
A. REGLAMENTO GENERAL DE GRADOS Y TÍTULOS 12

B. MARCO LEGAL 13
2.2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA 14
2.2.3. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA. 15
2.2.3.1. DEFINICIÓN Y CONCEPTO DE RESIDUO 15
2.2.3.2. MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS 19
2.2.3.3. GENERALIDADES DEL COMPOST 21
2.2.3.4. ORGANISMOS QUE INTERVIENEN EN EL COMPOSTAJE 23
2.2.3.5. PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DEL COMPOST... 24
2.2.3.6. PARÁMETROS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE 26
2.2.3.7. CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGIAS DE COMPOSTAJE 34
2.2.3.8. RESIDUOS GENERADOS EN UN CAMAL 45
2.2.3.9. MATERIA ORGÁNICA 49
2.2.3.10. SUSTRATO 51
2.3. ÁMBITO DE ESTUDIO 53
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS 54

CAPITULO III

METODOLOGÍA 57
3.1. MATERIALES Y MÉTODOS DE LA TESIS 57
3.1.1. MATERIALES 57
3.1.2. METODOS 58
3.1.2.1. ACONDICIONAMIENTO DEL ÁREA EXPERIMENTAL 59
3.1.2.2. RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA 61
3.1.2.3. PICADO Y HOMOGENIZACIÓN DE LOS SUSTRATOS 63
3.1.2.4. FORMACIÓN DE LAS RUMAS 64
3.1.2.5. VOLTEO DE LAS RUMAS 67
3.1.2.6. RIEGO DE LAS RUMAS 69
3.1.2.7. REGISTRO DE LA TEMPERATURA 69
3.1.2.8. MADURACIÓN DEL COMPOST 70

3.1.2.9. TAMIZADO 72

3.1.2.10. ALMACENAMIENTO 75

3.2. PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN 75

3.3. DISEÑO ESTADÍSTICO: POBLACIÓN Y MUESTRA 76

3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN 76

3.4.1. FICHAS 76

3.4.2. LIBRETA DE CAMPO 77

3.4.3. REPORTES DE LABORATORIO 78

CAPITULO IV

4.1. COMPARACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE LAS CINCO COMBINACIONES 79

4.1.1. TEMPERATURA REGISTRADAS EN CADA UNA DE LAS COMBINACIONES 79

4.1.2. pH DE CADA UNA DE LAS COMBINACIONES 85

4.1.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE CADA UNA DE LAS COMBINACIONES 86

4.1.4. MATERIA ORGÁNICA DE CADA UNA DE LAS COMBINACIONES 88

4.1.5. RELACIÓN C/N DE CADA UNA DE LAS COMBINACIONES 89

4.1.6. NUTRIENTES EN CADA UNA DE LAS COMBINACIONES 90

4.1.6.1. NITRÓGENO DE CADA UNA DE LAS COMBINACIONES: 90

4.1.6.2. CARBONO EN CADA UNA DES COMBINACIONES: 92

4.1.6.3. FÓSFORO COMO P2O5 EN CADA UNA DE LAS COMBINACIONES 93

4.1.6.4. POTASIO COMO K2O EN CADA UNA DE LAS COMBINACIONES 94

4.1.6.5. CALCIO EN CADA UNA DE LAS COMBINACIONES 95

4.1.6.6. MAGNESIO EN CADA UNA DE LAS COMBINACIONES 97

4.2. DETERMINACIÓN DEL SUSTRATO QUE CONTRIBUYE PARA LA OBTENCIÓN DE UN COMPOST DE BUENA CALIDAD 98

4.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL COMPOST OBTENIDO HACIENDO USO DE DIFERENTE SUSTRATO 98

4.2.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL COMPOST OBTENIDO HACIENDO USO DE LOS SUSTRATOS..... 99

4.3. DETERMINACIÓN DEL COMPOST CON MEJOR CONTENIDO NUTRICIONAL..... 101

4.4. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO OPTIMO DE COMPOSTAJE..... 102

CAPITULO V

DISCUSIÓN……..... 104

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 108

6.1. CONCLUSIONES..... 108

6.2. RECOMENDACIONES 109

CAPITULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 111

ANEXOS

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°.1. Esquema de los elementos que intervienen en la formación del compost 26

Gráfico N°.2. Etapas del crecimiento microbiano en función de la temperatura y pH . 30

Gráfico N°.3. Curva de temperatura en cada una de las cinco unidades experimentales 84

Gráfico N°.4. pH en cada una de las unidades experimentales 86

Gráfico N°.5. Conductividad eléctrica en cada una de las unidades experimentales 87

Gráfico N°.6. Materia Orgánica en cada una de las unidades experimentales 88

Gráfico N°.7. Relación C/N en cada una de las unidades experimentales 90

Gráfico N°.8. Concentración de Nitrógeno en cada una de las unidades experimentales 91

Gráfico N°.9. Concentración de Carbono en cada una de las unidades experimentales 92

Gráfico N°.10. Concentración de P2O5 en cada una de las unidades experimentales 94

Gráfico N°.11. Concentración de K2O en cada una de las unidades experimentales 95

Gráfico N°.12. Concentración de calcio en cada una de las unidades experimentales 96

Gráfico N°.13. Concentración de Magnesio en cada una de las unidades experimentales 97

Gráfico N°.14. Características del compost elaborado con sustratos diferentes 100

Gráfico N°.15. Características Nutricionales de los compost elaborados 102

Gráfico N°.16. Tiempo óptimo de compostaje……...102

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°1. Características de los materiales para compostaje 20

Cuadro N°2. Composición química del compost 22

Cuadro N°3. Relación Carbono/ Nitrogeno de algunos materiales organicos 33

Cuadro N°4. Composición de residuos sólidos 47

Cuadro N°5. Característica de los efluentes 48

Cuadro N°6. Fuentes de materia orgánica de origen animal y contenido de Nitrógeno y Carbono 49

Cuadro N°7. Fuentes de materia orgánica de origen animal y contenido de Nitrógeno y Carbono 50

Cuadro N°8. Parámetros para determinar la calidad del compost 78

Cuadro N°9. Temperaturas registradas durante el proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales 79

Cuadro N°10.pH después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales 85

Cuadro N°11.Conductividad Eléctrica después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales 86

Cuadro N°12.Materia Orgánica después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales 88

Cuadro N°13.Relación C/N después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales 89

Cuadro N°14.Concentración de Nitrógeno después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales 90

Cuadro N°15.Concentración de Carbono después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales 92

Cuadro N°16.Concentración de P2O5 después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales 93

Cuadro N°17.Concentración de K2O después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales 94

Cuadro N°18.Concentración de Ca después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales 95

Cuadro N°19.Concentración de Mg después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales 97

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía N°1. Construcción del área donde se desarrollará la investigación 59

Fotografía N°2. Área experimental techada y con cerco de protección 60

Fotografía N°3. Impermeabilizado de los cuadrantes de las composteras 60

Fotografía N°4. Baldes colocados al final de cada compostera para la recolección de los lixiviados 61

Fotografía N°5. Recolección del Residuo ruminal antes de que sea descargado en la alcantarilla 62

Fotografía N°6. Recolección del Residuo ruminal y la sangre en cilindros. 62

Fotografía N°7. Recolección del Residuo ruminal dentro de las instalaciones del camal municipal de Huaraz 63

Fotografía N°8. Picado de los residuos vegetales antes de ser colocados en las rumas. 64

Fotografía N°9. Ruma compuesta por contenido ruminal, sangre y estiércol utilizando como sustrato el bagazo de caña de azúcar 66

Fotografía N°10.Ruma compuesta por contenido ruminal, sangre y estierco…….66

Fotografía N°11.Ruma compuesta por contenido ruminal, sangre y estierco utilizando como sustrato los residuos vegetales. 67

Fotografía N°12.Volteo de las rumas en la segunda semana del proceso de compostajes 68

Fotografía N°13.Volteo de las rumas en la sexta semana del proceso de compostajes 68

Fotografía N°14.Riego de las rumas……69

Fotografía N°15.Registro de la temperatura……70

Fotografía N°16.Compost obtenido del subproducto del camal utilizando el bagazo de caña de azúcar como sustrato. 71

Fotografía N°17.Compost obtenido del subproducto del camal – testigo……...71

Fotografía N°18.Compost obtenido del subproducto del camal utilizando los residuos vegetales como sustrato. 72

Fotografía N°19.Tamizado del compost haciendo uso de una malla de 1cm2……73

Fotografía N°20.Compost obtenido del subproducto del camal utilizando el bagazo de caña de azúcar como sustrato después de ser tamizado…….73

Fotografía N°21.Compost obtenido del subproducto del camal – testigo después de ser tamizado. 74

Fotografía N°22.Compost obtenido del subproducto del camal utilizando los residuos vegetales como sustrato después de ser tamizado 74

RESUMEN

El camal Municipal de Huaraz vierte los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado (residuo ruminal y sangre) al alcantarillado de la ciudad y metros más abajo es descargado a las aguas del río Santa. Estos residuos generan impactos tanto en el ambiente como a la salud pública.

La presente tesis tiene como finalidad la elaboración de compost a partir de los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado, utilizando dos sustratos diferentes (Bagazo de caña de azúcar y Residuos vegetales), para lo cual se trabajaron con cinco unidades experimentales de las cuales finalizado el proceso de compostaje se extrajo una muestra significativa de cada una de ellas para ser enviadas al Laboratorio de Suelos y Aguas – FCA para su análisis químico. La metodología utilizada para la elaboración del compost fue: el acondicionamiento del área de estudio, la recolección de la materia prima, el picado y homogenizado del sustrato, la formación de las rumas, el volteo de las rumas, el riego de las rumas, el registro de la temperatura de las rumas, la madurez del compost, el tamizado y almacenamiento del compost.

Finalizado el proceso de compostaje se obtuvo que ambos sustratos contribuyen a la obtención de un compost de calidad, con algunas restricciones en su uso por las características que estas tienen como el pH y su salinidad. El compost obtenido fue rico en Nitrógeno, Fosforo y extremadamente rico en Potasio. El tiempo óptimo para el compostaje fue de 48 a 63 días ya que durante este periodo no se presentaron cambios significativos en las rumas.

La elaboración del compost con los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado contribuiría a la disminuir los impactos ambientales que se vienen generando sobre el rio Santa debido a la gran carga orgánica que es descargada sobre ella, por lo que es una técnica que debe ser utilizada en el Camal Municipal de Huaraz.

PALABRAS CLAVES: Compostaje, sustrato, Centro de beneficio de ganado.

ABSTRACT

The municipal camal of Huaraz pours by-products derived from the slaughter and slaughter of livestock (ruminal waste and blood) to the sewer of the city and meters below is discharged to the waters of the Santa River. These waste generate impacts both in the environment and public health.

The present thesis aims to compost from the by - products derived from the slaughter and slaughtering of cattle, using two different substrates (Bagasse of sugarcane and vegetable waste), for which we worked with five experimental units of which After the composting process, a significant sample of each was extracted to be sent to the Soils and Water Laboratory (FCA) for chemical analysis. The methodology used for the preparation of the compost was: conditioning of the study area, collection of the raw material, pruning and homogenization of the substrate, formation of the caves, the turning of the caves, irrigation of the creek, Logging temperature, compost maturity, sifting and compost storage.

At the end of the composting process it was obtained that both substrates contribute to the obtaining of a compost of quality, with some restrictions in its use by the characteristics that these have like the pH and its salinity. The compost obtained was rich in Nitrogen, Phosphorus and extremely rich in Potassium. The optimum time for composting was 48 to 63 days as during this period there were no significant changes in the courses.

The elaboration of compost with the by-products derived from the slaughter and slaughtering of cattle would contribute to the reduction of the environmental impacts that have been generated on the Santa river due to the great organic load that is discharged on it, reason why it is a technique that must be Used in the Camal Municipal de Huaraz.

KEYWORDS: Composting, substrate, Slaughterhouses.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un grave problema en cuanto al manejo de los residuos sólidos generados en los centros de beneficio animal. Los impactos ambientales que estos causan se deben principalmente al inadecuado manejo y disposición de los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado.

El funcionamiento del camal Municipal de la Ciudad de Huaraz, genera impactos ambientales sobre los cuerpos de agua, ya que vierten la sangre, el contenido ruminal, el estiércol y el agua utilizada para limpieza del camal, en el sistema de alcantarillado. La liberación de estos materiales en el ambiente ocasiona graves problemas a los ecosistemas y de igual forma llegan a afectar a la salud del ser humano.

La sangre de los animales es un contaminante muy peligroso, porque al descomponerse consume el oxígeno del agua y por consiguiente mueren peces y otras formas de vida de los ríos. Por lo tanto, se requiere un cambio de paradigma hacia que tenga una visión ambientalista y en el que se entienda que estos residuos son recursos que pueden y deben aprovecharse (Bonilla, 2007).

El contenido ruminal es uno de los contaminantes con mayor impacto ambiental ya que produce una alta carga orgánica en los efluentes de los rastros que por su forma de depósito llegan a fosas sépticas, basureros municipales y aguas residuales fomentando la contaminación, sin embargo, el contenido ruminal en lugar de ser visto como un contaminante, es una fuente valiosa de nutrimentos cuando se incorpora a las dietas de animales, ya que representa el alimento no digerido ingerido por los poligástricos, además posee una gran cantidad microbiana que puede ser benéfico para el suelo si se pretende el uso del Contenido Ruminal como abono. (Domínguez y Barajas, 1994) (Ayala y Perea, 2000)

El objetivo de la presente tesis es realizar el compostaje de subproductos (Residuo Ruminal, Sangre y Estiércol) derivados del sacrificio y faenado de ganado del camal municipal de Huaraz, mediante el uso de diferentes sustratos (Residuos Vegetales y Bagazo de Caña de Azúcar)

Para el desarrollo de la tesis se realizó el acondicionamiento del área de estudio, la recolección de los sustratos y la recolección de los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado. El área de estudio fue de $30m^2$ la cual contaba con un techo, cerco de protección y pendientes adecuadas para cada una de las unidades experimentales. La recolección de los sustratos tanto del bagazo de caña de azúcar como de los residuos vegetales se realizó en costales y bolsas de plástico en los mercados de la ciudad de Huaraz. Los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado fueron recolectados dentro del Camal Municipal de Huaraz utilizando cilindros.

Dentro de la investigación se trabajó con cinco unidades experimentales denominados: Compost N°01, Compost N°02, Compost N°03, Compost N°04 y Compost N°05. En el Compost N°01 y Compost N°04 se utilizó como sustrato el bagazo de caña de azúcar, en el Compost N°02 y Compost N°05 se utilizó como sustrato los residuos vegetales y el Compost N°03 fue denominado como testigo ya que no se hizo uso de ningún sustrato.

Durante el proceso de compostaje se realizaron los volteos, riegos y registro de las temperaturas de cada una de las rumas. Se tuvieron dos unidades experimentales con el

mismo sustrato que fueron regadas con diferentes aditivos, la primera fue regada con agua azucarada y la segunda fue regada con el lixiviado proveniente de los residuos en los que no se utilizó como aditivo la primera.

Finalizada la ejecución de la tesis se obtendrá compost a partir de los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado haciendo uso de diferentes sustratos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

- Producir compost con los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado del Camal Municipal de Huaraz, utilizando diferentes sustratos.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar el proceso de compostaje en las siguientes Combinaciones:
  - Bagazo de Caña + Contenido Ruminal y Sangre + Estiércol + Azúcar.
  - Bagazo de Caña + Contenido Ruminal y Sangre + Estiércol + Lixiviado.
  - Residuos Vegetales + Contenido Ruminal y Sangre + Estiércol y Azúcar.
  - Residuos Vegetales + Contenido Ruminal y Sangre + Estiércol y Lixiviado.

- Determinar cuál de los sustratos (Bagazo de caña y Residuos vegetales) contribuye para la obtener un compost de buena calidad.

- Determinar las características nutricionales de las cinco combinaciones finalizado el proceso de compostaje.

- Determinar el tiempo óptimo para la elaboración del compost.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La generación de los desechos orgánicos es una problemática ambiental a nivel mundial, y en especial los que se generan en la industria cárnica, ya que al haber una mezcla de los mismos en los efluentes de los rastros la carga orgánica es demasiada y la problemática es mayor, siendo nulos el manejo y aprovechamiento.

El funcionamiento del Camal Municipal de Huaraz viene causando contaminación ambiental sobre los cuerpos de agua debido a que vierten la sangre y el contenido ruminal sin ningún tratamiento previo. La sangre de los animales sacrificados es recolectada mediante un orificio y posteriormente descargado al alcantarillado, el contenido ruminal es introducido sobre una rampa que descarga directamente al alcantarillado y las aguas residuales provenientes de las diversas actividades son descargadas al alcantarillado.

La sangre es un contaminante muy peligroso debido a que al descomponerse consume el oxígeno del agua y el contenido ruminal causa mayor impacto ambiental ya que produce una alta carga orgánica. Actualmente el efluente del Camal Municipal de Huaraz viene contaminando a las aguas del Río Santa, por lo que se debe de realizar el manejo y aprovechamiento de estos residuos.

1.2.2. FORMULACIÓN

El presente estudio formula la siguiente interrogante:

¿Será posible la obtención de compost con los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado del Camal Municipal de Huaraz, utilizando Residuos Vegetales y Bagazo de Caña de Azúcar como sustrato?

1.2.3. JUSTIFICACIÓN

En la ciudad de Huaraz se elabora compost a partir de los residuos sólidos orgánicos recolectados en la ciudad; sin embargo, no se realiza ningún tratamiento a los residuos orgánicos provenientes del sacrificio y faenado de ganado del Camal Municipal de Huaraz, por lo que estos son descargados directamente en el alcantarillado.

La elaboración de compost a partir de los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado, es una alternativa de solución para los problemas ambientales que se generan por estos.

Para la elaboración de compost se hará uso del Residuo Ruminal, Sangre y Estiércol, las cuales por sus características son adecuados para la elaboración de este abono orgánico.

a) Justificación Ambiental

Se disminuirá la carga orgánica que viene siendo descargada en las aguas del rio Santa.

b) Justificación Social

Mediante el compostaje se controlarán los malos olores y la proliferación de vectores, por lo que no se pondrá en riesgo la salud de la población.

c) Justificación Económica

Con la venta del compost obtenido de los residuos provenientes del sacrificio y faenado del Camal Municipal de Huaraz, se generarían ingresos económicos para el centro de beneficio animal.

1.3. HIPÓTESIS GENERAL

"Se obtendrá compost con los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado del Camal Municipal de Huaraz, utilizando Residuos Vegetales y Bagazo de Caña de Azúcar como sustrato."

1.3.1. VARIABLES

a) Variable independiente: Condiciones del compostaje: Estructura, Humedad, Temperatura y Sustrato (Residuo Vegetal y Bagazo de Caña de Azúcar)

b) Variable dependiente: Calidad del compost: Granulometría, Color, Olor y Nutrientes (Macro y Micro Nutrientes)

1.3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Hipótesis	Tipo Variable	Variable		Descripción de la variable	Unidad de medida	Método
"Mediante el compostaje de subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado del Camal Municipal de Huaraz, utilizando diferentes sustratos se reduce la contaminación ambiental en los cuerpos de agua".	Independiente: Condiciones del compostaje	**Estructura**		Se utilizaron técnicas de picado, se añadió rama al proceso.	Nivel de compactación	Observación
		Humedad		Se controló mediante la remoción y la estructura.	%	método empírico
		Temperatura		Se controló para una higienización	°C	Medición y observación
		Sustrato		- Residuos Vegetales	--	Observación
				- Bagazo de caña de azúcar	--	Observación
	Dependiente: Calidad del compost	**Física**	Estructura	Buena granulometría		Análisis Físico
			Color	Negruzco	---	Visual
			Olor	A tierra húmeda	----	percepción
		Química	Nutrientes	Presencia de: -Nitratos -Fosfatos -Potasio	ppm	Análisis Químico
	Interviniente	Tiempo de compostaje		Optimizar el proceso en menor tiempo	Días	Observación

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Sir Albert Howard, agrónomo inglés, quien estuvo en la India entre los años 1905 y 1934, practicó por primera vez el «método indore», desarrolló la técnica de compostar, para el mejoramiento de los terrenos de cultivos e incrementar la producción en la región; concluyó que los residuos animales y plantas sanas que caen en el suelo mejoran la fertilidad de éste debido al abundante humus. Aprendió de los agricultores chinos la importancia de usar todos los residuos orgánicos para fortalecer las tierras. (Flores, 2006)

En el Perú se han realizado varias experiencias con el compostaje:

Según Gallardo (2013), en su tesis: “Obtención de Compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana” demostró que el uso de la geomembrana en los procesos de compostaje evita la infiltración de los residuos líquidos y mantiene la temperatura del proceso de compostaje. Su objetivo general se basó en evaluar la influencia de la geomembrana y diseño de los módulos para el proceso y obtención del compost a partir de los residuos

Urbanos domésticos degradables, elaboró compost con los residuos orgánicos domésticos del Proyecto Minero Canteras del Hallazgo SAC en un ambiente de clima frígido, estos residuos fueron mezclados con estiércol de alpaca de la zona y agua, posteriormente fueron colocados en cavidades de madera a manera de módulos las cuales fueron inicialmente impermeabilizadas con geomembrana, este módulo contaba con un techo móvil el cual era abierto durante el día y cerrado durante la noche. Durante el proceso de compostaje se realizaron volteos, observándose la variación térmica y la liberación de gases hasta la estabilización del compost a los 75 días. El producto obtenido después del proceso de compostaje es rico en N, P, K siendo utilizado para la forestación de la zona con plantas nativas como Quinua o Quinual.

Según Mendoza (2012), en su tesis: "Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura" hizo la evaluación del efecto que causaban los microorganismos eficaces al ser añadidos en las rumas de compost. Su objetivo principal es la elaboración de una propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en el campus de la universidad de Piura, elaboro cuatro pilas de compostaje, el primer tratamiento es denominado blanco o testigo ya que no se agregó dosis alguna de EMA, el segundo tratamiento uso 0.5 litros de EMA diluido en 20 litros de agua para el riego de la ruma, en el tercer tratamiento uso 1 litro de EMA diluida en 20 litros de agua para realizar el riego de la ruma y en el cuarto tratamiento uso 1.5 litros de EMA diluidas en 20 litros de agua para el riego de la ruma. Durante el proceso de compostaje se realizaron los volteos, riegos, registro de la temperatura y la adición de microorganismos eficaces. Finalizado el proceso se determinó que el segundo tratamiento garantiza la obtención de un compost de buena calidad y que genera menor porcentaje de residuos sin degradar.

Según Gonzales y Ortiz (2015), en su tesis: "Tratamiento de los residuos sólidos orgánicos del mercado central Virgen de Fátima Huaraz - Ancash, optimizando el proceso de compostaje" al optimizar el proceso de compostaje se reducirá el periodo de producción, se mejorará la calidad, se disminuirá la generación de malos olores, se reducirá la proliferación de vectores y se reducirá

significativamente los costos de producción. Su objetivo general es optimizar el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos del mercado central Virgen de Fátima, mejorando las condiciones de compostaje, Realizaron la recolección de residuos sólidos de 89 puestos del mercado central durante ocho días, en cada día se realizaron la caracterización de los residuos, determinaron la generación de residuos por día, la densidad promedio diaria de residuos y la composición física de los residuos diaria. Trabajaron con tres tratamientos, en el primer tratamiento denominado convencional se utilizó solo los residuos orgánicos recolectados en el mercado, en el segundo tratamiento denominado compostaje con inoculo se hizo uso de los mismos residuos añadiéndole inoculo y en el tercer tratamiento denominado compostaje con microorganismos eficaces se hizo uso de los mismos residuos añadiéndole EM. Finalizado el proceso de compostaje se obtuvo que mejorando la estructura y añadiendo inoculo se optimiza el proceso de compostaje.

Otras experiencias en el proceso de compostaje:

Según Eche (2013), en su tesis: "Elaboración de compost, utilizando desechos orgánicos del centro de Faenamiento de Julio Andrade. Carchi-Ecuador" pretende establecer nuevas propuestas de acción en cuanto al aprovechamiento y valoración de los residuos orgánicos generados en un centro de faenamiento. Su objetivo general es obtener compost utilizando los desechos orgánicos (contenido ruminal y sangre) que se producen en el centro de faenamiento de la parroquia de Julio Andrade, realizo un total de tres tratamientos con cuatro repeticiones y un testigo absolutos para cada tratamiento, cada una de las rumas estuvo compuesta por capas sucesivas de diferentes materias primas (tierra + mezcla de contenido ruminal y Sangre + vegetal) y porcentajes, durante el proceso de compostaje se realizaron los volteos y registro de temperaturas en cada una de las rumas. Finalizado el proceso de compostaje se obtuvo que el tercer tratamiento obtuvo una mayor lixiviación debido al porcentaje de residuos que se utilizaron y el rendimiento de N y K_2O fue mayor que el del testigo, el primer tratamiento tuvo mayor

rendimiento en P_2O_6 que el testigo y la segunda repetición del primer tratamiento tuvo el mayor rendimiento en la obtención de compost.

Según Guerrero y Monsalve (2007), en su artículo “El compostaje como una estrategia de producción más limpia en los centros de beneficio animal del departamento de Risaralda”. Su objetivo principal la elaboración de compost como una estrategia de producción más limpia en los centros de beneficio animal, realizaron un diagnóstico de la situación ambiental de los centros de beneficio animal de Risaralda, luego se identificaron dos alternativas que ofrecían una solución al manejo de los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado, la primera de ellas consistía en la deshidratación de la sangre y la segunda en el compostaje, finalizado el análisis de ambas alternativas se concluye que esta última es la más conveniente por sus características técnicas y económicas.

Según Guerrero y Monsalve (2007), en su artículo “Evaluación del Composte de subproductos derivados del sacrificio y faenado del ganado”. Su objetivo principal fue la evaluación de la calidad del compost obtenido de los subproductos del centro de beneficio animal Guayabito de Santa Rosa de Cabal, para llevar a cabo el montaje a nivel piloto se realizó la formación de dos rumas de compostaje las cuales fueron formadas con aserrín que eran utilizados en los camiones que transportan al ganado al centro de beneficio animal y los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado, se realizaron dos volteos semanales en la primera ruma y un solo volteo semanal en la segunda ruma para determinar la calidad del compost de ambas rumas al final del proceso de compostaje. Finalizado el proceso de compostaje se obtuvo que la primera ruma tiene un pH neutro, menor humedad, mayor concentración de macronutrientes N, P y K y mayor contenido de materia orgánica que la segunda ruma.

2.2. FUNDAMENTACIÓN DE LA TESIS

2.2.1. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

A. REGLAMENTO GENERAL DE GRADOS Y TÍTULOS – Aprobado con Resolución de Consejo Universitario N°309-2009-UNASAM

CAPITULO IV – DE LOS TÍTULOS PROFESIONALES

Art. 14° Se consideran aptos para optar el título Profesional a través de las diferentes modalidades, a todos aquellos egresados que hayan optado el Grado Académico de Bachiller.

Art. 15° La obtención del título profesional que confiere la universidad a nombre de la Nación exige los siguientes requisitos:

a. Tener el Grado de Bachiller en la especialidad. En el caso de los Bachilleres egresados de otras Universidades Nacionales, estos deben de presentar el certificado de estudios originales expedido por su Universidad.

b. Adecuarse a una de las siguientes modalidades:

_ La presentación, sustentación y aprobación de la tesis ante un jurado.

_ Después de ser egresado y haber prestado servicios profesionales durante tres (3) años consecutivos en labores propias de la especialidad, debiendo presentar un trabajo, proyecto o investigación que así lo acredite.

_ Aprobar el programa de titulación profesional o de actualización profesional o capacitación programados por la facultad correspondiente.

_ Aprobar el examen de suficiencia profesional.

_ Otras modalidades que serán establecidas en el reglamento respectivo.

c. Lo establecido en el Texto Procedimientos Administrativos de la Universidad (TUPA); y

d. Todos los demás que establezca el Reglamento de Grados y Títulos de cada una de las escuelas profesionales.

Art 16° La modalidad optada, por la presentación y aprobación de una tesis se efectuará previa aprobación por el Consejo de Facultad del Plan de Investigación y con la sustentación de un jurado designado por el Consejo de Facultad.

B. MARCO LEGAL

- Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.
- Decreto Supremo N° 057-04-PCM Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos.

La Ley N° 27314, Ley general de residuos Sólidos (LGRS) y su Reglamento, Decreto supremo N°057-2004-PCM, han establecido en el país el marco institucional para la gestión y manejo de los residuos sólidos que responde a un enfoque integral y sostenible que vincula la dimensión de la salud, el medio ambiente y el desarrollo, en el proceso de reformas del Estado, de las políticas públicas y de la participación del sector privado.

El primer artículo de la Ley establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana. El Ministerio de Salud como rector de las políticas de salud en el país ha establecido como prioridad en materia de residuos sólidos, una agenda de acción para proteger el medio ambiente, para proteger y promover la salud de la población.

- Ley N° 26842, Ley General de Salud
- Ley N° 27657, Ley del Ministerio de Salud.
- Ley N° 27813, Ley del Sistema Nacional Coordinado y Descentralizado de Salud.

La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud como autoridad de la salud a nivel nacional con alcance transectorial en la gestión de los residuos sólidos está implementando una serie de acciones como parte de las políticas de Salud Ambiental, en sujeción y cumplimiento de la LGRS y su Reglamento, en los aspectos normativos; en la formalización y aplicación de instrumentos de gestión y; en la vigilancia y fiscalización sanitaria.

Considerando la importancia de dar a conocer el nuevo marco institucional de la gestión de los residuos sólidos, la DIGESA con la cooperación de la Organización panamericana de la Salud (OPS) publica estos instrumentos legales así como las acciones principales que el Ministerio de Salud ha priorizado en materia de residuos sólidos como parte inherente a las políticas de Salud Ambiental a fin de que, gobiernos locales, entidades sectoriales, empresas prestadoras y comercializadoras, y los sectores productivos en general se adecuen e internalicen las disposiciones de la LGRS y su reglamento.

2.2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

Aunque históricamente es difícil atribuir a una persona, a una sociedad o a una época concreta los inicios del compostaje, sí que puede afirmarse que surgieron con la agricultura, cuando la humanidad pasó de ser nómada a sedentaria. A partir de este momento, se empezó a gestionar los residuos: enterrándolos, quemándolos, usándolos para alimentación animal o bien transformándolos a través de un precario sistema de compostaje. Este proceso se realizaba sin control, requería largos periodos de tiempo y no siempre se aseguraba la conservación de los nutrientes ni la higienización. Seguramente el uso de los residuos orgánicos para mantener la fertilidad de los suelos fue un

factor importante en el mantenimiento de las antiguas civilizaciones. (Moreno, 2007)

El desarrollo de la técnica de compostaje a gran escala tiene su origen en la India con las experiencias llevadas a cabo por el inglés Albert Howard desde 1905 a 1947. Su éxito consistió en combinar sus conocimientos científicos con los tradicionales de los campesinos. Su método, llamado método lndore, se basaba en fermentar una mezcla de desechos vegetales y excrementos animales, y humedecerla periódicamente. La palabra compost viene del latín componere, juntar; por lo tanto, es la reunión de un conjunto de restos orgánicos que sufre un proceso de fermentación y da un producto de color marrón oscuro, es decir, que, en él, el proceso de fermentación está esencialmente finalizado. El abono resultante contiene materia orgánica, así como nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y hierro, necesarios para la vida de las plantas. (VOLCAP, 2008)

2.2.3. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.

2.2.3.1. DEFINICIÓN Y CONCEPTO DE RESIDUO

SEGÚN LEY GENERAL DE RRSS[1]

Los residuos sólidos son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:

- Minimización de residuos
- Segregación en la fuente
- Reaprovechamiento
- Almacenamiento

[1] LEY GENERAL DE RESIDUOS SOLIDOS (LEY N° 27314) ARTICULO 14.- Definición de residuos sólidos

- Recolección
- Comercialización
- Transporte
- Tratamiento
- Transferencia
- Disposición final

Esta definición incluye a los residuos generados por eventos naturales

a. Residuos ganaderos

La ganadería tradicional implicaba una estrecha interrelación entre el ganado y la actividad agrícola de las pequeñas granjas. Por ello el valor del estiércol era reconocido como una forma de fertilizar el suelo, incluso hasta principios del siglo XX. La utilización de fertilizantes inorgánicos llevo a la producción de estiércol en exceso en áreas concentradas sin suelo agrícola suficiente para su aplicación, por lo que comenzó a considerarse un "residuo".

La producción de residuos de animales (estiércoles y purines), a nivel mundial no está contabilizada con exactitud.

La mayor parte del estiércol se aplica al suelo agrícola dentro de los planes de fertilización, no obstante, el exceso de estiércol que se produce en ciertas zonas con alta densidad ganadera, pero basa superficie agrícola útil, hace necesario disponer de alternativas para su reciclaje. Los tratamientos a los que se puede someter al estiércol tratan bien de reducir el volumen, como los procesos de separación sólido-líquido de los purines, obtener un material más estable, más seco y fácil de transportar, como en el caso del compost, u obtener beneficio energético. (Moreno, 2007)

b. Residuos agrícolas de cultivos extensivos

La agricultura es una actividad muy importante de la economía de muchos países del mundo y la cual genera grandes cantidades de residuos cada año. A continuación, se muestra un listado con algunos ejemplos de cultivos más significativos que genera cantidades considerables de residuos y el tipo de residuo al que se refiere, principalmente centrado en los cereales.

- Arroz: Paja y cascara
- Maíz: Tallos, mazorca y cascara
- Trigo, cebada, centeno ya vena: Paja
- Algodón: Tallos
- Café: Cascara

Los residuos de cereales se utilizan con frecuencia en ganadería para la alimentación animal, y en la cama para el ganado. También se utilizan para la preparación de compost mediante co - compostaje de otros residuos. (Moreno, 2007)

c. Residuos Agroindustriales

Los desechos o residuos agroindustriales son materiales de gran importancia en la práctica de la agricultura orgánica, pues debidamente procesados son capaces de mejorar la calidad física, química y biológica de los suelos de cultivos. (Moreno, 2007)

d. Industria azucarera:

En el proceso de obtención del azúcar de caña los residuos que se producen son el bagazo, cachazas, efluentes líquidos (vinaza, aceites), grasas y barbojos

(Cogollos, Vainas, Hojas y Trozos de cañas), las cenizas de la combustión del bagazo; los cuales son contaminantes del ambiente si no tienen un uso adecuado y responsable.

Por cada tonelada de tallos molidos en el proceso de transformación agroindustrial, se extraen 250 kg de bagazo, 6 kg de cenizas, 45 kg de melaza, 30 kg de cachaza y 14l de vinaza por cada litro de alcohol producido a partir de la melaza (Moreno, 2007)

e. Residuos de mataderos

Los residuos de matadero incluyen sangre, huesos, plumas, contenido del estómago e intestinos, estiércol, aguas residuales y lodos de flotación. Entre 5 – 10% de estos se vierte en el suelo tras su compostaje o sin tratamiento previo, principalmente el material contenido en el estómago, que consiste predominantemente en alimento y restos de vegetales parcialmente digeridos. (Moreno, 2007)

f. Residuos Urbanos

Los residuos sólidos urbanos incluyen los residuos domésticos y residuos similares generados en comercios, oficinas, instituciones. Además de los residuos de la limpieza urbana, limpieza de mercados, de parques y jardines.

Los residuos domésticos y comerciales consisten en residuos sólidos orgánicos (combustibles) e inorgánicos (incombustibles) de zonas residenciales y establecimientos comerciales. La fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos y comerciales está formada por materiales como restos de comida, papel de todo tipo, cartón, plásticos de todos los tipos, textiles, goma, cuero, madera y residuos de jardinería. La fracción inorgánica está formada por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio, metales, plástico, suciedad. (Moreno, 2007)

2.2.3.2. MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

La generación de residuos domiciliarios es muy variable y está directamente relacionada con los hábitos de consumo y con el desarrollo económico (patrones de producción); sin embargo, en términos generales, el mayor porcentaje de residuos sólidos domiciliarios lo tiene la materia orgánica. (Aguilar, 2009)

La concentración de la población en núcleos urbanos y un aumento progresivo del nivel de vida han provocado un incremento en la generación de residuos urbanos. Ante la necesidad de buscar una solución a este problema, el compostaje ha recibido mucha atención como tecnología potencial para el tratamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos. (Barrena, 2006)

Con la utilización de plantas de compostaje, la cantidad de basura destinada para la disposición final en un relleno o botadero se puede reducir a un 50%. Este porcentaje puede variar según la composición de la basura. En caso que los desechos reciclables sean recogidos separadamente y los desechos orgánicos sean compostados, el porcentaje de la basura descargada en el relleno puede reducirse a un 35 - 40 %. (Roben, 2002)

a. Origen de la materia prima

Según (Palomino, 2010) cualquier material orgánico es compostable (es decir, transformable por compostación); esto significa que de cualquier cuerpo que haya estado vivo, sus partes constitutivas y sus deyecciones son susceptibles de compostarse. Igualmente, productos obtenidos de la transformación o elaboración de tales materiales, como: papel, cartón, pelos, cueros, huesos, ramas, flores y similares; desechos orgánicos de cocina y basuras orgánicas domiciliarias y municipales, así como aguas negras y sus lodos pueden transformarse por esta vía. Adicionalmente no son materiales compostables los plásticos, metales, vidrios, latas, etc., cuya estructura química

no es fácilmente transformable por la vía enzimática de los seres actualmente existentes en el planeta.

Cuadro N°1. Características de los materiales para compostaje

INSUMO	MOLÉCULAS	ELEMENTOS QUE APORTA
Estiércol, vegetales verdes, plumas, contenido ruminal	Lípidos, celulosas, hemicelulosa, carbohidratos, aminoácidos, proteínas.	C, H, N, S, P, Y Trazas de otros elementos.
Aserrín, pajas, tamos bagazo	Celulosa, hemicelulosa, lignina.	C
Melaza	Carbohidratos, minerales, fosforo - azúcares	C, H, O, K Y P

Fuente: (López, 2008)

La materia prima debe provenir de un proceso normal de producción, es decir que la fuente de carbono: tamos, ramas, bagazo, hojas, tallos, aserrín, compuestos de (celulosa, hemicelulosa, quitina, lignina) no presente trazas de pesticidas (organoclorados, organofosforados, piretroides), ni metales pesados (mercurio, plata, cromo, plomo, etc.). El estiércol no debe provenir de animales enfermos o tratados con drogas convencionales, por ejemplo: antibióticos que destruyen los microorganismos que obrarían como descomponedores. (López, 2006)

b. Infraestructura necesaria para el proceso.

Es importante contar con un área permanente para la producción de Compost, el área de compostaje debe de estar ubicada cercano al sitio de producción de desechos vegetales y/o animales y de fácil acceso para facilitar el transporte. Además, es indispensable que las instalaciones cuenten con un

piso firme y protección en épocas de lluvias, para evitar exceso de humedad en las pilas de compost y la pérdida de los nutrientes solubles en agua.

Las instalaciones pueden ser techadas y con piso de cemento. Sin embargo, también pueden tener instalaciones mucho más baratas con un piso firme bien compactado y plástico de color para proteger las camas de las lluvias. En época de verano puede tapar las pilas con rastrojos de cosecha, para evitar la incidencia directa de los rayos del sol que pueden afectar los microorganismos benéficos, mantener la humedad de las pilas y reducir las pérdidas del Nitrógeno por volatilización (amoniaco). (APROLAB, 2007)

2.2.3.3. GENERALIDADES DEL COMPOST

DEFINICIÓN DEL COMPOST

El compostaje se basa en la acción de diversos microorganismos aerobios que actúan de manera sucesiva sobre la materia original, en función de la influencia de determinados factores, produciendo elevadas temperaturas, reduciendo el volumen y el peso de los residuos provocando su humificación y oscurecimiento. Durante este proceso se han de controlar los distintos factores que aseguren una correcta proliferación microbiana y por consiguiente una adecuada mineralización de la materia orgánica. (Moreno, 2007)

a. Composición química del Compost.

En el cuadro 3 figuran los 13 elementos químicos que las plantas necesitan tomar del suelo para poder vivir, su clasificación en función de la abundancia relativa en la composición vegetal y la proporción media aproximada de cada elemento dentro del conjunto. (Compostadores, 2017).

Cuadro N°2. Composición química del compost

<table>
<tr><th colspan="4">MACRONUTRIENTES</th><th>MICRONUTRIENTES</th></tr>
<tr><th colspan="2">PRIMARIOS</th><th colspan="2">SECUNDARIOS</th><td rowspan="4">Fe, Zn, Cu, Mn, B, Cl

La suma de todos ellos se supone el 1% de la composición química de las plantas.</td></tr>
<tr><td>N</td><td>2,0%</td><td>Ca</td><td>1,3%</td></tr>
<tr><td>P</td><td>0,4%</td><td>Mg</td><td>0,4%</td></tr>
<tr><td>K</td><td>2,5%</td><td>S</td><td>0,4%</td></tr>
</table>

Fuente: (Compostadores, 2017)

b. Ventajas del Compost

Según (APROLAB, 2007) el compost presenta las siguientes ventajas:

_ Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.

_ Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.

_ Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

_ La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.

2.2.3.4. ORGANISMOS QUE INTERVIENEN EN EL COMPOSTAJE

A. Consumidores primarios: Son aquellos que consumen directamente materia organica muerta, tales como:

Bacterias: Son los organismos mas pequeños, numerosos y los primeros en comenzar el trabajo, desempeñan el papel mas destacado en la descomposición de la materia ya que poseen una amplia gama de enzimas capaces de romper quimicamente una gran variedad de compuestos organicos. Son organismos unicelulares con formas variadas, los cocos poseen forma de esfera, los bacilos de baston y las espirillas y espiroquetas forma espiral.

Macroorganismos fermentadores: Organismos visibles que consumen la materia organica directamente, tales como lombrices, moscas, acaros de fermentación, cochinillas, caracoles, limacos, etc. Son mas activos en las etapas finales del compostaje.

Hongos: Menores en numero que las bacterias o actomicetos pero con mayor masa. Son responsables de descomponer polimeros vegetales complejos, demasiado secos, acidos o pobres en nitrogeno para ser descompuestos por bacterias, permitiendo a estas continuar el proceso de descomposición una vez que la mayor parte de dichos polimeros han sido degradados. La mayoria viven en las capas externas del compost cuando la temperatura es alta, creciendo en formas de filamentos, formando colonias blancas o grises de textura aterciopelada en la superficie de la pila.

Protozoos: Son animales unicelulares que se encuentran en las gotas de agua presentes en el residuo a compostar, su importancia en la descomposición es muy escasa, obtienen su alimento de la materia organica de la misma manera que las bacterias aunque pueden actuar tambien como consumidores secundarios ingeriendo hongos y bacterias.

B. **Consumidores primarios:** Macroorganismos que se alimentan de los anteriormentes citados (consumidores primarios). Dentro de este grupo podemos citar tijeratas, acaros de molde, rotiferos, protozoos, escarabajos, nematodos y gusanos planos de tierra.

C. **Consumidores terciarios:** Van a alimentarse de la materia organica viva, tanto de consumidores primarios como secundarios. En este grupo encontramos arañas, seudo escorpiones, acaros predadores, cienpies, hormigas y escarabajos. (Compostadores, 2017)

2.2.3.5. PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DEL COMPOST.

El proceso del manejo de residuos sólidos orgánicos debe realizarse con: la recolección, clasificación, picado, apilado y proceso de compostaje; el cual puede variar dependiendo de las condiciones del área, el sistema de compostaje utilizado y del grado de selección realizado en la fuente.

a. Recolección del material

Consiste en el traslado de los residuos separados en diversas fuentes de generación al sitio de tratamiento, sea este una pila, en el jardín o huerto, una planta de compost. El equipo y los vehículos de recolección deben ser adecuados y suficientes para los volúmenes recolectados. Asimismo, las frecuencias de recolección y las rutas deben ser bien planeadas y bien comunicadas a los usuarios. Debido al mayor número de actores en un programa de gran escala, el control de la calidad en la separación requiere de mayor seguimiento, esto puede lograrse con una efectiva campaña de educación para la separación de los residuos sólidos orgánicos. (Rodríguez & Córdova, 2006)

b. Clasificación

En la tolva o el área de descarga se puede realizar una clasificación preliminar, donde se recogen materias gruesas no biodegradables (recipientes de plástico o metal, botellas etc.). Para plantas de compostaje completamente manuales, se recomienda que se recojan todos los materiales no biodegradables antes de que se desmenucen los desechos. También se necesita abrir fundas de plástico y sacar materiales metálicos. Se puede utilizar un imán manual junto a un palo para ese trabajo. Se necesita separar de la fracción a compostar toda clase de desechos peligrosos (los más comunes a dentro de los desechos domiciliarios: Pilas, residuos de medicamentos, pinturas, solventes). (Roben, 2002)

c. Picado

En el proceso de compostaje el tamaño de los residuos orgánicos juega un papel muy importante. Las partículas demasiado grandes presentan poca superficie de contacto para ser atacadas por los microorganismos haciendo que el tiempo de procesamiento se alargue, el tamaño ideal de las partículas debe ser de 3 a 6 cm. Si en nuestra parcela contamos con rastrojos de cosecha es necesario picarlos con machete o picadora mecánica, antes de mezclarlos con las excretas de los animales. (APROLAB, 2007)

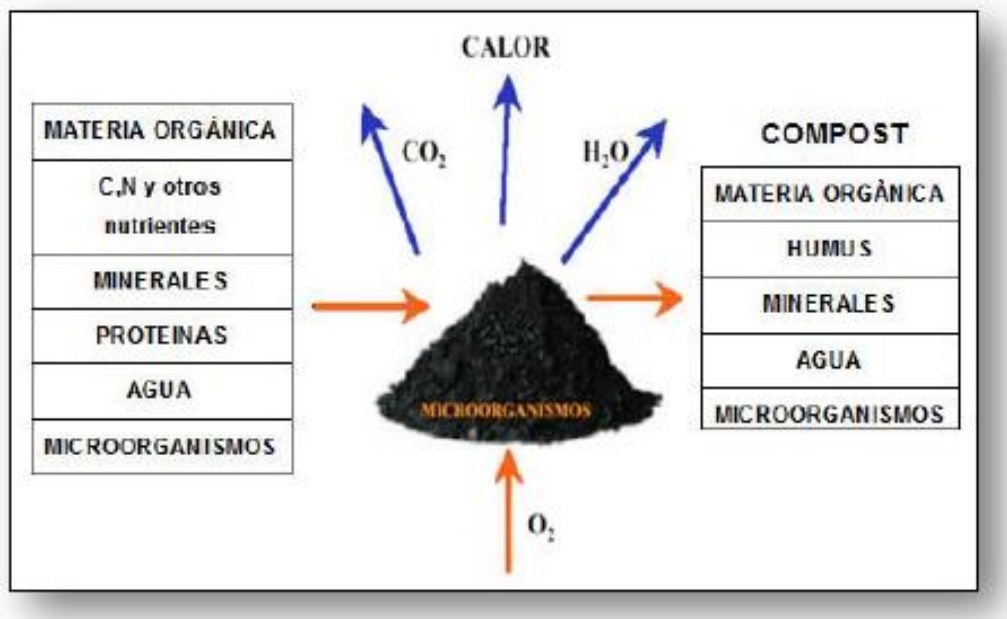
d. Apilado

Las dimensiones de la pila de compostaje influyen básicamente en la aireación y temperatura de la pila, y por lo tanto en la transformación adecuada del material orgánico. La altura puede variar según el clima de la zona, en climas cálidos se trabaja menor altura para que la pila no caliente en exceso y en climas fríos pilas más altas para mantener la temperatura. (APROLAB, 2007)

e. Proceso de compostado

El compostaje es un proceso mediante el cual diversos sustratos orgánicos se descomponen y estabilizan debido a la acción de una población mixta de microorganismos, obteniéndose un producto final denominado compost, orgánicamente estable, libre de patógenos y semillas de malezas que puede ser aplicado de manera eficiente al suelo para mejorar sus propiedades. (Silva, López, & Valencia, 2006)

Gráfico N°.1. Esquema de los elementos que intervienen en la formación del compost



Fuente: (Rocha, 2009)

2.2.3.6. PARÁMETROS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Partiendo de la base que en un proceso de compostaje los responsables de la transformación son los microorganismos, todos aquellos factores que pueden limitar su desarrollo serán limitantes también del propio proceso. Para conseguir que esta transformación se realice en condiciones controladas (aeróbicas y termófilas) hace falta una serie de requisitos, que no son otros que los que necesitan los microorganismos para desarrollarse. (Barrena, 2006)

Estos parámetros deben ser controlados durante todo el proceso debido a que son aquellos que afectan directamente a la acción de los microorganismos, quienes son los encargados de llevar a cabo el compostado con éxito. Entre los parámetros más importantes tenemos: temperatura, aireación, humedad, pH y relación Carbono/Nitrógeno (C/N). (Vargas, 2007)

a. Temperatura

Es una condición determinante en el proceso de fabricación de abonos orgánicos porque una temperatura muy baja no alcanza a destruir huevos de insectos, los hongos, bacterias y semillas, y una temperatura muy alta puede desnaturalizar las proteínas y las enzimas necesarias para que los microorganismos termófilos actúen. La temperatura ideal durante las primeras etapas de fermentación no debe exceder los 60ºC en la cual actúan los actinomicetos y bacterias termófilas descomponiendo celulosa y materiales ricos en carbono; y debe ir descendiendo gradualmente permitiendo la aparición de otros microorganismos descomponedores que la llevarán hasta el proceso de mineralización donde se debe encontrar la temperatura ambiente del lugar. (López, 2006)

La evolución de la temperatura representa muy bien el proceso de compostaje, pues se ha comprobado que pequeñas variaciones de temperatura afectan más a la actividad microbiana que pequeños cambios de la humedad, pH o C/N. Por la evolución de la temperatura se puede juzgar la eficiencia y el grado de estabilización a que ha llegado el proceso, ya que existe una relación directa entre la temperatura y la magnitud de la degradación de la materia orgánica. Se observan tres fases en el proceso de descomposición aeróbica: fase mesófila inicial (T<45ºC), al final de la cual se producen ácidos orgánicos; fase termófila (T>45ºC); y la fase mesófila final, considerándose finalizado el proceso cuando se alcanza de nuevo la temperatura inicial. Cada especie de microorganismo tiene un intervalo de temperatura optima en el que su actividad es mayor y más efectiva: 15-40ºC para los microorganismos mesófilos y 40-70ºC para los termófilos. (Moreno, 2007)

a.1. Fase mesófila inicial

Comprende temperaturas por debajo de los 40°C. En esta fase, la flora microbiana se activa y se inicia la degradación de la materia orgánica, posteriormente disminuye el pH, dando paso al desarrollo de otras especies. Es una fase completamente aeróbica, con humedad del 70 – 72%, y temperatura entre 25 - 35°C; que dura 7 – 14 días, los hongos que predominan en esta etapa son: Penicillium spp., Absidia glauca, Verticillium tenerum, Nectria inventa y Trichoderma spp. La descomposición libera la energía contenida en los compuestos orgánicos. Una parte de esta energía es ocupada por los microorganismos para su metabolismo, otra parte se transforma en calor. (Bonifaz, 2012)

Durante este período se descomponen compuestos como azúcares, almidones y grasas. (Silva, López, & Valencia, 2006)

a.2. Fase termófila

Cuando la temperatura alcanza los 60ºC, se presenta la etapa termófila, en ella la actividad de los hongos cesa y la descomposición es llevada a cabo por los actinomicetos y las cepas de bacterias que forman esporas. En esta etapa se degradan ceras, proteínas, hemicelulosa, algo de lignina y celulosa. (Silva, López, & Valencia, 2006)

Las altas temperaturas ayudan a destruir la mayoría de patógenos, pero las bacterias y hongos benéficos pueden soportarlas, el CO2 producido en grandes volúmenes, se difunden desde el núcleo a la corteza, resultando letal para larvas de insectos. Se registra un incremento de pH del 7,5; debido a la liberación de bases de los materiales orgánicos y a la producción de amoníaco. (Bonifaz, 2012)

a.3. Fase mesófila final.

Con el agotamiento de los nutrientes, y la desaparición de los termófilos, comienza el descenso de la temperatura. Cuando la misma se sitúa aproximadamente a temperaturas iguales o inferiores a los 40ºC se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos que utilizarán como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación tales como la celulosa y lignina. (Villarroel, 2011)

En esta etapa incrementa la fracción mineral y los nitratos disponibles para las plantas y se reduce el porcentaje de carbono, se aumenta la cantidad de actinomicetos responsables del olor a tierra fresca. (Rocha, 2009)

(Bonifaz, 2012), indica que durante esta fase se concentran sustancias húmicas. El pH desciende por debajo del neutro (pH = 5-5,7), como consecuencia de la liberación de ácidos orgánicos en la fermentación y por la presencia de bacterias acidogénicas. Posteriormente el pH se eleva cercano a neutro (pH = 7-7,5), debido al poder amortiguador de las sustancias húmicas.

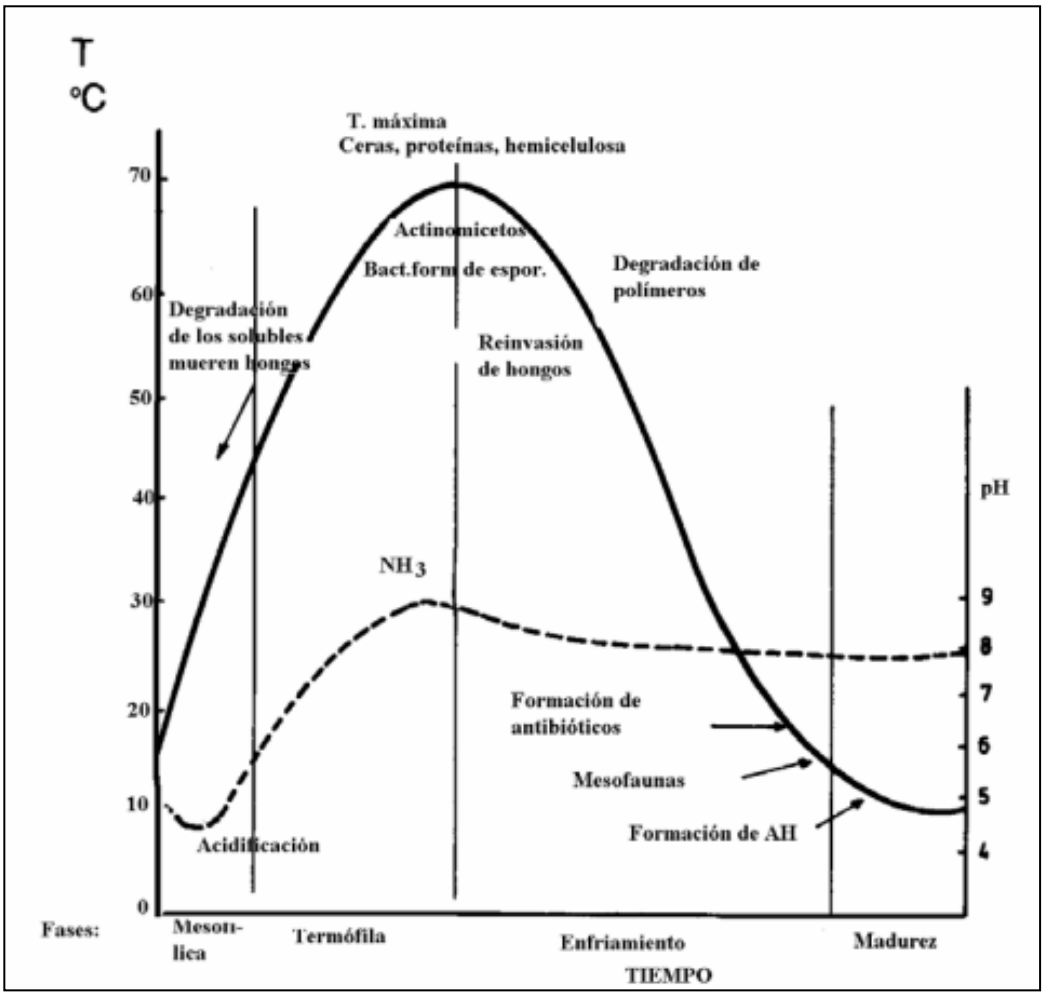
a.4. Fase de maduración.

La temperatura y pH se estabilizan, si el pH es acido nos indica que el compost no está aún maduro, los actinomicetos adquieren especial importancia en la formación de los ácidos húmicos y son frecuentemente productores de antibióticos que inhiben el crecimiento de bacterias y patógenos, mientras que los macro organismos tales como nematodos, rotíferos, escarabajos, lombrices, etc., incrementan su actividad desempeñando la función de remover, excavar, moler, masticar y en general romper físicamente los materiales incrementando el área superficial de estos para permitir el acceso de los microrganismos. El

color del producto final debe ser negro o marrón oscuro y su olor a tierra de bosque, además ya no debemos reconocer los residuos iniciales.

Los volteos ayudan a mantener la concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme en toda la pila de residuos ya que, los materiales próximos a la superficie tienden a recibir mayor aporte de oxígeno, pero alcanzan menos temperatura mientras que los materiales del que les rodean y alcanzan mayor temperatura y humedad. (Vilariño y Taibo, 2011)

Gráfico N°.2. Etapas del crecimiento microbiano en función de la temperatura y pH



Fuente: (Rocha, 2009)

b. Aireación

El objetivo de la aireación durante el proceso de compostaje es suministrar oxígeno para la degradación microbiana, controlar la temperatura y eliminar la humedad de la materia orgánica. Cuando existe una mala aireación en las pilas de compostaje, se producen condiciones favorables para el inicio de fermentaciones anaeróbicas (degradación por la vía de putrefacción) esta situación se diagnostica por la aparición de olores nauseabundos, o fuerte olor a amoníaco. (APROLAB, 2007)

Para asegurar una buena aireación, hay que agregar un cierto porcentaje de material grueso. Los materiales gruesos deben agregarse especialmente para estructurar la pila cuando la densidad de los desechos es demasiado alta (> 700 kg/m3) y, por consecuencia, no se realiza una libre circulación del aire. (Roben, 2002)

c. Humedad

El contenido de humedad del material a compostar es muy importante ya que los microorganismos solo pueden utilizar las moléculas orgánicas si están disueltas en agua. Además, el agua favorece la migración y la colonización microbiana.

Si la humedad es baja, el proceso de compostaje reduce su velocidad llegando incluso a detenerse. La actividad biológica empieza a disminuir a niveles de humedad del 40% por debajo del 20%no existe prácticamente actividad. Por el contrario, una humedad alta acompañada de una inadecuada porosidad origina la disminución de la transferencia de oxígeno, siendo este insuficiente para la demanda metabólica y reduciéndose, por lo tanto, la actividad microbiana aeróbica. Este hecho puede provocar la aparición de malos olores, la generación de lixiviados y la pérdida de nutrientes. (Barrena, 2006)

d. pH

El valor del pH óptimo para el compostaje esta entre 6.5 y 8.0. Si el grado de descomposición no es adecuado, el pH puede caer a valores entre 4 – 5, retrasándose el proceso. (Silva, López, & Valencia, 2006)

Valores de pH inferiores a 5,5 (ácidos) y alcalinos superiores a 9,5 inhiben el crecimiento de la gran mayoría de microorganismos, en este último valor se precipita nutrientes esenciales del medio que no son asequibles para los microorganismos. (Rocha, 2009)

Las bacterias prefieren un medio casi neutro, mientras los hongos se desarrollan mejor en un medio ligeramente ácido. El valor del pH cae ligeramente durante la etapa de enfriamiento llegando a un valor de 6 a 7 en el compost maduro. (Jaramillo & Zapata, 2008)

e. Relación Carbono/Nitrógeno

El carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo vivo, y deben encontrarse en proporciones adecuadas para un buen compostaje. Los microorganismos de una composta utilizan el carbono para conseguir energía, y el nitrógeno para la síntesis de proteínas, los valores ideales de esta relación C/N para un buen compostaje se encuentran entre 25 y 35 (25 - 35 partes de C por 1 de N). Si el material de partida contiene demasiado carbono la relación será muy alta y el proceso será lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de dióxido de carbono. Si, por el contrario, el material contiene demasiado nitrógeno, la relación es baja y se producirá pérdida de este elemento en forma de amoniaco (NH3). Al finalizar el proceso de compostaje la relación C/N ira disminuyendo hasta alcanzar un valor entre 12 y 8 en el producto final. (Rodríguez & Córdova, 2006)

Cuadro N°3. Relación Carbono/ Nitrogeno de algunos materiales organicos

MATERIALES	RELACIÓN C/N
Cascarilla de arroz	700
Aserrín de madera	500
Papel triturado	170
Paja de cereales (trigo, cebada, arroz, etc.)	80
Caña de maíz	60
Bagazo de caña de azucar	50
Estiercol seco (con aserrin o paja)	50
Estiercol de vaca (seco)	25
Estiercol de caballo	25
Estiercol de cerdo	12
Estiercol de vaca (fresco)	8
Estiercol de cabra	10
Estiercol de oveja	10
Estiercol de conejo, cuy	8
Estiercol de gallina (gallinaza=	7
Desechos de frutas	35
Pasto verde cortado	19
Trevol verde, alfalfa	16

Desechos de cocina	15
Humus	10
Pescado	6
Sangre	3
Orina	0.8

Fuente: (Suquilanda M., 2008)

f. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso.

La CE tiende generalmente a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes. Ocurre a veces un descenso de la CE durante el proceso, lo que puede deberse a fenómenos de lixiviación en la masa, provocados por una humectación excesiva de la misma.

La dosis de compost que puede añadirse a un suelo debe ser proporcional a la CE del compost. Un exceso de salinidad en la solución del suelo dificulta la absorción de agua por las raíces de las plantas, de modo que, en algunos casos, en las condiciones, solo prosperan las especies resistencias. (Moreno, 2007)

2.2.3.7. CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGIAS DE COMPOSTAJE

Existen distintas clasificaciones de las tecnologías de compostaje. Según la movilidad que se conceda al material a compostar, subdividiéndose en: Sistemas dinámicos y estáticos. Según la forma física en la que se dispone el

material, se tendrían: Pila, trincheras, mesetas, zanjas. etc. La clasificación más común se realiza en función del aislamiento del material a compostar con respecto al exterior, en cuyo caso se tendrían: sistemas abiertos, semi-cerrados y cerrados. En ellos la variable sobre la que más se incide es el suministro de oxígeno mediante diferentes métodos de aireación. Por tanto, antes de entrar en el desarrollo de los distintos apartados de esta clasificación se va a abordar con una mayor profundidad el proceso de aireación. Debido a su gran importancia, éste marca sobremanera el desarrollo del proceso y gobierna muchos de los aspectos de la operación del sistema de compostaje.

a. Proceso de aireación

El oxígeno es suministrado a los materiales que se compostan a través del proceso de aireación. Éste proporciona el oxígeno necesario para que se desarrollen los procesos bioquímicos aeróbicos, eliminando, asimismo, calor, humedad, CO2 y otros productos de descomposición. Sin embargo, durante el desarrollo del proceso de compostaje la cantidad de aireación necesaria para provocar un descenso de la temperatura es muy superior a la necesaria para la eliminación de humedad o suministro de O2. Resultando que, la necesidad de aireación es más a menudo determinada por su influencia en la temperatura que por la demanda de O2 del proceso. Aunque se pueden encontrar algunas variaciones, la aireación tiene lugar o pasivamente o por el movimiento forzado de aire. La aireación pasiva, también denominada aireación natural, tiene lugar por difusión y movimiento natural del aire. La aireación forzada se lleva a cabo, o bien a través de ventiladores o soplantes, o bien a través de la aspiración de aire que se mueve a través de los materiales se están compostando. Una tercera modalidad, aún en desarrollo, sería la inyección de O2, directamente en el seno de un reactor cerrado de compostaje. A continuación, por ser los principalmente utilizados, se van a desarrollar los dos primeros sistemas de aireación.

a.1. Aireación pasiva o natural

Esta modalidad de aireación es llevada a cabo por tres mecanismos: difusión molecular, viento, y convección térmica. El primero de los mecanismos tiene lugar siempre que existe una diferencia de concentración de un componente entre dos medios, el material que está sometido al proceso de compostaje y el ambiente exterior. Este proceso funciona constantemente para corregir dichos desequilibrios y aisladamente implicaría una incorporación del oxígeno desde el exterior de la pila y la liberación de CO2, hacia el ambiente exterior. Este flujo como tal es muy lento y tiene un escaso efecto en las pilas que se están aireando.

En referencia al viento, y en aquellas instalaciones que se encuentren al aire libre, éste puede ser un fenómeno con una aportación más significativa en la transferencia de O2. La influencia de este factor en la aireación de las pilas abiertas no ha sido estudiada en profundidad está basada en la observación empírica de algunos operadores de plantas de que la incidencia de las ráfagas de viento sobre las pilas en fermentación causa la emisión de vapor de agua desde las mismas, poniendo en evidencia dicha influencia.

El mecanismo de convección térmica es, probablemente, el principal responsable de la aireación pasiva en la mayoría de sistemas de compostaje. El calor generado durante el proceso de fermentación del compost aumenta la temperatura de los gases presentes en los materiales, disminuyendo su densidad. Los gases calientes son liberados de la masa en compostaje, creando un vacío que provoca que el aire fresco penetre. La eficacia de este proceso depende de la diferencia de temperatura entre los gases del interior y el aire del ambiente y de la mayor o menor resistencia al flujo del aire que penetra en la masa del material que se está compostando, es decir, la mayor o menor porosidad de los materiales implicados en el proceso. Este último factor es de gran importancia,

mezclas húmedas o densas, como las que se pueden encontrar en el compostaje de biosólidos, pueden reducir o eliminar el potencial de la transferencia convectiva del 02.

La mayoría de los sistemas de compostaje en los que se lleva a cabo el proceso de la aireación pasiva implican normalmente una agitación o volteo periódico de los materiales. Pese a que el volteo cargaría a los materiales de aire fresco, el aire introducido en dicho proceso es rápidamente consumido en el proceso de compostaje. El efecto del volteo que mayor influencia tiene sobre la aireación es la reconstrucción del espacio poroso en el material que facilita los procesos de difusión y convección.

a.2. Aireación forzada

En esta modalidad el aire se suministra mecánicamente, utilizando soplantes o aspiración, a unos conductos asociados, junto con un sistema de control y suministro de la aireación. Existen innumerables combinaciones de sistemas y estrategias de control, así como configuraciones de equipos. Los materiales pueden ser aireados por un sistema y apagados independiente, o por un grupo de ventiladores que alimentan a una tubería común con una seria de válvulas que controlan en flujo de aire a pilas individuales, secciones de pilas o contenedores.

El aire se puede suministrar por presión positiva, el aire pasa a través de los materiales desde la red de distribución, o por presión negativa, absorbiendo el aire a través de los materiales del exterior y luego a través de la red de distribución. El movimiento del aire suele ser más eficiente cuando se emplea la presión negativa ya que la perdida de presión es favorable, ofreciendo asimismo la posibilidad de efectuar un tratamiento de los posibles olores presentes en la corriente captada, pero favorece la obturación de los conductores de aireación. Una alternativa puede consistir en la utilización de ambas estrategias, revirtiendo la dirección

del flujo del aire en diferentes etapas del proceso de compostaje. La presión negativa en este caso sería utilizada principalmente al inicio del proceso cuando la generación de olores es más importante. Esta reversión periódica del flujo ayudaría, asimismo, a la corrección de los gradientes de humedad temperatura que ocurren en los sistemas estáticos del compost.

Otra modalidad, que se realiza en algunos sistemas cerrados de compostaje, es el reciclado, de una porción de los aires de escape para retener la temperatura y la humedad en la masa a compostar.

La forma de aporte del aire en estos sistemas de aireación puede ser continua, siendo su flujo incrementado o disminuido cuando sea necesario, o bien intermitentemente, encendida y apagada según su necesidad. El aporte continuo reduce la fluctuación de los niveles de temperatura y O2 de la masa a compostar, provocando, sin embargo, gradientes en el medio de compostaje, con una excesiva sequedad y bajas temperaturas permanentes en el entorno de la salida del aire.

La creación forzada suele ser controlada en base a la temperatura de los materiales que se están compostando, el flujo de aire es activado o incrementado cuando la temperatura del proceso sobrepasa la temperatura fijada. En otras ocasiones, la aireación es realizada durante periodos de tiempo definidos que se ajustan, ya sea manual o automáticamente, de acuerdo a la temperatura del proceso. Sin embargo, en ocasiones con un sistema de control a través de la temperatura es necesario un temporizador para activar la aireación a intervalos regulares para mantener las condiciones aeróbicas cuando la temperatura se encuentra por debajo de la fijada, especialmente durante las etapas iniciales y finales del compostaje. Los sistemas de compostaje normalmente incluyen varias zonas de temperatura, requiriendo cada un flujo de aire y temperaturas fijadas.

b. Sistemas abiertos:

Los sistemas abiertos de compostaje suelen ser de bajo costo y tecnología sencilla, aplicables principalmente a pequeñas o medianas comunidades de zonas en las que la disponibilidad de terreno sea elevada, rurales o semirurales. Las características meteorológicas de la zona pueden ser determinantes para el desarrollo del proceso, limitándose mucho esta influencia con cubiertas sencillas sin paredes que implicarían un encarecimiento justificado de la instalación.

En algunos casos, como solución más económica, se suele cubrir tan sólo la zona de maduración o parte de ella con el fin de evitar rehumectaciones excesivas del material en las fases próximas al cribado final que podrían entorpecer mucho esta operación.

La forma de amontonamiento del material en este tipo de plantas es muy variada (pilas. mesetas. zanjas. etc.), así como los sistemas de manipulación de éste, lo más usual es utilizar sistemas dinámicos ya sea por medio de dispositivos especiales (volteadoras) o con maquinaria inespecífica (normalmente palas mecánicas), siendo menos frecuentes las que se decantan por métodos estáticos, con sistemas con aireación pasiva o forzada.

c. Sistemas Semi – cerrados:

En este tipo de sistemas todo el conjunto de operaciones que se llevan a cabo se encuentra dentro de una gran nave cubierta y cerrada que dispone de un sistema de extracción de la atmósfera interior a través de tuberías colocadas a lo largo del techo. Esta atmósfera interior, normalmente viciada con los gases provenientes masa en fermentación, es tratada por medio de un biofiltro.

Estos sistemas están concebidos para atender a poblaciones medianas o grandes y diseñadas para poder ser instaladas en las cercanías de la propia población, merced al control que permiten de los factores ambientales adversos, como los

malos olores. En general, se consigue un control de las operaciones de trabajo superior al que se logra con los sistemas abiertos.

El sistema más conocido es el de las “Trincheras” o “Calles” en las que el material se coloca entre muretes longitudinales y es volteado por distintos procedimientos.

d. Sistemas cerrados o compostaje en reactores

En los sistemas cerrados, el material a compostar no está nunca en contacto directo con el exterior, sino a través de un sistema de conductos y turbinas. Al tratarse de sistemas cerrados facilita el tratamiento de los olores generados en la fermentación.

La evolución de los sistemas de compostaje a sistemas cerrados ha representado un avance de gran importancia, tanto desde el punto de vista de proceso como por la calidad del producto final. Su desarrollo ha favorecido el uso del compostaje como una tecnología moderna de tratamiento de la materia orgánica de los residuos orgánicos.

En este tipo de sistemas las distintas variables del proceso, tales como contenido de humedad, composición de nutrientes, temperatura, pH, cantidad de gas, etc., podrían ser registrados, controlados, y optimizados. Esto conllevaría una degradación más rápida y completa con un mínimo impacto ambiental de las instalaciones.

e. Pilas o hileras volteadas

La tecnología para este tipo de compostaje es relativamente simple, y es así la más económica. Es el más utilizado en la práctica y el que se emplea casi siempre, junto con el de mesetas, para la fase de maduración. El sistema fue documentado en 1931 por Howard en Indore (India).

La mezcla de materiales a compostar se coloca en hilera o pilas de sección triangular o trapezoidal. La forma y relación altura/ ancho de la pila dependerá del ángulo estático propio del material a tratar, si es un material que se entrelaza bien y tiene estructura se podrá alcanzar mayor altura con una base concreta. Pero si el material carece de estructura, el triángulo de la sección de la pila será muy bajo para el mismo ancho de la base. Estas estructuras suelen tener una base de entre 3,00 y 4,00 metros como máximo y una altura de unos 2,00 – 2,50 metros, y una longitud de unos pocos a varias decenas de metros.

Para la elección del tamaño de la pila ha de tenerse en cuenta la proporción de materiales fácilmente degradables presentes en el residuo (material lábil o volátil) y en la estructura, porosidad, del mismo. La primera marcará la tasa de consumo de oxigeno una vez que el proceso esté en marcha y la segunda la capacidad de reposición de oxígeno a través de poros del propio material, en descomposición, así como la distribución del calor generado en la fermentación. La obtención de una porosidad adecuada en la masa a compostar hace que en muchas ocasiones sea necesaria una adición de un material estructurante, normalmente de carácter celulósico, que contribuye así a mejorar la relación C/N del conjunto. Un programa de volteos y riegos periódicos con la suficiente frecuencia, o mejor aún condicionado a medidas de temperatura, nivel de oxígeno y/o humedad en el interior de la pila, debe asegurar la adecuada homogeneización del material, su higienización, haciendo pasar a todo el material por la zona central de la pila (en la que se mantienen las temperaturas más elevadas) y un mantenimiento de las adecuadas condiciones de fermentación. Este volteo se debe hacer cuidadosamente para garantizar estos extremos, por lo que las máquinas volteadoras específicamente diseñadas son preferibles, en general, al uso de palas cargadoras. En todo caso, al ser un sistema típicamente discontinuo, con continuas oscilaciones en los niveles de humedad, oxígeno y temperatura no es el óptimo para el desarrollo de las reacciones de degradación biológica. De ahí que este proceso sea lento y aún con el adecuado programa de volteos y riegos se necesite un mínimo de 100 – 120 días para lograr unos adecuados niveles de estabilización.

Este tipo de sistemas de pilas dinámicas presentan las ventajas de conseguir una mayor homogeneización del material, una disminución mecánica del tamaño medio de partícula que contribuye a una mayor disminución de volumen y, por último, una mayor garantía de higienización del material al conseguirse que todo el material pase por fases termofílicas tras algunos de los volteos. Por el contrario, presentan la gran dificultad de controlar su temperatura, posibles problemas de déficit de oxígeno en capas profundas, si la estructura no es la adecuada, y el elevado coste de las máquinas volteadoras, en el caso de adoptarse esta alternativa.

f. Pilas estáticas aireadas

El siguiente nivel de sofisticación del compostaje es la pila estática aireada, y fue desarrollado en los años setenta por investigadores del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para el tratamiento de lodos de instalaciones de tratamiento de aguas residuales (Wilson, 1980). En este sistema se colocan los materiales sobre un conjunto de tubos perforados o una solera porosa, según se observa en la figura 6, conectados a un sistema que aspira (Beltsville) o insufla (Sistema Rutgers) aire a través de la pila. La aireación forzada suministra O2, enfría la pila y elimina el vapor de agua, CO2, y otros productos de descomposición. Una vez que se constituye la pila, no se toca, en general, hasta que la etapa activa de compostaje se haya completado.

Los componentes de una pila estática aireada incluyen una red de distribución de aire, una capa base de un material con elevada porosidad; el conjunto de los materiales a compostar; una capa externa (18-30 cm) de material estable (compost maduro); y un sistema de control y suministro de aire. El material poroso ayuda a prevenir el atasco de los agujeros de aire y ayuda a difundir mejor el flujo que sale o entra en la tubería. La capa exterior aísla la tubería; separa a las moscas y otras plagas del material a compostar; y ayuda a retener los olores, el NH3 y el agua (Rynk y Richard, 2004). El sistema original de USDA se basaba en los niveles de 02, pero en la actualidad los sistemas de aireación de la pila se controlan comúnmente por la temperatura o

por un temporizador ajustado de acuerdo con los niveles de temperatura. La altura de las mismas oscila entre los 3 - 4 m. viniendo limitada por el equipo que forma las pilas y por el peso de los materiales que se podrían compactar en su porción inferior. La anchura y longitud son muy variables dependiendo de la configuración de la instalación. Debido a que no hay mecanismos para mezclar el material durante el proceso de compostaje, los materiales deben ser mezclados cuidadosamente antes de colocarse en la pila. La humedad debe ser cuidada y mantenida en los niveles adecuados, partiendo de valores iniciales controlados y con una aireación que no seque demasiado (humectando el aire de entrada, si es necesario). La mezcla debe ser relativamente porosa y tener una buena estructura para resistir la compactación y el asentamiento. Las pilas estáticas ventiladas se suelen usar para materiales homogéneos como los lodos, que se mezclan con un substrato seco y poroso como astillas de madera o aserrín.

Las principales ventajas de este sistema son los buenos controles de oxígeno y temperatura, que posibilitan una rápida transformación de los residuos orgánicos en compost, y conlleva un uso más eficiente del espacio y unos escasos requerimientos de personal. Las principales desventajas del mismo vienen relacionadas con el hecho de que es un sistema estático, teniendo que prestar una especial atención a las características de los sustratos a compostar, con posibles problemas de compactaciones, cortocircuitos en el sistema de aire y de descomposición inconsistente en el lote de compost.

g. Trincheras, canales Semi - cerrados

El proceso de compostaje en estos sistemas se desarrolla en una serie de canales, calles o trincheras que tienen entre 3,00 y 5,00 m de anchura, con muretes entre 2,00 y 3,00 m de altura y la longitud puede ser la que se desee (normalmente oscila entre los 60,00 y los 140,00 m), el número de calles también es variable (normalmente no más de 16,00 m). Los canales se encuentran abiertos por arriba y con dispositivos que permiten la circulación por encima de ellos de una máquina volteadora que remueve la pila de

compostaje y la hace avanzar unos 3,00 - 4,00 metros cada vez. El material fresco llega por una serie de cintas transportadoras provisto de un sistema que permite descargarlo en el principio de una u otra calle a voluntad.
La novedad más relevante de este sistema es su método de volteo. En algunas configuraciones, éste se efectúa por medio de una volteadora que circula sobre unos railes situados a lo largo de la parte superior de los muretes y que puede ser pasada de una a otra calle por medio de puntos de transferencia situados al principio y al final de las mismas.

Esta disposición permite realizar un seguimiento y control de temperatura, humedad y el nivel de oxigeno con las mejoras que suponen los volteos periódicos, el riego simultaneo al volteo, y a la posibilidad de airear selectivamente, en unas zonas más que en otras, para ajustarse a las necesidades del sistema.

Normalmente, para aislar las trincheras de las inclemencias meteorológicas, se sitúan en grandes naves de bien aireadas, de forma natural o forzada, para evitar acumulaciones de gases y efectuar un tratamiento de los olores.

El tiempo de tratamiento es regulable, pero son normales los comprendidos entre 30 y 50 días (de 4 a 7 semanas). Como en los casos anteriores, cuanto mayor sea el tiempo de residencia en estos sistemas, más se completa la fase de fermentación y menos crítica y más sencilla será la fase de maduración. En las distintas comunidades autónomas se pueden encontrar plantas con este sistema para el compostaje de diversos materiales.

h. Túneles estáticos

Este tipo de tecnología implica la construcción de una serie de contenedores es hormigón, u otros materiales, de unos 3,00 m de alto por 4,00 o 5,00 m de ancho y de 20,00 o 30,00 m de fondo. El contenedor está dotado de un sistema de aireación forzada, y normalmente a través de ranuras en el suelo, de sondas

de temperatura, de humedad y de nivel de oxigeno; recogida de gases y de lixiviado; y sistema de riego.

En ellos, un sistema automatizado de control mide y regula la aireación, temperatura y humedad. En función de los valores de nivel de oxígeno y de aire reciclado o con una mezcla de amos. El control de temperatura puede realizarse fijando patrones de comportamiento en los que se suele delimitar un periodo termófilo y en otros mesófilos. Y la humedad del proceso regula por control del riego de la mezcla e función de las condiciones de entrada del material y de operación.

En estos túneles se introduce el material a compostar, llenándose hasta unos dos tercios de altura del túnel. En ellos se realiza la fase más energía de la fermentación, en la que las necesidades de oxígeno, de homogeneidad de la temperatura para una correcta higienización, y de aporte de agua para contrarrestar la que se pierde por evaporación, así como la generación de gases, son más levadas y constantes.

2.2.3.8. RESIDUOS GENERADOS EN UN CAMAL

Un matadero municipal es una fuente rica en residuos sólidos de alto contenido orgánico. Es de anotar que por las actividades que aquí se desarrollan se da cabida a que muchos residuos no utilizables de manera directa sean desechados como residuo a través del sistema de alcantarillado (Sangre) o del sistema de basuras (Contenido ruminal, estiércol).

Los residuos orgánicos aprovechables y que son desechados por un matadero son: sangre, contenido ruminal, estiércol, uñas, cascos, restos de pelo entre otros. Con el contenido ruminal se pueden obtener concentrados para alimentación de animales, con la sangre se puede obtener harina de sangre para alimento de aves, las uñas, cascos, estiércol y otros desechos pueden ser destinados para lombricultura y compostaje.

En los mataderos, casi el 25% del peso total de los animales vivos puede considerarse como residuo (estiércol, contenidos estomacales, sangre, huesos, pelo, pezuñas, cuernos, fragmentos de tejido graso, conjuntivos y musculares). Se ha estimado que, para ganado bovino y porcino, respectivamente se generan en un matadero 2,0 – 3,5 y 7,5 – 30 kg de estiércol (en su mayoría semilíquidos); 4-6 y 30 – 35 litros de sangre; 9 y 66 kg de huesos y 0,4 – 1,6 y 40 – 80 kg de contenidos estomacales. Se tratan de materiales ricos en proteínas y grasas, por lo tanto, con notable contenido de nitrógeno, pero también fosforo, potasio y calcio (Gurtler, 1976)

a. Residuos sólidos

El contenido ruminal está formado por los restos de la alimentación y por sustancias que fueron vertidas por el organismo animal al canal intestinal.

Es un residuo sólido con alto potencial energético que puede ser fácilmente aprovechado para generar subproductos en lugar de ser desechado.

Las características del estiércol, particularmente su olor, color y consistencia, varían en los diversos animales y cada uno de ellos depende de la naturaleza de los alimentos ingeridos. El contenido de agua en el estiércol depende de la naturaleza de alimentos ingeridos, de la cantidad de líquidos bebidos y del tiempo de permanencia del alimento en el tracto digestivo (Domínguez, 1990)

Para la práctica y uso general se puede considerar que el estiércol contiene: 0.5 % de Nitrógeno, 0.25% de Fosforo y 0.5% de Potasio, es decir que una tonelada de estiércol ofrece en promedio 5 kg de Nitrógeno, 2.5 kg de Fosforo y 5 kg de Potasio. Al estar expuestos al sol y la intemperie, el estiércol pierde en general su valor. (FAO, 2017)

Cuadro N°4. Composición de residuos sólidos

Etapa del proceso	Desecho
Recepción del ganado	Estiércol
Desollado	Cuernos
	Trozos de Piel
Eviscerado	Contenido Ruminal
	Vísceras no aptas para el consumo
Corte y Lavado	Grasa
Clasificación y transporte de canales y viseras	Canales decomisadas
Almacenamiento y Comercialización	Canales y vísceras en mal estado

Fuente. Elaboración propia

b. Residuo Líquido

En el camal se genera agua residual en los distintos procesos; esta tiene una elevada carga orgánica, tanto disuelta como en suspensión, también contiene ácidos orgánicos volátiles, aminas y otros compuestos orgánicos nitrogenados. El problema radica en que estos efluentes son vertidos directamente al canal que desemboca en el río; esto no solo altera la calidad del agua afectando los ecosistemas, también tiene un impacto en la salud humana al ser un foco infeccioso.

Cuadro N°5. Característica de los efluentes

Etapa del proceso	Desecho
Lavado	Agua residual con tierra, estiércol y orina
Aturdimiento	Sangre
	Agua residual con sangre
Degollado	Agua residual con sangre
Desollado	Agua residual con sangre
Eviscerado	Agua residual del lavado de vísceras
Lavado del canal	Agua residual con sangre

Fuente. Elaboración propia

La sangre generada en los mataderos resulta ser una fuente rica en proteínas por lo que económicamente combine recuperarla para transformarla en albúmina, sangre desecada y harina de sangre.

Composición Nutricional: Agua (ml) 80.80, Energía (Kcal) 77.00, Proteínas (gr) 18.10, Lípidos (gr) 0.20, Colesterol (mgr) 800.00, Potasio (mgr) 2200.00, Calcio (mgr) 8.00, Fosforo (mgr) 18.00, Hierro (mgr) 50,00, Riboflavina (B2) (mgr) 0.90, Cianocobalamina (B12) (micro gr) 0.90 (Nutriguia,2017)

c. Residuos gaseosos

Con respecto a las emisiones gaseosas, por lo general los camales no presentan efectos ambientales significativos, a excepción de los problemas generados por los olores. Sin embargo, en la etapa de escaldado y pelado se emplea agua a temperatura elevada para lo cual se utiliza leña y residuos del

faenado como material combustible, generando emisiones de CO2, CO y cenizas alterando la calidad del aire y afectando la salud de las personas.

2.2.3.9. MATERIA ORGÁNICA

Existen diversas fuentes que pueden aportar carbono al suelo. Estas se pueden clasificar según Sierra y Roja (2007) como de origen vegetal y animal.

a. Materia orgánica de origen animal

Los materiales orgánicos frecuentemente usados son el estiércol de animales y/o aves de corral. El estiércol se define como las deyecciones solidas de los animales. En muchos casos este puede estar mezclado con paja de cereales y orina de ganado. La gallinaza corresponde a una mezcla de estiércol de ave, viruta o aserrín y agua de lavado, además incluye restos de concentrado que se usan en su alimentación. Puede ser de origen de pollo, ponedoras, pavo u otras aves de corral. Los purines son la mezcla de orina, estiércol y agua de lavado, se puede aplicar a través de riego por aspersión, o con estanques directos al potrero. Normalmente son menos concentrados en nutrientes, especialmente en fosforo, su contenido de nitrógeno y especialmente en nitrógeno puede ser alto.

Otras fuentes de materia orgánica animal corresponden a harina de sangre, suero de leche y estiércol de ovino y caprino.

Cuadro N°6. Fuentes de materia orgánica de origen animal y contenido de Nitrógeno y Carbono

Tipo estiércol	Carbono	Nitrógeno	C/N
	%		
Vacuno	7	0.5	15
Ave	15	1.5	10

Cerdo	8	0.7	12
Oveja	16	0.8	20
Equino	15	0.5	30
Harina de sangre	35	1.5	2

Fuente: Sierra y Rojas, 2007

b. Materia orgánica de Origen Vegetal

La materia orgánica de origen vegetal es la fuente primaria de carbono; se utiliza comúnmente los residuos de cosecha, cuya calidad dependerá del estado de crecimiento y tipo de planta. Las leguminosas proveen más nitrógeno que gramíneas y otras especies. La cantidad de carbono incorporado dependerá del rendimiento del cultivo, un maíz para grano de alto rendimiento puede dejar un nivel de residuos superior a las 15 t/ha de materia seca. La velocidad de descomposición de estos residuos dependerá del contenido de humedad del suelo, tamaño de los restos vegetales al ser incorporados, relación C/N del suelo y del material vegetal incorporado y de la temperatura del suelo, este último factor es determinante de la actividad de la microflora.

Cuadro N°7. Fuentes de materia orgánica de origen animal y contenido de Nitrógeno y Carbono

Material	**Carbono**	**Nitrógeno**	**C/N**
	%		
Turba	41	0.7	59
Aserrín no tratado	40	0.1	400
Sarmiento de vides	45	0.4	112
Residuos de cosecha	40	0.3	133

Abonos verdes	36	2.5	14
Orujo de uva y escobajo	47	1.7	27
Tierra de hoja	28	0.8	35
Paja de cereales	40	0.5	80
Hojas de arboles	40	1.0	40
Heno mixto	40	2.0	20

Fuente: Sierra y Rojas, 2007

2.2.3.10.SUSTRATO

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocando en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de nutrición mineral de la planta.

La característica química más importante de los sustratos es su composición elemental. La utilidad agronómica de los residuos con posibilidad de ser compostados está en función de la disponibilidad de los elementos nutritivos que posean. Los microorganismos solo pueden aprovechar compuestos simples, por lo que las moléculas más complejas se rompen en otras más sencillas (por ejemplo, las proteínas en aminoácidos y estos en amoniaco) para poder ser asimilados.

Entre los elementos que componen el sustrato destacan el C, N y P, que son macronutrientes fundamentales para el desarrollo microbiano. (Moreno, 2008)

TIPOS DE SUSTRATOS

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc.

Según sus propiedades:

- **Sustratos químicamente inertes.** Arena granítica o silícea, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.

- **Sustratos químicamente activos.** Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales lignocelulósicos, etc.

La diferencia entre ambos viene determinada por un intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato. Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta, pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal.

Según el origen de los materiales.

Materiales orgánicos

- De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas)
- De síntesis. Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.).

- Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, aserrín y virutas de madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.).

Materiales inorgánicos o mineralizados

- De origen natural. Se obtiene a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamiento físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).

- Transformados o tratados. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.).

- Residuos y subproductos industriales. Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles de carbón, etc.). (INFOAGRO 2017)

2.3. ÁMBITO DE ESTUDIO

El camal Municipal de Huaraz se encuentra ubicado en el Jr. F. Bolognesi a un costado del Centro Penitenciario de la Ciudad de Huaraz, en ella se realiza el Faenamiento de Ganado vacuno, ovino, porcino y caprino diariamente, siendo los lunes y jueves los días en que la cantidad de Faenamiento es mayor. Los residuos tanto sólidos, líquidos y gaseosos vienen generando graves problemas al ambiente ya que no son manejados adecuadamente.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Abono. Sustancia que contiene cantidades apreciables de uno o más de los elementos químicos indispensable para a vida vegetal.

Aerobio. Que necesita aire para vivir.

Calcio (Ca): Requerido por todas las plantas, actúa como regulador del crecimiento, responsable en la constitución de tejidos, trabaja muy bien junto al Boro.

Compost: Fertilizante compuesto de residuos orgánicos (desechos domésticos, hiervas, deyecciones animales, etc.), tierra y cal.

Compost Maduro: Es el producto higiénico y estabilizado del compostaje. Se caracteriza por contener nutrientes disponibles para las plantas; así como una baja concentración de ácidos fitotóxicos.

Compostable: Material que puede biodegradarse por acción microbiológica en un corto periodo de tiempo y sin dejar residuos visible ni tóxicos.

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.

Desechos: Son aquellos materiales, sustancias, objetos, cosas, entre otros, que se necesita eliminar porque ya no ostenta utilidad.

Faenamiento: Es el proceso ordenado sanitariamente para el sacrificio de un animal, con objeto de obtener su carne en condiciones óptimas para el consumo humano. Debe llevarse a cabo siguiendo las normas técnicas y sanitarias.

Fósforo (P): Desempeña un papel importante en el desarrollo del sistema radicular, interviene en la formación del tejido leñoso y además en la fructificación, formación y maduración del fruto, esencial en la formación de semillas.

Magnesio (Mg): Es el principal componente de la molécula de clorofila de allí el color verde de la hoja y su importancia en el proceso fotosintético, indispensable en la absorción y metabolismo del fósforo, interviene en el aprovechamiento del potasio y la acumulación de azúcares.

Matadero: Es una instalación industrial estatal o privada en la que se sacrifican animales de granja para su posterior procesamiento, almacenamiento y comercialización como carne u otra clase de productos de origen animal.

Mesófilo: Aquel que tiene una temperatura optima de crecimiento de 15 y 35°C.

Microorganismos: Organismo Microscópico animal o vegetal.

Nutrientes: Un nutriente es aquello que nutre, es decir, que aumenta la sustancia del cuerpo animal o vegetal.

pH: Nombre de la escala que mide el valor de la acidez o alcalinidad de una sustancia. Sus valores van de 0 a 14. Se considera neutro un valor de 7, mientras que por debajo del valor corresponde a una materia acida y por encima a una materia alcalina.

Potasio (K): Importante para el metabolismo del nitrógeno, el transporte, formación de azúcares y almidones, regula la apertura de las estomas haciéndolo importante en las relaciones hídricas, interviene en la constitución de tejidos dando así resistencia a la planta contra enfermedades.

Residuo Sólido: Materiales generados en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción consumo, utilización, control, reparación o tratamiento,

cuya calidad no permite usarlos nuevamente en el proceso que el género, que pueden ser objeto de tratamiento y/o reciclaje.

Subproducto: Producto secundario que se obtiene además del principal en un proceso industrial de elaboración, fabricación o extracción.

Termófilo: Organismos vivos que pueden soportar condiciones extremas de temperatura relativamente altas, por encima de los 45°.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS DE LA TESIS

3.1.1. MATERIALES

Se utilizaron los siguientes materiales, herramientas y equipos:

EQUIPOS: Baldes, Balanza, Palas, Plástico, Coladores, cilindros, Tamiz de malla metálica

MATERIAL DE LABORATORIO: Termómetro de compost, cintas medidoras de pH, Balanza, Bolsas de plástico.

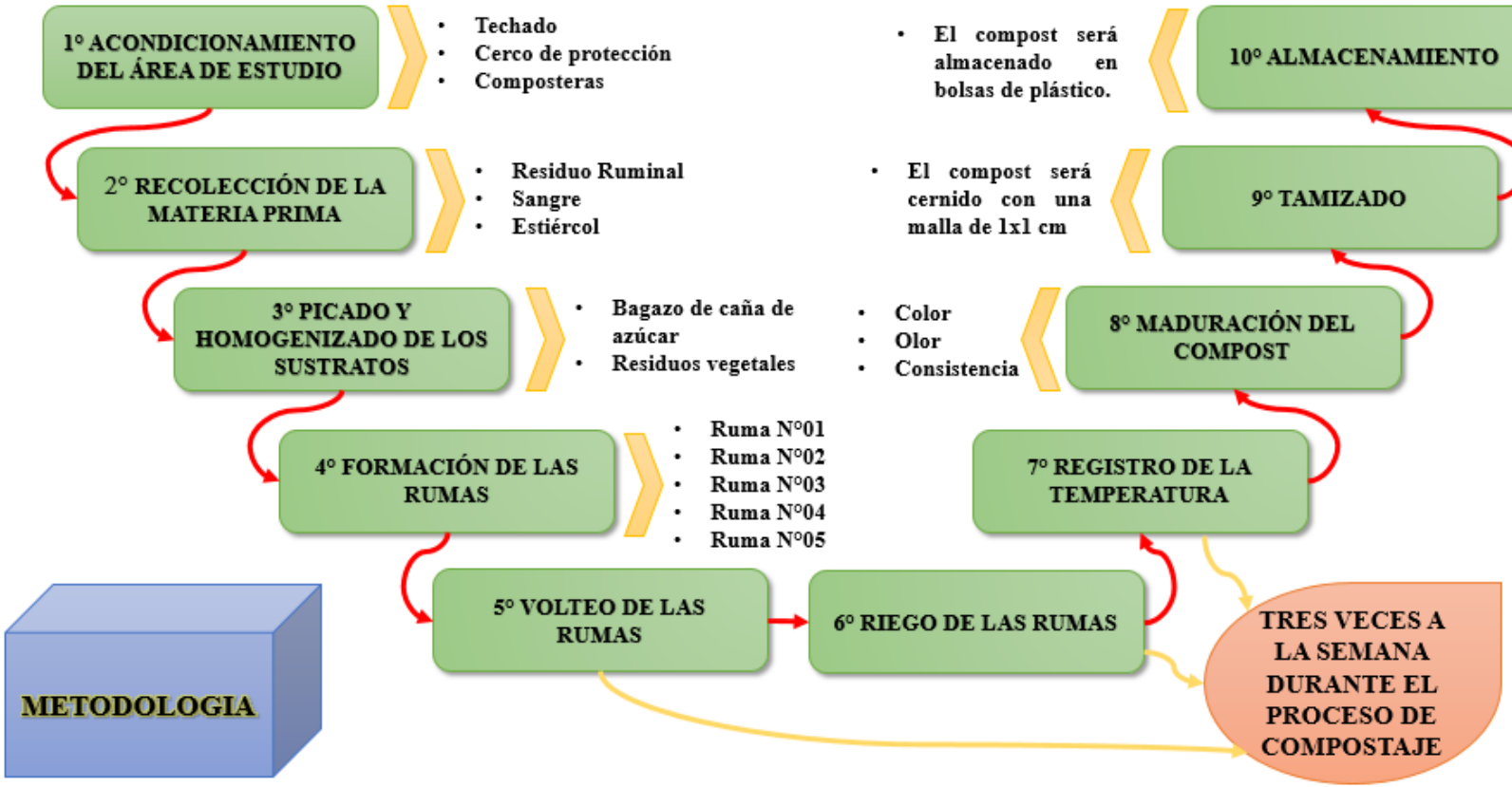
MATERIALES PARA COMPOST: Residuos vegetales, Bagazo de caña, Contenido ruminal, sangre y estiércol.

MATERIALES DE SEGURIDAD: Overol, Mascarillas, Guantes, Botas, Algodón.

MATERIALES DE OFICINA: Libreta de registro, cámara fotográfica, hojas de papel, lapicero, impresiones.

3.1.2. METODOS

Esquema N°1. Metodología para el compostaje de los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado del Camal Municipal de Huaraz, utilizando diferentes sustratos.



3.1.2.1. ACONDICIONAMIENTO DEL ÁREA EXPERIMENTAL

Para el acondicionamiento del área, se tuvo en cuenta las cinco unidades experimentales que se realizarían (Compost N° 1, Compost N° 2, Compost N° 3, Compost N° 4 y Compost N° 5) y las características que cada uno de ellos tenía.

Fotografía N°1. Construcción del área donde se desarrollará la investigación

El área total de trabajo es de 30,00m2 (10,00 m de largo y 3,00 m de ancho). En esta se construyeron las cinco composteras con una pendiente de 1% que facilitara la recolección de los lixiviados de cada una de ellas. Será techada con calaminas, para lo cual se colocarán soportes de madera. El techo tendrá una pendiente para la caída de las precipitaciones pluviales y su función principal es evitar que los factores ambientales, como lluvias y el calor, afecten al proceso de compostaje. Sera cercada con costales negros para impedir el ingreso a animales y personas ajenas a la tesis.

Fotografía N°2. Área experimental techada y con cerco de protección

Las dimensiones de las composteras fueron definidas en base a un mejor manejo del volumen de residuos a utilizar, las medidas de largo y ancho se determinaron para brindar estabilidad a la ruma (altura de 1.00m). Las cinco Composteras destinados a los diferentes tratamientos, tuvieron las siguientes dimensiones: 1.5 m de largo y 1.2 m de ancho. Estos cuadrantes estuvieron cubiertos de plástico de doble grosor para evitar la contaminación del suelo.

Fotografía N°3. Impermeabilizado de los cuadrantes de las composteras

Para la recolección de lixiviados se usaron baldes de 18,00 litros los cuales fueron enterrados al final de cada compostera.

Fotografía N°4. Baldes colocados al final de cada compostera para la recolección de los lixiviados

3.1.2.2. RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La recolección de los residuos para el proceso de compostaje se realizó en el Camal Municipal de Huaraz, hasta obtener el volumen deseado para cada ruma de compost.

El contenido ruminal y la sangre fueron recolectados en cilindros y el estiércol por separado. De igual forma se trasladaron los desechos de bagazo de caña de azúcar proveniente de los comerciantes de la ciudad de Huaraz y los desechos vegetales que se origina en el mercado popular de Huaraz.

Fotografía N°5. Recolección del Residuo ruminal antes de que sea descargado en la alcantarilla

Fotografía N°6. Recolección del Residuo ruminal y la sangre en cilindros.

Fotografía N°7. Recolección del Residuo ruminal dentro de las instalaciones del camal municipal de Huaraz

3.1.2.3. PICADO Y HOMOGENIZACIÓN DE LOS SUSTRATOS

Para facilitar el proceso de compostaje se debe de tener el mayor grado de división posible para acelerar el ataque de los microorganismos descomponedores, esto se logrará picando los residuos vegetales y el bagazo de caña de azúcar con un machete.

Fotografía N°8. Picado de los residuos vegetales antes de ser colocados en las rumas.

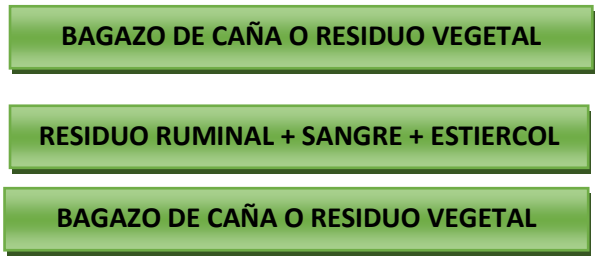
Además, se realizó una preclasificación para determinar que los desechos vegetales ni el bagazo de caña de azúcar contengan desechos inorgánicos como plásticos, vidrios o metales.

3.1.2.4. FORMACIÓN DE LAS RUMAS

El tratamiento inicio con la formación de las rumas de compost, la cual se realizó de la siguiente manera:

_ Se formaron rumas de compostaje alternando las capas de la siguiente manera:

Esquema N°2. Conformación de las rumas según el sustrato que se ha de utilizar



_ Se continuó con el paso anterior hasta alcanzar una ruma de 1.0m de altura.

_ Se cortaron ramas de 20,00 cm de largo y se colocaron en las rumas que tenían como sustrato el residuo vegetal.

Las cinco rumas de compost se formaron siguiendo los pasos ya antes indicados, en las primeras dos rumas se utilizaron como sustrato el bagazo de caña de azúcar, en la tercera ruma no se utilizó ningún sustrato y en las dos últimas se utilizó como sustrato el residuo vegetal.

Fotografía N°9. Ruma compuesta por contenido ruminal, sangre y estiércol utilizando como sustrato el bagazo de caña de azúcar

Fotografía N°10. Ruma compuesta por contenido ruminal, sangre y estierco.

Fotografía N°11. Ruma compuesta por contenido ruminal, sangre y estierco utilizando como sustrato los residuos vegetales.

3.1.2.5. VOLTEO DE LAS RUMAS

Con la finalidad de mantener una fermentación aerobia se procedió al volteo de las rumas manualmente para evitar fermentaciones anaerobias proporcionando así un sustrato viable para el desarrollo de los microorganismos.

Fotografía N°12. Volteo de las rumas en la segunda semana del proceso de compostajes

Fotografía N°13. Volteo de las rumas en la sexta semana del proceso de compostajes

3.1.2.6. RIEGO DE LAS RUMAS

El riego se realizó para mantener la humedad en cada una de las unidades experimentales. En la primera y cuarta unidades experimentales el riego se realizó con azúcar diluida, mientras que, en la segunda, tercera y quinta ruma el riego se realizó con el lixiviado proveniente de estas composteras.

Fotografía N°14. Riego de las rumas

3.1.2.7. REGISTRO DE LA TEMPERATURA

El monitoreo y registro de temperatura se realizó semanalmente, con un termómetro digital, procurando hacer tres lecturas por cada unidad experimental: una en la parte superior, otra en la parte intermedia y la

última en la parte inferior; estos valores fueron promediados para obtener una lectura única que se analizó estadísticamente.

Fotografía N°15. Registro de la temperatura

3.1.2.8. MADURACIÓN DEL COMPOST

Después del último volteo se mantuvieron en reposo cada una de las rumas para completar el proceso de compostaje.

Fotografía N°16. Compost obtenido del subproducto del camal utilizando el bagazo de caña de azúcar como sustrato.

Fotografía N°17. Compost obtenido del subproducto del camal - testigo

Fotografía N°18. Compost obtenido del subproducto del camal utilizando los residuos vegetales como sustrato.

3.1.2.9. TAMIZADO

Al finalizar el proceso de compostaje se tamizaron las unidades experimentales, con la finalidad de establecer el rendimiento o la conversión de la materia orgánica inicial a compostar con el compost obtenido además se envió las muestras de los tratamientos para realizar un análisis físico-químico, para establecer nutricionalmente valores de elementos como N, P, K, Ca, Mg. además del contenido de materia orgánica, pH y Conductividad eléctrica.

Fotografía N°19. Tamizado del compost haciendo uso de una malla de 1cm2

Fotografía N°20. Compost obtenido del subproducto del camal utilizando el bagazo de caña de azúcar como sustrato después de ser tamizado

Fotografía N°21. Compost obtenido del subproducto del camal – testigo después de ser tamizado.

Fotografía N°22. Compost obtenido del subproducto del camal utilizando los residuos vegetales como sustrato después de ser tamizado

3.1.2.10.ALMACENAMIENTO

Una vez obtenido el compost de subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado se procedió a embalarlo en sacos plásticos, debidamente etiquetados, para ser almacenados en un lugar fresco a temperatura ambiente.

3.2. PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la recolección de la información de la variable independiente (Condiciones del compostaje) se siguió el siguiente proceso:

- Se realizó el registro de la temperatura en cada una de las rumas, durante las nueve semanas del proceso de compostaje.

Para la recolección de la información de la variable dependiente (Calidad del compost) se siguió el siguiente proceso:

Finalizado el proceso de compostaje, se tomó un kilogramo de muestra de cada una de las rumas, recopilándolas en bolsas plásticas transparentes por separado e identificándolos a través de una etiqueta.

Fotografía N°23. Muestra de compost de cada una de las rumas ya tamizada

- **ANÁLISIS DE LABORATORIO**

Se realizó el análisis de laboratorio para obtener los porcentajes de los siguientes macro y micro elementos:

_ Macronutrientes: %N, %P, %K

_ Micronutrientes: %Ca, %Mg

_ Relación C/N

_ Valor del pH

_ % de materia orgánica

El análisis completo se llevó a cabo en laboratorio de Suelos y Aguas - FCA - UNASAM

3.3. DISEÑO ESTADÍSTICO: POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: La población de la presente investigación estuvo conformada por 5 unidades experimentales denominadas composteras, cada una con 250 kg de materiales a compostar.

Muestra: Se extrajo 1 kg de cada unidad experimental, para determinar el efecto que tuvieron los sustratos utilizados en la calidad del compost.

3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.4.1. FICHAS

Para registrar la información del análisis de la bibliografía existente. Estas fichas fueron de registro o localización (fichas bibliográficas) u de documentación e investigación (fichas textuales o de transcripción, resumen, comentario).

3.4.2. LIBRETA DE CAMPO

Se utilizó para apuntar la información en campo sobre la respuesta del compost.

_ **La temperatura en las pilas de compostaje**

La lectura de las temperaturas del proceso de compostaje se realizó tres veces por semana durante dos meses en las cinco unidades experimentales de compostaje, donde se observó claramente las fases Mesófilo, termófilo, enfriamiento y maduración**.**

La medición de la temperatura se realizó in situ con un termómetro digital, registrando la temperatura en la parte superior, intermedia e inferior de cada ruma, obteniéndose así una temperatura promedio cada día, tres veces por semana durante nueve semanas.

_ **La Humedad en las pilas de compostaje**

La Humedad fue determinada por la pérdida de peso, la cual fue medida en las muestras que fueron extraídas inicialmente de cada una de las unidades experimentales realizándose tres veces por semana durante dos meses. Inicialmente se extrajo un total de cinco kilogramos de cada unidad experimental, las cuales fueron colocadas sobre una superficie para así determinar la pérdida de peso de cada muestra hasta el último día del proceso de compostaje.

_ **Color, olor y tamaño de las partículas del compost.**

El color y el olor durante el proceso de compostaje fueron registrados mediante la observación y el olfato ya que estos eran fácilmente percibidos.

En cuanto al tamaño de la partícula esta fue determinada al final del proceso mediante el cernido de cada unidad experimental, obteniéndose un compost con partículas menores o iguales a un centímetro.

3.4.3. REPORTES DE LABORATORIO

La determinación de los parámetros de la calidad del compost pH, Conductividad eléctrica, Materia Orgánica, Relación C/N y Nutrientes se realizaron en el laboratorio de Suelos y Aguas – FCA – UNASAM.

Para realizar el análisis de los parámetros nutricionales los cuales determinarían la calidad de compost, se extrajo una muestra representativa de 1 kg de cada unidad experimental, la cual nos proporcionara los datos que requerimos mediante un reporte de análisis de laboratorio.

Cuadro N°8. Parámetros para determinar la calidad del compost

PARÁMETRO	UNIDAD
Ph	Unidad
M.O	%
C	%
N	%
C/N	Unidad
P	%
K	%
Ca	%
Mg	%

CAPITULO IV
RESULTADOS

4.1. COMPARACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE LAS CINCO COMBINACIONES

4.1.1. TEMPERATURA REGISTRADAS EN CADA UNA DE LAS COMBINACIONES

Cuadro N°9. Temperaturas registradas durante el proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales

Fecha	Día	T° Ambiente	T° C - N° 01	T° C – N°02	T° C – N°03	T° C – N°04	T° C – N°05
11/10/2016	1	14.80	17.43	16.87	18.89	16.23	17.82
12/10/2016	2	14.73	37.52	26.76	37.56	27.54	26.78
13/10/2016	3	13.89	46.15	35.98	55.46	32.56	43.23
14/10/2016	4	14.65	52.46	40.09	48.98	38.94	50.52
15/10/2016	5	14.80	48.34	48.38	42.47	46.76	45.23

17/10/2016	7	14.80	46.63	43.60	38.20	35.90	37.45
19/10/2016	9	13.11	42.77	37.53	33.43	29.30	29.73
21/10/2016	11	12.00	41.50	39.43	32.73	29.23	29.40
23/10/2016	13	15.20	40.00	38.27	34.13	30.33	26.73
25/10/2016	15	15.00	39.13	30.60	32.80	29.70	28.03
27/10/2016	17	15.00	36.43	30.00	36.70	26.87	27.37
29/10/2016	19	15.30	28.23	26.07	38.40	29.67	29.93
31/10/2016	21	15.40	25.30	23.15	37.15	30.00	30.05
02/11/2016	23	14.80	20.77	20.50	36.00	31.73	31.93
04/11/2016	25	13.10	20.93	18.87	31.17	28.53	31.13
06/11/2016	27	14.90	21.20	19.17	36.83	30.73	31.83
08/11/2016	29	14.40	19.40	18.40	33.40	30.07	28.67
10/11/2016	31	16.20	20.10	19.43	30.47	29.41	27.54
12/11/2016	33	13.90	21.97	20.87	28.57	28.07	25.57
14/11/2016	35	12.70	19.67	18.77	23.73	24.00	21.97
16/11/2016	37	13.80	18.26	17.09	20.10	21.32	20.00
18/11/2016	39	15.20	17.57	16.20	18.67	19.67	17.77
20/11/2016	41	13.80	16.43	15.30	19.40	24.20	18.90
22/11/2016	43	14.10	17.65	15.64	19.05	22.45	18.50
24/11/2016	45	14.32	18.00	15.97	18.03	19.20	18.10
26/11/2016	47	13.45	18.57	17.13	18.70	19.53	18.10
28/11/2016	49	12.45	19.43	17.73	18.87	18.57	18.30
30/11/2016	51	13.23	20.05	18.00	19.00	19.08	18.50
02/12/2016	53	13.43	21.17	19.23	19.63	20.87	18.90

04/12/2016	55	14.50	20.60	17.73	19.13	19.27	18.40
06/12/2016	57	13.00	17.83	16.10	17.37	17.57	17.13
08/12/2016	59	14.42	19.03	16.57	18.00	18.23	17.00
10/12/2016	61	14.11	18.73	16.13	17.60	18.13	16.87
12/12/2016	63	14.13	16.54	16.00	17.02	17.21	16.31

Elaboración: Propia

Mesofílica 1:

Cada una de las combinaciones tuvieron las siguientes duraciones en esta etapa; Compost N°01 dos días, compost N°02 tres días, compost N° 03 dos días, Compost N°04 tres días y compost N°05 dos días, En esta etapa abundan las bacterias y hongos mesofílicos. El número de actinomicetos permanece relativamente bajo. Debido a la actividad metabólica de todos estos microorganismos la temperatura aumenta gradualmente, el Compost N° 01 alcanzó una temperatura de 37.52 ºC, el Compost N°02 alcanzó una temperatura de 35.98 ºC, el Compost N°03 alcanzó una temperatura de 37.56 ºC, el compost N°05 alcanzó una temperatura de 32.56 ºC y en el compost N°05 alcanzó una temperatura de 26.78 ºC, durante estos días se tuvieron ligeros cambios en la materia, no muy perceptible, a su vez se hizo el volteo para homogenizar la materia y garantizar un proceso uniforme de compostaje.

Termofilica:

Cada una de las combinaciones tuvieron las siguientes duraciones en esta etapa; Compost N°01 quince días, Compost N°02 diez días, Compost N°03 estos veinticinco días, Compost N°04 veinte días y Compost N°05 veinticinco días, la temperatura continúa ascendiendo hasta llegar a valores de 52.46°C en el Compost N°01, a 48.38°C en el compost N°02, a 55.446°C en el compost N°03, a 46.76 en el compost N°04 y a 50.52 en el compost N°05. Las poblaciones de bacterias y hongos mesofilicos mueren o permanecen en estado de dormancia

mientras que las bacterias termofílicas, actinomicetos y hongos termofílicos encuentran su óptimo, generando incluso más calor que los mesófilos. Es en esta etapa cuando comienza la higienización del residuo debido a las altas temperaturas, la mayoría de las semillas y enteropatógenos como Salmonella, Campylobacter, Shigella mueren al estar sometidos durante días a altas temperaturas. Durante los días que duro esta etapa se continuó homogeneizando cada ruma para poder mantener la concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme en toda la ruma de los residuos.

Mesofílica 2:

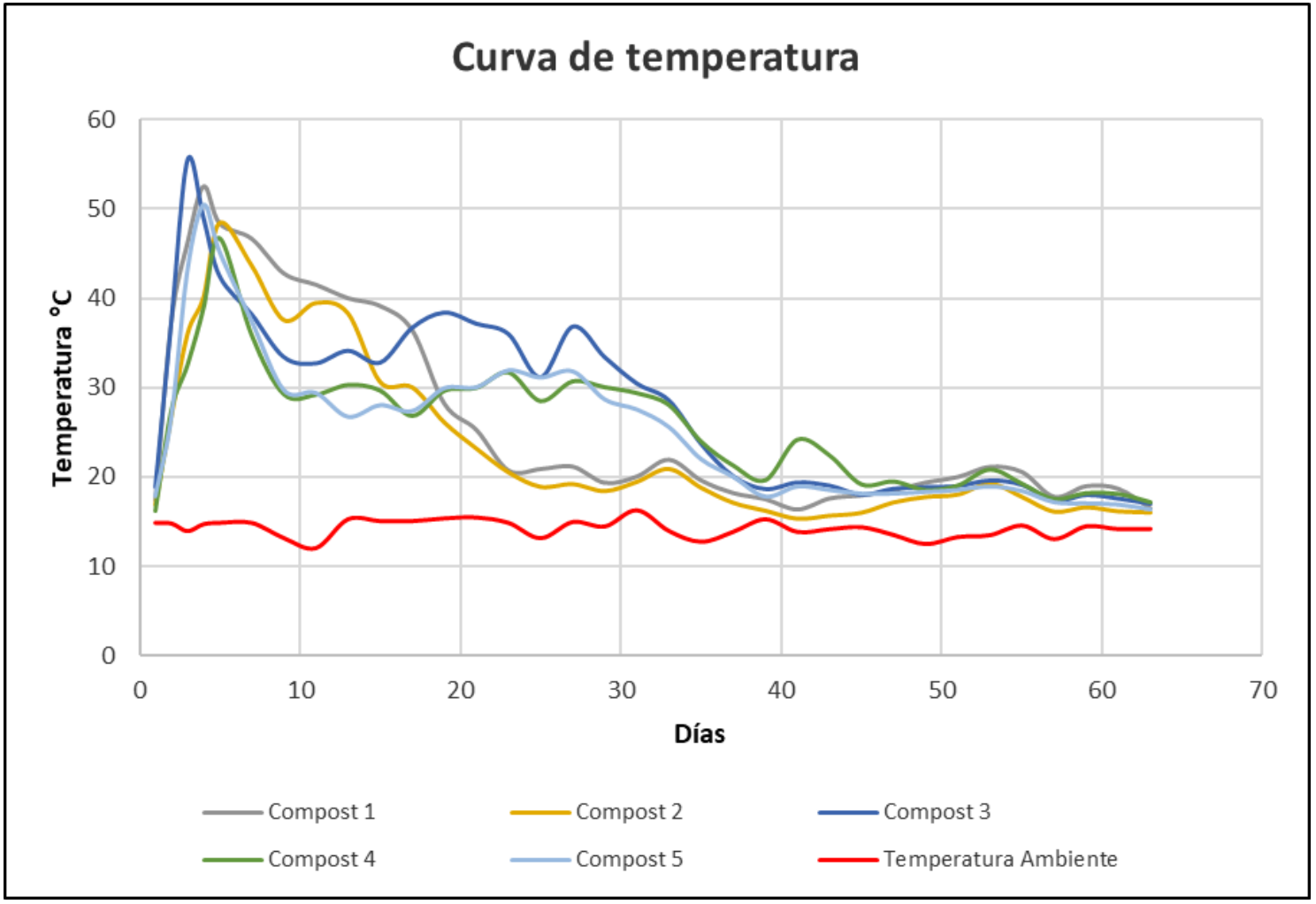
Cada una de las combinaciones tuvieron las siguientes duraciones en esta etapa; Compost N°01 diez días, Compost N°02 veinte días, Compost N°03 catorce días, Compost N°04 treinta días y Compost N°05 diez días. Una vez que los nutrientes y energía comienzan a escasear, la actividad de los microorganismos termofílicos disminuye, consecuentemente la temperatura en la ruma N°01 desciende desde los 51.10ºC hasta una temperatura de 28.23°C, en la ruma N°02 desciende desde los 47.80ºC hasta una temperatura de 30.60°C, en la ruma N°03 desciende desde los 55.46ºC hasta una temperatura de 33.40°C, en la ruma N°04 desciende desde los 46.87ºC hasta una temperatura de 28.53°C y en la ruma N°05 desciende desde los 52.46ºC hasta una temperatura de 28.67°C, provocando que los microorganismos termófilos pasen a estados de latencia y la reaparición de microorganismos mesofílicos que dominarán el proceso iniciándose la formación de ácido húmico. Durante los días que duro esta etapa se continuó homogeneizando la ruma para poder mantener la concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme en toda la ruma de los residuos.

Maduración:

Cada una de las combinaciones tuvieron las siguientes duraciones en esta etapa; Compost N°01 treinta y seis días, Compost N°02 treinta días, Compost

N°03 veintidós días, Compost N°04 diez días y Compost N°05 veintiséis días. La temperatura se estabiliza alcanzando la temperatura ambiente, los actinomicetos adquieren especial importancia en la formación ácidos húmicos y son frecuentemente productores de antibióticos que inhiben el crecimiento de bacterias y patógenos, en esta etapa se deja de voltear ya que todos los factores se encuentran estabilizados. Se recomienda mantener la humedad para que el compost mantenga su calidad.

Gráfico N°.3. Curva de temperatura en cada una de las cinco unidades experimentales



Elaboración: Propia

En el Grafico N°3 se observa que el Compost N°01, Compost N°02, Compost N°03, Compost N°04 y Compost N°05; durante todo el proceso tiene una temperatura superior a la del ambiente, el Compost N°01 alcanzo su temperatura máxima el día 4 llegando a 51.10 °C (Etapa termofilica), al finalizar el proceso de compostaje este tuvo una temperatura de 16.54°C (Etapa de Maduración), el Compost N°02 alcanzo su temperatura máxima el día 5 llegando a 47.80 °C (Etapa termofilica), al finalizar el proceso de compostaje este tuvo una temperatura de 16.00°C (Etapa de Maduración), el Compost N°03 alcanzo su temperatura máxima el día 3 llegando a 55.46 °C (Etapa termofilica), al finalizar el proceso de compostaje este tuvo una temperatura de 17.02°C (Etapa de Maduración), el Compost N°04 alcanzo su temperatura máxima el día 5 llegando a 46.87 °C (Etapa termofilica), al finalizar el proceso de compostaje este tuvo una temperatura de 17.21°C (Etapa de Maduración) y el Compost N°05 alcanzo su temperatura máxima el día 4 llegando a 52.46°C (Etapa termofilica), al finalizar el proceso de compostaje este tuvo una temperatura de 16.31°C (Etapa de Maduración).

4.1.2. pH DE CADA UNA DE LAS COMBINACIONES

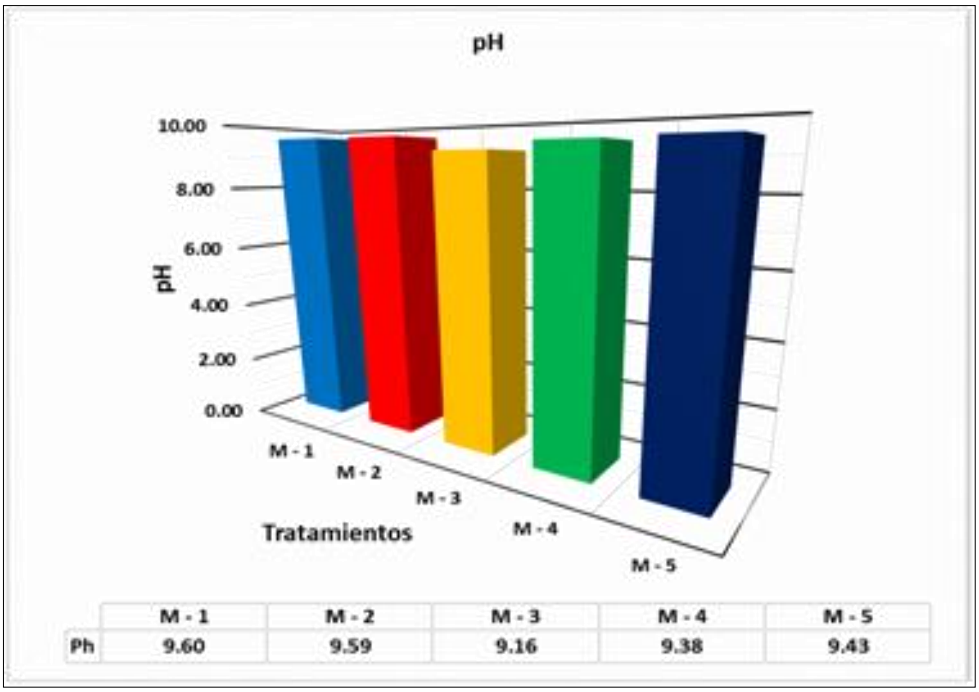
Cuadro N°10. pH después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales

MUESTRA	pH
M - 1	9.60
M - 2	9.59
M - 3	9.16
M - 4	9.38
M - 5	9.43

En el Cuadro N° 10, se observa los valores finales de pH en cada una de las diferentes unidades experimentales, en todas ellas se obtuvo un pH básico lo

que indica que el proceso estuvo adecuadamente aireado, es decir no se desarrolló un tratamiento anaerobio.

Gráfico N°.4. pH en cada una de las unidades experimentales



En el grafico N°04, se observa que la M – 1 (Residuos de camal + Bagazo + Azúcar) tiene un pH básico mayor de 9.60 y la M – 5 (Residuo de camal + Residuos Vegetales + Lixiviado) tiene un pH básico menor de 9.16.

4.1.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE CADA UNA DE LAS COMBINACIONES

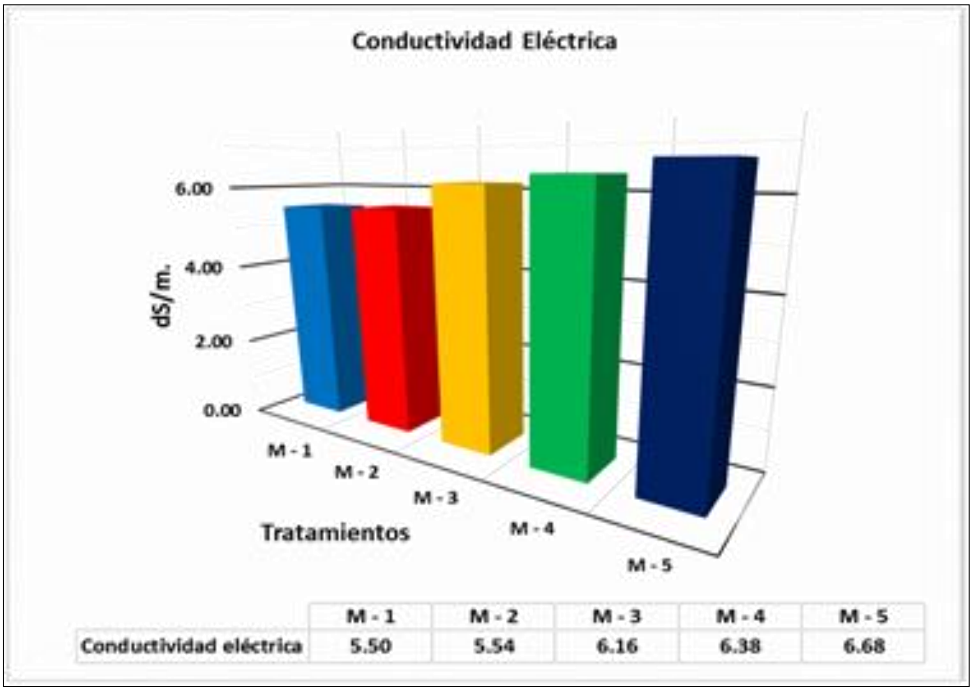
Cuadro N°11. Conductividad Eléctrica después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales

MUESTRA	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
M - 1	5.50

M - 2	5.54
M - 3	6.16
M - 4	6.38
M - 5	6.68

En el Cuadro N° 11, se observa los valores finales de la Conductividad Eléctrica en cada una de las diferentes unidades experimentales, en todas ellas se obtuvieron valores superiores a 5 mmho/cm., lo cual indica que antes de ser utilizado debe de ser mezclado con otra sustancia.

Gráfico N°.5. Conductividad eléctrica en cada una de las unidades experimentales



En el grafico N°05, se observa que la M – 1 (Residuos de camal + Bagazo + Azúcar) tiene una conductividad eléctrica de 5.50 mmho/cm. y la M – 5 (Residuo de camal + Residuos Vegetales + Lixiviado) tiene una conductividad eléctrica de 6.68 mmho/cm.

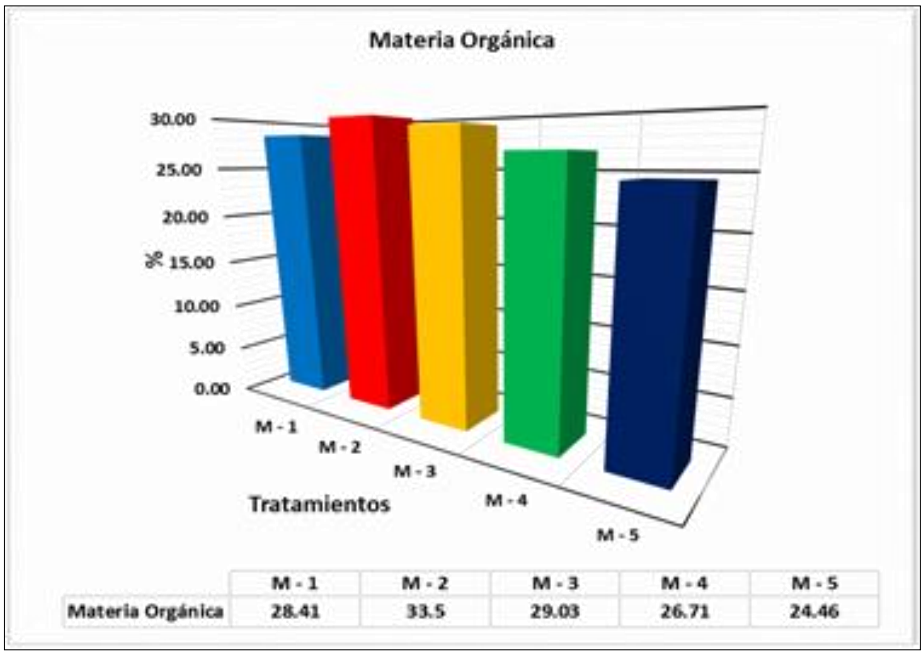
4.1.4. MATERIA ORGÁNICA DE CADA UNA DE LAS COMBINACIONES

Cuadro N°12. Materia Orgánica después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales

MUESTRA	MATERIA ORGÁNICA
M - 1	28.41
M - 2	33.5
M - 3	29.03
M - 4	26.71
M - 5	24.46

En el Cuadro N° 12, se observa los valores finales de la Materia Orgánica en cada una de las diferentes unidades experimentales, en M-1, M-2, M-3 Y M-4 se obtuvieron valores superiores a 25%, mientras que en M-5 se obtuvo un valor inferior a 25%.

Gráfico N°.6. Materia Orgánica en cada una de las unidades experimentales



En el grafico N° 06, se observa que en la M – 2 (Residuos de camal + Bagazo + Lixiviado) tiene un porcentaje mayor de materia orgánica con un valor de 33.5% y la M – 5 (Residuo de camal + Residuos Vegetales + Lixiviado) tiene un porcentaje menor de materia orgánica con un valor de 24.46%

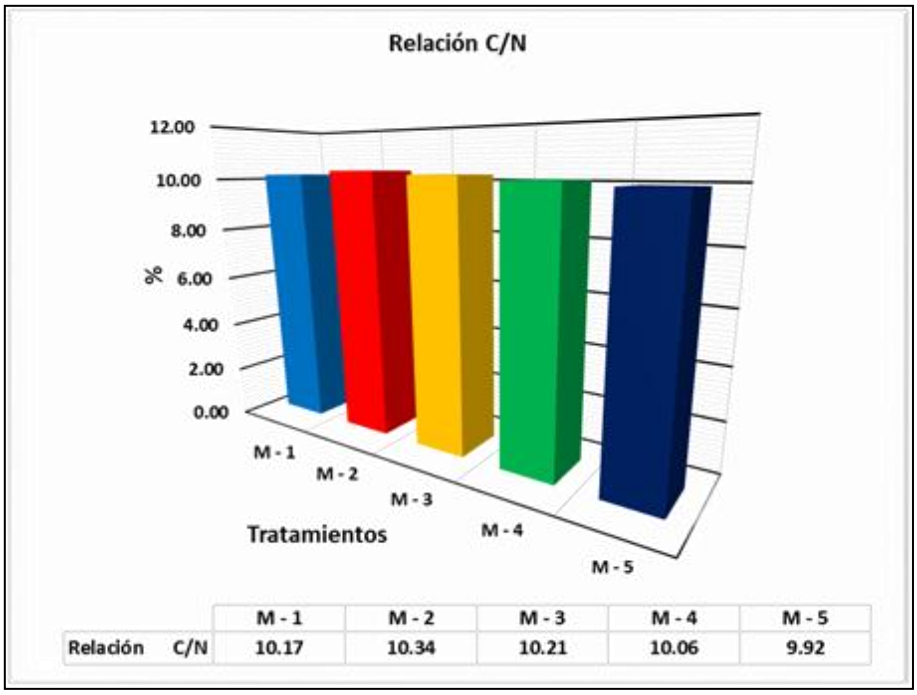
4.1.5. RELACIÓN C/N DE CADA UNA DE LAS COMBINACIONES

Cuadro N°13. Relación C/N después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales

MUESTRA	RELACIÓN C/N
M - 1	10.17
M - 2	10.34
M - 3	10.21
M - 4	10.06
M - 5	9.92

En el Cuadro N° 13, se observa los valores finales de la Relación C/N en cada una de las diferentes unidades experimentales, en M-1, M-2, M-3 Y M-4 se obtuvieron valores superiores a 10, mientras que en M-5 se obtuvo un valor inferior a 10.

Gráfico N°.7. Relación C/N en cada una de las unidades experimentales



En el grafico N°07, se observa que en la M – 2 (Residuos de camal + Bagazo + Lixiviado) tiene un valor superior de relación C/N de 10.34 y la M – 5 (Residuo de camal + Residuos Vegetales + Lixiviado) tiene un valor inferior de relación C/N de 9.92.

4.1.6. NUTRIENTES EN CADA UNA DE LAS COMBINACIONES

4.1.6.1. NITRÓGENO DE CADA UNA DE LAS COMBINACIONES:

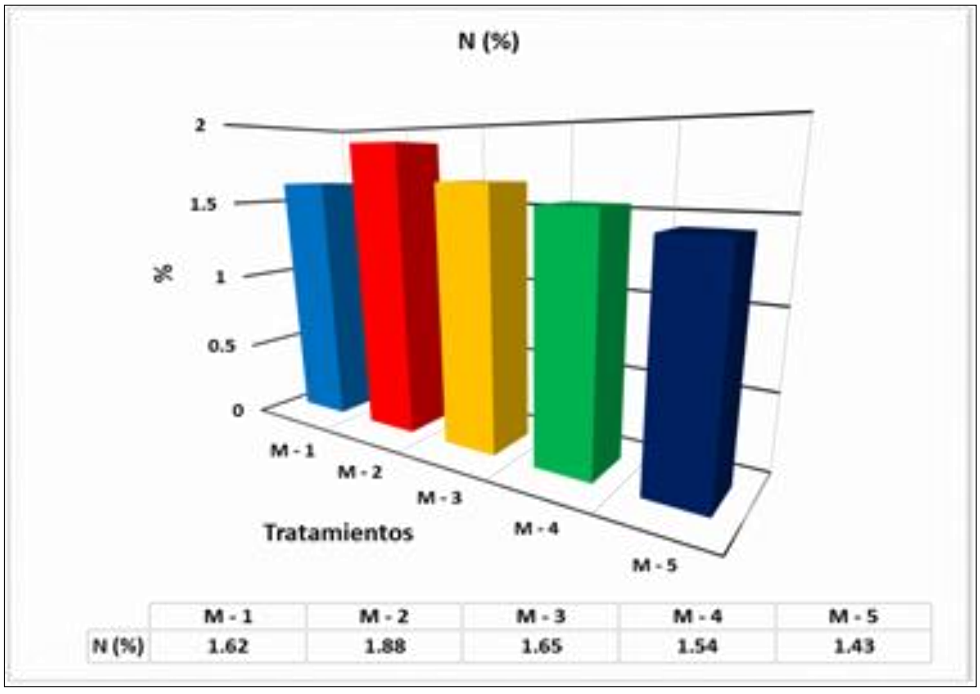
Cuadro N°14. Concentración de Nitrógeno después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales

MUESTRA	N (%)
M - 1	1.62
M - 2	1.88
M - 3	1.65

M - 4	1.54
M - 5	1.43

En el Cuadro N° 14, se observa los valores finales del Nitrógeno en cada una de las diferentes unidades experimentales, en todas ellas se obtuvieron valores superiores a 1%.

Gráfico N°.8. Concentración de Nitrógeno en cada una de las unidades experimentales



En el grafico N°08, se observa que en la M – 2 (Residuos de camal + Bagazo + Lixiviado) tiene un valor superior de Nitrógeno de 1.88% y la M – 5 (Residuo de camal + Residuos Vegetales + Lixiviado) tiene un valor inferior de Nitrógeno de 1.43%.

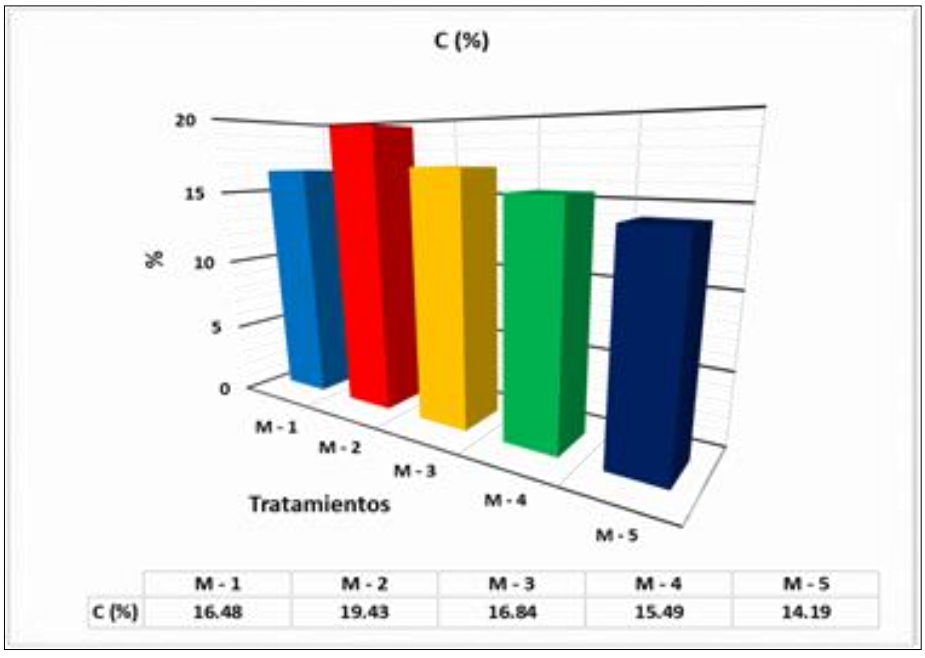
4.1.6.2. CARBONO EN CADA UNA DES COMBINACIONES:

Cuadro N°15. Concentración de Carbono después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales

MUESTRA	C (%)
M - 1	16.48
M - 2	19.43
M - 3	16.84
M - 4	15.49
M - 5	14.19

En el Cuadro N° 15, se observa los valores finales del Carbono en cada una de las diferentes unidades experimentales, en todas ellas se obtuvieron valores superiores a 15%.

Gráfico N°.9. Concentración de Carbono en cada una de las unidades experimentales



En el grafico N°09, se observa que en la M – 2 (Residuos de camal + Bagazo + Lixiviado) tiene un valor superior de Carbono de 19.43% y la M – 5 (Residuo de camal + Residuos Vegetales + Lixiviado) tiene un valor inferior de Carbono de 14.19%.

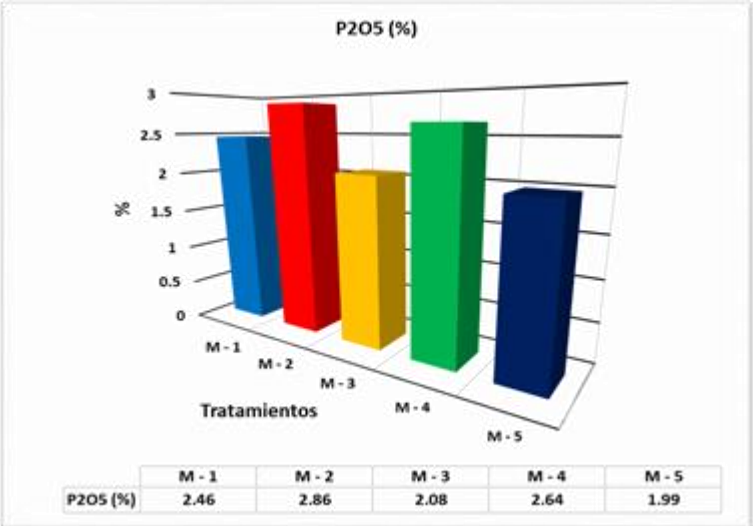
4.1.6.3. FÓSFORO COMO P2O5 EN CADA UNA DE LAS COMBINACIONES

Cuadro N°16. Concentración de P2O5 después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales

MUESTRA	P_2O_5 (%)
M - 1	2.46
M - 2	2.86
M - 3	2.08
M - 4	2.64
M - 5	1.99

En el Cuadro N° 16, se observa los valores finales del Fosforo como P2O5 en cada una de las diferentes unidades experimentales, en todas ellas se obtuvieron valores superiores a 1%.

Gráfico N°.10. Concentración de P_2O_5 en cada una de las unidades experimentales



En el grafico N°10, se observa que en la M – 2 (Residuos de camal + Bagazo + Lixiviado) tiene un valor superior de P2O5 de 2.86% y la M – 5 (Residuo de camal + Residuos Vegetales + Lixiviado) tiene un valor inferior de P2O5 de 1.99%.

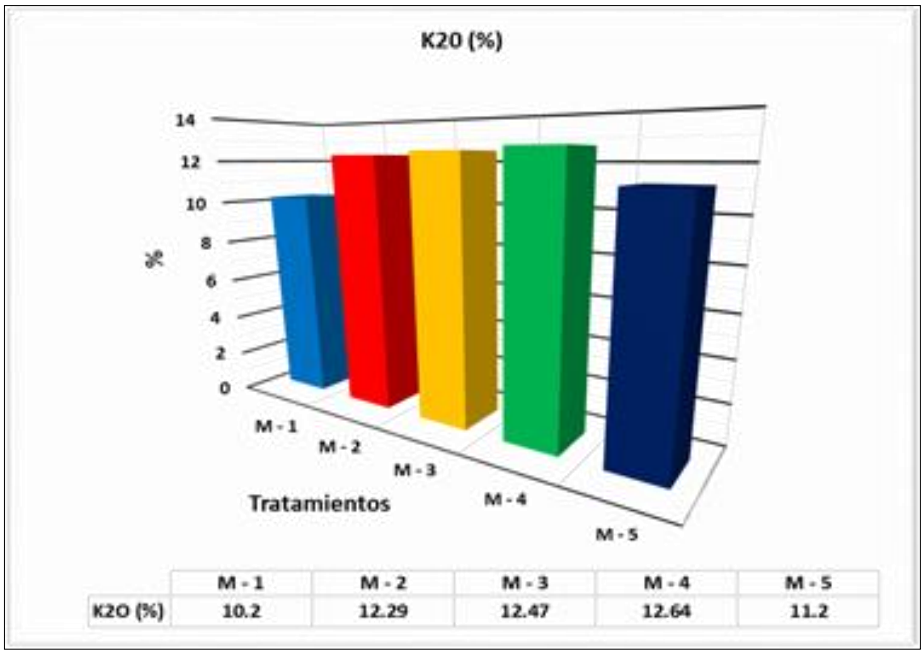
4.1.6.4. POTASIO COMO K2O EN CADA UNA DE LAS COMBINACIONES

Cuadro N°17. Concentración de K2O después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales

MUESTRA	K2O (%)
M - 1	10.20
M - 2	12.29
M - 3	12.47
M - 4	12.64
M - 5	11.20

En el Cuadro N° 17, se observa los valores finales del Potasio como K_20 en cada una de las diferentes unidades experimentales, en todas ellas se obtuvieron valores superiores a 1%.

Gráfico N°.11. Concentración de K_2O en cada una de las unidades experimentales



En el grafico N°11, se observa que en la M – 4 (Residuos de camal + Residuos Vegetales + Azúcar) tiene un valor superior de K2O de 12.64% y la M – 1 (Residuo de camal + Bagazo + Azúcar) tiene un valor inferior de K2O de 10.20%.

4.1.6.5. CALCIO EN CADA UNA DE LAS COMBINACIONES

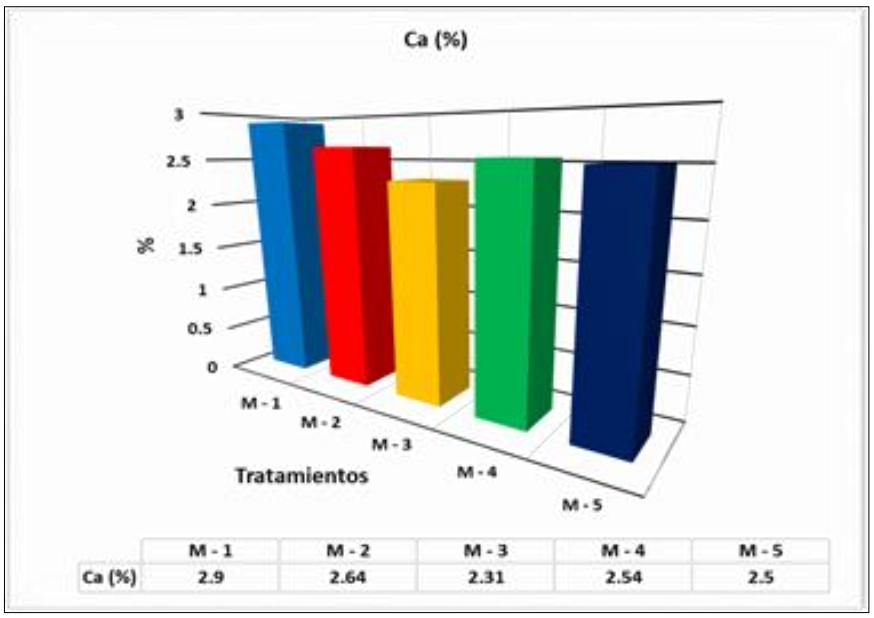
Cuadro N°18. Concentración de Ca después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales

MUESTRA	Ca (%)
M - 1	2.90

M - 2	2.64
M - 3	2.31
M - 4	2.54
M - 5	2.50

En el Cuadro N° 18, se observa los valores finales del Calcio en cada una de las diferentes unidades experimentales, en todas ellas se obtuvieron valores superiores a 2%.

Gráfico N°.12. Concentración de calcio en cada una de las unidades experimentales



En el grafico N°12, se observa que en la M – 1 (Residuos de camal + Residuos Bagazo + Azúcar) tiene un valor superior de Calcio de 2.90% y la M – 3 (Residuo de camal) tiene un valor inferior de Calcio de 2.31%.

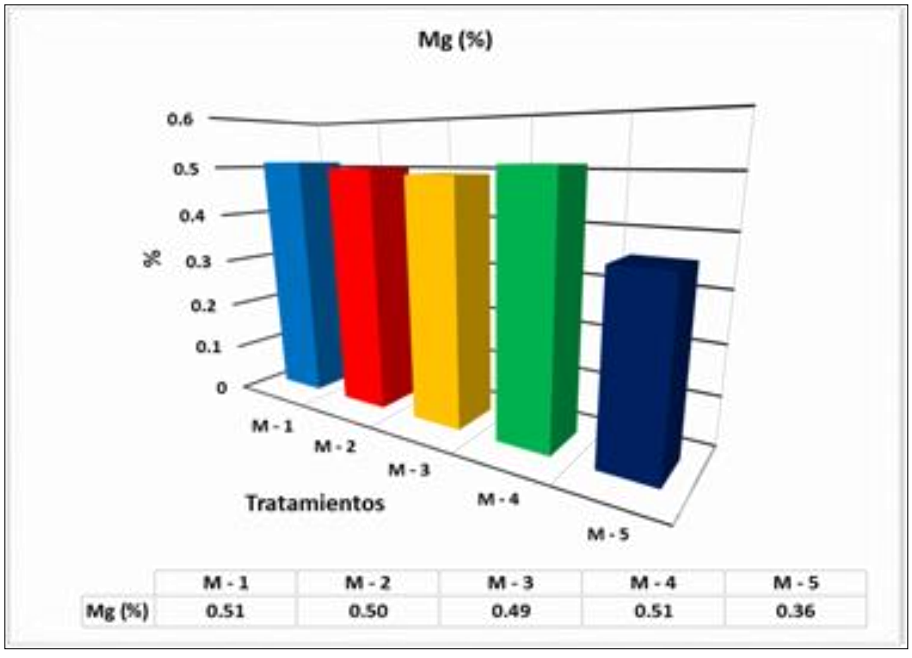
4.1.6.6. MAGNESIO EN CADA UNA DE LAS COMBINACIONES

Cuadro N°19. Concentración de Mg después del proceso de compostaje en cada una de las unidades experimentales

MUESTRA	Mg (%)
M - 1	0.51
M - 2	0.50
M - 3	0.49
M - 4	0.51
M - 5	0.36

En el Cuadro N° 19, se observa los valores finales del Magnesio en cada una de las diferentes unidades experimentales, en todas ellas se obtuvieron valores inferiores a 0.57%.

Gráfico N°.13. Concentración de Magnesio en cada una de las unidades experimentales



En el grafico N°13, se observa que las muestras M – 1 (Residuos de camal + Residuos Bagazo + Azúcar) y M – 4 (Residuos de Camal + Residuo Vegetal + Azúcar) tienen un valor superior de Magnesio de 0.51% y la M – 5 (Residuo de camal + Residuo Vegetal + Lixiviado) tiene un valor inferior de Magnesio de 0.36%.

4.2. DETERMINACIÓN DEL SUSTRATO QUE CONTRIBUYE PARA LA OBTENCIÓN DE UN COMPOST DE BUENA CALIDAD

4.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL COMPOST OBTENIDO HACIENDO USO DE DIFERENTE SUSTRATO

Cuadro N°20. Características físicas del compost obtenido

PARAMETRO	SUSTRATO	
	BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR	**RESIDUOS VEGETALES**
OLOR	Inofensivo similar al olor a tierra húmeda	Inofensivo similar al olor a tierra húmeda
COLOR	Negruzco	Negruzco
CONSISTENCIA	suelta	suelta

Elaboración: Propia

En el cuadro N°20 se muestran las características físicas del compost obtenido finalizado el proceso de compostaje, ambos sustratos contribuyeron a la obtención de un compost de buena calidad. Después del compostaje de los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado del Camal Municipal de Huaraz, utilizando diferentes sustratos, se obtuvo un compost con olor

inofensivo similar al olor de la tierra húmeda, el color del compost fue negruzco y su consistencia fue suelta.

4.2.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL COMPOST OBTENIDO HACIENDO USO DE LOS SUSTRATOS

Cuadro N°21. Características químicas del compost obtenido

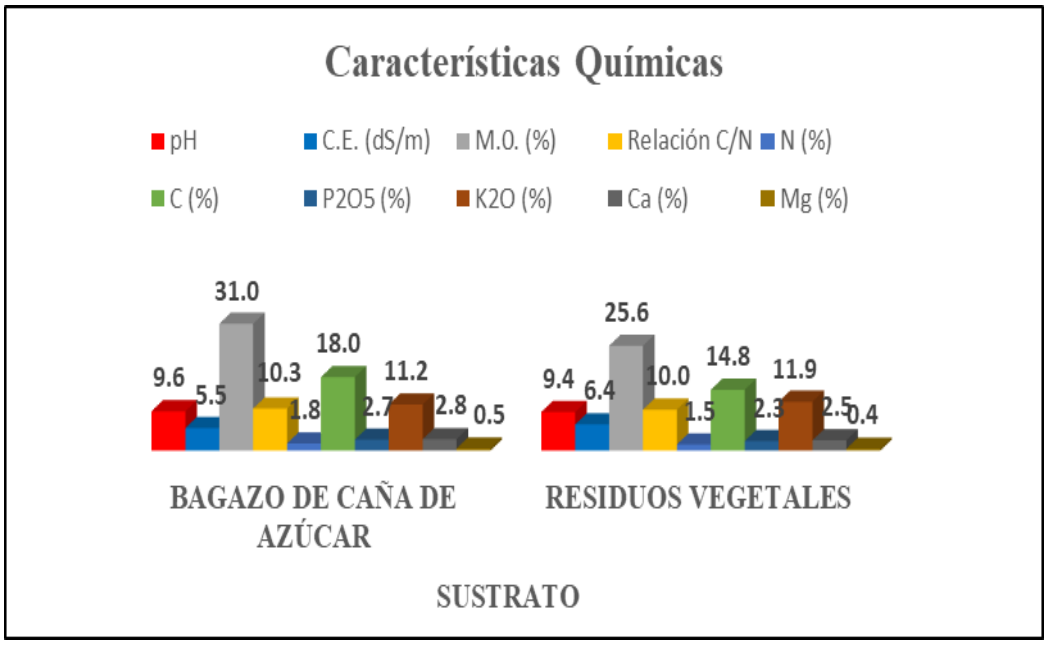
PARAMETROS	SUSTRATO	
	BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	RESIDUOS VEGETALES
pH	9.6	9.38
C.E.	5.5	6.38
M.0.	31.0	26.71
Relación C/N	10.3	10.06
N	1.8	1.54
C	18.0	15.49
P2O5	2.7	2.64
K2O	11.2	12.64
Ca	2.8	2.54
Mg	0.5	0.51

Elaboración: Propia

En el cuadro N°21 se muestran las características químicas del compostaje obtenido finalizado el proceso de compostaje, ambos sustratos contribuyeron a la

obtención de un compost de buena calidad, con algunas restricciones por las características que esta tiene.

Gráfico N°.14. Características del compost elaborado con sustratos diferentes



En el Grafico N°14 se observa las características químicas de los compost elaborados utilizando como sustratos el bagazo de caña de azúcar y los residuos vegetales, se observa que las características de una en comparación con la otra no varían significativamente. Por lo que ambos sustratos contribuyen para la obtención de un compost de calidad.

4.3. DETERMINACIÓN DEL COMPOST CON MEJOR CONTENIDO NUTRICIONAL

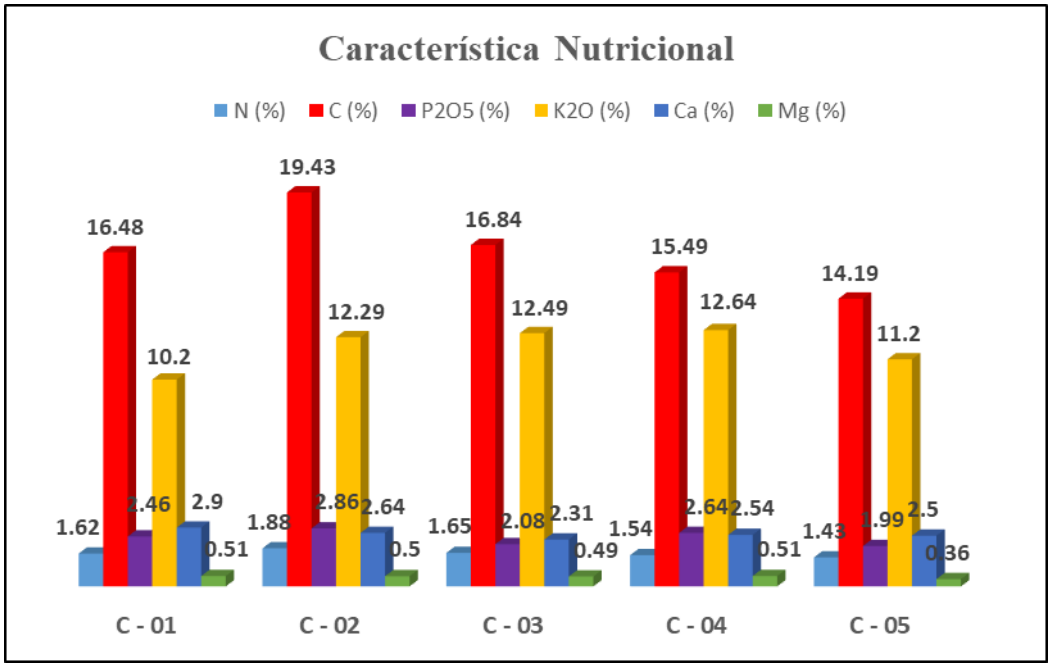
Cuadro N°22. Características Nutricionales del compost obtenido

PARAMETROS	COMPOST				
	C - 01	C - 02	C - 03	C - 04	C - 05
N (%)	1.62	1.88	1.65	1.54	1.43
C (%)	16.48	19.43	16.84	15.49	14.19
P2O5 (%)	2.46	2.86	2.08	2.64	1.99
K2O (%)	10.2	12.29	2.49	12.64	11.2
Ca (%)	2.9	2.64	2.31	2.54	2.5
Mg (%)	0.51	0.5	0.49	0.51	0.36

Elaboración: Propia

En el cuadro N°21 se muestran las características nutricionales de cada una de las combinaciones que se realizaron en la tesis. Después del proceso de compostaje se obtuvo en cada una de las combinaciones un compost rico en N, P y K.

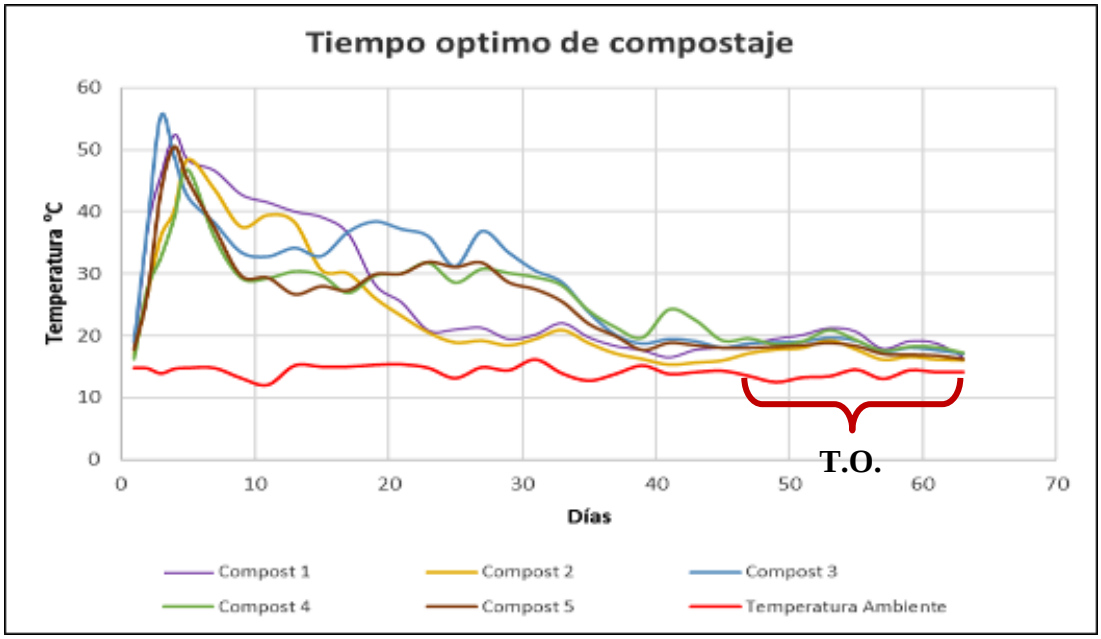
Gráfico N°.15. Características Nutricionales de los compost elaborados



En el Grafico N°15 se observa las características nutricionales de cada uno de los compost elaborados, observando que el compost con mejor contenido nutricional es el N°02 rico en Nitrógeno, Fosforo y Potasio.

4.4. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO OPTIMO DE COMPOSTAJE.

Gráfico N°.16. Tiempo óptimo de compostaje



En el Grafico N°16 se observan las temperaturas registradas en el proceso de compostaje de los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado utilizando diferentes sustratos durante 63 días.

A partir del 48° día se observa que las temperaturas de las cinco combinaciones permanecen en paralelo hasta el 63° día, durante este periodo no se observaron cambios significativos en cada una de las combinaciones, por lo que el tiempo óptimo para la elaboración de compost es de 48 a 63 días

CAPITULO V

DISCUSIÓN

La discusión de los resultados se desarrolla teniendo en cuenta los objetivos planteados en la investigación:

- La evolución de la temperatura en el proceso de compostaje afectara significativamente a la actividad microbiana, en las cinco unidades experimentales se observaron las diferentes fases del proceso de compostaje, (fase mesofílica < 45°C, fase termofilica > 45°C, fase mesofílica 2 < 45°C y fase maduración cuando la temperatura alcanza la inicial). En el proceso de compostaje N°03 se llegó días antes a la temperatura más alta (día 3 – 55.46°C), en comparación al compostaje N°1 (día 4 – 51.10°C) - Compostaje N°5 (día 4 – 52.46°C) y al compost N°2 (día 5 – 47.80°C) – Compost N°4 (día quinto – 46.87).

  El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. En el proceso de compostaje durante la fase mesofílica se observa la disminución del pH debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más lábil, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos. En la segunda fase se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la perdida de los ácidos

orgánicos y la generación del amoniaco procedente de la descomposición de las proteínas. Y en la tercera fase el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón.

Los resultados de pH obtenidos son: en el Compost N°01 (pH = 9.60 que es básico), Compost N°02 (pH = 9.59 que es básico), Compost N°03 (pH = 9.16 que es básico), Compost N°04 (pH = 9.38 que es básico) y Compost N°05 (pH = 9.43 que es básico). La norma chilena (NCh2880.Of2004) establece que el pH debe de encontrarse entre 5.0 y 8.5 y la Norma Técnica colombiana establece que el pH debe de ser mayor a 4 pero menor a 9. El pH de las cinco unidades experimentales supera estos rangos por lo que la norma chilena señala que, si el pH es mayor a 7.5 se debe de informar en el rotulo el contenido de $CaCO_3$.

En cuanto a la conductividad eléctrica se obtuvieron los siguientes resultados: Compost N°01 (5.50 mmho/cm), Compost N°02 (5.54 mmho/cm), Compost N°03 (6.16 mmho/cm), Compost N°04 (6.38 mmho/cm) y Compost N°05 (6.60 mmho/cm). Según (NCh2880.Of2004) clasifica la Conductividad Eléctrica “C.E.” en dos clases: Compost Clase A: menor o igual a 3 dS/m y Compost Clase B: menor o igual a 8dS/m. La conductividad eléctrica de las cinco unidades experimentales se encuentra dentro de los parámetros del compost clase B.

En cuanto a la materia orgánica se obtuvieron los siguientes resultados: Compost N°01 (28.41%), Compost N°02 (33.50%), Compost N°03 (29.03%), Compost N°04 (26.71%) y Compost N°05 (24.46%). Según (NCh2880.Of2004) la materia orgánica debe de ser mayor o igual a 20%. La materia orgánica de las cinco unidades experimentales se encuentra dentro del rango establecido.

En cuanto a la relación C/N se obtuvieron los siguientes resultados: Compost N°01 (10.17), Compost N°02 (10.34), Compost N°03 (10.21), Compost N°04 (10.06) y Compost N°05 (9.92). Según (NCh2880.Of2004)

clasifica a la Relación Carbono/Nitrógeno en dos clases: Compost Clase A: menor o igual a 30% y Compost Clase B: menor o igual a 25%. La relación C/N de las cinco unidades experimentales se encuentran dentro de los parámetros establecidos para el compost clase A y clase B.

Los macronutrientes N, P, K son los primarios requeridos por los microorganismos en el proceso de compostaje, como también para las plantas, es por esto, que una alta concentración de estos elementos evidencia que el compost reúne una de las principales características para su uso eficiente como acondicionador de los suelos de cultivo. Según INFOAGRO (2004) dice que uno de los aspectos más utilizados para dar criterio de calidad es la composición química del compost maduro, donde se plantea que el rango de Nitrógeno va de 1,50 – 2,00%. Según NCh2880.Of2004, el contenido de nitrógeno adecuado en un compost de buena calidad es mayor o igual a 0,5%. Según la NTC5167.2004 (Norma Técnica Colombiana), el contenido de Nitrógeno declarado en un compost de buena calidad es mayor a 1%. En el presente trabajo se ha encontrado que los contenidos de nitrógeno en el compost maduro son: Compost N°01 1.62%, Compost N°02 1.88%, Compost N°03 1.65%, Compost N°04 1.54% y Compost N°05 1.43%, evidenciándose que todos los valores están dentro del rango establecido por INFOAGRO (2004), NTC (2004) y NCh2880.Of2004

Respecto al Fosforo Según INFOAGRO (2004), uno de los aspectos más utilizados para dar criterio de calidad es la composición química del compost maduro, donde se plantea que el rango de fósforo va de 1,50 a 2,50%. Según la NTC5167.2004 (Norma Técnica Colombiana), el contenido de Fosforo declarado en un compost de buena calidad es mayor a 1%. En el presente trabajo se ha encontrado que los contenidos de Fosforo en el compost maduro son: Compost N°01 2.46%, Compost N°02 2.86%, Compost N°03 2.08%, Compost N°04 2.64% y Compost N°05 1.99%, evidenciándose que todos los valores están dentro del rango establecido por NTC (2004). Así mismo e compost N°01, Compost N°03 y Compost N°05 se encuentran dentro del rango a lo mencionado por INFOAGRO (2004)

Respecto al Potasio en el compost maduro, INFOAGRO (2004) plantea un rango que va de 1,00 a 1,50%. Según la NTC5167.2004 (Norma Técnica Colombiana), el contenido de Fosforo declarado en un compost de buena calidad es mayor a 1%. En el presente trabajo se ha encontrado que los contenidos de Potasio en el compost maduro son: Compost N°01 10.20%, Compost N°02 12.29%, Compost N°03 12.47%, Compost N°04 12.64% y Compost N°05 11.20%, evidenciándose que todos los valores están dentro del rango establecido por NTC (2004).

Los micronutrientes Ca y Mg son necesarios en muy pequeñas cantidades y, por ello, su presencia en las plantas es más reducida que en el caso de los macronutrientes. Sin embargo, tanto unos como otros son esenciales para el buen desarrollo de los vegetales. En el presente trabajo se ha encontrado que los contenidos de Calcio en el compost maduro son: Compost N°01 2.90%, Compost N°02 2.64%, Compost N°03 2.31%, Compost N°04 2.54 % y Compost N°05 2.5%.

Respecto al Mg, en el presente trabajo se ha encontrado que los contenidos de Magnesio en el compost maduro son: Compost N°01 0.51%, Compost N°02 0.50%, Compost N°03 0.49%, Compost N°04 0.51% y Compost N°05 0.36%.

- El tiempo óptimo para el desarrollo de la tesis fue de 48 a 63 días, en otros estudios realizados se obtuvieron el mismo número de días. Citando a algunos de ellos tenemos a Gonzales y Ortiz las cuales obtuvieron un tiempo óptimo para la elaboración de compost convencional de 54 días, para la elaboración de compost con EM un tiempo óptimo de 48 días y para la elaboración de Compost con Inoculo un tiempo óptimo de 42 días y Guerrero y Monsalve señales en su artículo que el rango aceptable para la elaboración de Compost es de 2 a 3 meses, considerándose como condición optima de 1 a 2 meses.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

El compost obtenido en cada una de las unidades experimentales Compost N°01 (pH = 9.60, C.E = 5.50 mmho/cm, M.O = 28.41%, relación C/N = 10.17), Compost N°02 (pH = 9.59, C.E = 5.54 mmho/cm, M.O = 33.50%, relación C/N = 10.34), Compost N°03 (pH = 9.16, C.E = 6.16 mmho/cm, M.O = 29.03%, relación C/N = 10.21), Compost N°04 (pH = 9.38, C.E = 6.38 mmho/cm, M.O = 26.71%, relación C/N = 10.06). Por sus características pertenece al Compost Clase B. Un compost de nivel intermedio que presenta algunas restricciones en su uso. Para que este sea aplicado debe ser mezclado antes con otros elementos adecuados.

- El Bagazo de Caña de Azúcar y los residuos vegetales al ser utilizados como sustratos contribuyen a la obtención de un compost de buena calidad.

- El contenido nutricional en cada una de las unidades experimentales Compost N°01 (N = 1.62%, P_2O_5 = 2.46%, K_20 = 10.20%, Ca = 2.90%, Mg = 0.51%), Compost N°02 (N = 1.88%, P_2O_5 = 2.86%, K_20 = 12.29%, Ca = 2.64%, Mg = 0.50%), Compost N°03 (N = 1.65%, P_2O_5 = 2.08%, K_20 = 12.47%, Ca = 2.31%, Mg = 0.49%), Compost N°04 (N = 1.54%, P_2O_5 = 2.64%, K_20 = 12.64%, Ca = 2.54%, Mg = 0.51%), Compost N°05 (N = 1.43%, P_2O_5 = 1.99%, K_20 = 11.20%, Ca = 2.50%, Mg = 0.36%). Fueron ricas en nitrógeno y fósforo, muy ricas en potasio, medias en calcio y magnesio.

- El tiempo óptimo para la elaboración de compost es de 48 a 63 días.

- Debido a la alta cantidad de materia orgánica que se genera en el Camal Municipal de Huaraz, se debe de elaborar un Plan de Gestión de Residuos, para evitar que estos sean descargados a la alcantarilla y posteriormente descargadas al río Santa sin recibir tratamiento alguno.

6.2. RECOMENDACIONES

- Los sustratos a ser utilizados en cada una de las unidades experimentales, deben de ser picados, mezclados y homogenizados. Ya que, cuantas más pequeñas sean estas, contribuirán a la velocidad de transformación biológica de los residuos.

- Se recomienda la elaboración de un Plan de Gestión de Residuos del Camal Municipal de Huaraz, que sea sostenible con el tiempo, para que estos residuos sean aprovechados y así dejen de causar impactos negativos al ambiente por la contaminación que vienen generando.

- Se recomienda compartir la presente información, para que las autoridades y la población, no sigan siendo parte del problema ambiental que se viene dando en la ciudad, por la falta de un manejo adecuado de los residuos derivados del sacrificio y faenado de ganado.

- El tiempo recomendado para la descomposición de estos materiales es de ocho a nueve semanas dependiendo del comportamiento de indicadores de madurez como: temperatura, humedad y pH.

- Se recomienda hacer uso de la Norma Técnica Colombina 5167 PRODUCTOS PARA LA INDUSTRIA AGRÍCOLA. PRODUCTOS ORGÁNICOS USADOS COMO ABONOS O FERTILIZANTES Y ENMIENDAS DE SUELO y la Norma Chilena Oficial NCh2880. COMPOST - CLASIFICACIÓN Y REQUISITOS. Para establecer las características del compost obtenido.

VIII CAPITULO

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achával, A. (2006). Crecimiento demográfico y contaminación ambiental. Buenos Aires: Dunken.

- Aguilar, M. (2009). Reciclamiento de Basura. México: Trillas S. A. de C. V.

- APROLAB. (2007). Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Lima.

- Ayala, G. & Perea, T.F. (2000). Reciclado de materiales orgánicos de desperdicio a escala industrial. Revista grupo ecológico.

- Barrena, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Barcelona.

- Bonifaz, N. (2012). Obtención de bioabono (compostaje) a partir de las aves de desecho (mortalidad) en la granja avícola "Jatumpamba". Quito, Pichincha, Ecuador.

- Bonilla, M. (2007) Guía para el manejo de Residuos de Rastros y Mataderos Municipales, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Consultado 10 de Marzo 2017. Disponible en: http://www.cofepri.gob.mx/work/sites/cfp/resources/.../3/GUIA4.PDF

- Compostadores. (20 de diciembre de 2016). Los nutrientes en el compost. Obtenido de Compostadores: http://www.compostadores.com/buscador?g=nutrientes+en+el+compost

- Domínguez-Cota, J.E.; Flores-Aguirre, L.R.; Barajas, C.R.; Obregón, J.F. (1994). Utilización de contenido ruminal seco en la alimentación de rumiantes productivos en Sinaloa. Memoria del 1er. Foro estatal "ambiente y ecología en Sinaloa, diagnóstico y perspectivas". Junio. Mazatlán, Sinaloa, México.

- Domínguez, A. (1990). El abonado de los cultivos. Editorial Mundi Prensa.

- FAO. Los abonos Orgánicos. Consultado el 05 de Marzo del 2017. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s07.pdf.

- Flores, M. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de compost. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 9, Nº 17, 77,76.

- Gallardo M. (2013) "Obtención de Compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana". Lima, Perú.

- Gonzales T. & Ortiz A. (2015) ""Tratamiento de los residuos sólidos orgánicos del mercado central Virgen de Fátima Huaraz - Ancash, optimizando el proceso de compostaje". Huaraz, Perú.

- Gordillo F. (2010) "Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. Guayaquil, Ecuador.

- Gurtler, H. et al (1976) Fisiología veterinaria. Editorial Acribia. Zaragoza.

- Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de los Residuos sólidos en Colombia. Antioquia, Medellín, Colombia.

- López, O. (2006). Agroecología y Agricultura Orgánica en el Trópico. Tunja, Boyacá, Colombia: UPTC.

- Moreno, J. (2007). Compostaje. Madrid: Mundi Prensa.

- NCh2880.Of2004 (Norma Chilena Oficial) 2004. Compost - Clasificación y Requisitos. Revisado el 30 de Enero del 2017. Disponible en: http://educacion.ucv.cl/prontus_formacion/site/artic/20070723/asocfile/ASOCFILE120070723105921.pdf

- Norma Técnica Colombiana - 5167 - 2004. Revisado el 30 de Enero del 2017. Disponible en: https://es.scribd.com/doc/82577549/NTC-5167-2004

- NUTRIGUIA. Sangre de Vaca. Revisado 10 de Febrero del 2017. Disponible en: http://nutriguia.com/alimentos/sangre_de_vaca.html.

- Palomino (2012). Agricultura Alternativa.: Quebecor world Bogotá S.A.

- Roben, E. (2002). Manual de Compostaje de Municipios. Loja, Loja, Ecuador. Revisado el 20 de enero de 2017. Disponible en: http://www.resol.com.br/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf

- Rocha, A. (2009). Estudio de diferentes tipos de inóculos en la elaboración de compost, a partir de desechos domésticos orgánicos. Quito, Pichincha, Ecuador.

- Romero, A. (2010). Contaminación Ambiental y Calentamiento Global. México: Trillas, S. A. DE C. V.
- Rodríguez, M., & Córdova, A. (2006). Manual de Compostaje Municipal. México: GTZ.

- Sierra, C. & Rojas, C. (2007). La materia orgánica y sus características Físico – Químicas y Biológicas del Suelo. INIA – Intihuasi La Serrana. La platina Santiago. Revisado el 23 de enero del 2017. Disponible en: www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR28122.pdf.

- Suquilanda M. (1995) Agricultura Orgánica, alternativa tecnológica del futuro. Quito – Ecuador: Fundación para el desarrollo Agropecuario.

- Silva, J., López, P., & Valencia, P. (2006). Recuperación de nutrientes en fase solida a través del compostaje. Cali, Colombia.

- Vargas, C. A. (2007). "Estudio de 2 Grupos de Microorganismos como Agentes Aceleradores de Descomposición de los Desechos Sólidos Orgánicos Originados en los Comedores de ESPOL". Guayaquil, Guayas, Ecuador.

- Villarroel, A. (2011). Estudio técnico financiero de la implementación de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Santa Cruz, Bolivia.

- Viraliño, F. & Taibo, A. (2001). Etapas del proceso de Compostaje. (19 de Diciembre 2009). Revisado el 12 de Marzo del 2017. Disponible en: http://proyectogestiónderesiduos.wordpress.com/2009/12/15/etapas del proceso de compostaje

- VOLCAP. (10 de ENERO de 2008). VOLCAP ES. Revisado el 20 de Enero de 2017, de Volcap Es: http://valcap.es/html/consejos/consejos%20sobre%20jardineria/historia%20del%20compostaje.htm?ObjectID=1252

ANEXOS

Anexo N° 1. Solicitud

"Año de la consolidación del Mar de Grau"

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUARAZ
CAMAL MUNICIPAL
RECIBIDO
05/10/2016
Hora 11:31 Folio 01
Registro 02 Firma

Solicito: *Autorización para la recolección de residuos provenientes del sacrificio y faenado de Ganado.*

M.V. Cristhian D. DÍAZ ROJAS
Administrador del Camal Municipal de Huaraz

Yo, CAMACHO MACEDO MIRIAM STEFANY, identificada con D.N.I.N° 46720146, bachiller en Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias del Ambiente-UNASAM, me dirijo a Ud. para exponer lo siguiente:

Que, habiéndose aprobado en consejo de facultad el plan de tesis denominado "COMPOSTAJE DE SUBPRODUCTOS DERIVADOS DEL SACRIFICIO Y FAENADO DE GANADO DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUARAZ, UTILIZANDO DIFERENTES SUSTRATOS", solicito se me autorice realizar la recolección de los residuos a utilizar en la tesis los cuales consistirán en residuos ruminales, estiércol y sangre provenientes del sacrificio y faenado de ganado, para así realizar la ejecución de la tesis y a la vez solicitarle se me brinde la ayuda del personal para la recolección de estos residuos.

Por tanto:

Solicito a Ud. acceder a mi petición por ser de justicia.

Huaraz, 05 de Octubre del 2016

CAMACHO MACEDO, MIRIAM STEFANY
D.N.I. N° 46720146

Anexo N° 2. Resultado de Análisis de Compost

UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – ANCASH

RESULTADOS DE ANALISIS DE COMPOST

SOLICITANTE : Miriam Stefany, CAMACHO MACEDO – Tesista

PROYECTO : "Compostaje de Sub Productos Derivados del Sacrificio y Faenado de Ganado del Camal Municipal de Huaraz, Utilizando Diferentes Sustratos"

LUGAR : Huaraz - Ancash

Muestra	pH	C.E. dS/m.	M.O. %	C. org. %	Relación C/N %	N %	P_2O_5 %	K_2O %	Ca %	Mg %
M-1	9.60	5.50	28.41	16.48	10.17	1.62	2.46	10.20	2.90	0.51
M -2	9.59	5.54	33.50	19.43	10.34	1.88	2.86	12.29	2.64	0.50
M-3	9.16	6.16	29.03	16.84	10.21	1.65	2.08	12.47	2.31	0.49
M-4	9.38	6.38	26.71	15.49	10.06	1.54	2.64	12.64	2.54	0.51
M-5	9.43	6.68	24.46	14.19	9.92	1.43	1.99	11.20	2.50	0.36

CONCLUSIONES:

Las muestras se caracterizan por tener una reacción extremadamente alcalina, son ricas en nitrógeno y fósforo, muy ricas en potasio, medio en calcio y en magnesio , en cuanto a la salinidad son salinos.

Huaraz, 29 de Diciembre del 2016

Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

Anexo N° 3. Cuadro comparativo entre las Normas establecidas para abonos orgánicos y los resultados obtenidos finalizado el proceso de compostaje

PARAMETROS	NTC 5167	NCh2880		C - 01	C - 02	C - 03	C - 04	C - 05
pH	pH mayor de 4 y menor de 9	5.0 y 8.5		9.6	9.59	9.16	9.38	9.43
Conductividad eléctrica	-	**A**	< 3 dS/m	5.50	5.54	6.16	6.38	6.68
		B	≤ 8 dS/m					
Materia Orgánica			≥ 20%	28.41	33.50	29.03	26.71	24.46
Carbono Orgánico	≥ 15%	-		16.48	19.43	16.84	15.49	14.19
Relación C/N	-	**A**	≤ 25	10.17	10.34	10.21	10.06	9.92
		B	≤ 30					
N	Declarados si cada uno es mayor de 1%	≥ 0.5%		1.62	1.88	1.65	1.54	1.43
P_2O_5		-		2.46	2.86	2.08	2.64	1.99
K_2O		-		10.20	12.29	12.47	12.64	11.20
Ca	-	-		2.90	2.64	2.31	2.54	2.50
Mg	-	-		0.51	0.50	0.49	0.51	0.36

Anexo N° 4. Presupuesto para la elaboración del compost

ACONDICIONAMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO 30m2				
1. MATERIALES				
DESCRIPCCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO**	**TOTAL**
Listones de 30m	Und.	5	S/60.00	S/300.00
Listones de 3m	Und.	4	S/15.00	S/60.00
Parantes de 2.4 m	Und.	4	S/20.00	S/80.00
Parantes de 2.6 m	Und.	4	S/20.00	S/80.00
Calamina	Und.	12	S/14.00	S/168.00
Alambre	Kg.	10	S/4.00	S/40.00
Clavos 3"	Kg.	1	S/4.00	S/4.00
Plástico doble	m.	30	S/3.00	S/90.00
Baldes de 18 litros	Und.	5	S/7.00	S/35.00
Tubo de 1 1/2"	Und.	1	S/26.00	S/26.00
Costal negro	m.	30	S/3.00	S/90.00
Clavos 1"	Kg.	2	S/8.00	S/16.00
Pico	Und.	1	S/30.00	S/30.00
Lampa	Und.	1	S/25.00	S/25.00
Serrucho	Und.	1	S/25.00	S/25.00
Barreta	Und.	1	S/65.00	S/65.00
Yeso	Und.	3	S/3.50	S/10.50
2. TRANSPORTE				
Transporte de materiales	Glb	4	S/20.00	S/80.00
3. MANO DE OBRA				
Peón	Und.	6	S/40.00	S/240.00
RECOLECCIÓN DE RESIDUOS				
1. MATERIALES				
Cilindro	Und.	5	S/40.00	S/200.00
Costal (50 kg)	Und.	50	S/1.00	S/50.00
Baldes de 18 litros	Und.	5	S/7.00	S/35.00
Plástico	m.	5	S/1.00	S/5.00
Rafia	Rollo	5	S/1.00	S/5.00

Botas de jebe	Par	2	S/20.00	S/40.00
Guantes de jebe	Par	2	S/8.00	S/16.00
Mascarilla descartable	Und.	4	S/2.00	S/8.00
Casaca impermeable	Und.	2	S/40.00	S/80.00
2. TRANSPORTE				
Transporte de materiales	Glb	4	S/40.00	S/160.00
3. MANO DE OBRA				
Ayudante	Und.	6	S/40.00	S/240.00
PROCESO DE COMPOSTAJE				
1. MATERIALES				
Machete	Und.	1	S/15.00	S/15.00
Rastrillo	Und.	1	S/15.00	S/15.00
Termómetro	Und.	1	S/100.00	S/100.00
Malla metálica	Und.	1	S/12.50	S/12.50
Costal (50 kg)	Und.	5	S/1.00	S/5.00
Tabla de picar	Und.	1	S/5.00	S/5.00
Cámara fotográfica	Und.	1	S/50.00	S/50.00
2. TRANSPORTE				
Transporte (volteos)	Glb	30	S/2.00	S/60.00
ANÁLISIS DE LABORATORIO				
Macro y Micro Nutrientes	Und.	5	S/100.00	S/500.00
		PRESUPUESTO TOTAL		**S/3,066.00**

Anexo N° 5. Primera Semana del Proceso de Compostaje.

En la fotografía superior izquierda, se observan la ruma formada por los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado utilizando como sustrato los residuos vegetales. En la fotografía superior Derecha, se observan la ruma formada por los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado utilizando como sustrato el Bagazo de caña de azúcar. En la fotografía inferior se observa la ruma compuesta solo por los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado.

Anexo N° 6. Riego, Volteo y registro de la temperatura durante el proceso de compostaje

En la fotografía superior izquierda se observa el riego que se realizó a cada una de las rumas, las rumas en las que se utilizó los residuos vegetales como sustrato presentaron mayor humedad a comparación de las rumas en las que se utilizó como sustrato el bagazo de caña de azúcar, por lo que se realizó el riego de estas últimas con más frecuencia. En la fotografía superior derecha se observa el volteo que se realizó a cada una de las rumas durante todo el proceso de compostaje. En la fotografía inferior se observa el registro de la temperatura que se realizó a cada una de las rumas durante el proceso de compostaje.

Anexo N° 7. Segunda Semana del proceso de Compostaje

En la segunda semana del proceso de compostajes; se observó aun restos de vegetales en las rumas donde se utilizaron estas como sustrato y en las rumas donde se utilizó el bagazo de caña de caña de azúcar fueron regadas. En la fotografía superior e inferior se observa el color de cada ruma hasta esta semana, aun se puede observar los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado. Se redujo el volumen de cada una de las rumas.

Anexo N° 8. Tercera Semana del proceso de Compostaje

En la tercera semana del proceso de compostaje, el color de las rumas tuvo un cambio significativo, ya que no se podía distinguir el color original de los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado. En la fotografía superior se observa el color de cada una de las rumas hasta esta semana. En la fotografía inferior izquierda se observa la ruma donde se utilizó el residuo vegetal como sustrato y en la fotografía inferior derecha se observa la ruma donde se utilizó el bagazo de caña de azúcar como sustrato.

Anexo N° 9. Cuarta Semana del proceso de Compostaje

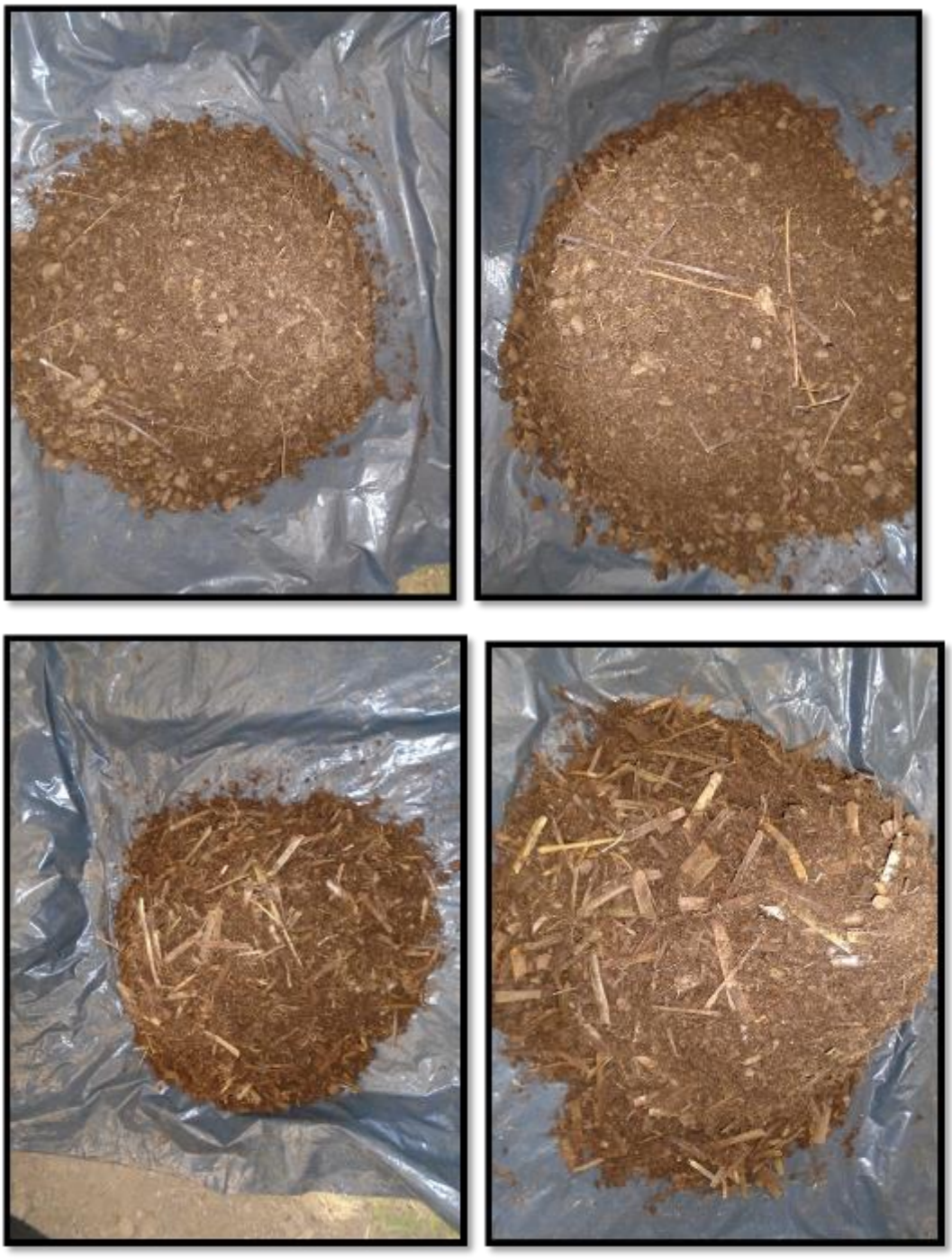
A la cuarta semana del proceso de compostaje estas fueron las características de cada una de las rumas. En las fotografías superiores se observan las rumas en las que se utilizó como sustrato los residuos vegetales y en las fotografías inferiores se observan las rumas en las que se utilizó el bagazo de caña de azúcar como sustrato.

Anexo N° 10. Quinta Semana del proceso de Compostaje

En la fotografía superior se observa el color de cada una de las rumas hasta la quinta semana del proceso de compostaje. En la fotografía inferior izquierda se observa la ruma donde se utilizó el residuo vegetal como sustrato y en la fotografía inferior derecha se observa la ruma donde se utilizó el bagazo de caña de azúcar como sustrato.

Anexo N° 11. Sexta Semana del proceso de Compostaje

A la sexta semana del proceso de compostaje estas fueron las características de cada una de las rumas. En las fotografías superiores se observan las rumas en las que se utilizó como sustrato los residuos vegetales y en las fotografías inferiores se observan las rumas en las que se utilizó el bagazo de caña de azúcar como sustrato. Se redujo el volumen de cada una de las rumas.



Anexo N° 12. Séptima Semana del proceso de Compostaje

En la séptima semana del proceso de compostaje el color de cada una de las rumas cambio a uno más oscuro, las rumas en donde se utilizó el bagazo de caña de azúcar fueron regadas ya que perdían humedad al igual que las rumas donde se utilizó los residuos vegetales. En la fotografía superior se observa la ruma donde se hizo uso de los residuos vegetales como sustrato y en la fotografía superior se observa la ruma donde se hizo uso del bagazo de caña de azúcar como sustrato.

Anexo N° 13. Octava Semana del proceso de Compostaje

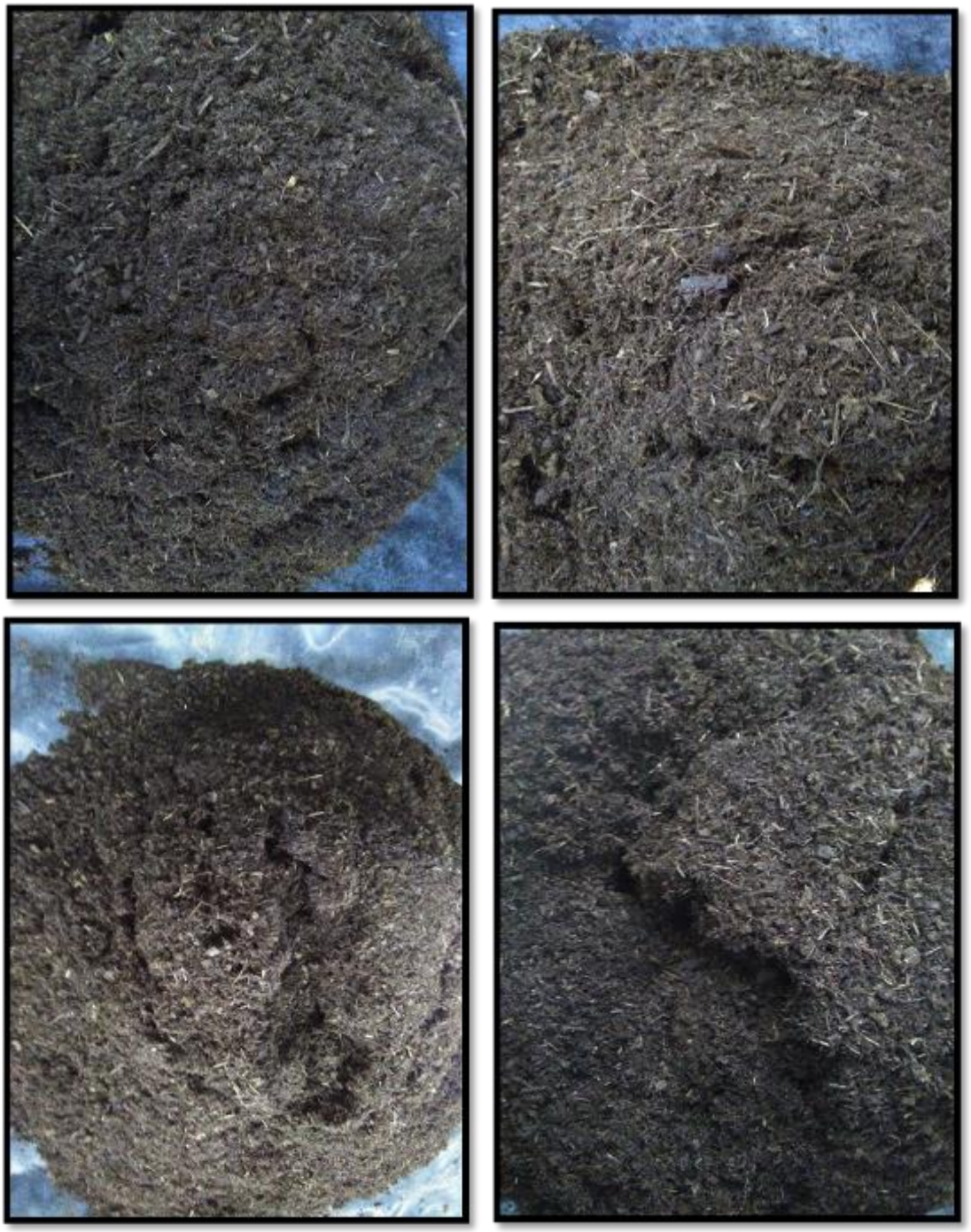
A la octava semana del proceso de compostaje las rumas no mostraron algún cambio significativo a comparación de la séptima semana. En las fotografías superiores se observa las rumas donde se utilizó los residuos vegetales como sustrato y en las fotografías inferiores se observan las rumas donde se utilizó el bagazo de caña de azúcar como sustrato.

Anexo N° 14. Novena Semana del proceso de Compostaje

A la novena semana del proceso de compostaje en cada una de las rumas se observaron algunos residuos de grandes dimensiones, que después serán usados en otros procesos de compostaje como inoculo. En las fotografías superiores se observa los restos de la caña de azúcar que tardaran más tiempo en degradarse y en las fotografías inferiores se observa residuos unidos entre sí.

Anexo N° 15. Decima Semana del proceso de Compostaje

En la última semana del proceso de compostaje se realizó el cernido de cada una de las rumas, obteniéndose de cada una de ellas un compost de color oscuro con partículas menores o iguales a un centímetro. En las fotografías superiores se observa el compost obtenido después de utilizar residuos vegetales como sustrato y en las fotografías inferiores se observa el compost obtenido después de utilizar bagazo de caña de azúcar como sustrato.



Anexo N° 16. Propuesta para el tratamiento de lixiviados

En el proceso de transformación de los subproductos derivados del sacrificio y faenado de ganado, residuos vegetales y bagazo de caña de azúcar en compost, la materia orgánica se degrado formando un fertilizante liquido orgánico denominado lixiviado. La humedad de la materia orgánica es el principal factor que acelera la generación de lixiviados.

El lixiviado contiene una gran cantidad de nutrientes y microorganismos por lo que puede ser utilizado como:

- Fertilizante líquido orgánico.
- Plaguicida.
- Inhibidores de enfermedades a través de varios mecanismos, tales como: aumento en la resistencia de la planta a la infección, antagonismo y competición con el patógeno, entre otros.

El lixiviado es un líquido muy concentrado en sales minerales y nutrientes. Por esta misma razón, sería conveniente diluir el lixiviado en agua, aproximadamente en una proporción de 1:4, para asegurar que no queme las plantas.

Una manera muy práctica de utilizar el lixiviado es ponerlo en la regadera cuando reguemos las plantas y así diluirlo con el agua.

- El lixiviado obtenido durante el proceso de compostaje fue utilizado para el riego de las rumas, por lo al final del proceso no se obtuvo lixiviados.