

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Biodegradación de los residuos sólidos orgánicos, aplicando
sistemas cerrado y abierto San Pablo-Cajamarca

Por:
Raquel Dina Cabrera Ccana

Yoxmara Yumiko Vasquez Cabanillas

Asesor:

Mg.Jackson Edgardo Perez Carpio

Lima, Noviembre del 2019

DECLARACION JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Yo Mg. Jackon Edgardo Perez Carpio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado **“BIODEGRADACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS, APLICANDO SISTEMAS CERRADO Y ABIERTO SAN PABLO-CAJAMARCA”** constituye la memoria que presentan los **Bachiller(es) Raquel Dina Cabrera Ccana y Yoxmara Yumiko Vasquez Cabanillas** para aspirar el título de profesional de Ingeniero Ambiental ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima a los 27 de noviembre del año 2019.



Mg. Jackon Edgardo Perez Carpio

Biodegradación de los residuos sólidos orgánicos, aplicando sistemas cerrado y abierto San Pablo-Cajamarca

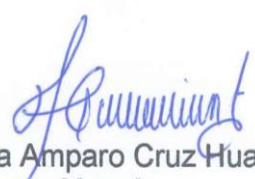
TESIS

Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR


Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez
Presidenta


Ing. Orlando Alan Poma Porras
Secretario


Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga
Vocal


Mg. Joel Hugo Fernández Rojas
Vocal


Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio
Asesor

Lima, 04 de noviembre de 2019

DEDICATORIA

Dios Gracias por darme la oportunidad de alcanzar uno de mis objetivos y a mis amados padres Luciano Cabrera Apaza y Lourdes Yolanda Ccana Huanco, en donde cada día ellos se esfuerzan por darme todo el apoyo y motivación para ser mejor. A mis hermanas Lisbeth Daysi Cabrera Ccana y Yesenia Karen Cabrera Ccana , quienes son un ejemplo a seguir en mi vida profesional.

Raquel Dina Cabrera Ccana

A Dios, porque a pesar de las muchas caídas que tuve siempre estuvo ahí para levantarme, por su gracia y amor. Mis padres, Martha Cabanillas Terán y Antonio Vásquez Saldaña; porque son el centro de mi vida, el motor y la inspiración que necesito para cumplir cada uno de mis sueños. A mis hermanas, Leyla, Nataly y a mi chiquitín quien está en camino, él me hará tía por primera vez; aún no te conozco mi corazón, y ya formas parte de mí.

Yoxmara Yumiko Vásquez Cabanillas

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios, por habernos permitido llegar a cumplir con uno de nuestros objetivos. A nuestros padres y familiares quienes incondicionalmente nos apoyaron en todos los aspectos, porque no ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, su amor y su inmensa bondad, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos.

Un agradecimiento muy especial a la empresa AgroAndino S.R.L, administrado por el Gerente General Reinhard Konrad Schdelbauer y el Ing. Jaime Sanchez Chunque, quienes voluntariamente colocaron su voto de confianza dándonos la oportunidad de ejecutar, investigar y financiar el proyecto de tesis para obtener el grado de Ingeniero Ambiental.

De la misma manera a nuestros Asesores; Jackson Pérez Carpio, Michael Edgard Flores Mamani, dictaminadores; Noe Pampa Quispe y Hugo Fernandez Robles, gracias por su apoyo, tiempo y motivación en cada momento.

Durante el transcurso de la ejecución del proyecto, el señor Néstor Cabanillas Burgos fue una de las personas que nos apoyó con la mano de obra sin interés alguno motivándonos a culminar con nuestra tesis.

Finalmente, y no menos importante a nuestros compañeros, familiares, amigos y colegas Ing. Nixo Casas Fustamente, Ing. Richar Cayó Domínguez, Jhonatan Leiva, Adm. Daysi Lisbeth Cabrera Ccana, Prof. Martha Cabanillas Terán, Wilmer Cabanillas Terán, Ing. Tania Apaza Quispe, Ing. Lizbeth Pomari Cañazaca, Wendy Apaza Yabar y CP. Lizbeth Chañi Umiyauri quienes demostraron su apoyo, motivación e interés para cumplir uno de nuestros sueños en esta vida.

ÍNDICE GENERAL

SIMBOLOGÍA	xvi
RESUMEN	xvii
CAPITULO I	19
INTRODUCCIÓN	19
1.1. Identificación del Problema -----	19
1.2. Formulación del Problema -----	21
1.3. Justificación de la Investigación -----	22
1.4. Objetivo General -----	23
1.5. Objetivos Específicos -----	23
1.6. Hipótesis de investigación -----	23
1.6.1. Hipótesis principal -----	23
1.6.2. Hipótesis secundarias.-----	24
CAPÍTULO II	25
2. REVISIÓN DE LITERATURA	25
2.1. Antecedentes -----	25
2.2. Marco Normativo legal -----	28
2.3. Marco Teórico -----	30
2.3.1. Residuos sólidos. -----	30
2.3.2. Residuos orgánicos.-----	30
2.3.3. Procesos de descomposición de los residuos orgánicos.-----	31
2.4. Generación de residuos sólidos en el Perú. -----	31
2.5. Principios del vermicompostaje -----	34
2.6. Importancia del Vermicompost -----	35
2.6.1. Ventajas. -----	36
2.6.2. Desventajas -----	37
2.7. Inspección, Control y Calidad del Vermicompost -----	37
2.7.1. Actividades Operativas en la Producción de Vermicompostaje -----	38

2.7.2.	Fases del Vermicompostaje-----	39
2.7.3.	Microbiología del proceso de Vermicompostaje-----	40
2.7.4.	Los factores abióticos-----	42
2.7.5.	Factores bióticos. -----	44
2.8.	Insumos para el vermicompostaje.-----	46
2.9.	Características de la Lombriz Roja Eisenia Foetida -----	48
2.9.1.	Características, morfología y funcionamiento-----	50
2.9.2.	Ciclo de vida de la Lombriz Eisenia Foetida-----	52
2.10.	Geomembrana -----	54
2.10.1.	Clasificación de las Geomembranas -----	55
2.1.1.	Geomembrana de lineal de baja densidad LLDPE -----	56
2.1.2.	Geomembrana de polietileno muy flexible VFPE o VLDPE -----	56
2.11.	Manejo de los lechos. -----	57
2.12.	Cosecha del vermicompost.-----	57
CAPÍTULO III.....		58
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
3.1.	Ubicación geográfica del estudio.-----	58
3.2.	Metodología-----	60
3.2.1.	Descripción de las camas.-----	60
3.2.2.	Población muestra -----	61
3.2.3.	Tratamientos en estudio-----	62
3.2.4.	Muestreo y análisis de los parámetros del suelo pre-tratamiento-----	62
3.2.5.	Calidad del vermicompost -----	64
3.2.6.	Construcción de las camas experimentales -----	65
3.2.7.	Muestreo y análisis de los parámetros de post tratamiento -----	69
3.3.	Variables de Estudio. -----	70
3.3.1.	Variables dependientes-----	70
3.3.2.	Variables independientes -----	71
3.1.	Análisis estadístico.-----	71

CAPITULO IV.....	73
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	73
4.1. Evolución de pH durante la obtención de Vermicompost -----	73
4.2. Evolución de Temperatura durante la obtención de Vermicompost89	
4.3. Evolución de la humedad (%) durante la obtención de Vermicompost 105	
4.4. Resultados de los Micronutrientes (N, P, K) -----	119
4.4.1. Resultados de Nitrógeno (N) %.....	120
4.4.2. Resultados de Nitrato/Nitrogenado (%) -----	122
4.4.3. Resultados de Fosforo (P) %.....	124
4.4.4. Resultados de Potasio (K) %.....	126
3.3.3. Eficiencia del tratamiento del sistema Cerrado -----	128
3.3.4. Eficiencia del tratamiento del sistema Abierto -----	129
CAPITULO V.....	130
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	130
5.1. Conclusiones-----	130
5.2. Recomendaciones-----	131
REFERENCIAS.....	133
ANEXOS.....	154

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Inspección y control de calidad</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 2. Resumen la biología y evolución de especies en el proceso de vermicompost.</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 3. Porcentaje de Nutrientes del Estiércol de Cuy</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 4. Porcentaje de Nutrientes en el Guano de Chivo</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 5. Taxonomía de la Lombriz Eisenia Foetida.</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 6. Propiedades de la Geomembrana de HDPE.</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 7. Sustratos aplicados para cada tratamiento.</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 8. Materiales y herramientas para el monitoreo de las camas.</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 9. Dosificación para los tratamientos de RSO.</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 10. Materiales y equipos de campo.</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 11. Resultados de pH durante la obtención de Vermicompost del mes de mayo Con Geomembrana</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 12. Resultados del pH durante la obtención de Vermicompost del mes de junio Con Geomembrana</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 13. Resultados de pH durante la obtención de Vermicompost del mes de mayo Sin Geomembrana.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 14. Resultados del pH durante la obtención de Vermicompost del mes de junio Sin Geomembrana.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 15. Nivel de Significancia de los Tratamientos y Mezclas para la Obtención del Vermicompost del mes de mayo</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 16. Nivel de Significancia de los Tratamientos y Mezclas para la Obtención del Vermicompost del mes de junio.....</i>	<i>84</i>

<i>Tabla 17. Prueba de ANOVA para el Potencial de Hidrogeno (pH) del mes de mayo.</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 18. Prueba de ANOVA para el Potencial de Hidrogeno (pH) del mes de junio.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 19. Resultados de monitoreo de la Temperatura para la obtención de Vermicompost del mes de mayo Con Geomembrana.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 20. Resultados de monitoreo de la Temperatura durante la obtención del vermicompost.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 21. Resultados de monitoreo de la Temperatura para la obtención de Vermicompost del mes de junio Sin Geomembrana.</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 22. Resultados de monitoreo de la Temperatura durante la obtención del vermicompost del mes de junio Sin Geomembrana.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 23. Prueba de ANOVA para la Temperatura (°C) del mes de mayo.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 24. Prueba de ANOVA para la Temperatura (°C) del mes de junio.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 25. Resultados del monitoreo de la Humedad para la obtención de Vermicompost del mes de mayo Con Geomembrana.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 26. Resultados del monitoreo de la Humedad para la obtención de Vermicompost del mes de junio Con Geomembrana.</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 27. Resultados del monitoreo de la Humedad para la obtención de Vermicompost del mes de mayo Sin Geomembrana.</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 28. Resultados del monitoreo de la Humedad para la obtención de Vermicompost del mes de mayo Sin Geomembrana.</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 29. Prueba de ANOVA para Humedad (%) del mes de mayo.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 30. Prueba de ANOVA para Humedad (%) del mes de junio.</i>	<i>116</i>

<i>Tabla 31. Resultados de los Micronutrientes (N,P,K) para el tratamiento con geomembrana (TCG) y sin geomembrana (TSG).</i>	119
<i>Tabla 32. Prueba de ANOVA para el Nitrógeno</i>	120
<i>Tabla 33. Prueba de ANOVA para el Nitrato/Nitrogenado</i>	122
<i>Tabla 34. Prueba de ANOVA para el Fosforo.</i>	124
<i>Tabla 35. Prueba de ANOVA para el Potasio</i>	126
<i>Tabla 36. Eficiencia del Tratamiento del Sistema Cerrado</i>	128
<i>Tabla 37. Eficiencia del tratamiento del sistema abierto</i>	129
<i>Tabla 38. Biodegradación de los residuos sólidos orgánicos de la empresa AgroAndino aplicando sistemas cerrado y abierto en San Pablo-Cajamarca</i>	166

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Diagrama para la obtención de Vermicompost</i>	<i>xv</i>
<i>Figura 2. Partes de la Lombriz Eisenia Foetida.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 3. Características morfológicas de la Lombriz Eisenia Foetida.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 4. Ciclo de vida de la Lombriz Eisenia Foetida.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 5. Mapa de la provincia de San Pablo.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 6. Área de ubicación de las camas.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 7. Residuos de Aguaymanto y Mango.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 8. Grafica de la Evolución de pH en la Mezcla 1 Con Geomembrana</i>	<i>75</i>
<i>Figura 9. Grafica de la Evolución de pH en la Mezcla 1 Sin Geomembrana.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 10. Grafica de la Evolución de pH en la Mezcla 2 Con Geomembrana.</i>	<i>79</i>
<i>Figura 11. Grafica de la Evolución de pH en la Mezcla 2 Sin Geomembrana.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 12. Grafica de la Evolución de pH en la Mezcla 3 Con Geomembrana.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 13. Grafica de la Evolución de pH en la Mezcla 3 Sin Geomembrana.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 14. Gráfico de Mezclas y Tratamientos para pH del mes de mayo.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 15. Gráfico de Mezclas y Tratamientos para pH del mes de junio.</i>	<i>87</i>
<i>Figura 16. Grafica de la Evolución de Temperatura en la Mezcla 1 Con Geomembrana</i>	<i>91</i>
<i>Figura 17. Grafica de la Evolución de Temperatura en la Mezcla 1 Sin Geomembrana.</i>	<i>92</i>
<i>Figura 18. Grafica de la Evolución de Temperatura en la Mezcla 2 Con Geomembrana</i>	<i>95</i>
<i>Figura 19. Grafica de la Evolución de Temperatura en la Mezcla 2 Sin Geomembrana</i>	<i>96</i>

<i>Figura 20. Grafica de la Evolución de Temperatura en la Mezcla 3 Con Geomembrana.</i>	98
<i>Figura 21. Grafica de la Evolución de Temperatura en la Mezcla 3 Sin Geomembrana.</i>	99
<i>Figura 22. Gráfico de Mezclas y tratamientos para Temperatura (°C) del mes de mayo.</i>	102
<i>Figura 23. Gráfico de Mezclas y tratamientos para Temperatura (°C) del mes de junio.</i>	104
<i>Figura 24. Grafica de la Evolución de Humedad en la Mezcla 1 Con Geomembrana.</i>	108
<i>Figura 25. Grafica de la Evolución de Humedad en la Mezcla 1 Con Geomembrana.</i>	108
<i>Figura 26. Grafica de la Evolución de Humedad en la Mezcla 2 Con Geomembrana.</i>	111
<i>Figura 27. Grafica de la Evolución de Humedad en la Mezcla 2 Sin Geomembrana.</i>	111
<i>Figura 28. Grafica de la Evolución de Humedad en la Mezcla 3 Con Geomembrana.</i>	113
<i>Figura 29. Grafica de la Evolución de Humedad en la Mezcla 3 Sin Geomembrana.</i>	113
<i>Figura 30. Gráfico de Mezclas y Tratamientos para Humedad del mes de mayo.</i>	115
<i>Figura 31. Gráfico de Mezclas y Tratamientos para Humedad del mes de junio.</i>	117
<i>Figura 32. Grafica para Nitrogeno del producto final.</i>	121
<i>Figura 33. Grafica para Nitrato/Nitrogenado del producto final.</i>	123

Figura 34. Grafica para el Fosforo del producto final. 125

Figura 35. Grafica para el Potasio del producto final..... 127

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Adquisición de los Residuos Sólidos Orgánicos Aguaymanto y Mango</i>	154
<i>Anexo 2. Armado de los Vermicompostas con Geomembrana y sin Geomembrana</i>	154
<i>Anexo 3. Aplicación de las Mezclas en el tratamiento de Con Geomembrana y Sin Geomembrana</i>	156
<i>Anexo 4. Biodegradación de los Residuos Sólidos Orgánicos en las diferentes mezclas con Geomembrana</i>	158
<i>Anexo 5. Biodegradación de los Residuos Sólidos Orgánicos en las diferentes mezclas Sin Geomembrana</i>	159
<i>Anexo 6. Monitoreo de PH, Temperatura y Humedad del tratamiento Con Geomembrana y Sin Geomembrana</i>	161
<i>Anexo 7. Obtención del Producto Final de Vermicompost con Geomembrana</i>	162
<i>Anexo 8. Obtención del Producto Final de Vermicompost sin Geomembrana</i>	163
<i>Anexo 9. Cernido de Vermicompost</i>	164
<i>Anexo 10. Formato de Evaluación Climática</i>	167
<i>Anexo 11. Resultados de Laboratorio de NPK</i>	168
<i>Anexo 12. Certificado de Calibración Thermohigrometro</i>	169
<i>Anexo 13. Certificado de Calibración de pHmetro</i>	170
<i>Anexo 14. Datos Meteorológicos de San Pablo del Mes de Mayo y Junio</i>	171
<i>Anexo 15. Carta de Autorización de la Empresa AgroAndino</i>	173

SIMBOLOGÍA

pH: Potencial de Hidrogeno

RSO: Residuos Sólidos Orgánicos.

MO: Materia Orgánica

P: Fósforo

K: Potasio

N: Nitrógeno

M: Mezcla

GC: Guano de Cuy

GCh: Guano de Chivo

CG: Con Geomembrana.

SG: Sin Geomembrana.

RESUMEN

A lo largo del tiempo la generación de residuos sólidos orgánicos ha tomado gran importancia debido a la contaminación por lixiviados. El objetivo de esta investigación fue evaluar la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos, aplicando sistemas cerrado y abierto en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019, mediante el Diseño Experimental Completamente al azar utilizando el programa de Statistica para el análisis de datos. Los resultados demostraron una diferencia significativa con un grado de significancia $p < 0.05$ en los parámetros monitoreados: Potencial de Hidrogeno(pH), Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y Humedad (%) y micronutrientes analizados como Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K). El pH, logro alcanzar a un rango óptimo de 7,75 en la Mezcla 2 del Sistema abierto, la Temperatura logro estabilizarse a 19.5°C en la Mezcla 3 del Sistema cerrado y la humedad redujo a 61% en la Mezcla 3 del Sistema cerrado. En cuanto a los micronutrientes en la Mezcla 3 sin geomembrana fue la que presento un alto % de Nitrato: 0.09 %, Nitrato/Nitrógeno: 0.02%, P(Fosforo): 0,02% y K(Potasio): 0,01%. Por lo tanto, el uso de 40% de los residuos sólidos orgánicos, con un 40% de guano de chivo y 20% de guano de cuy que en combinación con la lombriz *Eisenia Foetida* de la Mezcla 3 del TSG, fue el más eficaz para el proceso de la biodegradación del material orgánico, transformándolo en un material fino y poroso con una gran capacidad de retención de agua, carga de micronutrientes y microorganismos bien estabilizados para la obtención de Vermicompost. El producto final esta siendo reutilizado en la actividad Agrícola de la empresa AgroAndino que indudablemente contribuirán a las propiedades físicas, químicas y biológicas en los agroecosistemas de manera sostenible.

Palabras Claves: Residuos sólidos orgánicos, Sistema cerrado, Sistema abierto, vermicompost

ABSTRACT

Over time the generation of organic solid waste has taken great importance due to leachate contamination. The objective of this research was to evaluate the biodegradation of organic solid waste, applying closed and open systems in the AgroAndino Company of the Province of San Pablo-Cajamarca-2019, through the Experimental Design Completely random using the Statistica program for analysis of data. The results showed a significant difference with a degree of significance $p < 0.05$ in the monitored parameters: Hydrogen Potential (pH), Temperature ($^{\circ}\text{C}$) and Humidity (%) and micronutrients analyzed as Nitrogen (N), Phosphorus (P) and Potassium (K) The pH, reached an optimum range of 7.75 in the Mescla 2 of the Open System, the Temperature stabilized at 19.5°C in the Mix 3 of the Closed System and the humidity reduced to 61% in the Mix 3 of the Closed System. As for micronutrients in Mix 3 without geomembrane, it was the one with a high% of Nitrate: 0.09%, Nitrate/Nitrogen: 0.02%, P (Phosphorus): 0.02% and K (Potassium): 0.01% . Therefore, the use of 40% organic solid waste, with 40% goat guano and 20% guinea pig guinea pig which, in combination with the *Eisenia Foetida* earthworm of TSG Mix 3, was the most effective for the biodegradation process of the organic material, transforming it into a fine and porous material with a great capacity for water retention, micronutrient loading and well-stabilized microorganisms to obtain Vermicompost. The final product is being reused in the AgroAndino Agricultural activity that will undoubtedly contribute to the physical, chemical and biological properties in agroecosystems in a sustainable way.

Keywords: Solid organic waste, Closed system, Open system, vermicompost

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación del Problema

A nivel mundial se genera 1.3 billones de toneladas de residuos sólidos; se estima que para el 2025 este volumen hacienda a 2.200, debido a que la tasa de generación de estos se duplicará para los próximos veinte años en países de bajos ingresos. De toda la generación de residuos sólidos (RS) cerca del 46% de estos son Orgánicos (O) (Hoorwed & Bhada, 2012).

El Perú durante el año 2014 genero un total de 7.497.482 t/año de residuos sólidos; de los cuales el 53.16% son RSO) (Ministerio del Ambiente, 2016 [MINAM])

En la provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca, existe una fábrica de procesamiento de frutas AgroAndino J.R.L; con una altitud de 2365 msnm, en la que actualmente se genera 15000 kg y 6000 kg de residuos de aguaymanto y mango mensual, así mismo estos no son manejados correctamente; dando lugar a la contaminación e impacto ambiental. En base a esta necesidad de tener el control de los RSO, es oportuno darle un valor agregado a través de un tratamiento.

Es por ello que se vio por conveniente realizar el vermicompost con características de abono orgánico analizando los micronutrientes como el NPK del producto para luego ser utilizado en la forestación de las plantaciones de aguaymanto.

Gordillo, Guzmán, Casilla, & Rubira, (2017), definen los residuos sólidos orgánicos a todo aquello que tiene origen en los seres bióticos. Además, son muy ricos en cantidades de materia celulósica (Tozlu, Mohammadi, Kotan, Nadaroglu, & Kotan, 2016). Al respecto, Navarro, Gómez, Herrero, & Beneyto, (1995), declaran que estos presentan concentraciones

elevadas de carbono, hidrogeno y oxígeno; en menor cantidad nitrógeno, fósforo y azufre, permitiendo la fácil descomposición.

Venter & Reinecke, (2000), mencionan que el vermicompostaje es un proceso biotecnológico que permite biodegradar y estabilizar los RSO, en condiciones aeróbicas y mesófilas a través de ciertas especies de lombrices donde se alimentan de los residuos, acelerando la degradación microbiana.

Evans et al., (2003), indican que si no se atiende los residuos sólidos orgánicos, estos se convertirán en una fuente de contaminación del aire, suelo y agua, afectando directamente a la salud pública de la población (enfermedades respiratorias, diarreicas agudas, etc.), en donde estos, son responsables de la generación del 11% de las emisiones mundiales de metano (White, 1985).

Hoy en día para el tratamiento y la eliminación de los residuos sólidos orgánicos se han utilizado diversas biotecnologías. En una investigación realizada por Gil, Siles, Márquez, Gutiérrez, & Martín, (2017), afirman que dentro de estas se encuentran el compostaje y el vermicompostaje (digestión de materia orgánica por lombrices) o la biometanización.

El compostaje es una técnica de biodegradación de la materia orgánica por la acción de microorganismos (Daniel Sztern & Pravia, 2001). Estudios realizados por Soumaré, Tack, & Verloo, (2003), consideran al compostaje como un tratamiento biológico mecánico, donde la fracción orgánica biodegradable se descompone, logrando alcanzar altas concentraciones de materia orgánica y una gran capacidad de retención de agua.

Otra de las alternativas para el aprovechamiento de los RSO es mediante el vermicompostaje; descrito por Durán & Henriquez, (2010); Aira, Monroy, Domínguez, & Mato,(2002) como lombricultura o alternativa biotécnica, donde se hace uso de lombrices para

acelerar el proceso de transformación de los materiales orgánicos en compuestos como humus o abono orgánico. Los resultados obtenidos evidencian que el uso de la lombriz *Eisenia Foetida* en la elaboración del abono orgánico es más eficiente a comparación de otras alternativas. Sin embargo, estas requieren de la aplicación de diversas estrategias para acelerar la degradación, encontrándose entre ellas: la humedad, temperatura y granulometría.

Asimismo, a nivel económico se observó que no existe un plan estratégico del manejo de los residuos sólidos orgánicos; a nivel social, se encontró el desaprovechamiento y falta de educación ambiental para el manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos; a nivel ambiental se identificó de que existe áreas degradadas por la acumulación de los residuos sólidos orgánicos; a nivel cultural no existe una buena relación del hombre con el medio que le rodea y a nivel de salud; están vinculadas la proliferación de vectores y malos olores.

1.2. Formulación del Problema

¿En qué medida los sistemas cerrado y abierto biodegradara los residuos sólidos orgánicos en la Empresa AgroAndino, de la Provincia de San Pablo - Departamento Cajamarca -2019?

- ¿En qué medida el efecto de las camas con geomembrana y sin geomembrana reduce el tiempo de producción en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca - 2019?
- ¿En qué medida se evaluará los parámetros de pH, Temperatura y Humedad durante el proceso obtenido a partir de los sustratos: estiércol de chivo y cuy en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca - 2019?
- ¿En qué medida es eficiente el efecto de las camas con geomembrana y sin geomembrana a nivel de NPK en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca - 2019?

1.3. Justificación de la Investigación

En la actualidad, se genera una gran cantidad de residuos sólidos orgánicos (RSO) debido al acelerado crecimiento urbano de nuestro país, puesto a que el inadecuado manejo, es fuente de un alto nivel de contaminación ambiental y enfermedades. Sumándose los inadecuados hábitos de consumo, procesos migratorios desordenados y flujos comerciales insostenibles, que inciden en la generación de estos. Una de las alternativas de tratamiento de los residuos sólidos orgánicos es el vermicompostaje, cuyo método es eficaz para reducir y eliminar, es por ello que es importante realizar la biodegradación para así lograr obtener abono orgánico en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo- Departamento de Cajamarca; sin embargo, el tratamiento dependerá del tamaño, humedad, temperatura y población de la lombriz *Eisenia Foetida*.

La implementación de la lombriz en el tratamiento de los sistemas cerrado y abierto, acelerara la biodegradación de la materia orgánica, reduciendo el tiempo de formación y maduración del vermicompost siendo una práctica Eco Tecnológica ante el desarrollo sustentable; sin embargo, no se ha realizado investigaciones certeras que determinen parámetros adecuados para su industrialización como abono orgánico mediante la utilización de estiércoles de chivo y cuy.

Asimismo, se obtendrán beneficios económicos en donde se tendrá un valor agregado de abono orgánico, siendo rentable y atractiva por su menor costo en producción y aplicación que este representa en los cultivos de aguaymanto de la Empresa AgroAndino; en el beneficio social, se tendrá un aprovechamiento de los RSO, mejora de la calidad de vida y fomentar la formación de una cultura sostenible en el tratamiento desarrollado; en el beneficio ambiental se disminuirá la contaminación del aire y suelo con un manejo apropiado, que no solamente contribuirá a dar una solución a los RSO, sino que a la vez se trabajará responsablemente con la finalidad de obtener un alto grado de descomposición de la materia orgánica en un menor

tiempo; los datos obtenidos por este estudio de investigación permitirán mejorar el manejo de los residuos sólidos orgánicos a futuro creando un impacto social sustentable para el desarrollo de la población; en el beneficio cultural, se obtendrá un ambiente saludable en relación del hombre con la naturaleza y por último en el beneficio de salud, este tratamiento se presentara como una alternativa viable para la disminución de enfermedades respiratorias y diarreicas.

1.4. Objetivo General

- Evaluar la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos, aplicando sistemas cerrado y abierto en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019.

1.5. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de las camas con geomembrana y sin geomembrana para la reducción del tiempo de producción del vermicompost en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019.
- Evaluar los parámetros de pH, Temperatura y Humedad durante el proceso de vermicompost obtenido a partir de los sustratos: estiércol de chivo y cuy en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019.
- Evaluar la eficiencia de las camas con geomembrana y sin geomembrana a nivel de NPK en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019.

1.6. Hipótesis de investigación

1.6.1. Hipótesis principal

- La biodegradación de los residuos sólidos orgánicos fueron evaluados en los sistemas cerrado y abierto en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019.

1.6.2. Hipótesis secundarias.

- El efecto de las camas con geomembrana y sin geomembrana reducirá el tiempo de producción del vermicompost en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019.
- Los parámetros de pH, Temperatura y Humedad se evaluaron durante el proceso de vermicompost utilizando diferentes sustratos: estiércol de chivo y cuy en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019.
- La eficiencia de las camas con geomembrana y sin geomembrana se evaluaron a nivel de NPK en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Huang, Li, Wei, Chen, & Fu, (2013), realizaron un trabajo de investigación con el objetivo de comparar los cambios de composición de comunidades bacterianas, fúngicas durante el compost y vermicompostaje de residuos orgánicos con la lombriz *Eisenia Foetida*. El método estadístico utilizado fue a través de las diferencias significativas en los medios de los parámetros entre el compostaje y vermicompostaje basado en el análisis de varianza de una vía (ANOVA) con la media de separación, mediante la prueba de diferencia significativa (HSD) de Tukey al 95% nivel de confianza utilizando el software de STATISTIC 8.0. Como resultado se obtuvo los cambios en la comunidad bacteriana y fúngica durante el vermicompostaje de residuos orgánicos por crías, juveniles y adultos de *Eisenia foetida*. Después de 60 días de compostaje, valores significativamente más bajos de microbios, las densidades bacterianas y fúngicas se revelaron en los productos de compostaje con lombrices de tierra que en el control (sin lombrices de tierra). Por lo tanto, se llega a la conclusión que el vermicompostaje significativamente mejoró las diversidades de las comunidades bacterianas y fúngicas siendo beneficioso en el producto final que es el vermicompost rico en nutrientes para suelos.

La investigación señalada por Aira & Domínguez, (2011) evaluaron si el estiércol de cerdo altera el funcionamiento de la comunidad microbiana en el vermicompost producido por residuos orgánicos, con tres especies de lombrices de tierra. Desde entonces se calculó la fuerza y la dirección de los efectos indirectos de las lombrices (es decir, el efecto de la inoculación) como el cambio en las variables en presencia de vermicompost producidos por tres especies diferentes de lombriz usando dos dosis (2.5 y 10%). Los valores de las variables de muestras inoculadas. Los valores negativos indican que la inoculación reduce el

rendimiento de la comunidad microbiana, mientras que los valores positivos indican una mejora del funcionamiento de la comunidad microbiana. Para explorar el efecto de los diferentes tratamientos aplicados (tipo de vermicompost, dosis de inoculación y tiempo), los datos fueron analizados por ANOVA en los cuales se fijaron tres factores: tipo de vermicompost (de *E. foetida*, *E. andrei* y *E. eugeniae*), dosis de inoculación (2.5 y 10%). Como resultado se obtuvo que la inoculación de sustratos trabajados por lombrices afectó significativamente a la comunidad microbiana en el estiércol de cerdo a lo largo del tiempo. La biomasa microbiana, medida como respiración inducida por sustrato, aumentó claramente con la dosis de inoculación, y en muestras inoculadas con 10% de vermicompost los valores fueron casi dos veces tan alto en las muestras inoculadas con 2.5% de vermicompost. Además, dependía fuertemente del tipo de vermicompost producido por las diferentes lombrices. Por lo tanto, en las muestras con estiércol de cerdo inoculado el vermicompost producido por *E. foetida* y *E. andrei*, fue más eficiente que el vermicompost producido por *E. eugeniae*.

Panjotra, Sangha, Sharma, & Kondal, (2016), determinaron que el potencial del efecto de la lombriz *Eisenia Foetida* para una gestión de desechos de trigo y estiércol en la obtención de vermicompost. En el proceso de vermicompostaje, se realizaron camas con una medida de 22x17,5x5 cm, lanzando 28 lombrices de *Eisenia Foetida* con un peso individual de 210-226 mg y 750 g de desecho de trigo con estiércol. Asimismo, fueron regadas regularmente para obtener las condiciones óptimas de temperatura (15-28 °C), humedad (60-65%) y condiciones de sombra. Para la reproducción de las lombrices, se midió cada semana, registrándose el periodo de incubación, eclosión por capullo y numero de capullos producidos durante 111 semanas. Los resultados indican que la lombriz *Eisenia Foetida* mostro el máximo potencial biológico siendo la más adecuada para la obtención del vermicompost, debido a su corto ciclo de vida, alta reproducción y tasa de generación, variaron de 210 a 248 mg/ gusano.

Por otra parte, Aira, Monroy, & Domínguez, (2005), mencionan que el proceso de producción de vermicompost, es una de las nuevas técnicas de la agricultura orgánica conjuntamente con las lombrices que son organismos claves para la descomposición de los residuos orgánicos. Para ello evaluaron la lombriz *Eisenia Foetida* en la descomposición de la celulosa durante el proceso de vermicompostaje, utilizando 6 vermireactores (tres de ellos estaban sin lombrices y los otros tres contaron con una población de 500 lombrices maduras), en donde a ello se les introdujo una malla es de 5mm para que las lombrices se puedan mover entre módulos. En el resultado cinco muestras al azar, se tomaron cinco muestras de sustrato por modulo y se mezclaron suavemente para el análisis bioquímico; dado estos resultados del presente experimento, indican que al muestrear los vermireactores en presencia de la lombriz *Eisenia Foetida* favoreció la degradación de la celulosa. En cuanto a los vermireactores con lombrices de tierra, la tasa de celulosis fue dos veces mayor que en los vermireactores sin lombrices de tierra, lo que resulta un aumento de 1,5 la pérdida de celulosa; es decir, la presencia de lombrices no afecto la perdida celulosa.

Garg, Gupta, & Satya, (2006) desarrollaron una investigación con el objetivo de evaluar la eficiencia de la lombriz *Eisenia Foetida* en la descomposición de diferentes tipos de residuos orgánicos (residuos de cocina, agro residuos, institucionales e industriales, incluidos industria textil, lodo y fibras). El método estadístico utilizado para los datos informados son los medios aritméticos de tres réplicas. Análisis de varianza de dos vías (ANOVA) que fue hecho para determinar cualquier diferencia significativa entre los parámetros analizados durante el vermicompostaje al 0.05% nivel de significancia. Como resultado se obtuvo la eficiencia del proceso de vermicompostaje usando *E. foetida* (especie epigenica) sobre la base del contenido de nutrientes (N, P) para la producción de vermicompost se encontró máximo para residuos industriales seguidos de residuos institucionales, agro residuos y desperdicios de cocina. Los datos experimentales proporcionan una base sólida de que el vermicompostaje es

una tecnología adecuada para la conversión de diferentes tipos de residuos orgánicos (domésticos e industriales) con un valor agregado. Llegando a la conclusión de que el análisis de vermicompost obtenido de diferentes sustratos orgánicos indican claramente su utilidad como acondicionador del suelo y una buena fuente de nutrientes para las plantas en agricultura.

2.2. Marco Normativo legal

- **Constitución Política del Perú (1993).** Art. 22, A su paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre, y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.
- **Constitución Política del Perú (1993).** Art. 67, El estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.
- **Ley General del Ambiente-Ley N° 28611(2005).** Art I, Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la biodiversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.
- **Ley General del Ambiente-Ley N° 28611(2005).** Cap. 3. Calidad Ambiental, Art. 119. 1, La gestión de los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o que siendo de origen distinto presenten características similares a aquellos, son de responsabilidad de los gobiernos locales. Por ley se establece el régimen de gestión y manejo de los residuos sólidos municipales.

- **Ley de Gestión Integral de Residuos-Decreto Legislativo N° 1278 (2017).**
Establece aspectos básicos para la gestión de los residuos sólidos.
- **Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos- Decreto Legislativo N° 014-2017-MINAM (2017),** busca minimizar la generación de los residuos sólidos en el origen (viviendas, empresas, industrias, comercios, etc) para así promover su recuperación y valorización a través de reciclaje de plásticos metales, vidrios y otros y conversión de los residuos orgánicos en compost con una adecuada disposición final de los mismos.
- **Guía Metodológica para el desarrollo del Plan de Manejo De Residuos Sólidos, Cap. 3,** Menciona que la Municipalidad Distrital y Centro Poblado, son responsables por la prestación de los servicios de recolección y transporte de los residuos sólidos municipales.
- **Política Nacional del Ambiente-Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM (2009), 4. Residuos sólidos a),** Fomenta la gestión de los gobiernos regionales y locales en materia de residuos sólidos de ámbito municipal, priorizando su aprovechamiento.
- **Ley Orgánica de Municipalidades - Ley N° 27972 (2002), Art.80,2.1.** Las municipalidades, ejercen la función de administrar y reglamentar directamente el tratamiento de residuos sólidos.

2.3. Marco Teórico

2.3.1. Residuos sólidos.

Los residuos sólidos son cualquier material, objeto, sustrato o elemento resultante del consumo o uso, del cual el poseedor se desprenda o tenga la obligación de desprenderse, para ser manejados y en ultimo su disposición final (Decreto legislativo N°1278, 2016). Rodrigues et al., (2018) mencionan que el incremento de los residuos sólidos se produce en todo el mundo generando un problema ambiental. Siendo una consecuencia inevitable por parte de la población, el crecimiento económico, la rápida urbanización y aparentemente mejora del nivel de vida humana. La composición de desechos se está convirtiendo cada vez más complejo, obligando a las ciudades a desarrollar procesos y sistemas para proporcionar la mejor protección de los ciudadanos.

La búsqueda de soluciones para el manejo de los residuos sólidos orgánicos, se ha convertido en una prioridad para todos los gobiernos, frente a esto, Brebbia & Itoh, (2016), reconocen que es un desafío para los administradores públicos, principalmente en la gestión de residuos sólidos con: prevención, reciclaje, reutilización, disposición final y control.

2.3.2. Residuos orgánicos.

Se define como residuos sólidos orgánicos a todo aquello que tiene origen en los seres bióticos (Gordillo et al., 2017), ricos en cantidades de materia celulósica (Tozlu et al., 2016). Al respecto, Navarro et al., (1995) declaran que estos presentan concentraciones elevadas de carbono, hidrogeno y oxígeno; en menor cantidad nitrógeno, fósforo y azufre, permitiendo la fácil descomposición.

Motamedi, Jafarpour, Askari, & Pessarakli, (2016), mencionan que el manejo inadecuado de los residuos orgánicos contribuye al medio ambiente emisiones de amoniaco

((NH₃), y gases de efecto invernadero (GEI), e incluso el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂) que se incrementa por la acumulación de estos.

2.3.3. Procesos de descomposición de los residuos orgánicos.

El efecto de las lombrices sobre la descomposición de los residuos orgánicos durante el proceso es en primera instancia por los procesos asociados al intestino (Aira, Pérez Losada, & Domínguez, 2017). Estos procesos incluyen todas las modificaciones que la materia orgánica en descomposición en donde los microorganismos se someten durante el tránsito intestinal (Schramm et al., 2003).

También incluyen la adición de azúcares, enzimas y otras sustancias, modificación de la diversidad estructural, funcional de los microbios comunidades y su actividad, modificación de las poblaciones de micro fauna, homogeneización, procesos intrínsecos de digestión e asimilación(Kang & Yuan, 2017).

2.4. Generación de residuos sólidos en el Perú.

La generación perca pita de residuos sólidos a nivel nacional durante el año 2014 género 7497482 t/año de residuos urbanos de los cuales el 64% son residuos domiciliarios y un 26% son residuos no domiciliarios, siendo la región costa la que produce la mayor cantidad de residuos produciendo en total de 9794 t/día.

2.4.1.1. Alternativas de tratamiento para los Residuos Sólidos Orgánicos.

Existen varios métodos o alternativas de tratamiento para la descomposición de los residuos sólidos orgánicos dentro ello tenemos:

2.4.1.1.1. *Compostaje*

Se estima que el compostaje es una de las alternativas adecuadas para gestionar y tratar los residuos sólidos orgánicos (Cesaro A & Belgiorno, 2017). Asimismo, proporciona el reciclaje de nutrientes orgánicos disminuyendo la contaminación ambiental (Oliveira, Oliveira, Bezerra, Silva, & Battistelle, 2017).

El compostaje es un proceso biológico en donde los desechos orgánicos se convierten en humus estabilizado por la actividad de organismos complejos (microorganismos, bacterias, hongos, protozoos y lombrices de tierra) presente en los desechos (Polprasert, 2007); y es que este tratamiento, tiene el potencial de convertir los desechos en biofertilizantes del suelo (Wang, Han, Feng, & Zhang, 2016).

Por medio del proceso de compostaje, la materia orgánica se transforma y se estabiliza con la obtención de un producto similar al humus (Y. S. Lee, Choi, Lee, Kang, & Kim, 2016). Este producto es utilizado como un material nutritivo para el crecimiento de las plantas y mejora de las propiedades físicas del suelo (Boelens, De Wilde, & De Baere, 1996).

2.4.1.1.2. *Lombricultura*

Es una tecnología para la gestión de materiales biodegradables a través de la actividad de lombrices de tierra; y es que debido a sus características fisicoquímicas, enzimáticas y población microbiana se caracteriza por ser un excelente fertilizante (Wu, Zhang, Wang, & Sun, 2012). Además, Kumar Chauhan & Singh, (2014) menciona que este tratamiento, es adecuada para la rentabilidad degradando de manera eficiente todo tipo de desechos biodegradables no tóxicos.

En este tratamiento, se utiliza una especie de lombriz como medio de trabajo; dichas lombrices son criadas en cautiverio multiplicándose más rápido que las lombrices comunes (Yinan, 2012). Las lombrices y los microorganismos alteran las propiedades biológicas, físicas y químicas del material de desecho, en donde son convertidos en lombricultura (Singhania, Agarwal, Kumar, & Sukumaran, n.d, 2003).

2.4.1.1.3. Biodigestor de residuos

Se le denomina biodigestor a la utilización del biogás producida a partir de los desechos orgánicos (Solarte, Chacón, & Cardona, 2018). Los biodigestores es uno de los mecanismos que permite la eliminación de los residuos sólidos con la explotación energética del biogás (Silva dos Santos, Braz Vieira, de Nóbrega, Barros, & Tiago Filho, 2018).

Para la selección del biodigestor dependerá del contenido de la materia orgánica: la digestión húmeda (se aplica como lodo de aguas residuales y animales líquidos como el estiércol) y la digestión seca (se aplica a los residuos orgánicos municipales, residuos agrícolas, residuos orgánicos y residuos orgánicos de restaurantes) (Njuguna et al., 2018).

2.4.1.1.4. Vermicompostaje

El vermicompostaje, es un proceso biológico, rentable y aceptable como una técnica rápida para la gestión eficiente de los residuos sólidos orgánicos que depende de la biooxidación y estabilización de desechos orgánicos por la acción combinada de microorganismos y lombrices de tierra (Kumar, Shanmugaprakash, Aravind, & Namasivayam, 2012). En efecto, transforma la MO en un material fino y poroso con una capacidad de retención de agua, carga de nutrientes y microorganismos bien estabilizados; propiedades físicoquímicas y biológicas que mejoran el crecimiento de las plantas (Sanchez Hernandez & Domínguez, 2017).

Otros estudios realizados por (Doan, Rumpel, Janeau, Jouquet, & Henry-Des-Tureaux, 2017) indican que el vermicompostaje contribuye a los agroecosistemas sostenibles mejorando la calidad de suelo, en sus propiedades físicas (estabilidad estructural y resistencia a la erosión, infiltración de agua).

Asimismo, reduce el metal pesado del suelo contaminado y proporciona sustrato de crecimiento vegetal (medio que se utiliza para el cultivo de las plantas) (Motamedi et al., 2016). Las bacterias y hongos son promotoras para el crecimiento vegetal que contribuyen para la obtención del humus (Egamberdieva, Shrivastava, & Varma, 2015). Al mismo tiempo minimiza la dependencia de los fertilizantes químicos en los países en desarrollo (Motamedi et al., 2016).

2.5. Principios del vermicompostaje

Para la productividad óptima en el medio ambiente se tiene las siguientes condiciones:

- La materia orgánica se tendrá en capas delgadas (2.5-5.0 cm).
- Las lombrices requerirán de condiciones aerobias.
- La temperatura debe mantenerse idealmente a 20-24°C.
- El contenido de humedad debe ser del 60 %-90%
- No se debe de cubrir las camas con materiales impermeables como plástico, que impidan oxigenación (Clive & Arancon, 2004).

Tabla 1. Condiciones óptimas para la reproducción de la lombriz *Eisenia Foetida* en residuos orgánicos

Factores	Descripción	Recomendaciones
Temperatura	óptimos	15-24°C
	limites	0-35°C
Contenido de humedad	óptimos	80-90%
	limites	60-90 %
PH	óptimos	>5 < 9
Oxigeno	óptimos	Anaerobio

2.6. Importancia del Vermicompost

Es de suma importancia debido a que promueve la conservación de los desechos orgánicos generados desde el hogar, mercado, la agricultura, entre otros, siendo un material relativamente estable y al mismo tiempo mejorando la calidad de los suelos (Jaime, Rosario, Gustavo, Rosa, & Víctor, 2008). El vermicompostaje permite:

- Aumenta el nivel de oferta del abono orgánico en favor a las poblaciones.
- Incrementa la producción de viveros y jardines en zonas urbanas o poblaciones en crecimiento que no cuentan con terrenos fértiles.
- Incrementa de manera favorable el nitrógeno en las plantas.
- Crea conciencia ambiental en la población en cuanto a sus hábitos y la utilización que se pueda dar a los residuos orgánicos.
- Reduce los niveles de contaminación generados por los residuos orgánicos, debido al proceso natural de descomposición.
- Reduce la utilización de fertilizantes químicos.

- Mejora la calidad de los suelos agrícolas.

2.6.1. Ventajas.

- El vermicompostaje disminuye las emisiones de metano en un 32% y 16% con humedades superiores e inferiores, respectivamente (Nigussie, Kuyper, Bruun, & de Neergaard, 2016).
- Es una tecnología limpia y sostenible que transforma los residuos sólidos orgánicos en vermicompost y biomasa de lombrices (Kouba et al., 2018).
- Su sistema es optimizado y monitoreado en la producción del vermicompost (Figueroa & Mendoza, 2013).
- Mejora la estructura del suelo al favorecer la estabilización de las plantas modificando el espacio poroso que favorece la penetración de las raíces (Pathma & Sakthivel, 2012).
- Incrementa la retención de la humedad del suelo, contribuyendo a que las plantas resistan mejor en las sequías (Bagheri & Afrasiab, n.d.).
- Incrementa la capacidad de retención de nutrientes en el suelo liberado progresivamente el nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, calcio, boro, hierro, entre otros lo cual son necesario para el crecimiento de las plantas (Banerjee, Datta, Mondal, & Chanda, 2011).
- Reduce los niveles de utilización de fertilizantes químicos nocivos (Mondal, Datta, & Mondal, 2017).

- Recicla los desechos orgánicos, lo cual disminuye la contaminación por estos (Chatterjee, Gajjela, & Thirumdasu, 2017).

2.6.2. Desventajas

- Es difícil de mantener las condiciones óptimas de humedad (Clive & Arancon, 2004).
- Se requiere mano de obra para que estén apilados.
- Al cosechar el vermicompost, es difícil la separación de las lombrices.
- Tiempo de procesamiento es lento de vermicompost (Ludibeth, Marina, & Vicenta, 2012).

2.7. Inspección, Control y Calidad del Vermicompost

Para la inspección, control y calidad de Vermicompost, constara con 3 etapas que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Inspección y control de calidad

Acondicionamiento	Proceso de Vermicompostaje	Obtención de Vermicompost
Obtención de los Residuos Sólidos Orgánicos	Picar los Residuos Sólidos Orgánicos	Limpiar
Pesado de los Residuos Sólidos Orgánicos	Separar los Residuos Sólidos Orgánicos	Tamizar
Separar los Residuos Sólidos Orgánicos	Mezclar en la cama de Vermicompostaje	Envasar
Descargar Residuos Sólidos Orgánicos	Airar la cama de Vermicompostaje	Producto final
Limpieza manual del lugar	Humedecer las camas de Vermicompostaje	

2.7.1. Actividades Operativas en la Producción de Vermicompostaje

Fernandez, (2011), menciona que para la elaboración del vermicompostaje, se identificara los sistemas operativos a continuación:

2.7.1.1. Sistema de Vermicompostaje Tradicional

Se caracteriza por la manipulación de los residuos orgánicos en donde estos, son inoculados con lombrices. A medida que se obtenga el vermicompost las lombrices son retiradas; dentro de este sistema se encuentran diferentes tipos que son:

a) Literas o camellones

Litera, se refiere a un espacio rectangular, definido por maderas, ladrillos, bloques de cemento, etc, en donde estos permitirán a que las lombrices no escapen del lugar.

b) Contenedores

Los residuos sólidos orgánicos se ubicarán en el interior de un receptáculo. En este sistema, las lombrices se encontrarán protegidas frente a las condiciones ambientales.

2.7.1.2. Sistema de Vermicompostaje de Alimentación Continua

Vargas, Romero, & Fernandez, (2014) este sistema permitirá procesar las cantidades parciales de los residuos sólidos orgánicos, lo cual se clasificara en:

a) Vermicompostador vertical modular

Este sistema, está formado por unidades cilíndricas, denominadas módulos, cada una de estas, son un soporte inferior perforado, lo cual permite el paso de las lombrices entre los módulos. Durante el proceso de vermicompostaje, los módulos se irán añadiendo periódicamente conforme las lombrices se agoten.

b) Vermicompostador Vertical Mecanizado

Este vermicompostador, consiste en tener periódicamente residuos orgánicos frescos sobre un contenedor, en donde las lombrices se desarrollarán verticalmente.

c) Vermicompostador de Flujo Horizontal

En este sistema, las capas de los residuos frescos no son muy espesas, debido a que las lombrices avanzan hacia otro corredor horizontal.

2.7.2. Fases del Vermicompostaje

2.7.2.1. Fase Mesófila:

Según Jadia & Fulekar, (2008) mencionan que el inicio del proceso de vermicompost la temperatura ambiental comienza a incrementarse, más el pH disminuye. En la masa vegetal se produce el desarrollo de la flora mesofílica (bacterias, levaduras, mohos y actinomicetos mesofílicos).

Castillo, Benito, & Iglesias, (2005), indican que la actividad metabólica de los microorganismos dará lugar a un aumento de temperatura ambiental entre 20 y 40° C con la producción de ácidos orgánicos haciendo bajar el pH hasta 4.0 o 4.5. La duración de esta fase son pocos días (entre dos y ocho días) a que el material que ingresa es fresco iniciándose así la fase termófila.

2.7.2.2. Fase Termófila

Al culminar la fase mesofílica, se inicia esta fase con una temperatura de 40 °C. Los microorganismos termófilos como los hongos del grupo de actinomicetos (Microtrichospora, Streptomyces y Actomyces), se encargan de descomponer los materiales orgánicos con mayor velocidad generando un calor de 60 a 70 °C (Huang et al., 2018).

Ghosh, Goswami, Ghosh, & Pramanik, (2018) afirmaron que al iniciar esta fase, la microflora mesófila es sustituida por la termófila debido a la acción de Bacilos y Actinomicetos termófilos. Asimismo, se descomponen las ceras, proteínas y hemicelulosas y se eliminan todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables. En consecuencia, a ello, se incrementa el pH pasando desde 5.5 hasta 7.5, en donde permanecerá casi constante hasta finalizar el proceso llegando a un color oscuro, para la temperatura, este parámetro ascendera por la acción de la fermentación de los residuos orgánicos, alcanzando valores de 60 a 70 °C.

2.7.2.3. Fase de descomposición mesofílica

En esta fase se realiza la degradación celulosa por las bacterias y hongos (Clive & Arancon, 2004). Se inicia el descenso de la temperatura con el agotamiento de los nutrientes y muerte de los microorganismos termófilos con un valor de 40°C. En efecto se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos, en donde utilizaran los nutrientes de la celulosa.

2.7.2.4. Fase de maduración

En esta última fase del vermicompostaje, se presenta la estabilización de las propiedades químicas (intercambio catiónico, pH, materia orgánica, sólidos volátiles), los microorganismos mesófilos contribuyendo a desarrollar un máximo grado de humificación (Nogales, Romero, & Fernández Gómez, 2014).

2.7.3. Microbiología del proceso de Vermicompostaje

Los microorganismos en el vermicompostaje, son organismos heterótrofos que utilizan compuestos orgánicos como fuente de energía, estos son responsables para la transformación biológica de los materiales orgánicos, entre ellos se encuentran los hongos, bacterias y actinomicetos (Clive & Arancon, 2004). En cuanto al desarrollo del proceso de

vermicompostaje, se tomará en cuenta la aplicación microbiológica, considerando una pila de vermicompost como un medio de cultivo.

Tabla 2. Resumen la biología y evolución de especies en el proceso de vermicompost.

Fase	Tiempo	Temperatura	Evolución de Especies
Residuos Frescos	>1 día	Ambiente	Insectos, Gusanos y Huevos, Protozoarios, semillas de hierbas, Patógenos, bacterias, Hongos.
Fase Mesolítica	15 horas	20 a 40 °C	Eclosión huevos, larvas Huida de insectos, bacterias y hongos mesolíticos.
Primera Fase Termófila	56 horas	40 a 70°C	Destrucción huevos de larvas insectos y tenía. Inicia destrucción patógena, bacterias y hongos termófilos, antibióticos.
Segunda fase Termófila	12 días	65 a 75 °C	Destrucción de Patógenos, Salmonellas, Bacilos intestinales, Bacterias termófilas y desaparición de hongos.
Fase Termófila Final	15 días	75 a 45 °C	Destrucción final de patógenos, Bacterias termófilas y Actinomicetos.
Maduración	20 días	45 a 25 °C	Desaparición de Bacterias termófilas y mesófitas. Antibioticos, libre de patógenos.

La eficiencia de los microorganismos realizara transformaciones químicas, ello se debe a su gran poder catalítico. En consecuencia, de su pequeño tamaño, bacterias y hongos presentan una relación superficie/volumen elevada.

Para la obtención del éxito del vermicompostaje, dependerá de factores bióticos y abióticos que se dan a continuación:

2.7.4. Los factores abióticos

Son los más importantes ya que afectan el proceso del vermicompostaje, incluye el contenido de humedad, el pH, la temperatura, la aireación, la calidad de alimentación, la luz, la relación C: N, etc.

2.7.4.1. El potencial hidrogeno (pH).

Yadav & Garg, (2011), menciona a que el pH es un parámetro importante que dependerá de la calidad química de la materia prima. El rango aceptable de pH adecuado para la actividad de las lombrices y microorganismos es de 5.5-8.5. Sin embargo, el pH óptimo es neutro. A medida que se inicia el proceso, el PH se incrementara (Kaushik & Garg, 2004).

El pH durante el vermicompostaje dependerá de la calidad química de la materia prima. El aumento o disminución del pH, se debe a la producción de los ácidos orgánicos y amoniaco durante el proceso (Sharma & Garg, 2018a). Las lombrices *Eisenia Foetida* mantendrán el pH en el rango neutral mediante la secreción de calcio intestinal y amoniaco (Sharma & Garg, 2018).

2.7.4.2. Humedad

Es uno de los factores más importantes necesarios para el funcionamiento de lombrices y microorganismos en el vermicompostaje. Las lombrices respiran a través de su piel, por lo tanto, el sistema debe tener un contenido de humedad adecuado. El rango ideal de humedad en el proceso es de 60 -80 % (Jorge Dominguez & Edwards, 2004).

Degefe & Tamire, (2017), mencionan que si se presenta una diferencia de 5 % en el contenido de la humedad puede afectar el desarrollo de la lombriz *Eisenia Foetida*. De igual manera, el agua actúa como medio para la humedad.

2.7.4.3. Temperatura.

El aumento de la temperatura durante el proceso, se debe a la conversión de la materia orgánica. El rango de temperatura óptimo para las lombrices durante el proceso de vermicompostaje es de 12 °C a 28°C (Yang, Li, Zang, & Zhang, 2017).

Nahas, (2017), menciona que durante el invierno, para mantener el sistema activo, la temperatura debe de mantenerse por encima de 10 °C. A medida que disminuye la temperatura en el sistema, las lombrices no pueden reproducirse, y es que su actividad metabólica reduciría.

Cuando se tienen temperaturas muy bajas, las lombrices no consumen alimentos, pero cuando se tiene una temperatura más alta de por encima de 35°C, se presentará la actividad metabólica. En efecto la reproducción de las lombrices comenzara a declinar, produciéndose la mortalidad (Singh & Singh, 2016).

2.7.4.4. La aireación

El consumo de oxígeno es una función de actividad microbiana. En cuanto a las lombrices, los niveles de oxígeno están relacionadas a las temperaturas del sustrato. En el sistema de vermicompost, la humedad excesiva, causara una mala aireación, además puede afectar el oxígeno de las lombrices (Yadav & Garg, 2011).

2.7.4.5. Relación Carbono (C) - Nitrógeno (N)

La relación Carbono -Nitrógeno en el material de alimentación que afecta el crecimiento de las lombrices y la reproducción. Sin embargo, si esta relación es más alta, el material de alimentación acelera el crecimiento y la reproducción de las lombrices. Por lo tanto, si esta es demasiado alta o demasiado baja, la degradación de desechos se vuelve más lenta (Indrajee & Singh, 2010).

Dentro del proceso de degradación la presencia de microbios juega un papel importante en el proceso de vermicompostaje y estas necesitan carbono para el crecimiento y nitrógeno para la síntesis de proteínas. Por lo tanto, se requiere una relación C/N óptima para el proceso de vermicompostaje eficiente (Edwards & Lofty, 1972).

2.7.5. Factores bióticos.

Yadav & Garg, (2011), confirman que las siguientes características a continuación, afectan en la producción del Vermicompost:

2.7.5.1. Densidad de Población

Las lombrices desempeñan un papel importante en el sistema de vermicompostaje, en donde modifican las comunidades microbianas. Edwards, Arancon, & Sherman, (2010) informaron que, a mayores densidades de población, las lombrices crecen lentamente con una menor biomasa.

En el sistema de vermicompostaje, las altas densidades de la población de las lombrices, resultan con una rápida transformación de la materia orgánica fresca (Domínguez, 2004).

Ndegwa, Thompson, & Das, (2005), señalan que la densidad de siembra de lombriz óptima es de 1.60 Kg-gusanos /m² se tendrá una tasa de alimentación de 0.75 Kg-alimentación/Kg de lombriz/día para la picadura de vermicompost. Por lo tanto, es esencial mantener una densidad óptima de lombrices para obtener el crecimiento y reproducción de la población en un menor tiempo posible.

Diagrama para la obtención de Vermicompost

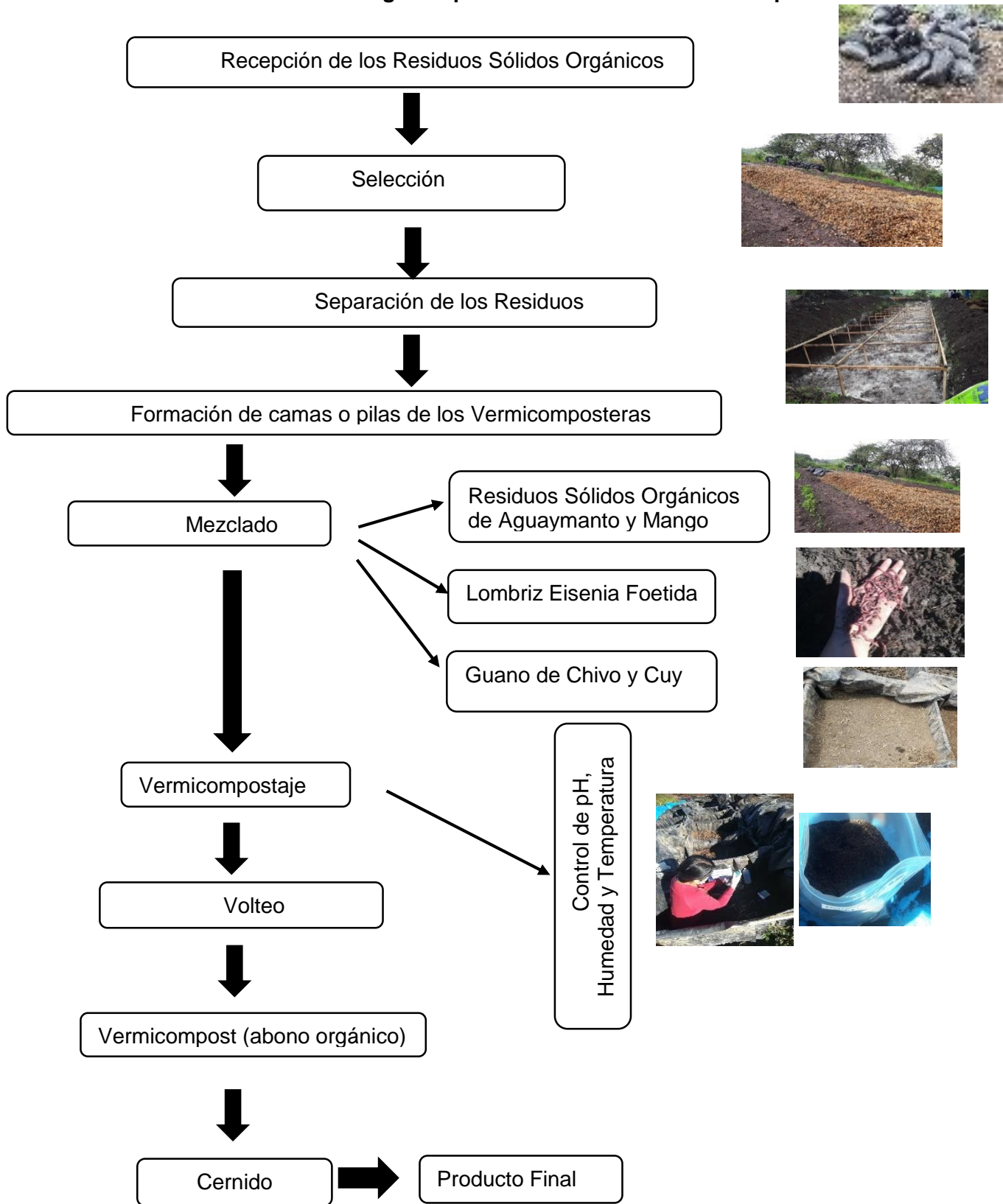


Figura 1. Diagrama para la obtención de Vermicompost

2.7.5.2. Microorganismos

La composición de las comunidades de los microorganismos en el sistema de vermicompostaje dependerá de los componentes de desechos sometidos al vermicompostaje. Durante la micro mezcla, la materia orgánica se estabilizará por medio de la interacción directa entre lombrices y microorganismos (Jorge Dominguez & Edwards, 2004).

Omez-bran, Inguez, Gómez-Brandón, & Domínguez, (2014), destacan que durante el vermicompostaje, las lombrices ingieren microorganismos con sustratos orgánicos.

2.7.5.3. Enzimas

Los desechos químicamente orgánicos, son muy complejos. Los gusanos secretan enzimas en sus intestinos, ello provoca una rápida conversión bioquímica de materiales celulósicos y proteicos en los desechos orgánicos (fermentación) (Bajpai, 2015).

2.8. Insumos para el vermicompostaje.

- **De origen vegetal.** Dentro de los residuos de origen vegetal se encuentran las hojas, pastos, restos de frutas, verduras y plantas; que se pueden generar en agroindustrias. Esta materia puede ser utilizada en la alimentación de las lombrices siempre y cuando se realice un proceso de pre compostaje (Nigussie et al., 2016).

Sin embargo, uno de los principales problemas a considerar es la alta humedad de estos residuos, así como su contenido de azúcares, facilitando la fermentación convirtiéndose en un problema. Por otro lado, cuando estos se manejan adecuadamente se convierten en un excelente alimento para las lombrices, produciendo un rico vermicompost en nutrientes (Alavi et al., 2017).

- **Desechos domiciliarios.** Son residuos generados por la sociedad, en la cual las lombrices pueden transformar toda la parte orgánica que contengan; esta técnica de producción consiste en la preparación de pilas de los residuos orgánicos, donde atraviesan por etapas de digestión aerobia y de transformación (Aynehband, Gorooei, & Moezzi, 2017).
- **Abono o Estiércol de Cuy.** El estiércol de cuy son excretas de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión; generalmente entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol. La calidad de los estiércoles depende de la especie, del tipo de cama y del manejo que se les da a los estiércoles antes de ser aplicados (Borrero, 2001).

Según Molina (2014), el estiércol de cuy, se utiliza con múltiples beneficios, sobre todo para la elaboración de abonos orgánicos, su alto contenido de nutrientes especialmente de elementos menores. El estiércol del cuy es uno de los mejores junto con el del caballo, y tiene ventajas como que no genera olores, no atrae moscas y viene en polvo. Este abono orgánico es muy importante para la utilización en cultivos y de una manera limpia la cual no afecta el medio ambiente.

Borrero 2003 menciona que el contenido químico es de 1,5% de N, 0,7% P y 1,7% K. Los estiércoles mejoran las propiedades biológicas, físicas y químicas de los suelos, particularmente cuando son utilizados en una cantidad no menor de 10kg/ha al año, y de preferencia de manera diversificada. Para obtener mayores ventajas deben aplicarse después de ser descompuestos o fermentados, y de preferencia cuando el suelo está con la humedad adecuada.

Tabla 3. Porcentaje de Nutrientes del Estiércol de Cuy

Nutrientes	%
Nitrógeno	0.7
Fosforo	0.05
Potasio	0.31

Fuente: Pantoja (2014)

- **Abono o estiércol de Cabra.** Este abono logrado a través de guano permite modificar y mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, como dice el Fondo de la protección del agua (2010). Una vez compostado es considerado un excelente abono orgánico que además de los principios fertilizantes nitrógeno, fosforo y potasio aporta gran cantidad de microorganismos Duran (2006).

Se pueden resaltar otras razones importantes del estiércol caprino, donde se incluyen otros nutrientes como el calcio, azufre y micronutrientes, además de los tres esenciales (Thomson y Troeh, 2002). Además, se debe tener presente que una porción de los nutrientes (particularmente del nitrógeno, fósforo y microelementos) que se encuentra en los estiércoles pasará a formar parte del humus, quedando así almacenados en el suelo, protegido de las pérdidas por lavado (Sosa, 2005).

Tabla 4. Porcentaje de Nutrientes en el Guano de Chivo

Nutrientes	%
Nitrógeno	1.55
Fosforo	2.92
Potasio	0.74

Fuente: Sosa (2005)

2.9. Características de la Lombriz Roja *Eisenia Foetida*

Las lombrices de tierra se caracterizan por su contribución en el reciclaje en la materia orgánica. Estos convierten los residuos en humus con una estructura más fina (Ansari & Ismail, 2012).

Las actividades de las lombrices juegan un papel importante en la descomposición de la materia orgánica y metabolismo del suelo a través de la alimentación, fragmentación, aireación, rotación y dispersión (Ramasubramanian, 2015).

Las principales actividades de las lombrices son:

1. Ingestión de suelo y descomposición parcial de la materia orgánica.
2. Excavado a través del suelo y llevando el subsuelo a la superficie.

Durante estas actividades, las lombrices contribuyen formación de agregados del suelo, mejora en la aireación y porosidad del suelo (Edwards & Bohlen, 1996).

Lee,K (1985), menciona que en el transcurso de la evolución de las lombrices, se han dividido en alrededor de 1.800 especies terrestres, las cuales se clasifican en tres grupos:

- a) Epigeas: Viven en la superficie del suelo en acumulaciones orgánicas, en donde son comedores de hojas de tronco en descomposición, guano, y otros.
- b) Endógenas: Viven permanentemente en el suelo en donde hacen madrigueras horizontales alimentándose de minerales mezclados con materia orgánica en donde consumen más tierra que las especies epigenicas.
- c) Anecicas: Son especies de tierra vegetal, estas lombrices se caracterizan por sede mayor diámetro que las anteriores, lo cual forman madrigueras verticales en el suelo llevando desde la superficie materia orgánica de los sustratos superiores hacia lo más profundo para así ingerir con fragmentos minerales que se encuentren en la profundidad del suelo.

2.9.1. Características, morfología y funcionamiento

Tabla 5. Taxonomía de la Lombriz Eisenia Foetida.

Características	Taxonomía
Reino	Animalia
Filo	Annelida
Clase	Clitellata
Sub clase:	Oligochaeta
Orden	Haplotaxida
Familia	Lumbricidae
Genero	Eisenia
Especia	Eisenia Foetida

2.9.1.1. Características Externas

Presentan el cuerpo alargado con un color rojo oscuro. Mide 6 a 8 cm de largo, con un diámetro de 3 a 5 mm cuya función está relacionada con la reproducción. Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos los 5 o 6 días, se sitúan de color rosado y a los 120 días parecen adultas, siendo un color rojizo. Además, el excremento de la lombriz contiene: Nitrógeno, Fosforo, Potasio y Calcio (N, P, K).

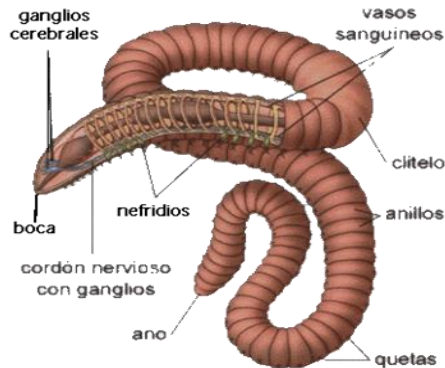


Figura 2. Partes de la Lombriz Eisenia Foetida

2.9.1.2. Características Internas

La pared del cuerpo de la lombriz está constituida de afuera hacia adentro por:

- **Cutícula:** Es una lámina muy delgada de color marrón brillante, fina y transparente.
- **Epidermis:** Se encuentra situado debajo de la cutícula, es un epitelio simple con células glandulares que producen una secreción mucosa. En efecto es el responsable de la formación de la cutícula y del mantenimiento de la humedad y flexibilidad de la misma.
- **Capas musculares:** Son dos, una circular externa y una longitudinal interna.
- **Peritoneo:** Es la capa más interna que limita exteriormente con el celoma de la lombriz.
- **Celoma:** Es la cavidad que contiene líquido celómico, en donde se extiende a lo largo del animal.
- **Aparato circulatorio:** Las lombrices tienen vasos sanguíneos que son uno dorsal y el otro es ventral. La sangre circula por un sistema cerrado constituido por cinco pares de corazones.
- **Aparato respiratorio:** El intercambio de oxígeno se produce a través de la pared del cuerpo.
- **Sistema digestivo:** Se encuentra en la parte superior de la apertura bucal. Las células del paladar son las encargadas de seleccionar el alimento que pasa al esófago, en donde se localizan las glándulas calcíferas. Estas glándulas segregan

iones de calcio, contribuyendo la regulación del equilibrio ácido básico, de esta manera se neutralizará los valores de pH.

- Aparato excretor: Está formado por nefridios, son dos para cada anillo, y es que las células internas son ciladas, sus movimientos permiten retirar los desechos del celoma.
- Sistema nervioso: Presenta un sistema ganglionar (agrupaciones de las neuronas)

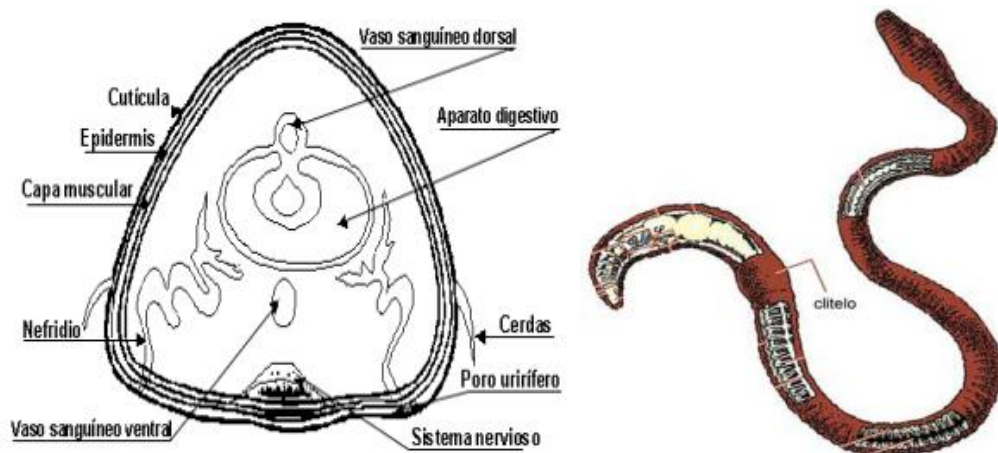


Figura 3. Características morfológicas de la Lombriz *Eisenia Foetida*.

Fuente. Guía de Lombricultura Agencia de Desarrollo Económico y Comercio

2.9.2. Ciclo de vida de la Lombriz *Eisenia Foetida*

Ansari & Ismail, (2012), mencionan que las lombrices viven en diversos hábitats provocando cambios físicos y químicos en el suelo conduciendo a mejorar en la fertilidad del suelo. El crecimiento de la lombriz, la maduración, producción del capullo y el potencial de la reproducción no solo están influenciados por las condiciones ambientales, sino también por la calidad y disponibilidad de los alimentos (Sivasankari, 2016).

Con una buena población de lombrices, indica la presencia de una gran población de bacterias, virus, hongos, insectos, arañas, y otros organismos.

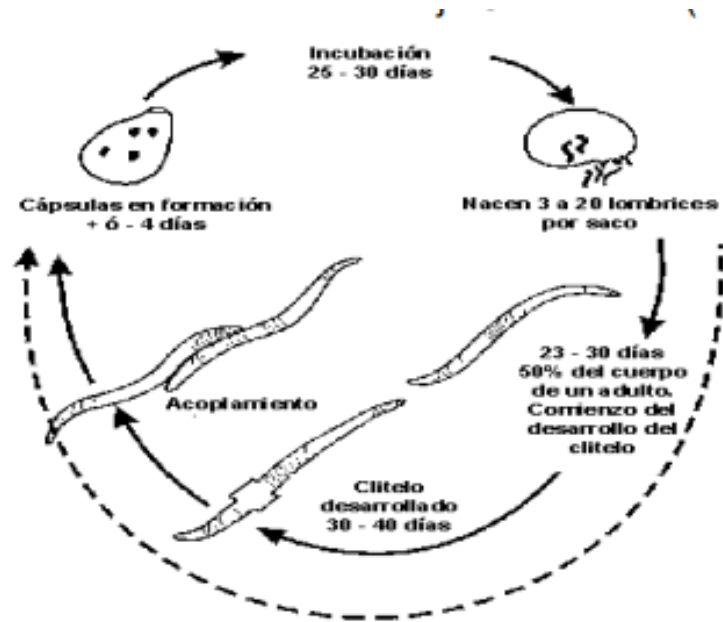


Figura 4. Ciclo de vida de la Lombriz *Eisenia Foetida*.

Estos gusanos alcanzan la madurez sexual de 40 a 60 días. Una vez ya concluida su madurez de las lombrices, la velocidad de crecimiento reducirá (Sivasankari, 2016). Además cuenta con una esperanza de vida entre uno y cinco años (Venter & Reinecke, 1988).

La actividad sexual de las lombrices esta disminuida en climas calurosos, y es que llega a su máxima capacidad de fecundación en climas templados (Venter & Reinecke, 1988).

2.9.2.1. Hábitat

Habita en los 50 cm del suelo, siendo muy susceptible a cambios climáticos es foto bica (no soporta la luz solar). Los rayos ultravioletas, pueden perjudicarla en la reproducción.

2.9.2.2. Razones de su elección

Hertel-Aas, Oughton, Jaworska, Bjerke, & Salbu, (2007), estudiaron que la lombriz *Eisenia Foetida*, es muy prolifera, y es que su capacidad reproductiva es muy elevada. En cuanto a su población puede duplicarse cada 45-65 días. 1.000.000 de lombrices cada año se convierten 12.000.000 y en dos años en 144.000.000. Durante este periodo se transformará 240.000 toneladas de residuos orgánicos en 150.000 toneladas de humus.

2.9.2.3. Ciclo Biológico

Se caracterizan por ser hermafrodita (tiene dos órganos sexuales). Emergen de 2 a 8 lombrices después de un periodo de incubación de 14 a 21 días, dependiendo de su alimentación.

2.10. Geomembrana

Son láminas de plástico con material sintético impermeable y flexible, con propiedades físicas químicas y térmicas, la cual permite que no se infiltren los lixiviados provenientes de la descomposición de los RSO. Debido a las características físicas de la geomembrana es una herramienta importante para la obtención del vermicompost.

Las propiedades van a depender de su estructura, de las variaciones del grado de ramificación, del peso molecular y de la densidad. Los aditivos más usados para su producción son el polietileno y los absorbentes para evitar la degradación oxidativa, estando compuesta en un 97.5% de polímero y 2.5 de carbón negro y antioxidante. Siendo ideales para el control de las filtraciones e infiltraciones actuando como una barrera al paso para los fluidos y gases (Mateo Sanz, 2017).

2.10.1. Clasificación de las Geomembranas

2.10.1.1. Geomembrana de alta densidad HDPE

Son laminas fabricadas con resinas vírgenes de polietileno de Alta Densidad (HDPE) en donde, estas presentan una gran duración con una excepcional resistencia a la radiación ultravioleta (Sancandi & Soto, 2017).

a) Características y Ventajas

- Protección contra la erosión.
- Presenta una superficie lisa o texturada.
- Presenta una seguridad de retención de agua.
- Su instalación es rápida
- Es altamente resistente a altas temperaturas.
- Su vida útil está por encima de los 30 años.

b) Composición

- Resina virgen de polietileno (97-98%) con una densidad mayor o igual a 0,945 g/cm³ según norma ATSM D-1505.
- Negro de Humo (2-2,5%) según norma ASTM D-1603.
- Espesor: Se mide en milímetros(mm) como en mil que equivale a 0.001 pulgadas es decir 0.001* 2.54 cm.

Tabla 6. Propiedades de la Geomembrana de HDPE.

Propiedades de Geomembrana de HDPE									
Propiedades mecánicas	Método de ensayo	de	Unidad						Frecuencia
Espesor(promedio mínimo) Menor medición individual de 10 mediciones	D5199			0.8	1	1.5	2	2.5	
				0.7	0.9	1.35	1.8	2.25	
			mm						c/rollo
Propiedades Tensión/Deformación	D6693								
-Resistencia en Fluencia									
- Resistencia en Rotura									
- Elongación en fluencia	(50 MM/MIN)		KN/m	12	16	24	32	40	
- Elongación en Rotura (Promedio mínimo)	(50 MM/MIN)		KN/m	21	28	42	56	70	
	l=33mm)		%	113	13	13	13	13	c/6000Kg
	(l=50mm)		%	700	700	700	700	700	
Resistencia al Rasgado(prom.min)	D1004C		N	101	135	203	270	338	c/12.000Kg
Resistencia al Punzonamiento (prom.min)	D4833		N	258	257	536	714	893	c/12.000Kg

2.1.1. Geomembrana de lineal de baja densidad LLDPE

Esta geomembrana se aplica en las canchas de lixiviación, cubiertas flotantes, lo cual requiere de una barrera (Huahuacondori & Ramiro, 2014).

Espesor: (mm) 0.5,0.75,1.0,1.5,2.0,2.5,3.0 y 5.0.

2.1.2. Geomembrana de polietileno muy flexible VFPE o VLDPE

Estos son fabricados con una formulación a base de polietilenos de muy baja densidad en donde su lamina es aún más flexible que la geomembrana LLDPE.

Espesor: (mm) 0.5,0.75,1.0,1.5,2.0,2.5

2.11. Manejo de los lechos.

Se realiza de manera manual con la ayuda de palas para el volteo total, con este procedimiento se busca mejorar las condiciones aerobias del sustrato, lo mismo que favorecerá la homogenización y así lograr un proceso de estabilización (Lim, Lee, & Wu, 2015).

La temperatura el pH y la humedad, son factores de suma importancia que se deben monitorear semanalmente con la utilización de un termómetro, haciendo registros en varios puntos de las pilas (Soobhany, 2018).

2.12. Cosecha del vermicompost.

La cosecha del vermicompost se realiza dependiendo del sistema de producción es decir cuando esta presenta un color negro café y textura homogénea de grano pequeño. Según Román, Martínez, & Pantoja, (2013), indicaron que se utiliza un sistema de trampeo que consiste en dejar de alimentar a las lombrices por 8 a 10 días, para luego dejar el alimento fresco en un extremo, de esta manera las lombrices tendrán que moverse en busca de alimento y así poder recoger el vermicompost.

El vermicompost es un producto mucho más estable que compost, conteniendo más ácidos húmicos y fulvicos, de esta manera el producto final puede ser tamizado para homogenizar la textura y secado para ser aplicado al suelo o almacenado.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica del estudio.

La provincia de San Pablo es una de las 13 provincias del departamento de Cajamarca, el cual se encuentra ubicada al norte del Perú. Asimismo, la empresa AgroAndino fomenta la producción y transformación de Aguaymanto y Mango para la exportación de fruta deshidratada. Estos residuos sólidos orgánicos, serán biodegradados para la obtención de vermicompost.

La ciudad se encuentra a 2330 m.s.n.m., a 578 km en línea recta al norte de la ciudad de Lima, con una ubicación de coordenadas UTM (WGS 84) Norte: 9212699. Este: 0740469, siendo los límites los siguientes:

NORTE: Limita con la Provincia de Hualgayoc y San Miguel.

SUR: Con la Provincia de Contumazá

ESTE: Con la Provincia de Cajamarca

OESTE: Con la Provincia de San Miguel.

La ciudad posee una ubicación geográfica estratégica, por ser un punto de confluencia de restos arqueológicos del Kuntur Wasi, sin embargo, la provincia de San Pablo está catalogado como una de las provincias con menos desarrollo socioeconómico dentro de las trece provincias de Cajamarca.



Figura 5. Mapa de la provincia de San Pablo-
Cajamarca

El clima en el Departamento de Cajamarca es variado en las alturas andinas por el frío, templado en los valles y cálido en las quebradas. Los climas templado y frío se encuentran a una temperatura elevada de más de 20°C y bajas temperaturas nocturnas que descienden a 0°C a partir de los 3000 msnm. La temperatura de la Provincia de San Pablo presenta diversos climas tales como: seco, húmedo, templado y frío comprendidos entre 14°C a 23.7°C. En cuanto a la humedad relativa, se encuentra entre 70 % a 95% durante el transcurso del año.

3.2. Metodología

3.2.1. Descripción de las camas.

La zona de estudio donde se ubicó las camas experimentales se muestra en la figura 6, estas se encuentran alejadas de la población debido a los malos olores que pueden llegar a generar durante la primera etapa de descomposición de los residuos de aguaymanto y mango.



Figura 6. Área de ubicación de las camas.

3.2.2. Población muestra

Estuvo constituida por los residuos sólidos orgánicos (RSO) producidos por la fábrica AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca. La Empresa AgroAndino mensualmente genera 1500 Kg de Residuos de Aguaymanto y 600 Kg de Residuos de Mango.



Figura 7. Residuos de Aguaymanto y Mango

3.2.3. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudios se expresan en el siguiente cuadro.

Tabla 7. Sustratos aplicados para cada tratamiento.

Tratamientos	Sustrato	Descripción
Con geomembrana	Chivo	Para este tratamiento se utilizara el revestimiento de la geo membrana de Alta Densidad HPDEy diseño adecuado para la cantidad de residuos sólidos orgánicos a compostar
	Cuy	
Sin geomembrana		Para este tratamiento no se utilizara el revestimiento de la geo membrana y diseño adecuado para la cantidad de residuos sólidos orgánicos a compostar

3.2.4. Muestreo y análisis de los parámetros del suelo pre-tratamiento

Los materiales y herramientas utilizadas en el monitoreo de las camas, se muestran en la tabla 7.

Tabla 8. Materiales y herramientas para el monitoreo de las camas.

Nº	Materiales y Equipos de campo	Cantidad
1	Pico	2
2	Rastrillo	2
3	Guantes	4
4	Mascarilla	2
5	Vasos	22
6	Pipeta	1
7	Centimetro	1
8	Medidor de pH	1
9	Medidor de Temperatura y humedad	1
10	Libreta de Campo	1
11	Lapicero	1
12	Camara	1

Los análisis de potencial de hidrogeno (pH), Temperatura ($^{\circ}$ C), Humedad (%); fueron relocalizados de manera Insitu por el medidor de pH SOILSTIK 2105 profesional y Thermohigrometro BOECO calibrados por la empresa INVEMSAC Salud Ocupacional y Ambiental.

Posteriormente los resultados obtenidos del producto final de los dos tratamientos aplicados, se analizarán los macronutrientes de Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K), en el laboratorio de Monitoreo y Saneamiento Ambiental de Universidad Peruana Unión Lima (UPeU).

- a) La medición de la temperatura en las camas se realizó con el equipo Thermohigrometro BOECO la cual se manipuló en la parte céntrica de la cama Según Ferruzzi C., (1988), comenta que obteniendo resultados una vez por día, cada dos días por el espacio de dos meses; visualizando claramente las fases mesofiló, termófilo, enfriamiento y maduración.

- b) Para el potencial de hidrogeno se midió con el equipo PHMETRO SPECTRUM dando datos periódicos de las camas con el fin de evaluar el avance de descomposición de los residuos sólidos orgánicos.

Se utilizó un vaso, en donde ingreso 50 gr de muestra con 50 ml de agua destilada obteniendo el valor en forma directa.

- c) La humedad fue monitoreada y controlada con el equipo Thermohigrometro BOECO realizando mediciones cada dos días durante el periodo de dos meses que fue el tiempo óptimo para obtener el producto, claramente después de 20 días se veía la evaporación del agua en las diferentes camas de experimentación. Se observó que la etapa descomposición es húmeda en la primera fase, permitiendo la circulación del oxígeno.

En este proceso para conocer el porcentaje de humedad se tuvo que monitorear en la parte céntrica de las camas, obteniendo el resultado en 5 minutos aproximadamente para que de esta manera se pueda estabilizar el resultado.

3.2.5. Calidad del vermicompost

Los resultados finales del vermicompost fueron obtenidos en el laboratorio de Saneamiento y Monitoreo Ambiental de la Universidad Peruana Unión Lima, en donde se midió básicamente los micronutrientes de nitrógeno, fosforo y potasio que tiene cada una de las camas experimentales de los dos tratamientos.

3.2.6. Construcción de las camas experimentales

3.2.6.1. Metodología en el trabajo de campo.

Según Román, Martínez, & Pantoja,(2013), menciona que las pilas son las más usadas debido a las dimensiones, facilidad y acceso que esta implica. El tamaño de la pila, en espacio la altura afecta directamente al contenido de humedad, oxígeno y temperatura.

Sin embargo, las pilas de baja altura y de base ancha a pesar de que esta tenga buena relación de carbono, nitrógeno; hacen que el calor generado por las lombrices y microorganismos implicados en proceso se pierdan fácilmente, de tal manera que los pocos grados de temperatura que se logran, no se llegan a conservar.

El tamaño de la pila se define por la cantidad de residuos orgánicos a compostar y el área disponible para realizar el proceso. Bhat et al., (2018) indica que normalmente se hacen pilas de 1 y 2 metros de altura para facilitar las tareas de volteo y de ancho 1 y 3 metros. La longitud dependerá del área que se tenga disponible y del manejo que se le dará.

Los sistemas a escala piloto constaron de nueve camas o pilas para el sistema cerrado y 9 camas para el sistema abierto siendo un total de dieciocho camas con una medida de 1 m metros de largo, 1 metro de ancho y 1 metro de alto, en donde se protegió con techo de los rayos del sol, debido a que estos disminuyen la actividad microbiana matando los microorganismos que convierten las sustancias orgánicas en minerales, de igual forma de las precipitaciones fluviales que provocan un exceso de humedad disminuyendo la rapidez de la descomposición.

Durante la etapa de construcción los pasos fueron los siguientes:

- a) Limpieza del terreno, extrayendo toda maleza y basura que se encontraba en el área de estudio.
- b) Luego se procedió a medir el área total para definir el tamaño de las camas.
- c) Una vez definida el tamaño de las camas, se procedió a la construcción de cada una de ellas.

El manejo de cada cama para el volteo se realizó utilizando palas como herramientas de trabajo hasta finalizar el proceso. Una vez estabilizada la temperatura de las camas se llegó a valores cercanos a la del medio ambiente en la etapa de maduración.

a) Recepción de los Residuos Sólidos Orgánicos

Los residuos utilizados fueron orgánicos propios de la Empresa AgroAndino compuestos por la cascara de mango y aguaymanto. Asimismo Suler & Finstein, (1977), estudiaron que para comenzar el proceso de vermicompostaje, los residuos sólidos orgánicos de aguaymanto y mango para ambos tratamientos, se tienen que descomponer durante un mes antes de ser ingresados a las camas de cada una de las mezclas. Pasando un mes los residuos sólidos orgánicos ingresaron 1050 Kg para el Sistema Cerrado y 1050 Kg en el Sistema Abierto.

b) Selección

Se realizó la selección de los residuos sólidos orgánicos biodegradados de fruta de diferentes tamaños para ser utilizados durante el proceso de descomposición.

c) Formación de las camas de Vermicompost

Los residuos sólidos orgánicos de fruta, formaron parte de la primera capa, luego se agregó la mezcla de guano de cuy y chivo, dejando 10 cm de la cama sin llenar para facilitar el volteo.

Siendo la cantidad adecuada en las camas, una vez por semana se realizó el volteo dando oxígenos y ayudando a los microorganismos a desarrollarse. De igual manera se le administro agua, contando con un techo de plástico y maya que facilito tenerlo semi abierto en el día para que el sol ingrese y capture energía. En la tarde a partir de las 4.30 pm se adicionaba agua de acuerdo a la deshidratación, siendo luego tapada. Ya en la noche el calor capturado, la humedad optima y los microorganismos se desarrollaban.

d) Mezclado

La adquisición de los guanos se realizó mediante la compra de los criaderos de la población de la Provincia de San Pablo-Cajamarca. Para la siembra de la lombriz *Eisenia foetida*, las lombrices se inoculan solas y de esta manera trataran de identificar si su nuevo ambiente es adecuado para garantizar su permanencia y luego su acción reproductora. Román et al., (2013), mencionan que pasando las 48 horas se verificara que la lombriz *Eisenia Foetida* o Lombriz Roja californiana se encuentre en óptimas condiciones. Si llegan a morir por el alimento que llegan a tener a través de los residuos orgánicos quiere decir que no reúne las características adecuadas para su proceso (Lim et al., 2015).

Esta especie se alimenta cada 24horas y requiere de altas concentraciones de materia orgánica para su alimentación, y de igual forma requiere de ciertas condiciones ambientales como una temperatura óptima de 19-25°C, con humedad del 80%, pH de 6,5- 7,5 y baja luminosidad. La supervivencia de la lombriz depende de la cantidad de materia orgánica en el

medio, disminuyendo la supervivencia según baja el porcentaje de materia orgánica (Román et al., 2013a).

e) Etapa de Vermicompostaje

En las camas de vermicompostaje de los dos tratamientos se colocaron residuos para transformar en vermicompost.

Tabla 9. Dosificación para los tratamientos de RSO.

N° de Camas	Lombriz	Tratamiento Con Geomembrana	Tratamiento Sin Geomembrana	Capas en centímetros(Cm)
1	2 kg de Lombriz Roja Californiana "Eisenia Foetida" para cada cama o pila	•40% de RSO	•40% de RSO	•10cm intercalado
2		•40%Guano de Cuy	•40%Guano de Cuy	
3		•20%Guano de Chivo	•20%Guano de Chivo	
4		•50% de RSO	•50% de RSO	•13cm intercalado
5		•25%Guano de Cuy	•25%Guano de Cuy	
6		•25%Guano de Chivo	•25%Guano de Chivo	
7		•40% de RSO	•40% de RSO	•15cm intercalado
8		•20%Guano de Cuy	•20%Guano de Cuy	
9		•40%Guano de Chivo	•40%Guano de Chivo	

f) Volteo

El método del volteo consistió en colocar los residuos o masa de la parte de arriba hacia la parte inferior y viceversa, regulando la humedad y la aireación facilitando el proceso de descomposición.

El hecho de realizar el volteo juega un papel muy importante porque se observó que la temperatura alta inicialmente iba descendiendo hasta encontrarse estable manteniendo vivas a las lombrices.

Según el Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú Capacitate Perú (APROLAB)-Convenio, (2007) , (Compostores, 2016) y (Macgregor, Miller, Psarianos, & Finstein, 1981), recomiendan que al pasar una semana del proceso de vermicompostaje, se tiene que administrar el agua para desarrollar la actividad la degradación microbiana de los residuos sólidos orgánicos, es por eso que se introdujo 2 litros de agua por cada cama en ambos tratamientos.

g) Vermicompost final (abono orgánico)

Una vez realizado el manejo de los procesos adecuados se obtuvo el vermicompost que es una materia de color marrón oscuro, producido dentro de las camas.

h) Cernido

Una vez culminado el proceso de descomposición llegando a una reducción del volumen de un 50% de los residuos sólidos orgánicos de la fruta, se homogenizo el producto con una malla de 5 milímetros (mm), con el fin de captar el mayor número de residuos degradados al 100%

3.2.7. Muestreo y análisis de los parámetros de post tratamiento

Tabla 10. Materiales y equipos de campo.

Nº	Materiales y Equipos de campo	Cantidad
1	Pala	2
2	Malla de 5mm	2
3	Balde	2
4	Manta	2
5	Bolsas	20
6	Plumón	1

El monitoreo de las camas se realizó de acuerdo a:

La toma de muestra final se realizó de acuerdo a la Guía de muestro de suelos (Ministerio del Ambiente, 2014). Consistiendo en:

- a) Realizar la toma de 20 sub muestras en cuadrículas; con el objetivo de obtener una muestra compuesta significativa.
- b) Con una pala se procedió a excavar una profundidad de 10 a 15 centímetros, para poder extraer la muestra, siendo depositando sobre una manta.
- c) Finalmente, mediante el método del cuarteo se separó la cantidad de un kilogramo de muestra de materia orgánica, para realizar sus análisis fisicoquímicos: NPK.

Una vez culminado el muestreo de la materia orgánica, estas fueron trasladadas al laboratorio de Monitoreo y Saneamiento Ambiental de la UPeU para sus respectivos análisis.

- a) El método para el análisis de NPK, se utilizó el equipo de Fotómetro (Medidor de Nutrientes de Materia Orgánica) HI 83225.

3.3. Variables de Estudio.

3.3.1. Variables dependientes

- Temperatura (°C)
- Potencial de hidrogeno (pH)
- Humedad (%)
- Lombriz *Eisenia Foetida* (2K)
- NPK (%)

3.3.2. Variables independientes

- Tratamientos Con y Sin Geomembrana
- Porcentaje de residuos sólidos orgánicos
- Mezclas (% Guano de Cuy y Chivo)

3.1. Análisis estadístico.

De acuerdo a Hernandez, (2014), la metodología de la investigación consiste en diferentes pasos o etapas que se realizan para llevar a cabo una investigación. Abarcado desde un enfoque experimental hasta uno no experimental, así como cualitativo y cuantitativo cumpliendo dos propósitos básicos que son: Una investigación básica, la que realiza conocimientos y teorías; investigación aplicada, es la que soluciona problemas prácticos.

Es por ello que el presente estudio tuvo por conveniencia realizar un proceso de investigación necesario para la utilización de una metodología, ya que ayudara a que el trabajo sea más completo, y sobretodo presente bases sólidas, confiables y estructurales, para cuando se necesite interpretar los resultados.

Por lo tanto, para realizar el procesamiento de los datos se utilizará el Software Statistica 13.1. En donde todas las comparaciones se determinan mediante un nivel de significancia del 5%.

El análisis estadístico que se empleara es un Diseño Completamente al Aleatorio 3x3 debido a que los factores de tratamiento son dos (T-1, T-2), en donde las repeticiones serán veinte (R-1, R-2, R-3...R-18). Para la obtención del vermicompost se empleará dos tipos de tratamiento que contará con geo membrana y sin geo membrana en donde se identificará cuál de estos tratamientos reduce el tiempo de producción.

Utilizando la prueba análisis de varianza ANOVA (del inglés analysis of variance) es un procedimiento estadístico que permite dividir la variabilidad observada en componentes independientes que pueden atribuirse a diferentes causas de interés. Es técnica estadística para comparar más de dos grupos, es decir un método para comparar más de dos tratamientos y la variable de estudio o variable respuesta es numérica. En esta práctica presentamos el Diseño Completamente Aleatorio con efectos fijos y con efectos aleatorios y el Diseño en Bloques Complementos Aleatorizados.

$$\text{Aceptar } H_0 \text{ si } F_{exp} \leq F_{\alpha; I-1, N-I} \quad ; \quad \text{Rechazar } H_0 \text{ si } F_{exp} > F_{\alpha; I-1, N-I}$$

$$SCT = SCT_r + SCR$$

- 1) SCT : Suma de cuadrados total
 - 2) SCT_r : Suma de cuadrados entre tratamientos
 - 3) SCR : Suma de cuadrados dentro de los tratamientos o residual.
- 1') CMT : Cuadrado medio total: $CMT = SCT/(N - 1)$
 - 2') CMT_r : Cuadrado medio entre tratamientos: $CMT_r = SCT_r/(I - 1)$
 - 3') CMR : Cuadrado medio residual: $CMR = SCR/(N - I)$

Nota: Las expresiones de estas sumas de cuadrados están dadas en el Apéndice.

COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN

$$R^2 = \frac{SCT_r}{SCT}$$

R^2 : Proporción de la variabilidad total presente en los datos que es explicada por el modelo de análisis de la varianza.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Evolución de pH durante la obtención de Vermicompost

Los resultados obtenidos de pH monitoreados cada 2 días en el mes de mayo, se muestran en la Tabla 10.

Según Ferruzzi C., (1988) afirman que para determinar la calidad del vermicompost final se realiza un control de pH, Temperatura y Humedad en cada tratamiento aplicado.

Tabla 11. Resultados de pH durante la obtención de Vermicompost del mes de mayo

Con Geomembrana

Resultados de pH del mes de Mayo													
Tratamiento	Mezclas			N° de Camas	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	
	RSO	GC	CCh		05	08	11	14	17	20	23	26	29
				pH									
Con Geomembrana	40%	40%	20%	1	8.43	7.95	8.58	8.1	8.26	8.66	8.63	8.62	8.39
				1	8.11	7.38	7.94	7.71	8.04	8.15	8.41	8.66	8.55
				1	8.32	7.88	7.4	8.39	8.03	7.84	8.5	8.59	8.67
	50%	25%	25%	2	8.59	8.41	8.42	8.37	7.85	8.17	8.64	8.71	8.79
				2	8.4	7.99	8.32	8.16	8.12	8.4	8.77	8.68	8.65
				2	8.31	8.23	8.33	8.11	7.34	8	8.75	8.63	8.44
	40%	20%	40%	3	8.42	7.95	8.34	8.17	8.19	8.72	8.74	8.5	8.62
				3	8.37	8.2	8.21	8.46	7.56	8.49	8.7	8.56	8.59
				3	8.3	8.2	8.52	8.46	8.17	8.21	8.9	8.56	8.57

Tabla 12. Resultados del pH durante la obtención de Vermicompost del mes de junio

Con Geomembrana

Resultados de pH del mes de Junio															
Tratamiento	Mezclas			N° de Camas	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	
	RSO	GC	CCh		1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
				pH											
Con Geomembrana	40%	40%	20%	1	8.48	8.7	8.51	8.58	9.3	9.22	8.47	8.54	7.45	7.45	8.12
				1	8.05	8.76	8.39	8.2	9.41	9.45	8.9	8.65	7.93	7.93	8.15
				1	8.41	8.77	8.45	8.61	9.24	9.39	8.2	8.22	7.71	7.71	8.25
	50%	25%	25%	2	8.49	8.78	8.42	8.65	9.29	9.7	8.43	8.61	7.5	7.5	8.3
				2	8.83	8.8	8.57	8.78	9.35	9.28	8.74	8.36	7.76	7.76	8.11
				2	8.53	8.6	8.3	8.8	9.57	9.15	8.59	7.63	7.49	7.49	8.1
				3	8.72	8.64	8.46	9.33	9.45	8.94	8.94	8.61	7.55	7.55	8.5
	40%	20%	40%	3	8.71	8.76	8.37	9.32	9.45	9.84	8.2	7.23	7.56	7.56	7.7
				3	8.55	8.56	8.46	9.45	9.32	9.2	8.58	8.2	7.41	7.41	7.9

Tabla 13. Resultados de pH durante la obtención de Vermicompost del mes de mayo

Sin Geomembrana

Resultados de pH del mes de Mayo													
Tratamiento	Mezclas			N° de Camas	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	
	RSO	GC	CCh		05	08	11	14	17	20	23	26	29
				pH									
Sin Geomembrana	40%	40%	20%	1	8.37	8.35	8.3	8.48	8	8.25	8.77	8.76	8.4
				1	8.23	8.52	8.45	8.63	8.09	8.37	8.62	8.69	8.4
				1	8.33	8.32	8.35	8.22	8.22	8.49	8.63	8.6	8.3
	50%	25%	25%	2	8.35	8.2	8.48	8.27	8.1	8.37	8.72	8.71	8.33
				2	8.24	8.36	8.49	8.38	8.16	8.15	8.55	8.68	8.43
				2	8.15	8.24	8.25	8.5	8.15	8.07	8.32	8.56	8.35
				3	8.14	8.2	8.21	8.53	8.15	8.41	8.67	8.48	8.43
	40%	20%	40%	3	8.33	8.35	8.55	8.53	8.45	8.07	8.69	8.65	8.25
				3	8.2	8.13	8.44	8.13	8.09	8.64	8.68	8.42	8.39

Tabla 14. Resultados del pH durante la obtención de Vermicompost del mes de junio

Sin Geomembrana.

Resultados de pH del mes de Junio															
Tratamiento	Mezclas			N° de Camas	Día: 1	Día: 3	Día: 6	Día: 9	Día: 12	Día: 15	Día: 18	Día: 21	Día: 24	Día: 27	Día: 30
	RS O	GC	CCh		pH										
Sin Geomembrana	40%	40%	20%	1	8.61	8.75	8.39	9.47	9.38	9.1	8.15	7.34	7.92	8.21	7.77
				1	8.31	8.85	8.3	9.38	9.3	9.04	8.39	8.04	7.42	8.22	7.69
				1	8.49	8.71	8.4	9.23	9.16	9.13	8.86	8.17	7.51	8.29	7.96
	50%	25%	25%	2	8.4	8.5	8.27	9.42	8.44	8.85	8.26	8.05	7.54	8.34	7.31
				2	8.3	8.53	8.24	9.25	9.15	8.95	8.83	7.57	7.91	7.6	7.87
				2	8.58	8.57	8.22	9.18	9.05	9.13	8.79	8.06	7.72	7.33	7.91
	40%	20%	40%	3	8.44	8.54	8.32	9.13	8.75	8.9	8.25	7.74	7.8	7.42	7.85
				3	8.39	8.6	8.28	9.09	8.45	8.68	8.14	7.34	8.13	8.22	7.72
				3	8.6	8.47	8.37	9.1	9.7	9.08	8.02	7.43	7.44	7.63	7.91

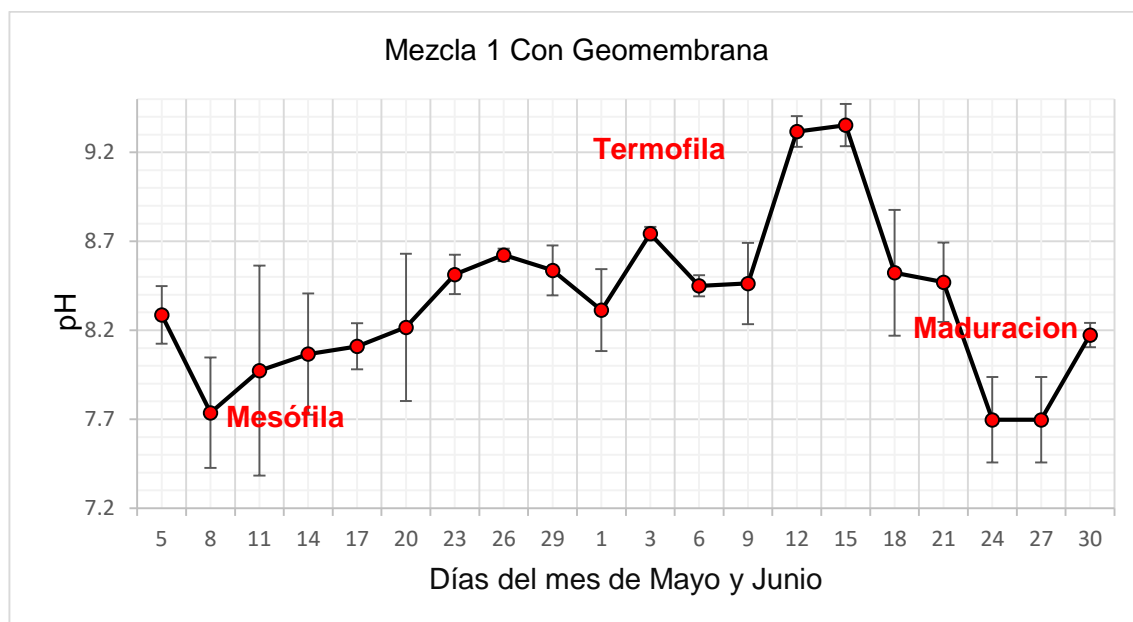


Figura 8. Grafica de la Evolución del pH en la Mezcla 1 Con Geomembrana

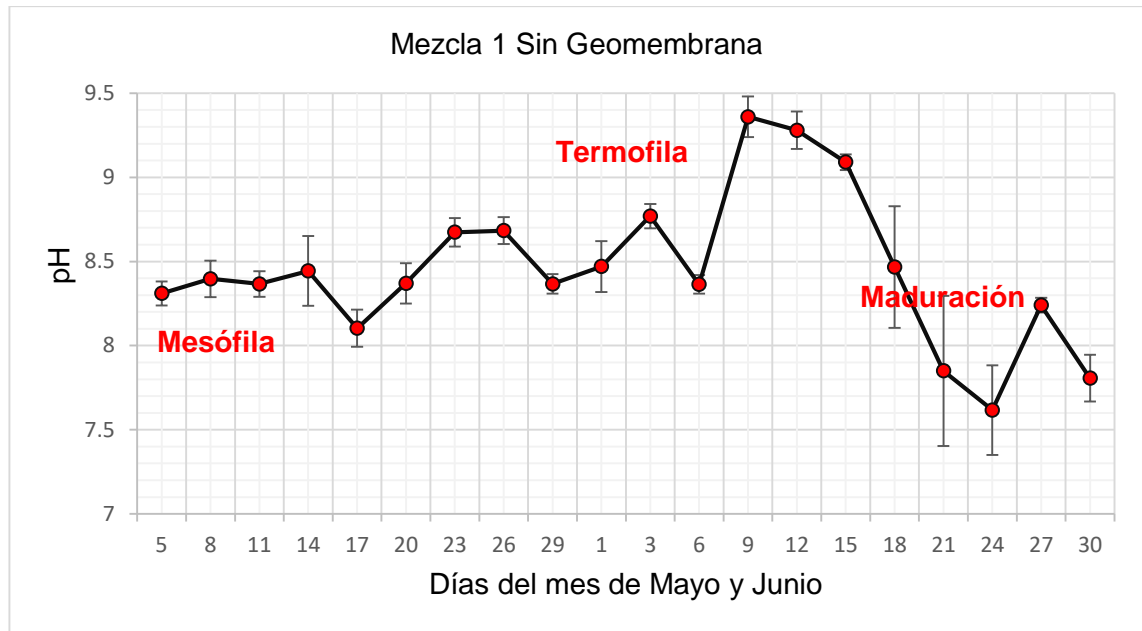


Figura 9. Grafica de la Evolución del pH en la Mezcla 1 Sin Geomembrana.

La figura 8 y 9 para la mezcla N°1, muestra la evolución del pH (Potencial de Hidrógeno) de los días del mes de mayo y junio utilizando los residuos sólidos orgánicos en un 40%, con el guano de cuy en un 40% y guano de chivo en un 20% juntamente con la Lombriz *Eisenia Foetida*.

En el mes de Mayo, se inició con la medición de pH con un promedio de 8.28 para la M1, como se muestra en la figura 8 Con Geomembrana, y Sin Geomembrana en la figura 9 con 8.31 de pH. No obstante Suler & Finstein, (1977), estudiaron que para comenzar el proceso de vermicompostaje, el pH de la materia orgánica tiene que estar por encima de los 7.5, es por ello que los residuos sólidos orgánicos de aguaymanto y mango para ambos tratamientos, se tuvieron que descomponer durante un mes antes de ingresar a las camas de cada una de las mezclas. En efecto, los tratamientos con el sistema cerrado y abierto, iniciaron con un buen pH para la descomposición de los residuos sólidos orgánicos de la empresa AgroAndino.

a) *Fase Mesófila:*

En la *figura 9* observamos la fase inicial (mesófila) del vermicompostaje; según, Marquez, Diaz, & Cabrera, (2003) afirman que en esta fase se presenciara una liberación de ácidos orgánicos. Asimismo, la presencia de la geomembrana hizo que se incremente los valores de pH con un 7.97 en el día 11, 8.06 en el día 14, 8.11 en el día 17 y 8.21 en el día 20 del mes de mayo, destacándose así la presencia de Eclósión de huevos de la Lombriz *Eisenia Foetida*, larvas Huida de insectos, bacterias y hongos mesolíticos (Clive & Arancon, 2004).

Asimismo, determinamos a que la variación de pH en el rango neutro o ligeramente alcalino con los valores de 8.4 del día 8; 8.36 del día 11 y 8.44 del día 14, pero en el día 17 redujo el pH a 8.1 debido a que la temperatura se encontraba a 31.6°C.

Elvira, Sampedro, Benítez, & Nogales, (1998), confirman que en un tratamiento de vermicompostaje sin geomembrana durante los primeros días, la liberación de los ácidos orgánicos es lenta durante el proceso de biodegradación de los sustratos usados, que fueron el 40% de Residuos Orgánicos (RO), 20% guano de Cuy (GC) y 20% de guano de Chivo (GCh).

En cuanto a la producción de las lombrices y microorganismos, el rango admisible es de 5.5-8.5 de pH. Sin embargo, el pH óptimo es neutro, pero a medida de que inicia el proceso, el pH se incrementara (Kaushik & Garg, 2004).

Por consiguiente, si comparamos ambos tratamientos de Con y Sin geomembrana, la Fase mesofila se da muchísimo mejor en el tratamiento del sistema cerrado Con geomembrana.

b) Fase Termófila:

Ambos tratamientos mostrados en la figura 9 y 10, se observa una progresiva alcalinización en el día 12 con 9.31, en el día 15 con 9.35 de pH con geomembrana, al igual que en el tratamiento sin geomembrana del día 9 con 9.36 y el día 12 con 9.28 de pH del mes de Junio, con relación a ello, los estudios de Pellejero, Miglierina, Aschkar, & Jiménez-Ballesta, (2015), indican que pasando los 30 días se observara un descenso de microorganismos termófilos que actúan transformando el nitrógeno en amonio (NH_4) gas que alcaliniza el medio; es decir, la alcalinización del pH se debe a la perdida de los ácidos orgánicos procedentes de las descomposición de los residuos de fruta. De igual manera Bollo, (1999), menciona que la morfología de la lombriz *Eisenia Foetida* consiste en secretar carbonato cálcico y producción de una digestión alcalina, por lo que es de esperar valores de pH ligeramente alcalinas.

c) Fase de Maduración:

Los valores de pH mostrado en el grafico 8 disminuirán significativamente desde el día 18 con 8.52; día 21 con 8.47; día 24 con 7.69; día 27 con 7.69 finalizando con el día 30 con 8.17. Según Chandna et al., (2013), la disminución del pH, se debe a la producción de CO_2 , amoniaco(NH_3) , NO_3 y ácidos orgánicos por descomposición microbiana de los residuos.

En el sistema abierto Sin Geomembrana, los valores de pH mostrados en el grafico el día 18 con 8.47, el día 21 con 7.85, el día 24 con 7.61, el día 27 con 8.24 y el día 30 con 7.8, observamos que estos valores disminuyeron debido a que hubo una muy buena humificación y mineralización (Villegas Cornelio & Canepa Laines, 2017).

Yadav & Garg, (2011), afirman que la lombriz *Eisenia Foetida* para ambos tratamientos en la fase de Maduración, el pH se encontrara en un rango neutral mediante la secreción de calcio intestinal y amoniaco.

Comparando ambos tratamientos, el pH del sistema abierto fue mejor debido a la aireación que se le dio con 7.8, Nogales, Romero, & Benitez, (2002) señala que un pH menor o igual a 7 es indicativo de madurez.

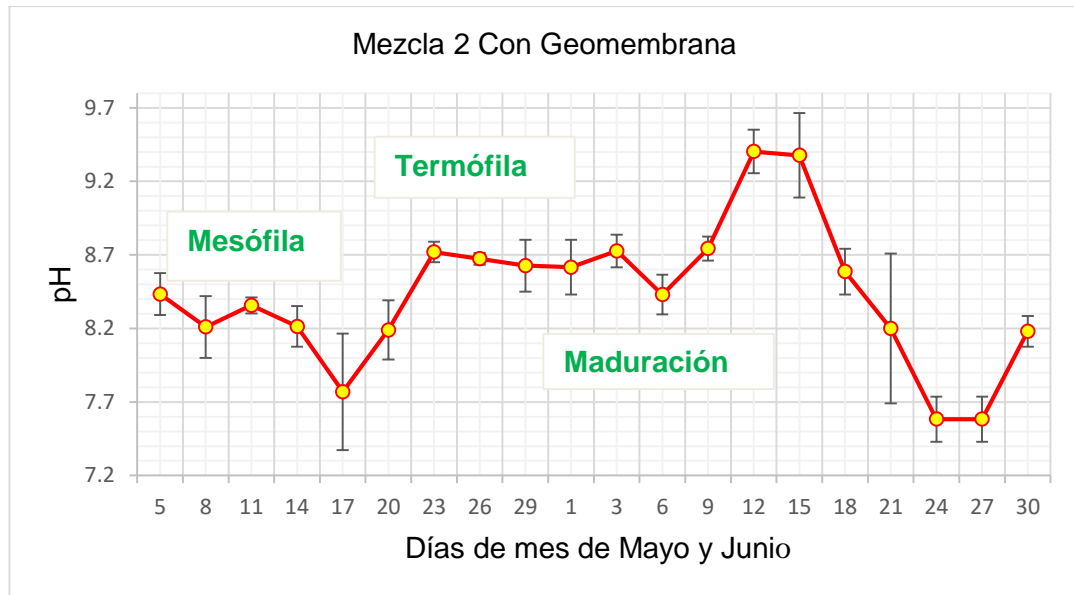


Figura 10. Grafica de la Evolución de pH en la Mezcla 2 Con Geomembrana.

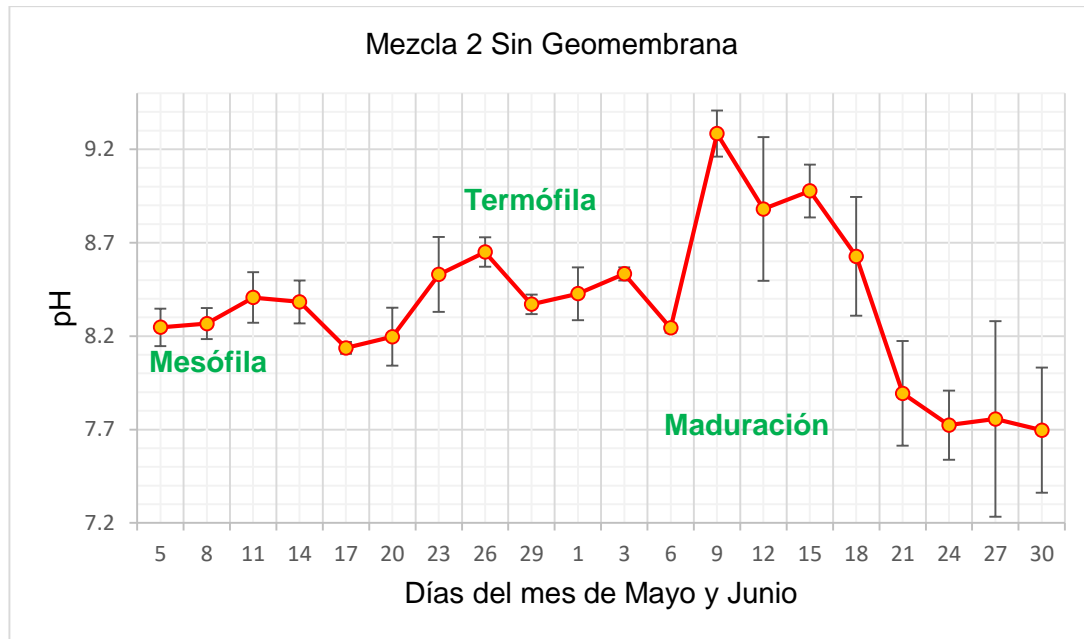


Figura 11. Grafica de la Evolución de pH en la Mezcla 2 Sin Geomembrana.

Los gráficos 10 y 11 para la mezcla 2, muestra la evolución del pH (Potencial de Hidrogeno) de los días del mes de mayo y junio utilizando los residuos sólidos orgánicos en un 50%, con el guano de cuy en un 25% y guano de chivo en un 25% juntamente con la Lombriz *Eisenia Foetida*.

En el mes de Mayo, se inició con la medición de pH con un promedio de 8.43 de la M2 mostrado en la figura 11 y 12 con 8.24.

a) Fase Mesófila:

Al igual que la M1 de ambos tratamientos, la presencia de la geomembrana, hizo a que se incremente los valores de pH de 8.35 en el día 11 hasta el día 20 con 8.19 del mes de mayo. En cuanto al tratamiento del sistema abierto sin Geomembrana, los valores de pH 8.40 del día 11, y del 14 con 8.38 del mes de mayo. Por consiguiente, si comparamos ambos tratamientos de Con y Sin Geomembrana, según Marquez, Diaz, & Cabrera, (2003) afirman que en esta fase, se dará una liberación de ácidos orgánicos de los sustratos de los residuos

sólidos orgánicos en un 50%, con el guano de cuy en un 25% y guano de chivo en un 25% en el tratamiento del sistema cerrado con Geomembrana; más en el sistema abierto, la liberación de los ácidos orgánicos será lenta debido a que este no tenía una muy buena temperatura.

b) Fase Termófila

Ambos tratamientos mostrados en las figuras 11 y 12, se observa una progresiva alcalinización en el día 12 con 9.40 y el día 15 con 9.37 de pH en el mes de Junio con geomembrana, pero en el de sin geomembrana en el día 9 con 9.28 y el día 12 con 8.88 de pH del mes de Junio; estos valores son los más altos en donde los autores Pellejero, Miglierina, Aschkar, & Jiménez-Ballesta, (2015), indican que una vez pasando los 30 días los microorganismos mesófilos pasaran a ser termófilos transformándose el nitrógeno en amonio (NH₄).

c) Fase de Maduración

Los valores de pH mostrado en el grafico 11 disminuirán significativamente en el sistema abierto Sin Geomembrana desde el día 21 con 7.89, el día 24 con 7.72, llegando hasta el día 30 con 7.69, más en el sistema cerrado Con Geomembrana el día 24 con 7.58 de pH llegando hasta el último día con 8.18 de pH. Si relacionamos ambos tratamientos, el pH del sistema abierto se dio mejor debido a la producción de humificación y mineralización (Villegas Cornelio & Canepa Laines, 2017).

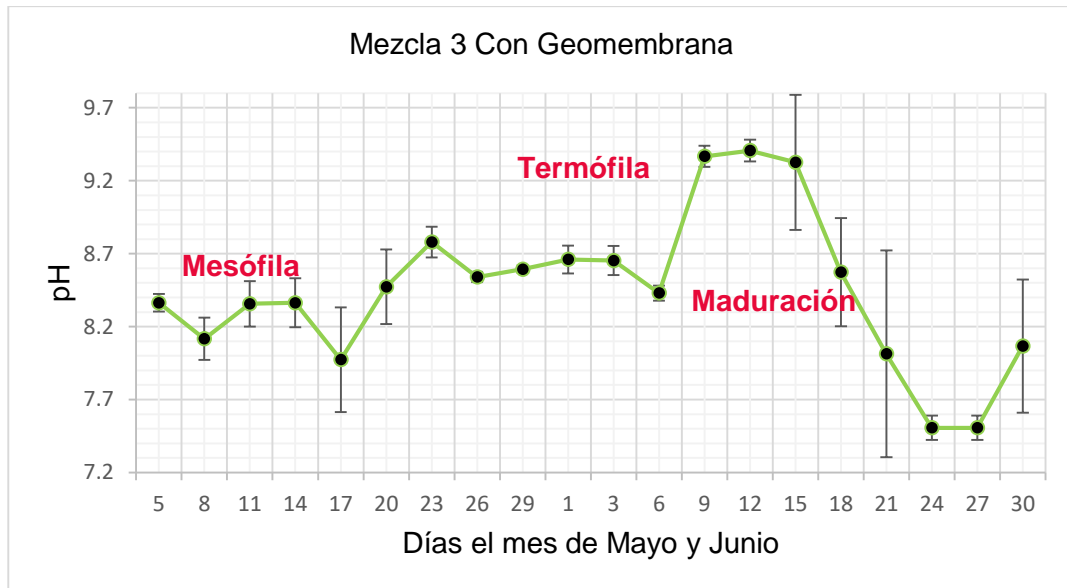


Figura 12. Grafica de la Evolución de pH en la Mezcla 3 Con Geomembrana.

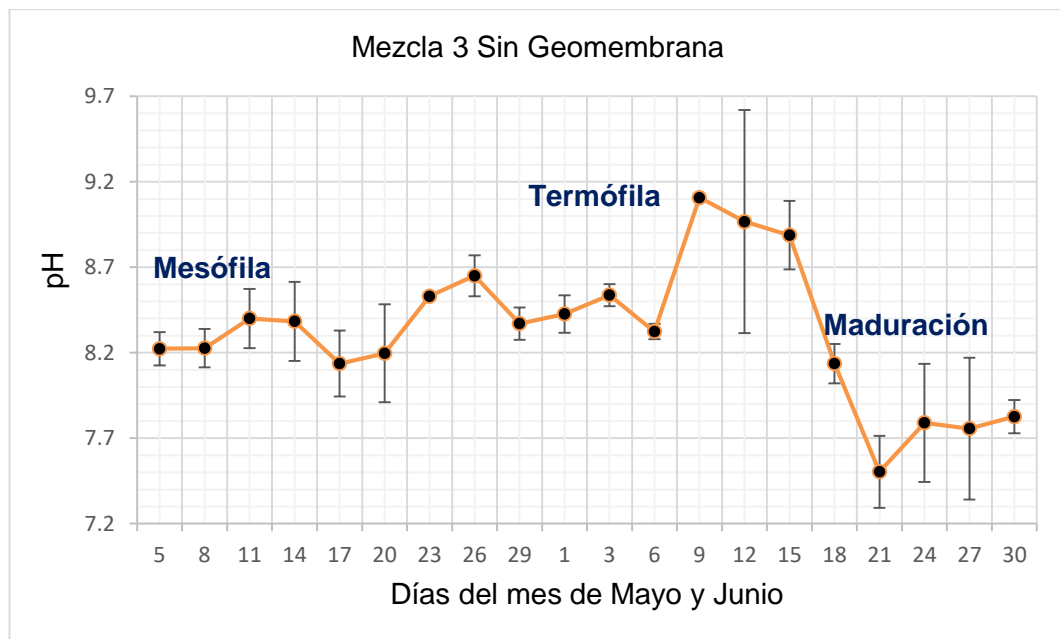


Figura 13. Grafica de la Evolución de pH en la Mezcla 3 Sin Geomembrana.

Las figuras 12 y 13 para la M3, muestra la evolución del pH de los días del mes de mayo y junio utilizando los residuos sólidos orgánicos en un 40%, con el guano de cuy en un 20% y guano de chivo en un 40% juntamente con la Lombriz *Eisenia Foetida*.

En el mes de Mayo, se inició con la medición de pH con un promedio de 8.36 de la M3, mostrado en las figuras 12 y 13 con 8.22 de pH.

a) Fase Mesófila:

Al igual que la Mezcla 1 y 2 de ambos tratamientos, la presencia de la geomembrana, hizo a que se incremente los valores de pH de 8.35 en el día 11 hasta el día 20 con 8.47 del mes de mayo. En cuanto al tratamiento del sistema abierto sin Geomembrana, los valores de pH 8.40 del día 11, y del 14 con 8.38 del mes de mayo, pero en el día 17 bajo a 8.14 debido a que la temperatura aumento a 29.59°C. Por consiguiente, si comparamos ambos tratamientos de Con y Sin Geomembrana, en el sistema abierto se dio una muy buena liberación de ácidos orgánicos (Marquez, Diaz, & Cabrera, 2003).

b) Fase Termófila

De ambos tratamientos mostrados en las figuras 13 y 14, se observa una progresiva alcalinización de pH en el día 9 con 9.36 y el día 12 con 9.40 de pH en el mes de Junio con geomembrana, pero en el de sin geomembrana en el día 9 con 9.11 y el día 12 con 8.97 de pH; estos valores son los más representativos en donde las lombrices usadas, dieron un impacto en la transformación de nitrógeno a amonio (NH₄) (Atiyeh, Dominguez, Subler, & Edwards, 2000). En comparación de ambos tratamientos, el sistema con Geomembrana estuvo más alcalino su pH que con el del sistema Sin Geomembrana.

c) Fase de Maduración:

Los valores de pH mostrado en el grafico 13 disminuirán significativamente en el día 21 7.05, el día 24 con 7.50, llegando hasta el día 30 con 7.82, en el sistema cerrado Con Geomembrana el día 24 con 7.58 de pH llegando hasta el último día con 8.06. Si relacionamos

ambos tratamientos, el pH del sistema abierto tiene los niveles optimo debido a la producción de humificación y mineralización de la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos (Villegas Cornelio & Canepa Laines, 2017).

Tabla 15. Nivel de Significancia de los Tratamientos y Mezclas para la Obtención del Vermicompost del mes de mayo

Efectt	Test	Value	F	Effect df	Error df	P
Intercept	Wilks	0,000072	46557,45	3	10	0,000000
Trtamientos	Wilks	0,237502	10,70	3	10	0,001832
Mezclas	Wilks	0,227927	3,65	6	20	0,013069
Tratamientos-Mezclas	Wilks	0,460269	1,58	6	20	0,204563

Tabla 16. Nivel de Significancia de los Tratamientos y Mezclas para la Obtención del Vermicompost del mes de junio.

Efectt	Test	Value	F	Effect df	Error df	P
Intercept	Wilks	0,000235	14204,51	3	10	0,000000
Trtamientos	Wilks	0,332639	6,69	3	10	0,009368
Mezclas	Wilks	0,243168	3,43	6	20	0,017174
Tratamientos-Mezclas	Wilks	0,698408	0,66	6	20	0,685848

La *Tabla 14 y 15*, nos muestra los resultados obtenidos del mes de mayo, con la comparación de los tratamientos del sistema abierto y cerrado de los tres tipos de mezclas con una dosificación del 40% de Residuos Orgánicos (RO), 40% de Guano de Cuy (GC), 20 % de Guano de Chivo para la primera; 50% (RO), 25% (GC), 25% (GCh) para la segunda y 40% (RO), 20% (GC), 40% (GCh) para la tercera mezcla juntamente con la lombriz *Eisenia Foetida* más conocida como (Roja Californiana), mostrado un nivel de significancia menor al 0,05% en los tratamientos y mezclas. Por lo tanto, esto nos evidencia de que existe una diferencia

significativa debido a que estos se encontraron en diferentes condiciones como el pH, Temperatura, humedad y el material utilizado.

Tabla 17. Prueba de ANOVA para el Potencial de Hidrogeno (pH) del mes de mayo.

Efectt	SS	Degr.of Freedom	MS	F	P
Intercept	1296,08	1	1296,08	89350,85	0,000000
Trtamientos	0,264	1	0,264	18,20	0,001095
Mezclas	0,002	2	0,001	0,06	0,944070
Tratamientos-Mezclas	0,000	2	0,000	0,02	0,983688
Error	0,174	12	0,015		

La *Tabla 16 y 17*, nos muestra las propiedades fisicoquímicas de los diferentes tratamientos y mezclas mostrando diferencia significativa mayor al ($P > 0.05$), debido a las diferentes proporciones de materia orgánica (MO), guano de cuy y guano de chivo durante las etapas del vermicompostaje. Las diferencias observadas se deben a la presencia de los diferentes porcentajes de MO de mango, aguaymanto, guano, y sus características que fueron responsables del proceso de mineralización y la formación de diferentes compuestos durante el vermicompostaje.

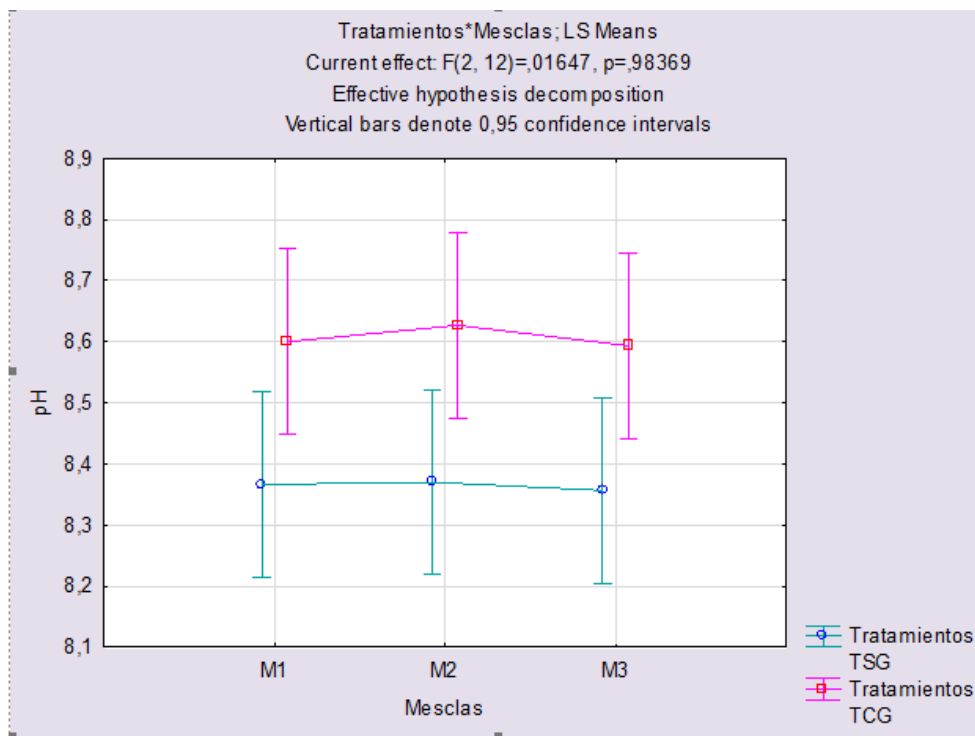


Figura 14. Gráfico de Mezclas y Tratamientos para pH del mes de mayo

Para ambos tratamientos, en la primera mezcla se utilizó un 40% de RO, 40% de GC y 20% de GCh, para la segunda un 50% RO, 25% de GC y 25% de GCh y para la tercera 40% de RO, 20% de GC y 40% de Gch, juntamente con la lombriz *Eisenia Foetida* más conocida como (Roja Californiana). En la figura 14, se muestra una comparación del tratamiento con geomembrana (TCG) y tratamiento sin geomembrana (TSG) para las tres mezclas del mes de mayo. Sin embargo Marquez, Diaz, & Cabrera,(2003), indican que la presencia de la geomembrana en el vermicompost hará que se incremente los valores pH dando lugar a la fase mesófila para la M1 (8,6 pH); M2 (8,64 pH) y M3 (8,58 pH). Estos valores altos de pH, es debido a la liberación de ácidos orgánicos y eclosión de los huevos de la lombriz usada. Pero en el TSG, el pH es bajo con los valores de: M1 (8,37 pH); M2 (8,38 pH) y en la M3 (8,36 pH), Elvira, Sampedro, Benítez, & Nogales, (1998), mencionan que cuando el pH es bajo, la liberación de ácidos orgánicos será más lenta debido a que no se usó la geomembrana.

Por lo tanto, si comparamos ambos tratamientos de Con y Sin Geomembrana, la liberación de ácidos orgánicos se da muchísimo mejor en el tratamiento del sistema cerrado (TCG). En cuanto a las diferentes mezclas, la M2 es la que presenta un buen pH de 8.64 debido a la descomposición microbiana con un 50% (RO), 25% (GC) y 25% (GCh).

Tabla 18. Prueba de ANOVA para el Potencial de Hidrogeno (pH) del mes de junio.

Efecto	SS	Degr. of Freedom	MS	F	P
Intercept	1140,03	1	1140,03	18741,95	0,000000
Tratamientos	0,594	1	0,594	9,77	0,008772
Mezclas	0,009	2	0,005	0,08	0,927353
Tratamientos-Mezclas	0,044	2	0,022	0,37	0,701486
Error	0,730	12	0,061		

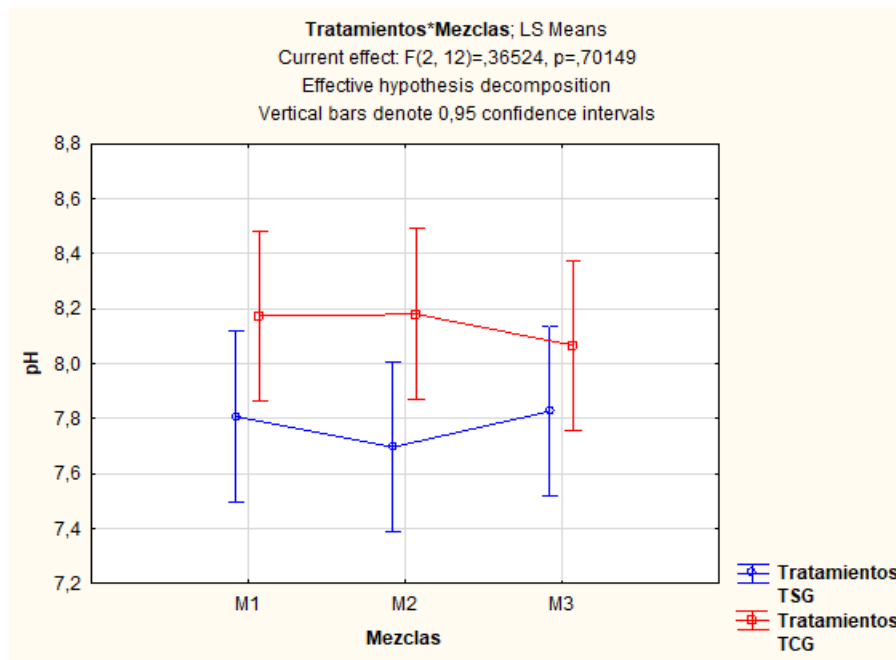


Figura 15. Gráfico de Mezclas y Tratamientos para pH del mes de junio.

En la *figura 15*, se muestra una comparación del tratamiento con geomembrana (TCG) y tratamiento sin geomembrana (TSG) de cada una de las mezclas del mes de Junio. Sin embargo, se puede observar los diferentes rangos de pH en el tratamiento con geomembrana (sistema cerrado) muestra un pH más alto en la M1 (8,08 pH); M2 (8,1 pH) y M3 (8,04 pH). Según Chandna et al., (2013); Zhang et al., (2015) afirman que estos valores altos de pH, es debido a una menor producción de dióxido de carbono (CO₂), amoníaco (NH₃), nitrato (NO₃) y ácidos orgánicos por descomposición microbiana de los residuos de mango y aguaymanto. Pero en el tratamiento sin geomembrana (sistema abierto) muestra un pH bajo en la M1 (7,8 pH); M2 (7,75 pH) y M3 (7,85 pH) debido a una mayor producción de dióxido de carbono (CO₂), amoníaco, nitrato (NO₃) y ácidos orgánicos por descomposición microbiana de los residuos de mango y aguaymanto y una muy buena humificación y mineralización (Villegas Cornelio & Canepa Laines, 2017). Por otro lado, la descomposición de la materia orgánica conduce a la formación de iones de amonio (NH₄C) y ácidos húmicos (Komilis & Ham, 2006). Estos dos componentes tienen un efecto exactamente opuesto sobre el pH. La presencia de grupos carboxílicos y fenólicos en los ácidos húmicos provoca una disminución del pH, mientras que los iones de amonio aumentan el pH del sistema. La reacción tras la combinación de estos dos iones con carga opuesta regula el pH del vermicompost, lo cual lleva a un cambio de pH hacia la neutralidad. Mitchell, (1997) y Gunadi & Edwards, (2003) han reportado resultados similares en vermicompostaje de estiércol, desechos de frutas y vegetales.

Por lo tanto, se puede observar en la *figura 15 y 16* de ambos tratamientos con diferentes proporciones de mezclas se encuentran en un nivel óptimo de potencial de hidrógeno (pH). Yadav & Garg, (2011) mencionan que el pH adecuado para las lombrices y microorganismos es de 5.5-8.5, es decir en cada una de las camas si hubo una muy buena producción.

En efecto, si comparamos ambos tratamientos de Con y Geomembrana, el TSG es superior debido a que hubo una muy buena humificación y mineralización de la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos. En cuanto a las diferentes mezclas, la M2 es la que presenta un pH adecuado de 7.75 para la obtención del vermicompost; y es que según Nogales, Romero, & Benitez, (2002) señala que un pH menor o igual a 7 es indicativo de madurez.

4.2. Evolución de Temperatura durante la obtención de Vermicompost

Los resultados obtenidos de Temperatura monitoreados cada 2 días en el mes de mayo y junio se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 19. Resultados de monitoreo de la Temperatura para la obtención de Vermicompost del mes de mayo Con Geomembrana

Resultados de Temperatura del mes de Mayo													
Tratamiento	Mezclas			N° de Camas	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	
	RSO	GC	GCh		05	08	11	14	17	20	23	26	29
Temperatura °C													
Tratamiento Con Geomembrana	40%	40%	20%	1	23.6	26	23.9	24.4	28.5	22.9	20.6	21.8	24.2
				1	23.2	26	23.1	25.1	29.6	22.1	21.4	23	24.2
				1	23.3	26	23.9	26.3	30.3	20.3	21.8	22.4	24.5
	50%	25%	25%	2	23.9	26	24.2	26	30.8	21	21.5	22.2	24.1
				2	23.4	26	24.5	25.8	29.3	21.2	21.4	21.8	23.6
				2	23.7	26	24	25.1	28.9	21.6	21.7	21.4	23.5
	40%	20%	40%	3	24.8	27	24.6	24.8	29.9	22.9	21.9	21.5	23.6
				3	24.6	27	25.3	25.2	30.4	24.4	22.4	21.4	25.1
				3	23.7	26	24.6	24.2	29.5	21	21.7	21.3	25

Tabla 20. Resultados de monitoreo de la Temperatura durante la obtención del vermicompost del mes de junio Con Geomembrana

Resultados de Temperatura del mes de Mayo													
Tratamiento	Mezclas			N° de Camas	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:
	RSO	GC	GCh		05	08	11	14	17	20	23	26	29
Temperatura °C													
Tratamiento Con Geomembrana	40%	40%	20%	1	25.8	29.3	25.6	23.7	31.3	22.6	22.06	24	26
				1	25	29.5	25.9	23.6	31.3	24.2	22.03	24.2	26.1
				1	25.1	29.4	26.2	23.3	32.1	23.9	22.6	23.8	26.3
	50%	25%	25%	2	25.6	28.8	25.5	23.7	32.2	24.7	22.9	23	25.6
				2	24.3	29.4	25	24.5	32.8	25.1	21.56	22.8	25.1
				2	24.6	29.5	25	24	33.4	24.6	20.9	22.5	24.4
	40%	20%	40%	3	26.2	29.2	24.8	24	33.2	25.5	22.2	22.3	24.5
				3	27.8	30	23.8	24.7	32.7	24.6	22.76	22.7	25.1
				3	24.7	28.6	22.7	23.9	29.9	24	21.7	22	24.2

Tabla 21. Resultados de monitoreo de la Temperatura para la obtención de Vermicompost del mes de junio Sin Geomembrana.

Resultados de Temperatura del mes de Junio															
Tratamiento	Mezclas			N° de Camas	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	
	RSO	GC	CCh		1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Temperatura °C															
Tratamiento Con Geomembrana	40%	40%	20%	1	18.5	20.7	20.1	19.6	23.1	21.2	22.4	21.1	19.3	19.3	21.2
				1	18.3	21.3	21.6	19.9	21.5	21.5	22.5	22.9	20.9	20.9	20.9
				1	18.4	21.7	21.1	20.3	22.3	21.2	21.9	22.1	20.6	20.6	20.6
	50%	25%	25%	2	18.3	21	21.7	19.7	21.7	22.9	21.3	21.4	20.1	20.1	20.3
				2	18	20	20.5	19.6	21.3	21.7	21.2	21	19.9	19.9	19.7
				2	18.1	20.4	20.6	21.1	21.3	21.2	21.1	21	19.9	19.9	20.2
	40%	20%	40%	3	18.6	21	20.8	20.2	20.9	21.2	21.7	21.4	20.2	20.2	20
				3	19.1	21.8	21.5	20.3	20.4	21.7	21.1	20.3	20.4	20.4	19.4
				3	18.8	22	21.2	19.7	20.2	21.9	20.6	20.8	20	20	19.2

Tabla 22. Resultados de monitoreo de la Temperatura durante la obtención del vermicompost del mes de junio Sin Geomembrana

Tratamiento		Resultados de Temperatura del mes de Junio													
		Mezclas			N° de Camas	Día: 1	Día: 3	Día: 6	Día: 9	Día: 12	Día: 15	Día: 18	Día: 21	Día: 24	Día: 27
		RSO	GC	CCh	Temperatura °C										
Tratamiento Con Geomembrana	40%	40%	20%	1	20.9	22.5	20.6	23.7	23.2	22.4	21.6	21.1	21.6	22.5	22
				1	20.3	22	23.3	29.9	23.2	22.5	21.7	21	22.4	23.2	23.9
	50%	25%	25%	1	20.9	22	24.1	22.2	23	21.7	22	21	22.4	23.4	22
				2	19.8	22.2	23.7	21.8	23.4	22	21.3	20.6	20.8	23.7	21.9
	40%	20%	40%	2	20.4	22.3	23.7	21.3	22.1	22.2	21	20.6	20.5	23.7	20.8
				2	19.2	22.4	23.1	21.4	22.3	21.6	20.8	20.9	21	23.5	20.3
	40%	20%	40%	3	19.1	22.8	22.6	20.7	21.6	21.5	21	21.1	20.5	24.2	20.5
				3	19.2	23.9	23.4	21	21.6	21.8	20.7	21	20.5	24.5	19.9
				3	19.3	21.8	22.9	21.1	21.1	21.8	21.2	21.2	19.9	24.4	19.8

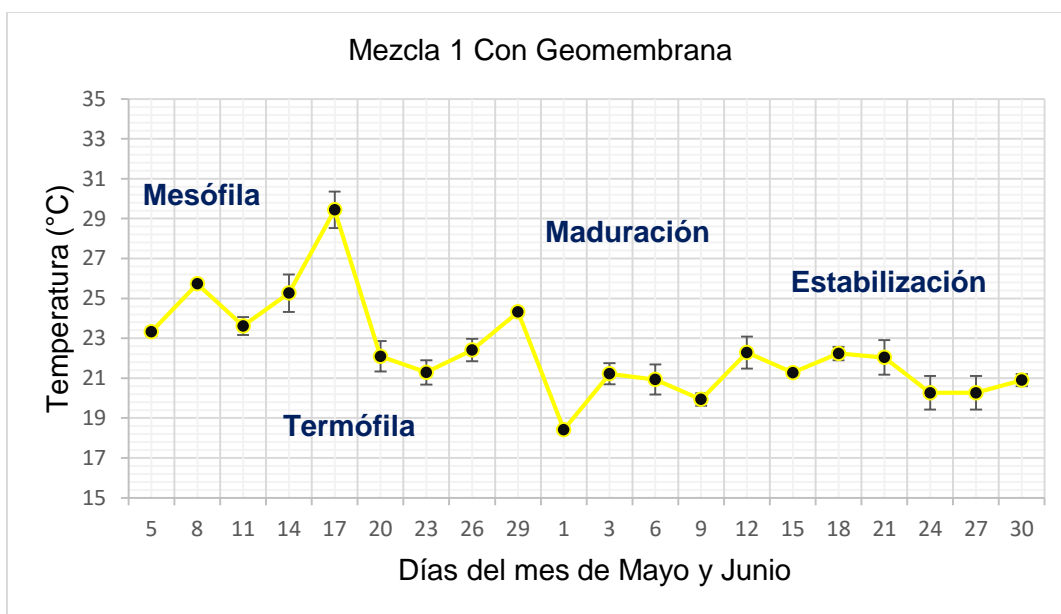


Figura 16. Gráfica de la Evolución de Temperatura en la Mezcla 1 Con Geomembrana

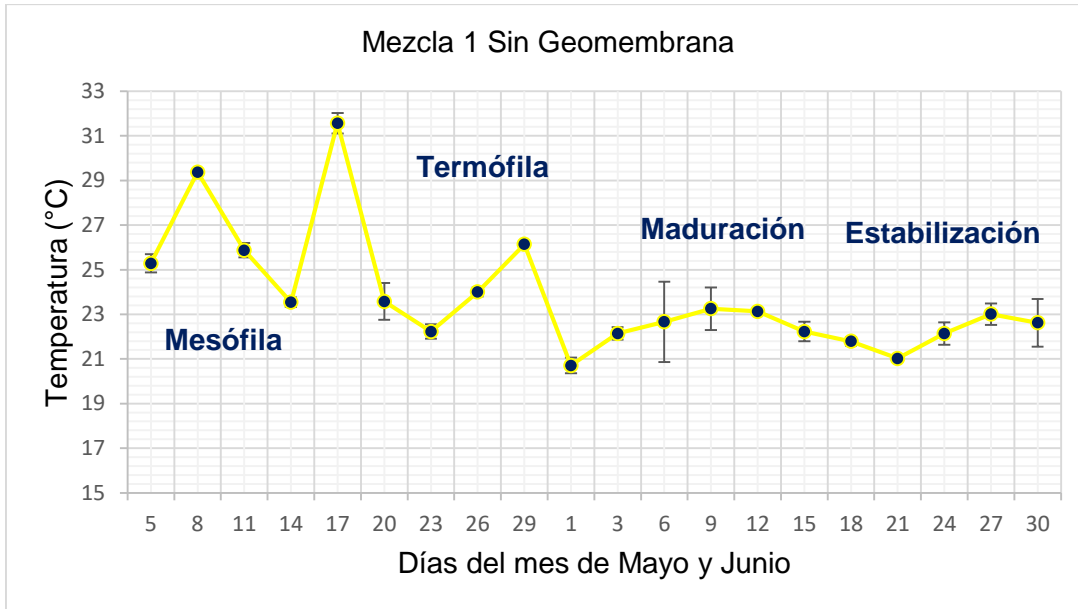


Figura 17. Gráfica de la Evolución de Temperatura en la Mezcla 1 Sin Geomembrana.

La figura 16 y 17 para la mezcla N°1, muestra la evolución de Temperatura(°C) de los días del mes de mayo y junio utilizando los residuos sólidos orgánicos en un 40%, con el guano de cuy en un 40% y guano de chivo en un 20% juntamente con la Lombriz *Eisenia Foetida*.

En el mes de Mayo, se inició con la medición de Temperatura con un promedio de las 3 camas de 24.34°C de las M1 mostrado en la figura 16 y en la figura 17, se inició con un promedio de 25.29°C. No obstante, Kalamdhad, Muntjeer, Meena, & Kazmi, (2009), indican que la evolución de la temperatura durante el proceso de vermicompostaje, marca las diferentes etapas en donde se determina una evolución del material vermicompostado en condiciones aerobias.

Sin embargo, la temperatura es un parámetro físico en donde afecta las mediciones de pH significativamente (Kukier & Chaney, 2000).

a) *Fase Mesófila:*

Al iniciar en el día 8 con 26.33°C hasta llegar al día 14 con 24.70°C con el tratamiento de sistema cerrado y el sistema abierto en el día 8 con 29.37 hasta llegar al día 14 con 23.54°C, siendo ambos valores óptimos para Aguilar, (1997), manifestando el desarrollo de los microorganismos mesófilos.

Según estudios por Gomez, (2007) , indican que los residuos sólidos orgánicos mezclados con el guano de cuy y chivo en ambos tratamientos, se dará una actividad metabólica, en donde se presentara microorganismos mesófilos. En efecto los tratamientos con el sistema cerrado y abierto, iniciaron con una óptima condición de temperatura.

b) *Fase Termófila*

Ambos tratamientos mostrados en las figuras 17 y 18, se observa una progresiva evolución en el día 17 con 29.44°C para el sistema cerrado y 31.57°C para el sistema abierto en el mes de mayo. Con relación a ello, los estudios dados por Sztern & Pravia, (1999) manifiestan que las temperaturas más altas será en la presente fase durante todo el proceso de vermicompostaje y al mismo tiempo, los microorganismos termófilos mostrados en la Tabla 3, actúan transformando el nitrógeno en amonio y el pH se hace más alcalino consumiendo así el material orgánico generando calor en las camas.

Asimismo, comparando los tratamientos con y sin geomembrana afirmamos con los resultados que cuando el pH dio a 8.11 en el día 17 con una temperatura alta de 29.44°C en el sistema cerrado, y en el sistema abierto el pH dio a 8.14 con una temperatura alta de 32.78, Gomez, (2007) menciona que la fase termófila es óptima cuando la temperatura aumentara gradualmente generando ácidos orgánicos haciendo que el pH baje; entonces observamos que el tratamiento con Geomembrana y sin Geomembrana son óptimos para la producción de microorganismos termófilos mostrados en la *Tabla 3*.

Los estudios de Pellejero, Miglierina, Aschkar, & Jiménez-Ballesta, (2015), indican que pasando los 30 días se observara un descenso de microorganismos termófilos que actúan transformando el nitrógeno en amonio (NH_4) gas que alcaliniza el medio; es decir, la alcalinización del pH se debe a la pérdida de los ácidos orgánicos procedentes de las descomposición de los residuos de fruta. De igual manera Bollo, (1999), menciona que la morfología de la lombriz *Eisenia Foetida* consiste en secretar carbonato cálcico y producción de una digestión alcalina, por lo que es de esperar valores de pH ligeramente alcalinas.

Según Fajardo, (2002) , menciona que la Lombriz *Eisenia Foetida*, vive en una zona de clima templado; y es que su temperatura oscila entre 19 y 20°C con una humedad de 82%. Conforme van pasando los días, la lombriz consumirá diariamente una cantidad de residuos orgánicos: el 60% de los residuos lo convierte en abono y el 40 % lo utiliza en su metabolismo para generar tejidos corporales. También cada lombriz coloca una capsula (huevo en forma de pera de color amarillento) de unos 2mm (milímetros) de la cual emergen de 2 a 21 lombrices después de un periodo de incubación de 14 a 21 días. Al nacer las lombrices son blancas, pero transcurridos los 5 a 10 días, se ponen de color rojizo estando en condiciones para aparearse.

c) Fase de Maduración

Por otra parte, en ambos tratamientos la fase de maduración inicia en el mes de junio del día 3 al día 15 con los valores en un promedio de 21.22°C con Geomembrana y 22.6°C sin Geomembrana, Gomez, (2007) afirma que la temperatura bajara a un ritmo más o menos similar a cuando aumentaba, y el pH se seguirá estabilizando y aumentando con un valor de 8; es decir, la temperatura bajara mientras que el pH subirá. Bollo, (1999), dio a conocer que el pH aumenta debido a la pérdida de los ácidos orgánicos procedentes de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos.

d) Fase de estabilización

Constará del día 18 al 30 del mes de junio para ambos tratamientos, llegando así con una temperatura de 20.9°C en el sistema cerrado y para el sistema abierto con 21.02°C; es decir, la temperatura y el pH acabaran de estabilizarse. Los organismos animales, se incorporaran en el proceso dándose la formación de ácidos húmicos y fulvicos, juntamente con los residuos y guanos, llegando a un estado listo de abono orgánico tipo Vermicompost (Gomez, 2007).

Barbado, (2003), hizo estudios de vermicompostaje utilizando la lombriz *Eisenia Foetida* indicando que cuando todo los residuos sólidos orgánicos hayan sido consumidos por las lombrices y el humus esté listo, las lombrices son retiradas de las camas para lo cual se coloca un nuevo alimento en la parte superior de la cama migrando a un nuevo sustrato.

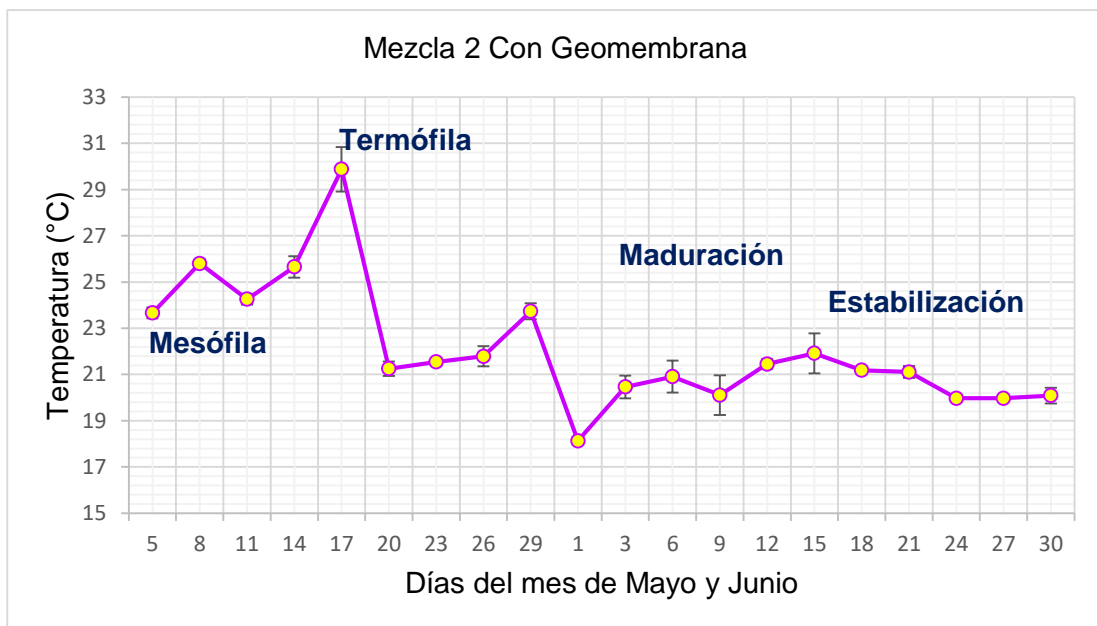


Figura 18. Gráfica de la Evolución de Temperatura en la Mezcla 2 Con Geomembrana

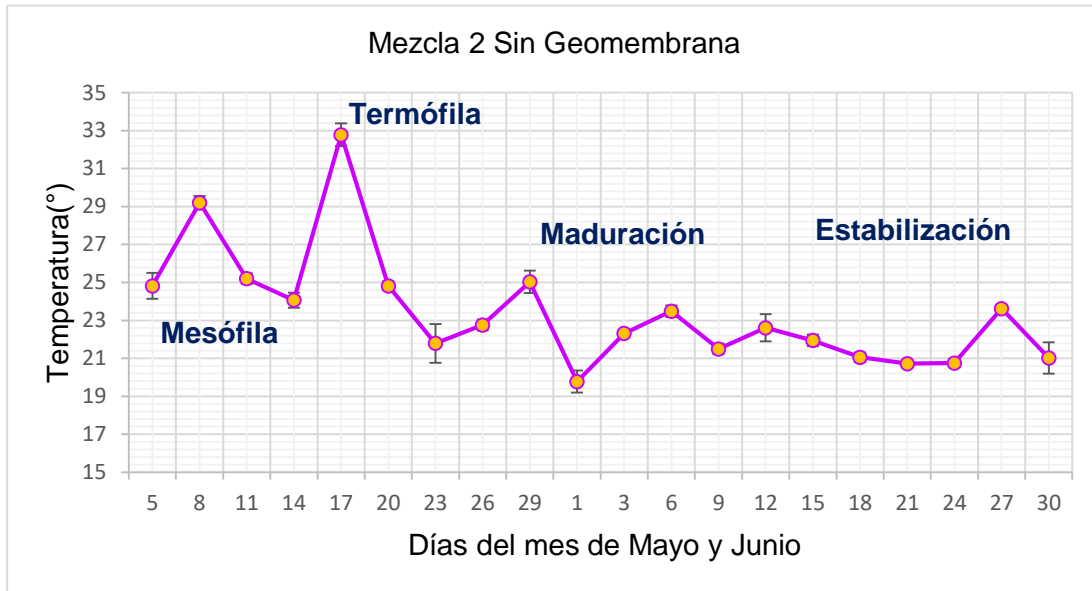


Figura 19. Gráfica de la Evolución de Temperatura en la Mezcla 2 Sin Geomembrana

La figura 18 y 19 para la M2, muestra la evolución de Temperatura (°C) de los días del mes de mayo y junio utilizando los residuos sólidos orgánicos en un 50%, con el guano de cuy en un 25% y guano de chivo en un 25% juntamente con la Lombriz *Eisenia Foetida*.

A principios del mes de mayo se inició con la medición de la temperatura con un promedio de las 3 camas de 23.66°C de las M2 mostrado en la figura 19 y en la figura 20, se inició con un promedio de las 3 camas con 24.82°C. No obstante, Kalamdhad, Muntjeer, Meena, & Kazmi, (2009), indican que la evolución de la temperatura durante el proceso de vermicompostaje, marca las diferentes etapas en donde se determina una evolución del material vermicompostado en condiciones aerobias.

a) *Fase Mesófila*

Al iniciar en el día 8 con 25.8°C hasta llegar al día 14 con 25.65°C con el tratamiento del sistema cerrado y el sistema abierto en el día 8 con 29.21°C hasta llegar al día 14 con 24.06°C, Aguilar, (1997), manifestó que estos valores son óptimos en el desarrollo de los microorganismos mesófilos.

Según estudios por Gomez, (2007) , indican que los residuos sólidos orgánicos mezclados con el guano de cuy y chivo en ambos tratamientos, se dará una actividad metabólica, en donde se presentara microorganismos mesófilos. En efecto los tratamientos con el sistema cerrado y abierto, iniciaron con una óptima condición de Temperatura.

b) *Fase Termófila*

Ambos tratamientos mostrados en las figuras 19 y 20 se observa una progresiva evolución iniciando desde el día 17 con 29.87°C para el sistema cerrado y 32.78°C para el sistema abierto del mes de mayo. Estos valores son los más representativos; y es que según Sztern & Pravia, (1999) señalan que las temperaturas altas generan microorganismos termófilos mostrados en la Tabla 3 transformando el nitrógeno en amoníaco más el pH que se hizo más alcalino generando calor en las camas.

Por consiguiente, si comparamos ambos tratamientos de con Geomembrana y sin Geomembrana, estos fueron eficientes debido a que las temperaturas se encontraban un rango óptimo generando ácidos orgánicos haciendo que el PH baje (Gomez, 2007).

c) *Fase de Maduración*

Se presenta en ambos tratamientos iniciando en el mes de junio del día 3 al 15 con un promedio de 21.45°C con Geomembrana y 23.5°C sin Geomembrana. Gomez, (2007) afirma

que la temperatura bajara a un ritmo más o menos similar a cuando aumentaba, y el PH se seguirá estabilizando y aumentando con un valor de 8; es decir, la temperatura bajara mientras que el PH subirá.

d) *Fase de estabilización*

Constará del día 18 al 30 del mes de junio para ambos tratamientos, llegando así con una temperatura de 22.4°C en el sistema cerrado y para el sistema abierto con 21.93°C; es decir, la temperatura y el pH acabaran de estabilizarse. Por lo tanto el sistema cerrado es el más óptimo debido a que se estabilizo su temperatura con 20.08°C dándose la formación de ácidos húmicos y fulvicos (Navarro et al., 1995).

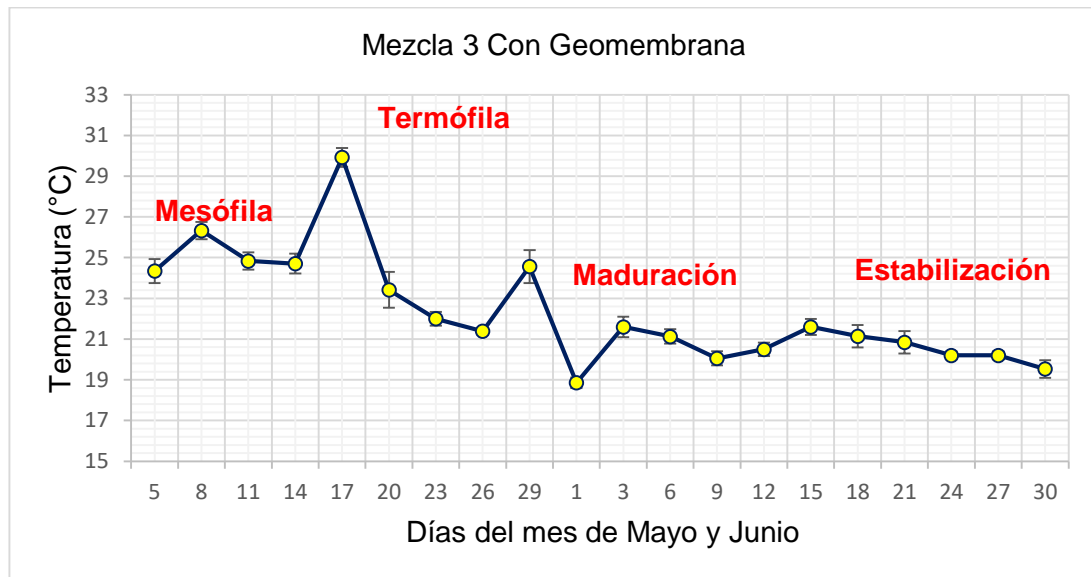


Figura 20. Gráfica de la Evolución de Temperatura en la Mezcla 3 Con Geomembrana.

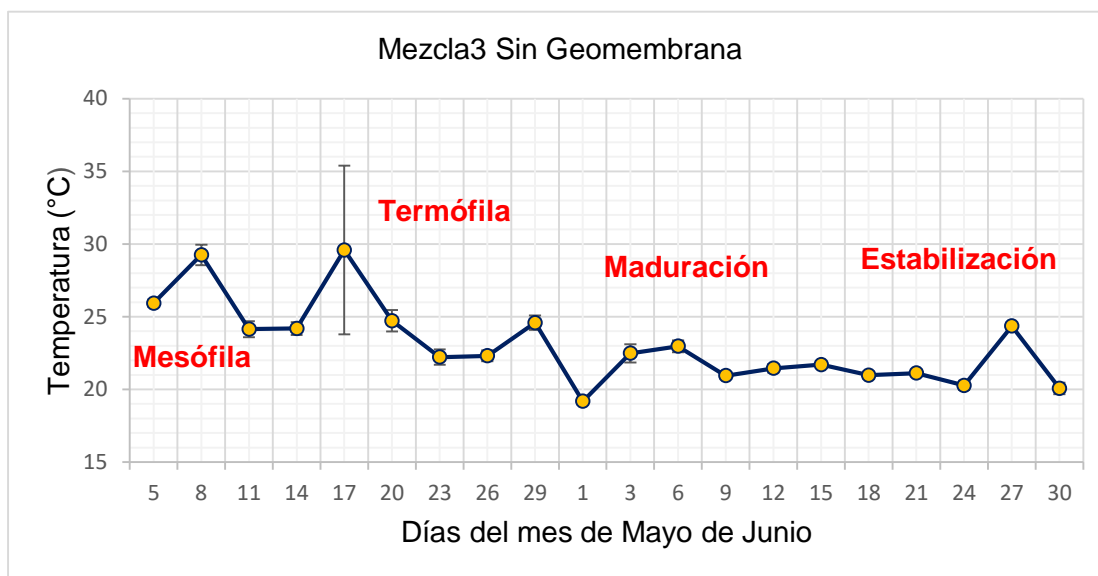


Figura 21. Gráfica de la Evolución de Temperatura en la Mezcla 3 Sin Geomembrana.

La figura 20 y 21 para la M3, muestra la evolución de Temperatura(°C) de los días del mes de Mayo y Junio utilizando los residuos sólidos orgánicos en un 40%, con el guano de cuy en un 20% y guano de chivo en un 40% juntamente con la Lombriz *Eisenia Foetida*.

El día 05 de mayo se inició con la medición de Temperatura con un promedio de las 3 camas con 24.34°C mostrado en la figura 20 y en la figura 21 con 25.93°C.

a) *Fase Mesófila*

Al iniciar en el día 8 con 26.33°C hasta llegar al día 14 con 24.70°C con el tratamiento de sistema cerrado y el sistema abierto en el día 8 con 29.37 hasta llegar al día 14 con 23.54°C. Con respecto a ello, Castillo, Benito, & Iglesias, (2005) indica que la actividad metabólica de los microorganismos da lugar a un aumento rápido de temperatura entre 20 y 40° C debido

a que se producen los ácidos orgánicos, haciendo bajar el pH. La duración de esta fase es de pocos días (entre dos y ocho días).

b) Fase Termófila

Huang et al., (2018), menciona que en esta fase se incrementara la temperatura entre 35°C a 40°C. En el grafico 21 y 22 la temperatura en el día 17 llega a 29.92 con geomembrana y sin geomembrana a 29.59°C; por lo tanto el tratamiento con geomembrana es mejor debido la acción de Bacilos y Actinomicetos termófilos (Ghosh et al., 2018). Asimismo, se descomponieron las ceras, proteínas y hemicelulosas y se eliminan todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables. En consecuencia, a ello, se incrementará el pH, en donde permanecerá casi constante hasta finalizar el proceso.

c) Fase de Maduración

Se da en ambos tratamientos iniciando en el mes de junio del día 3 al día 15 con los valores en un promedio de 21.6 °C con Geomembrana y 22.97°C sin Geomembrana. Gomez, (2007) afirma que la temperatura bajara a un ritmo más o menos similar a cuando aumentaba, y el PH se seguirá estabilizando y aumentando con un valor de 8.

d) Fase de estabilización

Constará del día 18 al 30 del mes de junio para ambos tratamientos, llegando así con una temperatura de 21.14°C en el sistema cerrado y para el sistema abierto con 20. 3°C; es decir, la temperatura y el pH acabaran de estabilizarse. En efecto, para los 2 tratamientos, los microorganismos termófilos, contribuirán el desarrollo de un máximo grado de humificación (Nogales et al., 2014).

Tabla 23. Prueba de ANOVA para la Temperatura (°C) del mes de mayo

Efectt	SS	Degr.of Freedom	MS	F	P
Intercept	11006,33	1	11006,33	46793,43	0,000000
Tratamientos	4,93	1	4,93	20,96	0,000635
Mezclas	2,38	2	1,19	5,06	0,025436
Tratamientos-Mezclas	2,57	2	1,29	5,47	0,020462
Error	2,82	12	0,24		

La prueba de ANOVA mostrada en la *Tabla 22* del mes de mayo, nos indica que si existe un nivel de significancia del 0.05% de la temperatura en los diferentes tratamientos y mezclas, debido a que no todos tienen la misma técnica de impermeabilización de geomembrana para la obtención del vermicompost.

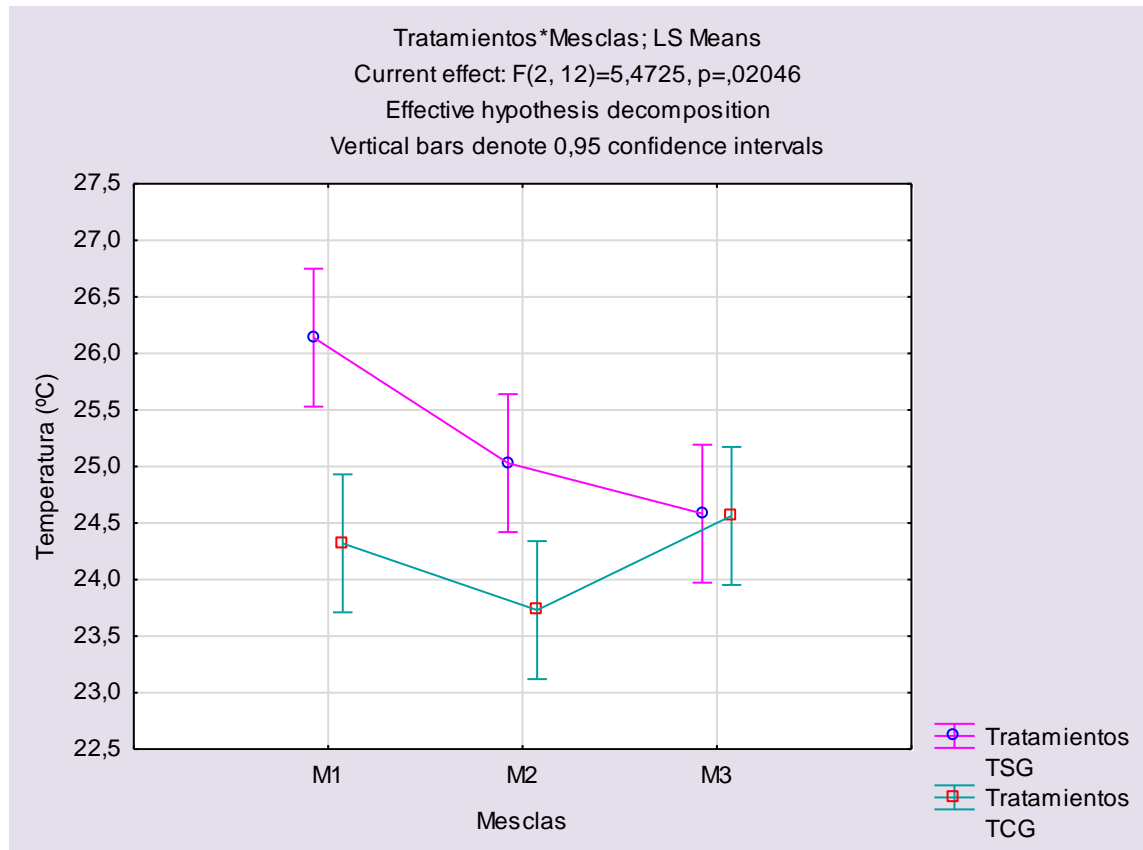


Figura 22. Gráfico de Mezclas y tratamientos para Temperatura (°C) del mes de mayo.

La figura 22 muestra los diferentes rangos de temperatura con un nivel de significancia menor al 0,05% del mes de mayo. Para ambos tratamientos, en la primera mezcla se utilizó un 40% de RO, 40% de GC y 20% de GCh, para la segunda un 50% RO, 25% de GC y 25% de GCh y para la tercera 40% de RO, 20% de GC y 40% de Gch, juntamente con la lombriz *Eisenia Foetida*, en donde en el tratamiento con geomembrana (TCG) para la M1: 24.3°C con un pH de 8.6, M2: 23.7 con un pH de 8.64 y para la M3: 24.6°C con un pH de 8.58. Con respecto a ello, Gomez, (2007) menciona que la temperatura tiene una relación con el pH que al pasar los 30 días, se observara un descenso de microorganismos termófilos que actúan transformando el nitrógeno en amonio (NH₃) gas que alcaliniza el medio; es decir, la

alcalinización del pH se debe a la pérdida de los ácidos orgánicos procedentes de las descomposición de los residuos de fruta.

En cuanto al sistema abierto (TSG) se presentó diferentes temperaturas para la M1 26.3 °C con un pH de 7.8; M2 25°C con un pH de 7.75 y M3 24.6 °C con un pH de 7.85. Según Pellejero, Miglierina, Aschkar, & Jiménez-Ballesta, (2015), indican que la temperatura se eleva debido a la producción de microorganismos termófilos que actúan transformando el nitrógeno en amonio (NH₃) gas que alcaliniza el medio.

En efecto comparando ambos tratamientos, determinamos que en el sistema cerrado a medida que la temperatura sea alta, el pH será alcalino más en el sistema abierto la temperatura será alta pero el pH será un poco menor que el otro tratamiento. Es decir, el TSG presento una adecuada temperatura para la obtención de vermicompost.

Asimismo, a diferencia de las demás mezclas, la M1 del TSG, se evidencia que la temperatura ascendió por la composición de un 40% de RO, 40% de GC y 20% de GCh y a la estabilización de cambio de fase mesófila, donde los microorganismos termófilos como los hongos del grupo de actinomicetos (*Micronospora*, *Streptomyces* y *Actomyces*) que se encargaron de descomponer los materiales orgánicos con mayor velocidad generando calor (Huang et al., 2018).

Tabla 24. Prueba de ANOVA para la Temperatura (°C) del mes de junio

Efecto	SS	Degr.of Freedom	MS	F	P
Intercept	7716,96	1	7716,96	19375,83	0,000000
Tratamientos	5,120	1	5,120	12,86	0,003745
Mezclas	11,694	2	5,847	14,68	0,000596
Tratamientos-Mezclas	1,073	2	0,536	1,35	0,296782
Error	4,779	12	0,398		

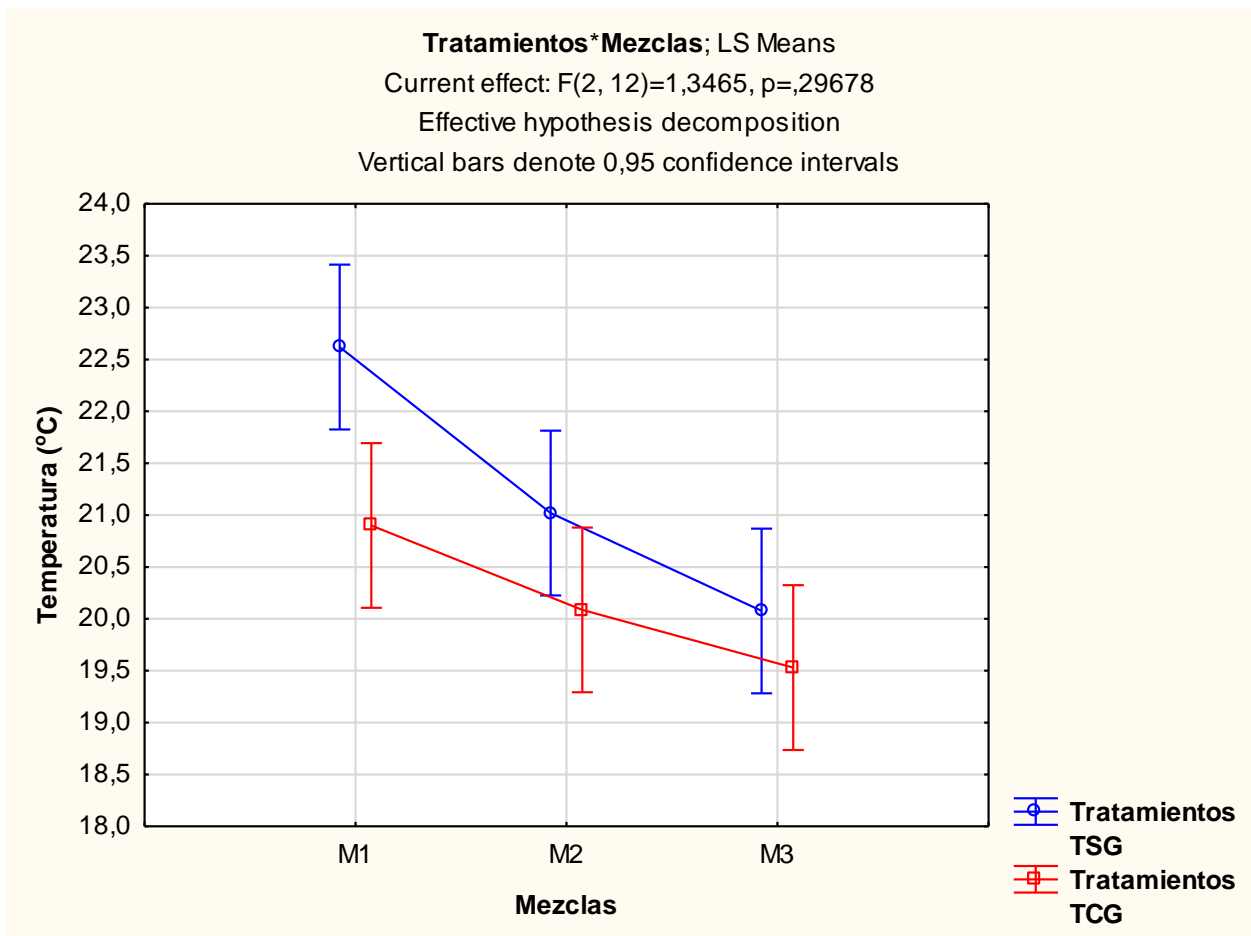


Figura 23. Gráfico de Mezclas y tratamientos para Temperatura (°C) del mes de junio.

El nivel de significancia en el día 30 del mes de junio para la temperatura es mayor al ($P>0,05$), sin embargo, en la *figura 23* se puede evidenciar de que existe una diferencia con relación a la disminución de la temperatura, esto se pudo haber dado a las diferentes fases por las que atraviesa la descomposición de la materia orgánica.

En este último día del mes de junio, se pudo evidenciar la fase de estabilización como última fase del vermicompostaje, presentando así un equilibrio de las propiedades químicas (intercambio catiónico, pH, materia orgánica, sólidos volátiles) y microorganismos termófilos contribuyendo a desarrollar un máximo grado de humificación (Nogales et al., 2014).

La temperatura (°C) para el tratamiento con geomembrana (sistema cerrado), en la M1 (20.8 °C); M2 (20.2 °C) y M3 (19.5 °C), y la temperatura en el tratamiento sin geomembrana (sistema abierto) oscila en la M1 (22.6 °C); M2 (21.0 °C) y para la M3 (20.1 °C). Sin embargo, la temperatura fue mayor en el sistema abierto debido a que esta tenía entrada de los rayos del sol de manera directa. Según Baffi et al., (2007) mencionan que a mayor rango de temperatura la pérdida de masa se atribuye a la degradación térmica de las estructuras aromáticas de los compuestos estables complejos. En efecto afirmamos que en el sistema cerrado la temperatura llegó a estabilizarse a la temperatura del ambiente.

Las macromoléculas alifáticas que contienen largas cadenas de hidrocarburos y los compuestos de nitrógeno fueron responsables de la degradación térmica que representa la estabilidad del vermicompost similar a la temperatura del ambiente (Ravindran, Sravani, Mandal, Contreras, & Sekaran, 2013).

Del mismo modo, la mezcla 3 del TCG se estabilizó con la temperatura de 19.5°C debido a que contenía 40% de RO, 20% de GC y 40 % de GCh presenciando la formación de ácidos húmicos y fulvicos (Navarro et al., 1995), esto indicó que contiene componentes más resistentes al calor debido a la creciente complejidad molar de los compuestos químicos de nitrógeno, fósforo y potasio que contiene el estiércol de chivo (Khatua et al., 2018).

4.3. Evolución de la humedad (%) durante la obtención de Vermicompost

Para cumplir las necesidades fisiológicas de los microorganismos, el control de la humedad es un factor importante en el desarrollo del proceso del vermicompostaje, es por ello que se requiera agua (Silva, Lopez, & Valencia, 2012).

Tabla 25. Resultados del monitoreo de la Humedad para la obtención de Vermicompost del mes de mayo Con Geomembrana

Resultados de Humedad del mes de Mayo													
Tratamiento	Mezclas			N° de Camas	Día: 05	Día: 08	Día: 11	Día: 14	Día: 17	Día: 20	Día: 23	Día: 26	Día: 29
	RSO	GC	GCh										
Tratamiento Con Geomembrana	40%	40%	20%	1	58	58	23.9	57	73	51	91	65	57
				1	61	57	23.1	58	71	64	85	51	59
				1	65	66	23.9	52	70	62	82	59	48
	50%	25%	25%	2	70	67	24.2	49	53	70	84	63	49
				2	71	69	24.5	48	47	70	83	64	63
				2	73	65	24	50	61	73	82	62	65
	40%	20%	40%	3	69	66	24.6	58	78	78	84	61	72
				3	78	73	25.3	58	59	72	86	64	68
				3	77	74	24.6	58	43	71	80	61	60

Tabla 26. Resultados del monitoreo de la Humedad para la obtención de Vermicompost del mes de junio Con Geomembrana.

Resultados de Humedad del mes de Junio															
Tratamiento	Mezclas			N° de Camas	Día: 1	Día: 3	Día: 6	Día: 9	Día: 12	Día: 15	Día: 18	Día: 21	Día: 24	Día: 27	Día: 30
	RSO	GC	CCh												
Tratamiento Con Geomembrana	40%	40%	20%	1	70	64	58	66	43	63	43	40	45	45	53
				1	75	64	49	65	56	63	46	40	56	56	50
				1	74	54	45	65	50	66	48	42	52	52	50
	50%	25%	25%	2	74	58	47	67	66	62	48	39	48	48	56
				2	75	60	45	63	53	62	50	38	45	45	49
				2	76	64	49	63	55	60	46	40	46	46	52
	40%	20%	40%	3	75	64	50	64	56	53	43	39	48	48	49
				3	73	65	58	61	56	48	44	43	49	49	51
				3	77	65	47	62	60	50	45	42	50	50	52

Tabla 27. Resultados del monitoreo de la Humedad para la obtención de Vermicompost del mes de mayo Sin Geomembrana.

Resultados de Humedad del mes de Mayo													
Tratamiento	Mezclas			N° de Camas	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:
	RSO	GC	GCh		05	08	11	14	17	20	23	: 26	29
				Humedad %									
Tratamiento Sin Geomembrana	40%	40%	20%	1	71	43	70	69	30	72	74	60	48
				1	73	37	72	66	40	74	77	69	40
				1	73	40	67	65	43	79	79	64	42
	50%	25%	25%	2	76	42	67	71	37	61	83	63	61
				2	76	45	66	70	40	60	86	68	61
				2	77	54	63.9	68	46	53	86	67	54
	40%	20%	40%	3	80	50	63.9	68	39	58	76	66	75
				3	81	45	64	65	48	53	90	66	70
				3	85	49	63	62	54	54	77	67	59

Tabla 28. Resultados del monitoreo de la Humedad para la obtención de Vermicompost del mes de mayo Sin Geomembrana.

Resultados de Humedad del mes de Junio															
Tratamiento	Mezclas			N° de Camas	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	Día:	
	RSO	GC	CCh		1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
				Humedad %											
Tratamiento Sin Geomembrana	40%	40%	20%	1	61	71	43	47	54	50	48	44	36	43	50
				1	59	70	37	49	51	60	50	45	36	39	52
				1	70	64	45	56	46	59	48	43	45	39	64
	50%	25%	25%	2	66	66	39	56	56	63	49	43	45	41	69
				2	74	67	47	59	61	64	50	40	43	42	53
				2	75	69	48	54	62	58	51	45	43	41	66
	40%	20%	40%	3	78	64	39	61	65	63	51	42	62	39	68
				3	79	76	43	72	68	60	50	44	54	41	61
				3	76	65	55	65	62	55	51	43	54	38	54

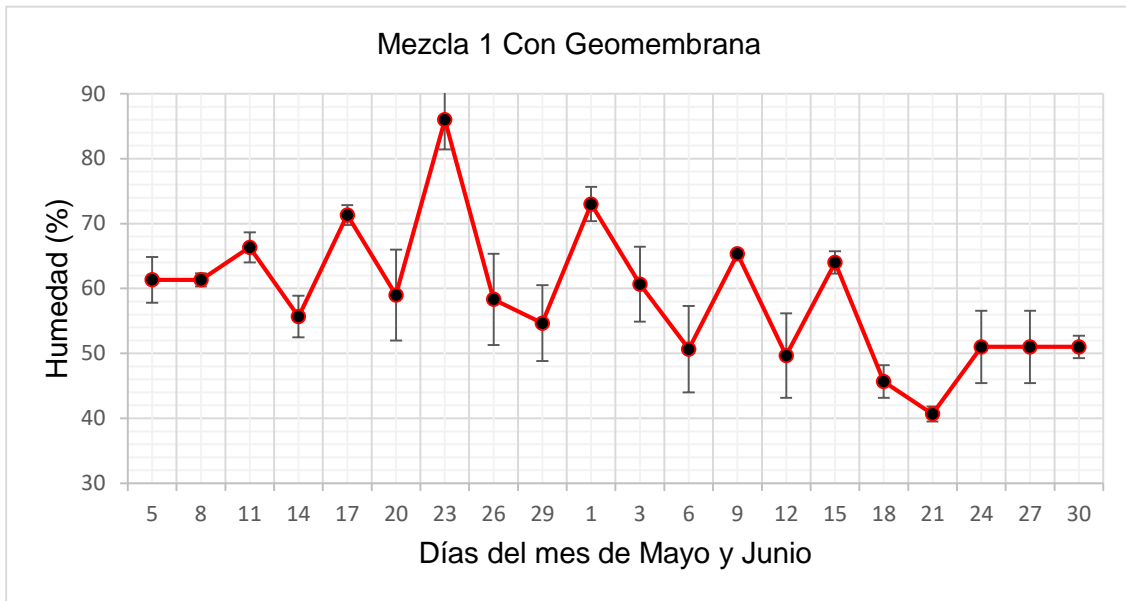


Figura 24. Gráfica de la Evolución de Humedad en la Mezcla 1 Con Geomembrana.

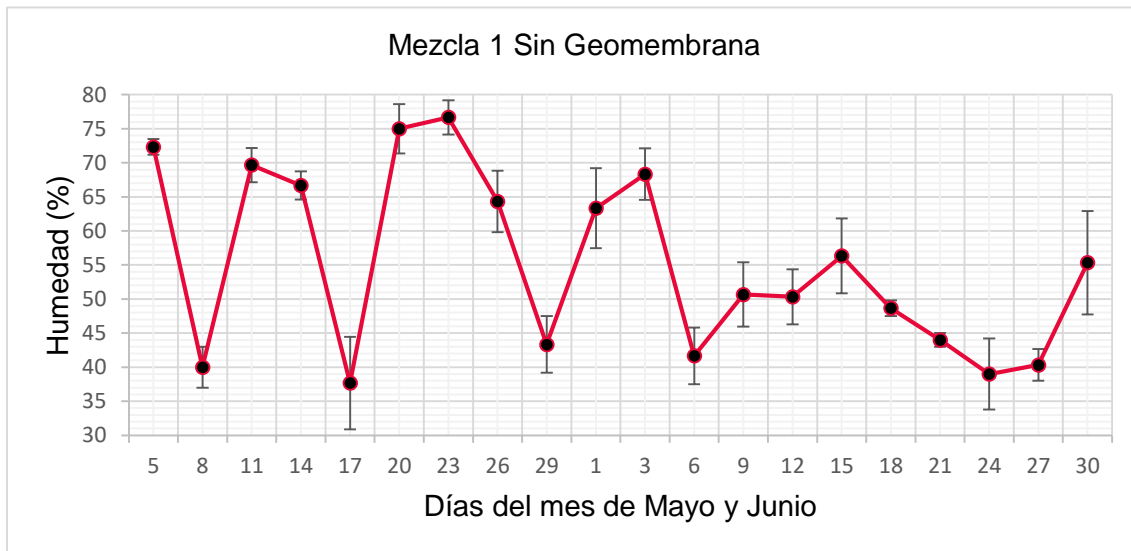


Figura 25. Gráfica de la Evolución de Humedad en la Mezcla 1 Sin Geomembrana.

La figura 24 y 25 para la M1, muestra la evolución del Humedad (%) de los días del mes de mayo y junio utilizando los residuos sólidos orgánicos en un 40%, con el guano de cuy en un 40% y guano de chivo en un 20% juntamente con la Lombriz *Eisenia Foetida*.

En el mes de Mayo, se inició con la medición de humedad con un promedio de 61.33% y 23.6°C de la M1 mostrado en la figura 24 y en la figura 25 se inició con 72.33% y 25.29°C. Sin embargo, Barreros, (2017) indica que es adecuado iniciar el vermicompostaje con una humedad de 76,7%; la temperatura con la humedad tienen una relación debido a que no se presentara ninguna actividad microbiológica y se encontrara en un alto porcentaje de humedad. Además, el guano de cuy con un 40% y el guano de chivo con un 20% influirán en la humedad debido a que estos ingresaron frescos.

Según el Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú Capacítate Perú (APROLAB)-Convenio, (2007) , (Compostores, 2016) y (Macgregor, Miller, Psarianos, & Finstein, 1981), recomiendan que al pasar una semana del proceso de vermicompostaje, se tiene que administrar el agua para desarrollar la actividad la degradación microbiana de los residuos sólidos orgánicos, es por eso que se introdujo 2 litros de agua por cada cama en ambos tratamientos.

La actividad de los microorganismos, hizo que se generen olores desagradables en los primeros días, es por ello que se realizó los volteos semanales para cada cama.

A mediados del mes de Mayo en el día 17, el tratamiento de con Geomembrana presento una humedad de 71.33 % con una temperatura de 29.44°C, con relación a este parámetro Barreros, (2017), indica que el aumento de temperatura y humedad proporcionan una mineralización y liberación de N al haberse adicionado el Nitrato de Amonio. Pero en el tratamiento de sin Geomembrana, presento una humedad de 37.7% con una temperatura de 31.53°C, es decir a medida que baje la humedad, se disminuirá la actividad de los microorganismos y el proceso será mucho más lento, es por ello que se tuvo que agregar agua para que así las lombrices no se mueran ya que estos necesitan más oxigenación (Gallardo Hernandez, 2017) y (Marquez et al., 2003).

Los valores más altos de humedad para ambos tratamientos se dieron en el día 23 del mes de Mayo presentando un 86% con una temperatura de 21.86°C el de Con Geomembrana y el de Sin Geomembrana con 76.66% con una temperatura de 22.3°C. Cajas, (2009) y Díaz, Cova, Castro, García, & Perea, (2008), confirman que el exceso de humedad origina empapamiento e oxigenación deficiente llegando a un promedio de 81%, con esta referencia, la cantidad de agua ingresada se dio cada 15 días. Asimismo, Marquez et al., (2003) y Silva et al.,(2012). mencionan a que, si la humedad se encuentra por encima de los 70%, se observara la actividad de los microorganismos (larvas Huida de insectos, bacterias y hongos mesolíticos) para la descomposición de los residuos sólidos orgánicos.

Finalmente, a partir del día 21 en adelante para ambos tratamientos la aireación hará que se establezca la humedad juntamente con una alta desecación de la actividad biológica de los microorganismos llegando a un 51% con Geomembrana y el de sin Geomembrana llegara a 53.33% la temperatura llegara a estabilizarse (Zhu, Deng, & Yuanzhu, 2004).

Según (Gerard, 1996) y (Paco, Murguia, Mamani, & Humberto, 2011) indican que la humedad del vermicompost no debe pasar de 40% a 55% ; es decir nuestros tratamientos se encuentran dentro los valores óptimos.

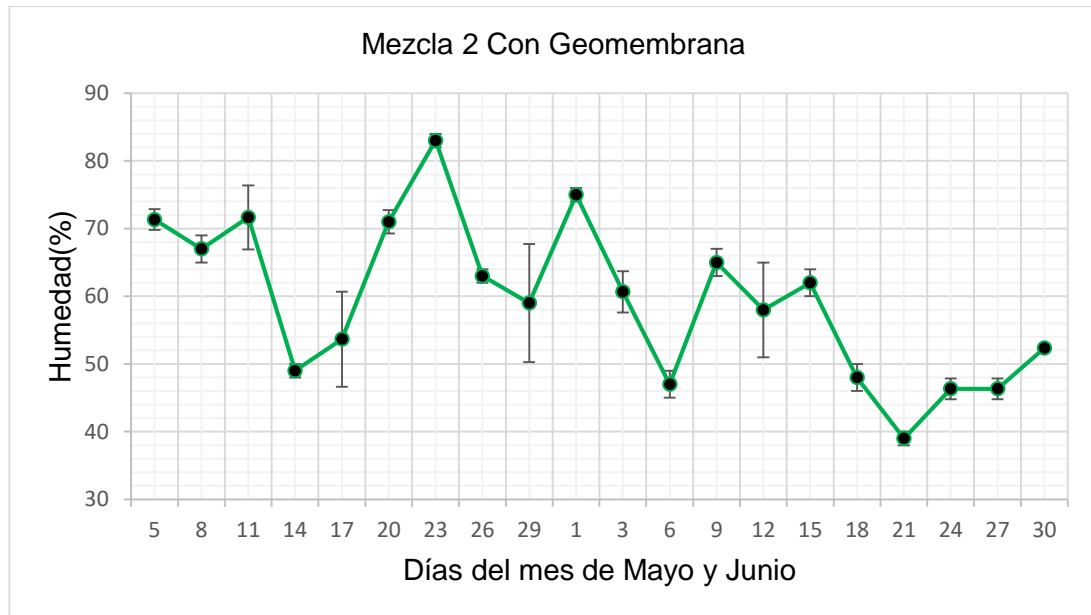


Figura 26. Gráfica de la Evolución de Humedad en la Mezcla 2 Con Geomembrana.

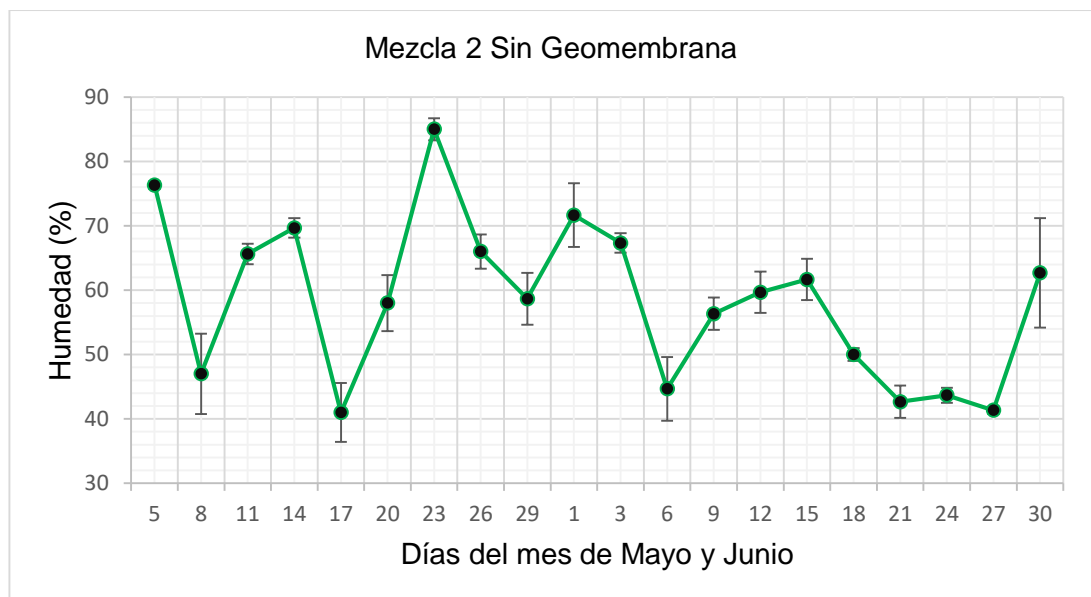


Figura 27. Gráfica de la Evolución de Humedad en la Mezcla 2 Sin Geomembrana.

La figura 26 y 27 de la mezcla N°2, muestra la evolución de Humedad (%) de los días del mes de Mayo y Junio utilizando los residuos sólidos orgánicos en un 50%, con el guano de cuy en un 25% y guano de chivo en un 25% juntamente con la Lombriz *Eisenia Foetida*.

En el mes de Mayo, se inició con la medición de humedad de 74.66% a una temperatura de 24.34°C con Geomembrana y el de Sin Geomembrana con un 76.33 a una temperatura de 24.82°C. Asimismo, en esta mezcla según Barreros, (2017) indica que el vermicompostaje se inicia con un 76.7% de humedad.

A mediados del mes de Mayo en el día 17, el tratamiento con Geomembrana presento una humedad de 53.66 % a una temperatura de 29.87°C y el de sin geomembrana a 41% con temperatura de 32.78°C. (Gallardo Hernandez, 2017) y (Marquez et al., 2003) mencionan que a medida que baje la humedad, se disminuirá la actividad de los microorganismos, es por ello que en ambos tratamientos el proceso será más lento y necesitaran más agua para que las lombrices puedan sobrevivir.

A fines de Mayo, se dieron valores significativos presentando un 83% con geomembrana y el de sin geomembrana 81% de humedad. Los sustratos utilizados juntamente con los residuos sólidos orgánicos de aguaymanto originaron el empapamiento e oxigenación de los microorganismos Cajas, (2009).

Para la descomposición del guano, la geomembrana ayudo a que se pueda mantener más estable la humedad que al de sin geomembrana (Barreros, 2017).

La humedad al iniciar con 74.66 en el de con Geomembrana y el de sin Geomembrana con 76.33%, estos culminaran su proceso a partir del día 24 estabilizándose hasta llegar a los valores óptimos con un resultado de 52.33% en el sistema cerrado y en el sistema abierto con 62.66% de humedad.

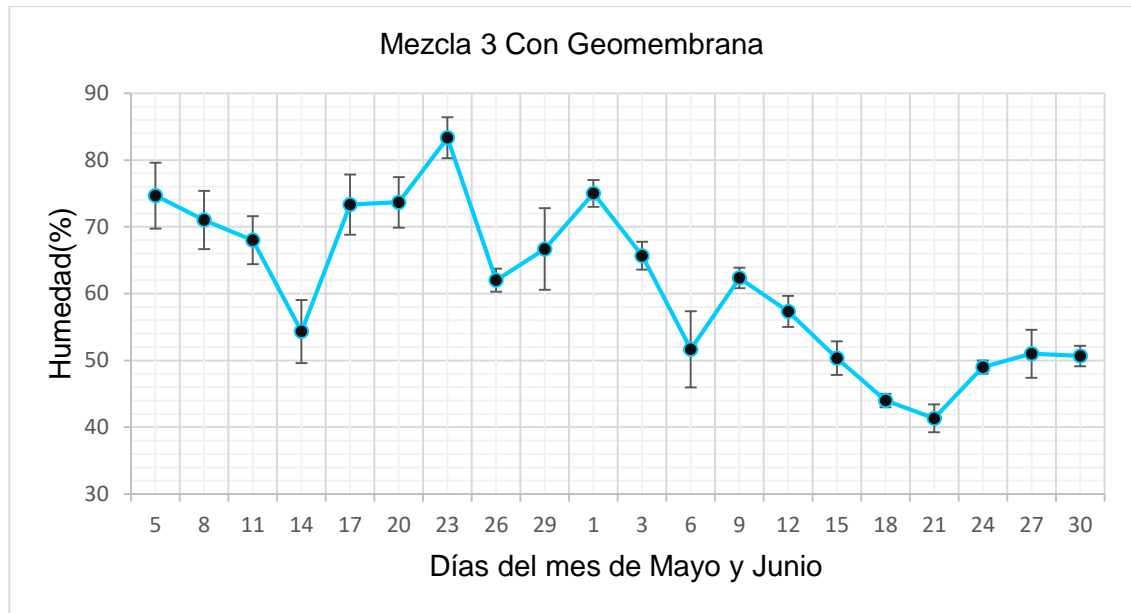


Figura 28. Gráfica de la Evolución de Humedad en la Mezcla 3 Con Geomembrana

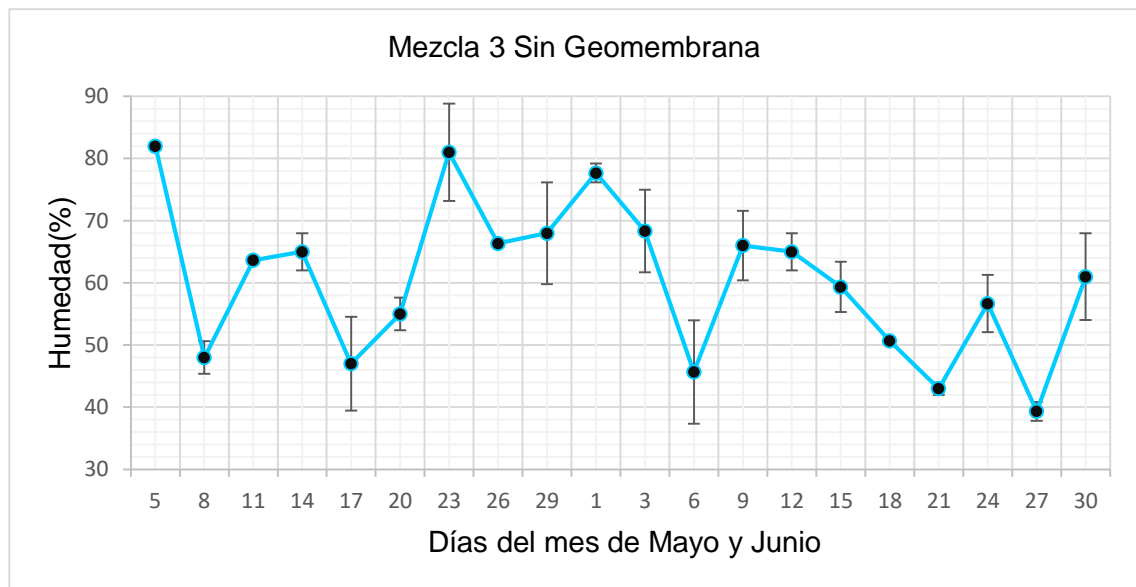


Figura 29. Gráfica de la Evolución de Humedad en la Mezcla 3 Sin Geomembrana.

La figura 28 y 29, para la mezcla N°3, muestra la evolución de Humedad (%) de los días del mes de mayo y junio utilizando los residuos sólidos orgánicos en un 40%, con el guano de cuy en un 20% y guano de chivo en un 40% juntamente con la Lombriz *Eisenia Foetida*.

A inicios del mes de Mayo, se inició con la medición de humedad de 74.66 % a una temperatura de 24.34°C con geomembrana y el de sin geomembrana con 82% a una temperatura de 25.93°C. De igual manera esta mezcla se encuentra dentro de los valores óptimos dado por (Barreros, 2017).

A mediados del mes de Mayo, el tratamiento de con Geomembrana presento una humedad de 73.33% a una temperatura de 29.92°C y el de sin geomembrana a 47% con una temperatura de 29.59°C. Comparando con la mezcla N° 1, en ambas mezclas se presenta la liberación de N en el sistema cerrado, más en el sistema abierto, los microorganismos disminuyen su actividad biológica.

A fines de Mayo, se dieron valores significativos presentando 83.33% con geomembrana y el de sin geomembrana 81% de humedad, siendo así similar que la mezcla N°2, el guano de Chivo como tenía más % hizo que los residuos puedan presentar esta humedad en ambos tratamientos.

Al finalizar el vermicompost, la humedad llego a un 50.66 % con geomembrana y el de sin geomembrana a 61%. La radiación solar y el viento al no ser controlados en el sistema abierto afecto a no estabilizarse la humedad mientras que, en el sistema cerrado, la geomembrana ayudo a la estabilización de este parámetro.

Tabla 29. Prueba de ANOVA para Humedad (%) del mes de mayo

Efectt	SS	Degr.of Freedom	MS	F	P
Intercept	61366,72	1	61366,72	1482,68	0,000000
Tratamientos	53,39	1	53,39	1,290	0,278235
Mezclas	1010,11	2	505,06	12,203	0,001283
Tratamientos-Mezclas	142,11	2	71,06	1,717	0,220949
Error	496,67	12	41,39		

La prueba de ANOVA realizada a la humedad del día 29 de mayo para los tratamientos y mezclas, como nos muestra la tabla 4, el nivel de significancia es mayor al 0,05%. Por lo tanto, no significa que no exista diferencia entre ambos tratamientos sino por lo contrario como podemos observar en la *figura 28 y 29*, la humedad asciende muy distinto en cada tipo mezcla aplicada.

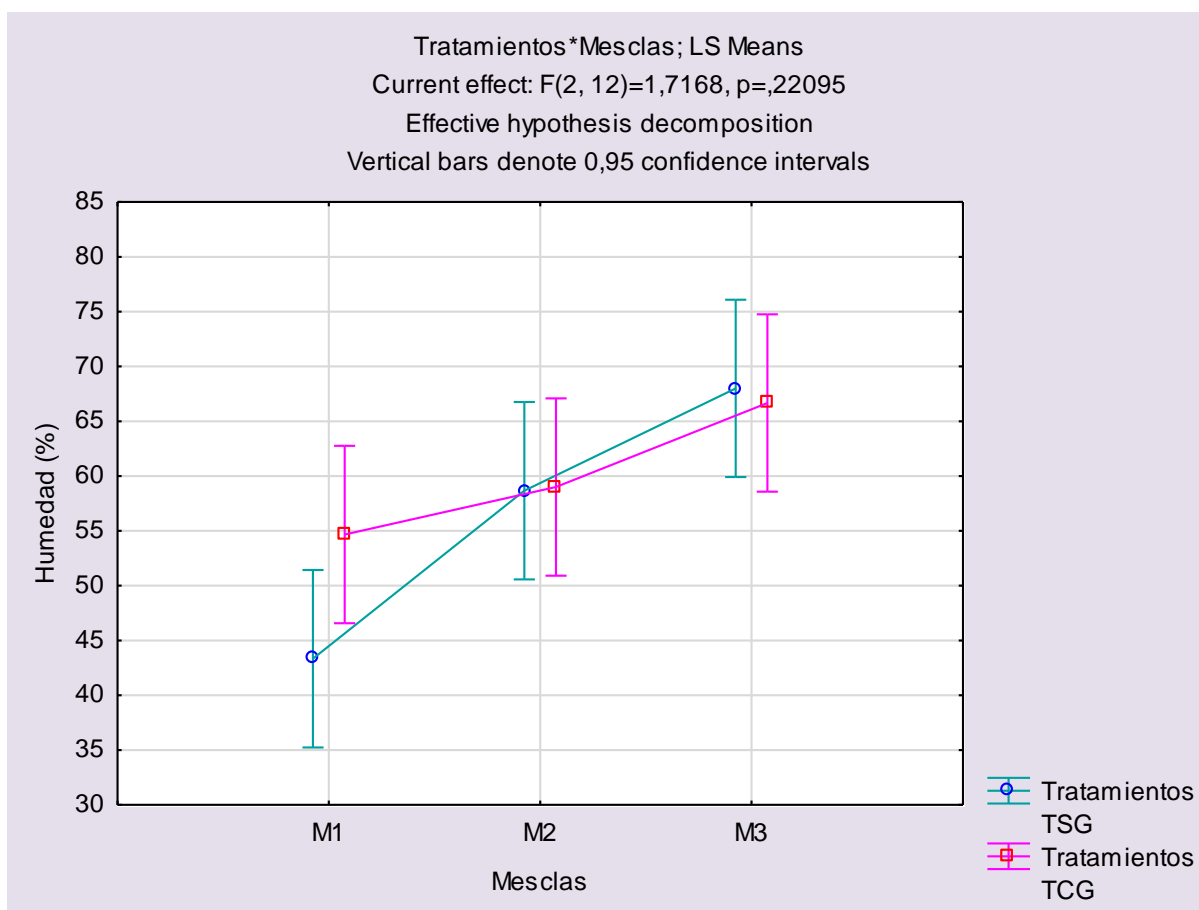


Figura 30. Gráfico de Mezclas y Tratamientos para Humedad del mes de mayo.

La *figura 30*, para la humedad nos muestra que en el sistema cerrado (TCG) para la M1 presento un 55%, M2 con 59% y para la M3 con 67%. Pero para el sistema abierto (TSG) en la M1 presento la humedad de 44%, M2 con un 58% y para la M3 con un 68% con las temperaturas de M1 con 26.3 °C, M2 con 25.0 °C y M3 con 24.6 °C. Con respecto a ello, los

estudios dados por Cajas, (2009) y Díaz, Cova, Castro, García, & Perea, (2008), afirman que el exceso de humedad origina empapamiento e oxigenación deficiente llegando a 81%; es decir en ambos tratamientos la humedad es óptima debido a que la temperatura influyó en cada una de las mezclas. En cuanto a las mezclas, la M3 del TSG es la que presenta un valor alto de humedad con un 68% debido a que su temperatura era de 24.6°C se dio una muy buena actividad de microorganismos (larvas, bacterias y hongos) con la mezcla de 40% RO, 20% GC y 20% de Gch.

Tabla 30. Prueba de ANOVA para Humedad (%) del mes de junio.

Efecto	SS	Degr.of Freedom	MS	F	P
Intercept	55444,50	1	55444,50	1694,39	0,000000
Tratamientos	312,50	1	312,50	9,550	0,009357
Mezclas	57,33	2	28,67	0,876	0,441437
Tratamientos-Mezclas	36,00	2	18,00	0,550	0,590780
Error	392,67	12	32,72		

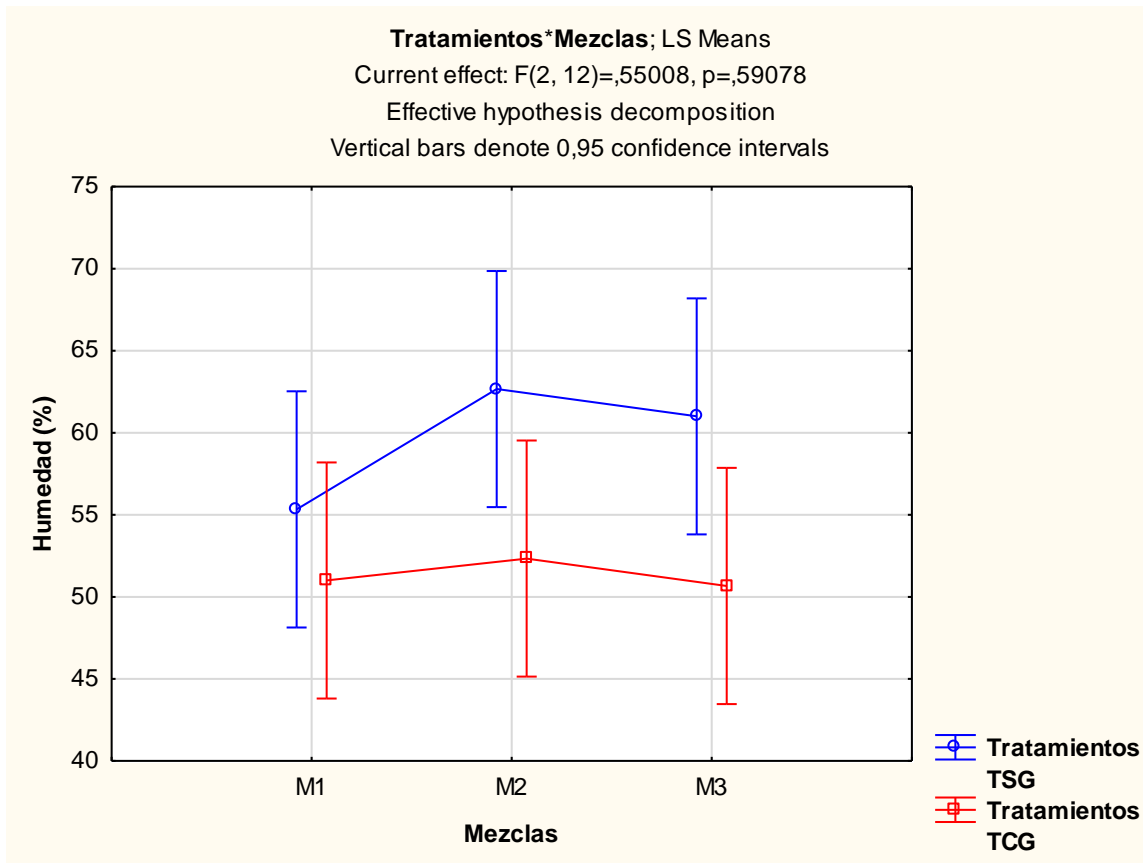


Figura 31. Gráfico de Mezclas y Tratamientos para Humedad del mes de junio.

En la *Tabla 29*, la humedad del día 30 de junio presenta un nivel de significancia al 0,05% con los tratamientos en combinación de las mezclas aplicadas. Dominguez, (2004) menciona que la humedad es un factor muy importante en el funcionamiento de lombrices y microorganismos en el proceso del vermicompostaje, debido a que estas respiran a través de su piel, por lo tanto, el sistema debe tener un contenido de humedad adecuado.

Degefe & Tamire, (2017) , mencionaron que si se presenta una diferencia de 5 % en el contenido de la humedad puede afectar el desarrollo de la lombriz *Eisenia Foetida*. De igual manera, el agua actúa como medio para la humedad.

Para la obtención del producto final, en la *figura 31* se muestra los valores de humedad de la M1 con un 51%, M2 con un 52.33% y para la M3 con un 50.66% con la temperatura para

la M1 (20.8 °C); M2 (20.2 °C) y M3 (19.5 °C). Pero en el sistema abierto (TSG), los valores de la humedad son más altos, así como en la M1 (55.33%), M2(62.66%) y M3 (61%) con una temperatura de M1 (22.6 °C); M2 (21.0 °C) y para la M3 (20.1 °C). Comparando estos resultados, Barreros, (2017), indica que para la descomposición del guano, la geomembrana ayuda a que se pueda mantener más estable la humedad que al de sin geomembrana.

En otras palabras, el tratamiento del sistema cerrado presento un buen porcentaje de humedad, en especial la mezcla 3 con un 50.66% con una temperatura de 19.5°C. Gong (2007) menciona que una adecuada humedad hace que la actividad microbiana incremente en donde la temperatura se estabilizara hasta llegar a la temperatura del ambiente. Sin embargo, el tamaño de la partícula que entra al vermicompostaje, la forma y el tamaño de la pila también afectara la velocidad de la aireación y la tendencia del material para retener y liberar calor. (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

4.4. Resultados de los Micronutrientes (N, P, K)

Tabla 31. Resultados de los Micronutrientes (N,P,K) para el tratamiento con geomembrana (TCG) y sin geomembrana (TSG).

Tratamientos	Mezclas			N°de camas	Lombriz	Parámetros			
	RSO	GC	GCh			Nitrato %	Nitrato/ Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %
TCG				1		0.09	0.02	0.01	0.01
TCG	40%	40%	20%	1		0	0.02	0.01	0.01
TCG				1	Lombriz Roja	0.09	0.02	0.01	0.01
TCG				2	California	0.09	0.02	0.02	0.01
TCG	50%	25%	25%	2	na <i>Eisenia foetida</i> 2	0.09	0.02	0.01	0.01
TCG				2	kg por cama	0.09	0.02	0.01	0.01
TCG	40%	20%	40%	3		0.09	0.02	0.02	0.01
TCG				3		0.09	0.02	0.01	0.01
TSG				1		0.08	0.02	0.01	0.01
TSG	40%	40%	20%	1		0.08	0.02	0.01	0.01
TSG				1	Lombriz Roja	0.09	0.02	0.01	0.01
TSG				2	California	0.09	0.02	0.01	0.01
TSG	50%	25%	25%	2	na <i>Eisenia foetida</i> 2	0.09	0.02	0.01	0.01
TSG				2	kg por cama	0.09	0.02	0.01	0.01
TSG	40%	20%	40%	3		0.09	0.02	0.02	0.01
TSG				3		0.1	0.02	0.02	0.01
TSG				3		0.09	0.02	0.02	0.01

4.4.1. Resultados de Nitrógeno (N) %.

Tabla 32. Prueba de ANOVA para el Nitrógeno

Effect	SS	Degr.of Freedom	MS	F	P
Intercept	0,133731	1	0,133731	7100,744	0,000000
Tratamiento	0,000012	1	0,000012	0,620	0,446247
Mezclas	0,000268	2	0,000134	7,116	0,009165
Tratamiento- Mezclas	0,000006	2	0,000003	0,156	0,857597
Error	0,000226	12	0,000019		

La prueba de ANOVA realizada al nitrógeno mostrada en la tabla 30, nos indica que existe un nivel de significancia entre mezclas menor al 0.05%; sin embargo, entre tratamientos y mezclas no existe un nivel de significancia debido a que pudo haber interferido muchas variantes.

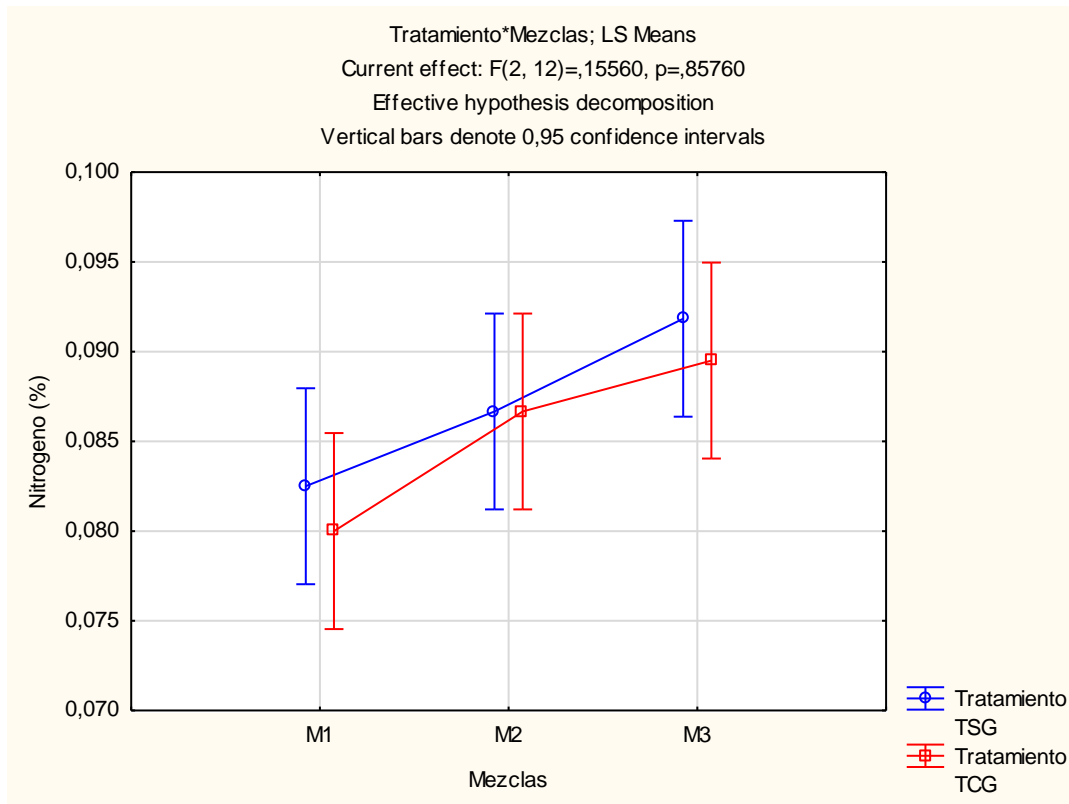


Figura 32. Grafica para Nitrógeno del producto final.

La figura 32 nos muestra los índices de nitrógeno (N) en porcentajes, analizado a cada tratamiento y mezclas aplicadas. La M3 del tratamiento sin geomembrana (sistema abierto) contiene mayor contenido de N con un (0,097%) debido a que esta contenía 40% de RO, 20% GC, 40% GCh. Según Vázquez, (1999), afirma que el contenido de nitrógeno en el vermicompost dependerá del tipo de sustrato aplicado. Particularmente, el estiércol de chivo, es una fuente de N porque puede aportar nitrato (NO_3) y amonio (NH_4) en grandes cantidades (Salazar et al., 2003).

Bhattacharyya et al., (2007) indican que el aumento del nitrógeno, se debe a la mineralización de los residuos sólidos orgánicos reduciendo el volumen, además se

presentara procesos microbianos de fijación de nitrógeno atmosférico que pueden desarrollar algunos microorganismos involucrados en el vermicompostaje

Por consiguiente, la M3 contiene un alto porcentaje de N, considerado por Marquez et al., (2003) que para tener una buena calidad de vermicompost este está relacionado con la cantidad de N.

En cuanto a la M1 y M2, de ambos tratamientos los autores Duran & Henriquez, (2007) mencionan que todos los tratamientos presentaran un contenido de nitrógeno en menor porcentaje debido a que hubo una baja y desequilibrada reproducción de microorganismos.

4.4.2. Resultados de Nitrato/Nitrogenado (%)

Tabla 33. Prueba de ANOVA para el Nitrato/Nitrogenado

Effect	SS	Degr.of Freedom	MS	F	P
Intercept	0,006758	1	0,006758	7342,814	0,000000
Tratamiento	0,000001	1	0,000001	0,699	0,419316
Mezclas	0,000013	2	0,000006	6,878	0,010231
Tratamiento-Mezclas	0,000000	2	0,000000	0,051	0,950488
Error	0,000011	12	0,000001		

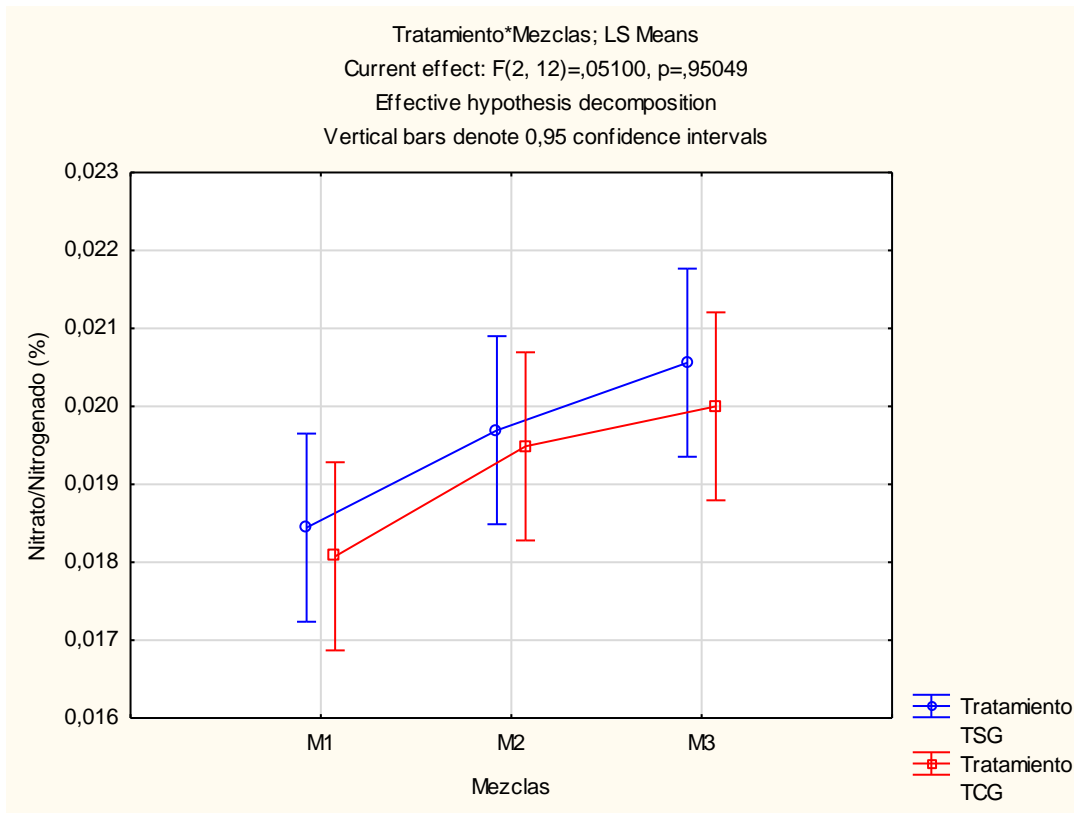


Figura 33. Grafica para Nitrato/Nitrogenado del producto final.

La tabla 32, nos muestra que existe un nivel de significancia menor al 0,05% en las mezclas, sin embargo, entre tratamientos y mezclas el nivel de significancia es mucho mayor al 0,05%.

En la figura 33, la M3 presenta un alto porcentaje de Nitrato/Nitrogenado de (0.0208%) para el tratamiento del sistema abierto. Elvira, Sampedro, Benítez, & Nogales, (1998), mencionan que para la obtención del vermicompost, el pH disminuirá debido a la mineralización del nitrógeno en nitritos o nitratos.

Pellejero et al., (2015), confirmaron que durante la descomposición de los residuos sólidos orgánicos el nitrógeno se libera como amoníaco en un 82% producidas por los microorganismos autótrofos (baterías nitrificantes) que convierten el amonio en nitrito

denominado como proceso de nitrificación. Por consiguiente, la oxidación de nitrito a nitrato se conoce como nitratación, existiendo bacterias del genero nitrobacter.

Para la M1 y M2 el porcentaje de Nitrato/Nitrogenado se encuentra en menor cantidad para ambos tratamientos debido a que el porcentaje de cada sustrato aplicado era mucho menor a la M3. Por otra parte Paco et al., (2011) menciona que la Lombriz *Eisenia Foetida* transforma el N Contenido de la materia orgánica en nitratos por los microorganismos los cuales pueden perderse en formas húmicas, estas son eliminadas a través del excremento (nefridiosporos) en formas de ácidos úricos o amonio. Los autores (Lim et al., 2015), mencionan que el proceso de nitrificación es un indicativo de un vermicompost estable.

4.4.3. Resultados de Fosforo (P) %.

Tabla 34. Prueba de ANOVA para el Fosforo.

Effect	SS	Degr.of Freedom	MS	F	P
Intercept	0,003816	1	0,003816	12133,18	0,000000
Tratamiento	0,000000	1	0,000000	0,32	0,583673
Mezclas	0,000008	2	0,000004	11,96	0,001390
Tratamiento-Mezclas	0,000000	2	0,000000	0,72	0,504743
Error	0,000004	12	0,000000		

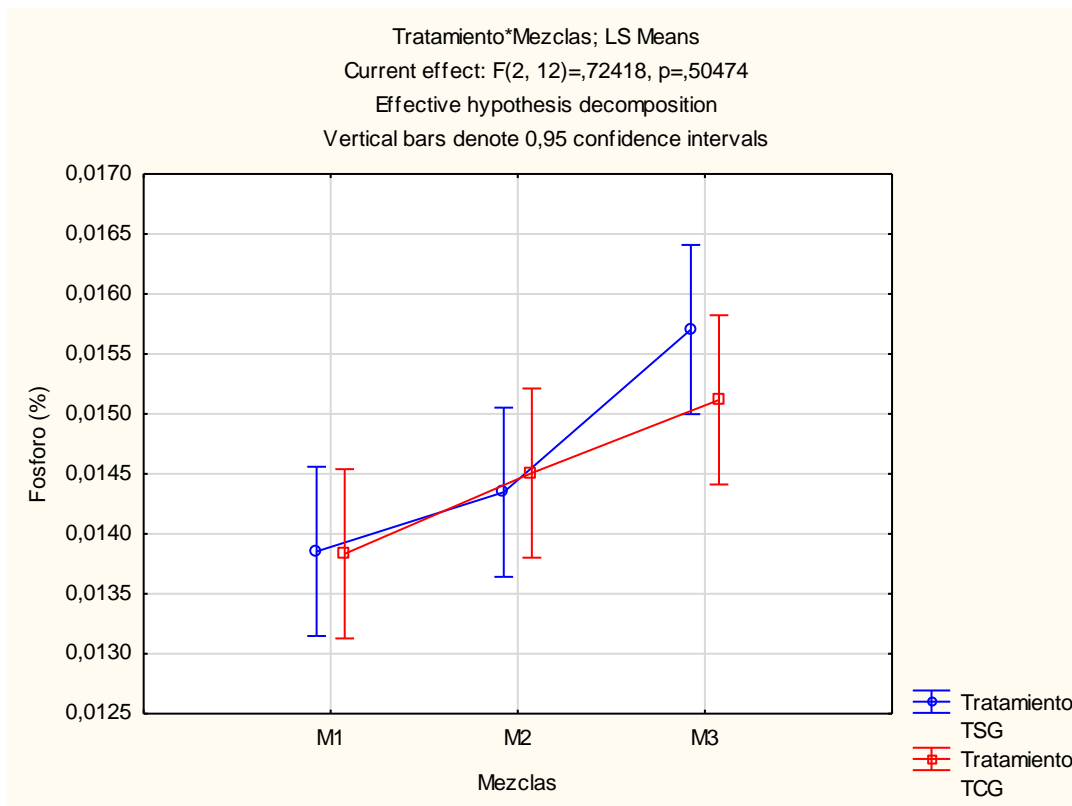


Figura 34. Grafica para el Fosforo del producto final.

La tabla 33, nos indica que el fosforo presenta un nivel de significancia menor al 0.05% en mezclas, siendo lo contrario para los tratamientos y mezclas con un nivel de significancia mayor.

La M3 mostrada en la figura 34, nos indica que el mayor porcentaje se encontró en el tratamiento del sistema abierto con un (0,0164%). Castillo, Quarin, & Iglesias, (2000), mencionan que el alto contenido de P encontrado en el producto final se debe a que las lombrices ingieren con la materia orgánica en grandes cantidades digerida por sus intestinos y la actividad microbiana, en donde lo excretado contiene un alto contenido de fosforo.

Por consiguiente, Valderrama, (1999), nos da un mayor realce indicando que el fosforo ayudara a la formación de compuestos celulares ricos en energía, para el microorganismo microbiano.

Por otra parte, el pH está relacionado a la producción de fosforo debido a la mineralización del nitrógeno, los microorganismos presentes, darán lugar a la formación de orto-fosfatos (Rodriguez, Estrada, Ramirez, & Quezada, 2015).

La M1 y M2, presentan una cantidad mínima de fosforo en ambos tratamientos debido a la limitada conversión de nitritos y nitratos en orto-fosfatos.

Marquez et al., (2003) afirma que el fosforo, es uno de los nutrientes más importantes que el C y N, por lo que también debe estar presente en una cantidad mínima para que el proceso se lleve a cabo.

4.4.4. Resultados de Potasio (K) %.

Tabla 35. Prueba de ANOVA para el Potasio.

Effect	SS	Degr.of Freedom	MS	F	P
Intercept	0,001110	1	0,001110	38502,68	0,000000
Tratamiento	0,000000	1	0,000000	0,02	0,891873
Mezclas	0,000001	2	0,000000	12,63	0,001117
Tratamiento-Mezclas	0,000000	2	0,000000	1,07	0,373164
Error	0,000000	12	0,000000		

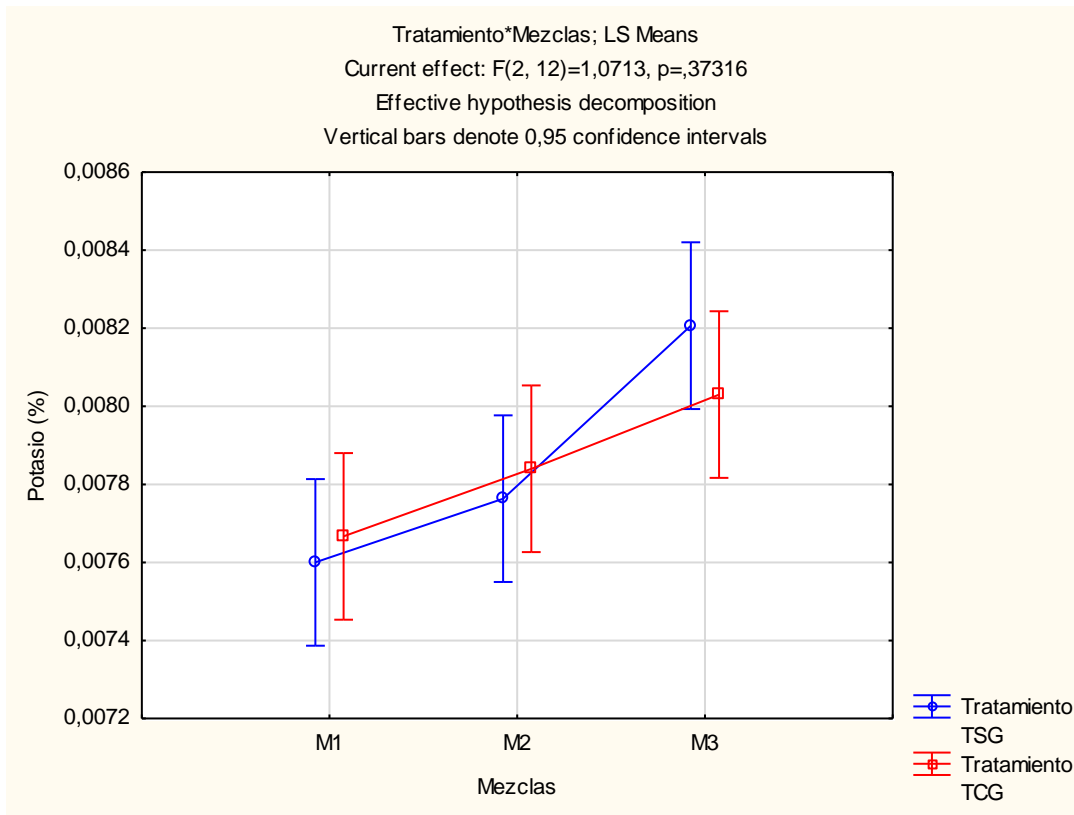


Figura 35. Grafica para el Potasio del producto final.

La tabla 34, indica que para el potasio el nivel de significancia en las mezclas es menor al 0,05% mostrando una diferencia significativa. Sin embargo, para los tratamientos y mezclas el nivel de significancia es mayor al 0,05% esto se pudo haber dado a muchas variantes presentes en cada tratamiento.

La M3 mostro mayor porcentaje de potasio en el tratamiento del sistema abierto con un promedio de (0,0084%) en el producto final. H. Castillo, Hernandez, Dominquez, & Ojeda, (2010), da a conocer que el alto contenido de potasio se da por la intervención de las lombrices, degradando los sustratos teniendo como efecto la reducción de los residuos sólidos orgánicos. Sin embargo, la M1 y M2, presenta menor cantidad de potasio en ambos tratamientos, debido a la lixiviación.

Valderrama,(1999), menciona que el aumento del K está relacionado al contenido de estiércol aplicado. Por otra parte, el potasio permite la concentración de azúcares y color (Pantoja, 2014).

El guano de cabra, una vez compostado, es considerado un excelente abono orgánico que además de los principios fertilizantes nitrógeno, fósforo y potasio aporta gran cantidad de microorganismos. Este abono logrado a través de guano permite modificar y mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Arancibia, 2008).

3.3.3. Eficiencia del tratamiento del sistema Cerrado

Tabla 36. Eficiencia del Tratamiento del Sistema Cerrado

Mesclas	N° de Cama	Pesado de los Residuos Sólidos Orgánicos			
		Cantidad de R.O entrantes		Producto final (humus)	
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
	1	120	Kg	48	Kg
48 kg RO,48 kg GC , 24kg Gch	1	120	Kg	78	Kg
	1	120	Kg	76	Kg
	2	100	Kg	50	Kg
50 kg RO, 25kgGC , 25kgGCh	2	100	Kg	47	Kg
	2	100	Kg	58	Kg
	3	90	Kg	60	Kg
48 kg RO,24 kg GC , 48kg Gch	3	90	Kg	80	Kg
	3	90	Kg	84	Kg
	Total	9	930	Kg	581

3.3.4. Eficiencia del tratamiento del sistema Abierto

Tabla 37. Eficiencia del tratamiento del sistema abierto

Mesclas	N° de Camas	Pesado de los Residuos Sólidos Orgánicos			
		Cantidad de R.O entrantes		Producto final (humus)	
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
	1	120	Kg	62	Kg
48 kg RO,48 kg GC , 24kg Gch	1	120	Kg	79	Kg
	1	120	Kg	72	Kg
	2	100	Kg	68	Kg
50 kg RO, 25kgGC , 25kgGCh	2	100	Kg	79	Kg
	2	100	Kg	70	Kg
	3	90	Kg	78	Kg
48 kg RO,24 kg GC , 48kg Gch	3	90	Kg	75	Kg
	3	90	Kg	80	Kg
	9	930	Kg	663	Kg
Total					

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se evaluó la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos de aguaymanto y mango de la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca - 2019 aplicando los sistemas cerrado y abierto en donde el sistema abierto demostró ser más eficiente con un 67% debido a que hubo una muy buena humificación y mineralización de la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos.
- Se determinó la reducción de tiempo con la aplicación de la lombriz *Eisenia Foetida* en la producción de vermicompost en las camas con y sin geomembrana mediante la medición de los parámetros de pH, temperatura y humedad siendo un total de 56 días de tratamiento la Empresa AgroAndino en la Provincia de San Pablo-Cajamarca – 2019.
- Se evaluó los parámetros de pH, Temperatura y humedad durante el proceso de vermicompost de los residuos sólidos orgánicos de la Empresa AgroAndino en la Provincia de San Pablo-Cajamarca – 2019, en donde los resultados muestran que mediante la prueba de ANOVA, se pudo comprobar la mejor mezcla aplicada a ambos tratamientos. La mezcla 3 presento un nivel óptimo en el producto final en temperatura con 19.5°C y humedad con 50.66% generado por la lombriz *Eisenia Foetida* con los sustratos de 40% RO, 20% Gc y 40% de Gch del sistema cerrado, pero en la M2 llego a estabilizarse con un pH de 7.75 del sistema abierto alcanzando un nivel óptimo en los sustratos de 50% RO, 25% Gc y 25 Gch.

- Se evaluó la eficiencia de las camas con y sin geomembrana para los parámetros óptimos a nivel de NPK, en donde la M3 presento un mayor porcentaje para el tratamiento sin geomembrana (sistema abierto) con los valores de: N con un 0,097%, Nitrito/Nitrogenado con un 0.0208%, P con un 0,0164% y K con un 0,0084%.

5.2. Recomendaciones

- En el caso que se quiera reducir el tiempo de producción del vermicompost, se debe aplicar una cantidad mayor de lombrices de aproximadamente 3 kg por metro cuadrado.

- La calidad del producto final ayudara a mejorar los cultivos de aguaymanto de la empresa AgroAndino, debido a que estos se dedican a producir productos 100% orgánicos.

- Clasificar los residuos sólidos orgánicos aplicar que están direccionados a la aplicación del vermicompost, para no obtener resultados alternos que puedan afectar la calidad y el tiempo de producción.

- Descomponer los residuos sólidos orgánicos un mes antes de la aplicación de la lombriz *Eisenia Foetida* (Roja Californiana).

- El vermicompost obtenido en los diferentes tratamientos ayudara a mejorar el impacto social y ambiental e imagen de la empresa, imitando el procedimiento para obtener el producto final rico en nutrientes.

- Tener en cuenta el contenido de humedad ya que esta variable puede ser critica si es que no se controla a tiempo.

- Para el caso que se desee utilizar geomembra para la construcción de las camas, se recomienda que se realice de dos a tres veces por semana el volteo de los residuos a

descomponer, debido a que esta presenta mayor humedad durante la primera etapa de descomposición.

- Antes de realizar las mezclas, se debería hacer un análisis de los guanos a aplicar, de tal forma que se conozca las concentraciones de NPK que pueda contener cada una de ellas y así poder determinar cuál podría dar un mejor aporte.

- En cuanto a la aplicación de las mezclas se recomienda utilizar el guano de los rumiantes debido a que estos presentan mayor porcentaje de micronutrientes tales como NPK.

REFERENCIAS

- Aguilar, P. (1997). Biblioteca Virtual en Salud - Instituto Nacional de Salud | BVS-INS. Recuperado el 13 de Agosto de 2019, de https://bvs.ins.gob.pe/bvs_wp/
- Aira, M., & Domínguez, J. (2011). Earthworm Effects without Earthworms: Inoculation of Raw Organic Matter with Worm-Worked Substrates Alters Microbial Community Functioning. *PLoS ONE*, 6(1). Recuperado de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016354>
- Aira, M., Monroy, F., & Domínguez, J. (2005). *Eisenia fetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) Activates Fungal Growth, Triggering Cellulose Decomposition During Vermicomposting. *Microbial Ecology*. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s00248-006-9109-x>
- Aira, M., Monroy, F., Domínguez, J., & Mato, S. (2002). How earthworm density affects microbial biomass and activity in pig manure. *Soil Biology*, 38.
- Aira, M., Pérez Losada, M., & Domínguez, J. (2017). Diversity, structure and sources of bacterial communities in earthworm cocoons. *Scientific Reports*, (8). Recuperado de <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25081-9>
- Alavi, N., Daneshpajou, M., Shirmardi, M., Goudarzi, G., Neisi, A., & Babaei, A. A. (2017). Investigating the efficiency of co-composting and vermicomposting of vinasse with the mixture of cow manure wastes, bagasse, and natural zeolite. *Waste Management*, 117–126. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.039>
- Ansari, A., & Ismail, S. (2012). Role of Earthworms in Vermitechnology. *Journal of Agricultural Technology*, 8(2). Recuperado de http://www.ijat-aatsea.com/pdf/v8_n2_12_March/1_IJAT_2012_8_2__A.A.pdf
- Arancibia, M. (2008). *Variación Estacional de algunos componentes de interés agronómico en el estiércol de cabra* (Universidad Juan Agustín Maza). Recuperado de http://repositorio.umaza.edu.ar/bitstream/handle/00261/756/1Tesis_VETERINARIA_Arancibia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Atiyeh, R., Dominguez, J., Subler, S., & Edwards, C. (2000). Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworm (*Eisenia Foetida*) and effects on seedling growth. *Pedobiologia*. Recuperado de <http://jdguez.webs.uvigo.es/wp-content/uploads/2011/10/Changes-in-biochemical-properties-of-cow-manure-during-processing-by-earthworms.pdf>
- Ayneband, A., Gorooei, A., & Moezzi, A. A. (2017). Vermicompost: An Eco-Friendly Technology for Crop Residue Management in Organic Agriculture. *Energy Procedia*, 141, 667–671. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2017.11.090>
- Baffi, C., Dell'Abate, M., Nassisi, A., Silva, S., Benedetti, A., Genevini, P., & Adani, F. (2007). Determination of biological stability in compost: A comparison of methodologies. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(6), 1284–1293. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.12.004>
- Bagheri, H., & Afrasiab, P. (n.d.). The effects of super-absorbent, vermicompost and different levels of irrigation water salinity on soil saturated hydraulic conductivity and Porosity and Bulk density. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4(8), 2381–2388. Recuperado de www.irjabs.com
- Bajpai, P. (2015). *Management of pulp and paper mill waste*. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/978-3-319-11788-1>
- Banerjee, A., Datta, J. K., Mondal, N. K., & Chanda, T. (2011). Influence of Integrated Nutrient Management on Soil Properties of Old Alluvial Soil under Mustard Cropping System. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(20), 2473–2492. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/00103624.2011.609256>
- Barbado, J. L. (2003). *Cria de lombrices*. (Primera Edición). Recuperado de http://bibliotecas.esPOCH.edu.ec/cgi-bin/koha/opacdetail.pl?biblionumber=25581&shelfbrowse_itemnumber=39960

- Barreros, E. (2017). *Efecto de la relacion de Carbono/Nitrogeno en ell tiempo de descomposicion del abono de cuy (cavia porcellus), enriquecido* (Universidad Tecnica de Ambato). Recuperado de [http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25395/1/Tesis-157 Ingeniería Agronómica -CD 479.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25395/1/Tesis-157%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20479.pdf)
- Borrero, C. (2001). *Abonos Organicos*. Recuperado de http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos_guaviare.htm
- Borrero, C. (2003). *Abono Verde*. Recuperado de <http://www.fundesyam.info/biblioteca.php?id=671>
- Bhat, S. A., Singh, S., Singh, J., Kumar, S., Bhawana, & Vig, A. P. (2018). Bioremediation and detoxification of industrial wastes by earthworms: Vermicompost as powerful crop nutrient in sustainable agriculture. *Bioresource Technology*, 252. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.01.003>
- Bhattacharyya, P., Chakrabarti, K., Chakraborty, A., Nayak, D. ., Tripathy, S., & Powell, M. . (2007). Municipal waste compost as an alternative to cattle manure for supplying potassium to lowland rice. *Chemosphere*, 66(9), 1789–1793. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2006.07.062>
- Boelens, J., De Wilde, B., & De Baere, L. (1996). Comparative Study on Biowaste Definition: Effects on Biowaste Collection, Composting Process and Compost Quality. *Compost Science & Utilization*, 4(1), 60–72. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/1065657X.1996.10701819>
- Bollo, T. (1999). *Lombricultura: una alternativa de reciclaje*. Recuperado de <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=Ink&exprSearch=43143&indexSearch=ID>

- Brebbia, C. A., & Itoh, H. (Hideaki). (2016). *Waste management and the environment VIII*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=L-ahDAAQBAJ&pg=PA413&lpg=PA413&dq=Vicente,+P.;+Reis,+E.,+2007.+Segmentin+g+households+according+to+recycling+attitudes+in+a+Portuguese+urban+area.+Resources,+Conservation+and+Recycling,+v.+52,+n.+1,+p.+1-12.&s>
- Cajas, S. (2009). *Efecto de la utilizacion de aserrin en combinacion con estiércol bobino como sustrato en la produccion de humus de lombriz Eisenia Foetida(Lombriz roja Californiana)*. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2397/1/17T1013.pdf>
- Castillo, A., Benito, S., & Iglesias, M. (2005). Influence of earthworms on organic waste composting and characterisation of vermicompost end products. *Of Agricultural Research*. Recuperado de [http://www.inia.es/GCONTREC/PUB/145-150-\(12603\)-Influence_1161760780890.pdf](http://www.inia.es/GCONTREC/PUB/145-150-(12603)-Influence_1161760780890.pdf)
- Castillo, A., Quarín, S., & Iglesias, M. (2000). Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica*, 60(1), 74–79. Recuperado de <https://doi.org/10.4067/S0365-28072000000100008>
- Cesaro A., & Belgiorno, V. (2017). Organic solid waste biological treatment facilities: comparative analysis of process schemes. *CEST*. Recuperado de https://cest.gnest.org/sites/default/files/presentation_file_list/cest2017_00656_oral_paper.pdf
- Chandna, P., Nain, L., Singh, S., Chander, R., Singh, S., & Kuhad, R. C. (2013). Assessment of bacterial diversity during composting of agricultural byproducts. *BMC Microbiology*. Recuperado de <http://www.biomedcentral.com/1471-2180/13/99>

- Chatterjee, R., Gajjela, S., & Thirumdasu, R. K. (2017). Recycling of Organic Wastes for Sustainable Soil Health and Crop Growth. *International Journal of Waste Resources*, 07(03), 1–8. Recuperado de <https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000296>
- Clive, E., & Arancon, N. (2004). the Use of Earthworms in Organic Waste Managements. Recuperado el 23 de Mayo de 2018, del sitio web de ciencia de la vermicultura: <https://urbanwormcompany.com/wp-content/uploads/2014/09/The-Science-Of-Vermiculture-Edwards-Arancon.pdf>
- Compostores. (2016). El compost, temperatura y humedad. Recuperado el 14 de Agosto de 2019, de <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/compostar-hacer-compost/147-el-compost-temperatura-y-humedad.html>
- Degefe, G., & Tamire, G. (2017). Growth and reproductive performance of *Eisenia foetida* in three varieties of flower (rose, carnation and hypericum) leftovers. *Entomology and Nematology*, 9(4), 29–35. Recuperado de <https://doi.org/10.5897/JEN2017.0181>
- Díaz, D., Cova, L. J., Castro, ; Alexander, García, D. E., & Perea, F. (2008). *Dinamica del crecimiento y produccion de la Lombriz Roja Californina en cuatro sustratos a base de estiércol bovino*. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/29378/articulo3.pdf;jsessionid=77E58A7D09BA5887688091E7F831AD31?sequence=1>
- Doan, T. T., Rumpel, C., Janeau, J.-L., Jouquet, P., & Henry-Des-Tureaux, T. (2017). Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: A three year mesocosm experiment. *Science of the Total Environment*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.005>
- Domínguez, J. (2004). State-of-the-Art and New Perspectives on Vermicomposting Research. In *Earthworm Ecology* (pp. 401–424). Recuperado de <https://doi.org/10.1201/9781420039719.ch20>

- Dominguez, J. (2004). 20 *State-of-the-Art and New Perspectives on Vermicomposting Research*. Recuperado de <http://jdguez.webs.uvigo.es/wp-content/uploads/2011/10/ewecologychapter.pdf>
- Dominguez, Jorge, & Edwards, C. A. (2004). 7. Vermicomposting organic wastes: A review. *2Soil Ecology Laboratory*,. Recuperado de <http://jdguez.webs.uvigo.es/wp-content/uploads/2011/10/cairo1.pdf>
- Duran, L., & Henríquez, C. (2007). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 31(1), 41–51. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43631105>
- Duran, L., Henríquez, C. (2006). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1): 41-51
- Durán, L., & Henríquez, C. (2010). El vermicompost: Su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1).
- Edwards, C., Arancon, N., & Sherman, R. (2010). *Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management*. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=_JJ5Cw5BBxEC&pg=PA37&lpg=PA37&dq=Dominguez+and+Edwards+\(1997\)+have+reported+that,+at+higher+population+densities+earthworm+grow+slowly+and+with+a+lower+biomass,+even+when+the+pHysical+conditions+were+identical+and+ideal](https://books.google.com.pe/books?id=_JJ5Cw5BBxEC&pg=PA37&lpg=PA37&dq=Dominguez+and+Edwards+(1997)+have+reported+that,+at+higher+population+densities+earthworm+grow+slowly+and+with+a+lower+biomass,+even+when+the+pHysical+conditions+were+identical+and+ideal)

- Edwards, C., & Bohlen, P. (1996). *Biology and ecology of earthworms*. Recuperado de https://books.google.com.pe/books/about/Biology_and_Ecology_of_Earthworms.html?id=ad4rDwD_GhsC&redir_esc=y
- Edwards, C., & Lofty, J. (1972). Biology og Earthworms. In *Biology of Earthworms*. Recuperado de https://doi.org/10.1007/978-1-4899-6912-5_1
- Egamberdieva, D., Shrivastava, S., & Varma, A. (Ajit). (2015). *Plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and medicinal plants*. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=ES-TBgAAQBAJ&pg=PA138&lpg=PA138&dq=rhizobacteria+\(Sahni+et+al.,+2008\),&source=bl&ots=7LmIOLF6B4&sig=Ey_IRocD4RrzLdaSUCZKPz6kGzk&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj3mK6v2pTbAhVGEZAKHR8_BRIQ6AEIODAC#v=onepage&q=rhizobacteria\)](https://books.google.com.pe/books?id=ES-TBgAAQBAJ&pg=PA138&lpg=PA138&dq=rhizobacteria+(Sahni+et+al.,+2008),&source=bl&ots=7LmIOLF6B4&sig=Ey_IRocD4RrzLdaSUCZKPz6kGzk&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj3mK6v2pTbAhVGEZAKHR8_BRIQ6AEIODAC#v=onepage&q=rhizobacteria)).
- Elvira, C., Sampedro, L., Benítez, E., & Nogales, R. (1998a). Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with *Eisenia andrei*: A pilot-scale study. *Bioresource Technology*, 63(3), 205–211. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(97\)00145-4](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(97)00145-4)
- Elvira, C., Sampedro, L., Benítez, E., & Nogales, R. (1998b). Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with *Eisenia andrei*: A pilot-scale study. *Bioresource Technology*, 63(3), 205–211. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(97\)00145-4](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(97)00145-4)
- Evans, J., Fernandez, A., Gavilan, A., Ize, I., Martinez, M., Ramirez, P., & Zuk, M. (2003). *Introducción al análisis de riesgos ambientales*. Recuperado de [http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/Manuales_Guias_LibrosDW/PNUDDocumentos/Introducción al análisis de riesgos ambientales.pdf](http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/Manuales_Guias_LibrosDW/PNUDDocumentos/Introducción%20al%20análisis%20de%20riesgos%20ambientales.pdf)

- Fajardo, V. (2002). *Manual Agropecuario* (1st ed.). Recuperado de <https://listado.mercadolibre.com.co/libro-manual-agropecuaria#!messageGeolocation>
- Fernandez, J. (2011). *Apliacion de la tecnologia del vermicompostaje para la valorizacion agrocomica de residuos y destrios de cultivos de invernadero* (Granada). Recuperado de <http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/21010/20373934.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ferruzzi C. (1988). *Manual de lombricultura*. (Ed. Mundiprensa). Recuperado de <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788471141613/manual-de-lombricultura->
- Figuroa, J., & Mendoza, M. (2013). Vermicompost como sustrato en la producción de menta (*Menta piperita* L.). *Revista Mexicana de ...*, 4(2), 889–899. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.pHp?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000900003
- Gallardo Hernandez, H. (2017). *Estudios en la zona crítica en campos agrícolas regados con aguas depuradas: experiencias de laboratorio y de campo en el Parc Agrari del Baix Llobregat* (Universidad de Barcelona). Recuperado de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=129&sid=54cf1295-c1a4-4075-9b4e-4ddc7f7be128%40sessionmgr4007&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGI2ZSZzY29wZT1zaXRI#AN=tdx.10803.457694&db=edstdx>.
- Garg, P., Gupta, A., & Satya, S. (2006). Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Technology*, 97(3), 391–395. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.03.009>.
- Gerard, K. (1996). *Ingenieria Ambiental*. Recuperado de <https://www.iberlibro.com/9788448120399/Ingenieria-ambiental-Gerard-Kiely-8448120396/plp>.

- Ghosh, S., Goswami, A., Ghosh, G., & Pramanik, P. (2018). Quantifying the relative role of pHyTase and pHospHatase enzymes in pHospHorus mineralization during vermicomposting of fibrous tea factory waste. *Ecological Engineering*, 116, 97–103. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.03.001>.
- Gil, A., Siles, J. A., Márquez, P., Gutiérrez, M. C., & Martín, M. A. (2017). Optimizing the selection of organic waste for biomethanization. *Environmental Technology*, 1–12. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1397769>.
- Gomez, C. (2007). El Agrónomo: Agricultura Orgánica Posible: II. Elaboración de Abono Orgánico Tipo Compost. *El Agronomo*. Recuperado de <http://agronomord.blogspot.com/2007/12/agricultura-orgnica-posible-ii.html>.
- Gordillo, F., Guzmán, M., Casilla, I., & Rubira, A. (2017). Efectos de residuos de producción de azúcar en la altura del compost. *Revista Científica Ecociencia*, 4(3).
- Gunadi, B., & Edwards, C. A. (2003). The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae). *Pedobiología*, 47(4). Recuperado de <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00196>.
- Hernandez, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (6th ed.). Recuperado de www.elosopanda.com%7Cjamespoetrodriguez.com.
- Hertel-Aas, T., Oughton, D., Jaworska, A., Bjerke, H., & Salbu, B. (2007). Effects of Chronic Gamma Irradiation on Reproduction in the Earthworm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *Brunborg Source: Radiation Research*, 168(5), 515–526. Recuperado de <https://doi.org/10.1667/RR1012.1>.
- Hoorwed, D., & Bhada, T. (2012). What a Waste a Global Review of Solid Waste Management. In *Urban Developm & Local Governement Unit*. Washinton, DC.
- Huahuacandori, V. /, & Ramiro, F. (2014). *Propiedad Intelectual de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa* (Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa).

Recuperado

de

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2930/MTvihufr014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Huang, K., Li, F., Wei, Y., Chen, X., & Fu, X. (2013). Changes of bacterial and fungal community compositions during vermicomposting of vegetable wastes by *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.10.006>.

Huang, K., Xia, H., Wu, Y., Chen, J., Cui, G., Li, F., ... Wu, N. (2018). Effects of earthworms on the fate of tetracycline and fluoroquinolone resistance genes of sewage sludge during vermicomposting. *Bioresource Technology*, 259, 32–39. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.03.021>.

Indrajeo, & Singh. (2010). Preparation of Recipe for Quality Production Of. *Jraas Journal Of Recent Advances In Applied Sciences (JRAAS)*, 12(25), 12–14. Recuperado de <http://advancejournals.org/journal-of-recent-advances-in-applied-sciences/wp-content/uploads/sites/30/2016/06/25412-14.pdf>

Jadia, C. D., & Fulekar, M. H. (2008). Vermicomposting of vegetable waste: A bio-physicochemical process based on hydro-operating bioreactor. *African Journal of Biotechnology*, (20). Recuperado de <https://doi.org/10.5897/AJB08.617>

Jaime, F. H., Rosario, S. T., Gustavo, R. M., Rosa, M. R., & Victor, O. P. (2008). Importance Of Organic Manures. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable* , 4(1), 57–67.

Kalamdhad, A., Muntjeer, A., Meena, K., & Kazmi, A. (2009). Organic Matter Transformation during Rotary Drum Composting. *Dynamic Soli, Dynamic Plant*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/230634407_Organic_Matter_Transformation_during_Rotary_Drum_Composting

- Kang, A. J., & Yuan, Q. (2017). Enhanced Anaerobic Digestion of Organic Waste. *Solid Waste Management in Rural Areas*, 7. Recuperado de <https://doi.org/10.5772/intechopen.70148>
- Kaushik, P., & Garg, V. K. (2004). Dynamics of biological and chemical parameters during vermicomposting of solid textile mill sludge mixed with cow dung and agricultural residues. *Bioresource Technology*, 94(2). Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.033>
- Khatua, C., Sengupta, S., Krishna Balla, V., Kundu, B., Chakraborti, A., & Tripathi, S. (2018). Dynamics of organic matter decomposition during vermicomposting of banana stem waste using *Eisenia fetida*. *Waste Management*, 79, 287–295. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.043>
- Komilis, D. P., & Ham, R. K. (2006). Carbon dioxide and ammonia emissions during composting of mixed paper, yard waste and food waste. *Waste Management*, 26(1). Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.12.020>
- Kouba, A., Lunda, R., Hlaváč, D., Kuklina, I., Hamáčková, J., Randák, T., ... Buřič, M. (2018). Vermicomposting of sludge from recirculating aquaculture system using *Eisenia andrei* : Technological feasibility and quality assessment of end-products. *Journal of Cleaner Production*, 177, 665–673. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.216>
- Kukier, U., & Chaney, R. L. (2000). Remediating Ni-pHytotoxicity of contaminated Quarry muck soil using limestone and hydrous iron oxide. *Canadian Journal of Soil Science*, 80(4), 581–593. Recuperado de <https://doi.org/10.4141/S00-004>
- Kumar Chauhan, H., & Singh, K. (2014). Estimation Of Physico-Chemical Properties Of Vermiwash Of Different Combinations Of Msw With Animal Dung Through Vermicomposting By Earthworm *Eisenia Fetida*. *Global Of Biology, Agriculture & Health Sciences*, 3(4), 98–105. Recuperado de <http://gifre.org/library/upload/volume/98-105-ESTIMATION-vol-3-4-gjbahs.pdf>

- Kumar, V. V., Shanmugaprakash, M., Aravind, J., & Namasivayam, S. K. R. (2012). Pilot-scale study of efficient vermicomposting of agro-industrial wastes. *Environmental Technology*, 33(9), 975–981. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09593330.2011.604856>
- Lee, K. (1985). *Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use*. Recuperado de <https://lib.ugent.be/en/catalog/rug01:000083441>
- Lee, Y. S., Choi, S. Y., Lee, J. O., Kang, J. H., & Kim, K. Y. (2016). Comparative Assessment of Enzyme Activities and Characteristics During Composting of Two Types of Composts. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 00103624.2016.1194992. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1194992>
- Lim, S. L., Lee, L. H., & Wu, T. Y. (2015). Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, 111, 262–278. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.083>
- Ludibeth, S., Marina, I., & Vicenta, E. (2012). Vermicomposting of Sewage Sludge: Earthworm Population and Agronomic Advantages. *Compost Science & Utilization*, 20(1), 11–17. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/1065657X.2012.10737016>
- Macgregor, S. T., Miller, F. C., Psarianos, K. M., & Finstein, M. S. (1981). Composting process control based on interaction between microbial heat output and temperature. *Applied and Environmental Microbiology*, 41(6), 1321–1330. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16345786>
- Marquez, P., Diaz, M., & Cabrera, F. (2003). *Factores que afectan al proceso de Compostaje*. Recuperado de [http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores que afectan al proceso de compostaje.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf)
- Mateo Sanz, B. (2017). *Comportamiento de las geomembranas sintéticas poliméricas utilizadas en la impermeabilización del embalse de Buen Paso*. Madrid.

- Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía para el Muestreo de Suelos*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/Guia-Para-EI-Muestreo-De-Suelo.Pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos*.
- Mitchell, A. (1997). Production of *Eisenia fetida* and vermicompost from feed-lot cattle manure. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(3–4). Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00022-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00022-3)
- Molina, A. (2012). Produccion de abono organico con estiercol de cuy. Obtenido de Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de Bachiller Agropecuario: <https://prezi.com/fag-scdj7tds/produccion-de-abono-organico-con-estiercol-de-cuy/>
- Mondal, T., Datta, J. K., & Mondal, N. K. (2017). Chemical fertilizer in conjunction with biofertilizer and vermicompost induced changes in morpho-physiological and biochemical traits of mustard crop. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(2), 135–144. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.05.001>
- Motamedi, A., Jafarpour, M., Askari, A., & Pessarakli, M. (2016). Assessing the Potential of Pomegranate Meal and Potato Waste as New Organic Amendments for Vermicompost. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 00103624.2016.1206924. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1206924>
- Nahas, T. M. (2017). A Comparison of Saudi Building Code with 1997 UBC for Provisions of Modal Response Spectrum Analysis Using a Real Building. *Open Journal of Earthquake Research*, 06(02), 98–116. Recuperado de <https://doi.org/10.4236/ojer.2017.62006>
- Navarro, P., Gómez, L., Herrero, M., & Beneyto, M. (1995). *Residuos orgánicos y agricultura* (Español). España.
- Ndegwa, P. M., Thompson, S. A., & Das, K. C. (1999). Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Bioresource Technology*, 12. Recuperado de

- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.629.6996&rep=rep1&type=pdf>
- Nigussie, A., Kuyper, T. W., Bruun, S., & de Neergaard, A. (2016). Vermicomposting as a technology for reducing nitrogen losses and greenhouse gas emissions from small-scale composting. *Journal of Cleaner Production*, 139, 429–439. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.058>
- Njuguna, A., Mbohwa, C., Ntuli, F., Belaid, M., Seodigeng, T., Catherine, J., & Kinuthia Cecilia. (2018). Waste to energy bio-digester selection and design model for the organic fraction of municipal solid waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1113–1121. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.051>
- Nogales, R., Romero, E., & Benitez, E. (2002). Reciclaje de residuos orgánicos. *Ciencia y Medio*. Recuperado de <http://digital.csic.es/handle/10261/128352>
- Nogales, R., Romero, E., & Fernández Gómez, M. J. (2014). III.5 Vermicompostaje: procesos, productos y aplicaciones. In *De residuos a recurso: el camino hacia la sostenibilidad*. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=Ahpnbqaaqbaj&Printsec=Frontcover&Dq=Vermicompostaje&HI=Es-419&Sa=X&Ved=0ahukewij25_F8z7bahucf5akhtfrar8q6aeiktaa#V=Onepage&Q=Vermicompostaje&F=False
- Oliveira, L., Oliveira, S., Bezerra, B., Silva, B., & Battistelle, R. (2017). Environmental analysis of organic waste treatment focusing on composting scenarios. *Cleaner Production*, 155, 229–237. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.093>
- Omez-bran, M. O., Inguez, J. DO, Gómez-Brandón, M., & Domínguez, J. (2014). Recycling of Solid Organic Wastes Through Vermicomposting: Microbial Community Changes Throughout the Process and Use of Vermicompost as a Soil Amendment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44, 1289–1312. Recuperado de

<https://doi.org/10.1080/10643389.2013.763588>

- Paco, G., Murguía, L., Mamani, F., & Humberto, S. (2011). Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la estación experimental de la unidad académica campesina Carmen Pampa. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 2(2), 24–39. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361333624004>
- Panjgotra, S., Sangha, G., Sharma, S., & Kondal, J. K. (2016). *Effect of wheat straw and FYM on growth and reproduction of Eisenia fetida during vermicomposting*. 9411.
- Pantoja, R. (2014). *Evaluación de diferentes dosis de abonos orgánicos de origen animal en el comportamiento agronómico, del cultivo de brócoli en la zona de Huaca, Provincia del Carchi* (Universidad Técnica de Babahoyo). Recuperado de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/691/1/T-UTB-FACIAG-AGR-000122.pdf>
- Pathma, J., & Sakthivel, N. (2012). Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *SpringerPlus*, 1(1), 26. Recuperado de <https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-26>
- Pellejero, G., Miglierina, A., Aschkar, G., & Jiménez-Ballesta, R. (2015). Composting Onion (*Allium cepa*) Wastes with Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and Cattle Manure Assessment. *Agricultural Sciences*, 6, 445–455. Recuperado de <https://doi.org/10.4236/as.2015.64044>
- Polprasert, C. (2007). *Organic Waste Recycling Technology and Management*. Recuperado de <https://www.iwapublishing.com/sites/default/files/ebooks/9781780402024.pdf>
- Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú Capacitate Perú (APROLAB)-Convenio. (2007). *Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces*. Recuperado de http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf

- Ramasubramanian, V. (2015). Studies on the nutrients status from two different wastes by using *Eisenia foetida*. *Indian Journal of Science Indian Journal of Science Analysis International Journal for Science*, 15(45), 42–49. Recuperado de http://www.discoveryjournals.org/science/current_issue/2015/A44.pdf
- Ravindran, B., Sravani, R., Mandal, A. B., Contreras, R., & Sekaran, G. (2013). Instrumental evidence for biodegradation of tannery waste during vermicomposting process using *Eudrilus eugeniae*. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 111(3), 1675–1684. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10973-011-2081-9>
- Rodrigues, A. P., Fernandes, M. L., Rodrigues, M. F. F., Bortoluzzi, S. C., Gouvea da Costa, S. E., & Pinheiro de Lima, E. (2018). Developing criteria for performance assessment in municipal solid waste management. *Journal of Cleaner Production*, 748–757. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.067>
- Rodriguez, S., Estrada, M., Ramirez, U., & Quezada, M. (2015). Degradation of sewage sludge from plant wastewater using vermicompost. *International Journal of Modern Biologicak Research*, 4, 1–4. Recuperado de http://www.bluepenjournals.org/ijmbr/pdf/2016/January/Fanny_et_al.pdf
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013a). *Manual de Compostaje del Agricultor*. Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013b). *Manual de Compostaje del Agricultor*. Recuperado de www.fao.org/publications
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013c). *Manual del compostador del agricultor*. Recuperado de www.fao.org/publications
- Salazar, E., Idilio, H., Vazquez, C., Dimas, J., Martinez, L., Fortis, M., ... Amado, J. (2003). Distribution of Available Nitrogen in the Soil Profile After Applying Bovine Manure in Corn Forage. *Terra Latinoamericana*. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/pdf/573/57313040012.pdf>

Sancandi, & Soto. (2017). *Produccion de geomembranas de HDPE* (Universidad Nacional de Cuyo). Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/129520287.pdf>

Sanchez Hernandez, J. C., & Domínguez, J. (2017). Vermicompost derived from spent coffee grounds: assessing the potential for enzymatic bioremediation. *Elsevier Inc. All Rights Reserved.*, 12. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811290-8.00012-8>

Schramm, A., Davidson, S. K., Dodsworth, J. A., Drake, H. L., Stahl, D. A., & Dubilier, N. (2003). Acidovorax-like symbionts in the nephridia of earthworms. *Environmental Microbiology*, 5(9). Recuperado de <https://doi.org/10.1046/j.1462-2920.2003.00474.x>

Sharma, K., & Garg, V. K. (2018a). Comparative analysis of vermicompost quality produced from rice straw and paper waste employing earthworm *Eisenia fetida* (Sav.). *Bioresource Technology*, 250, 708–715. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.11.101>

Sharma, K., & Garg, V. K. (2018b). Comparative analysis of vermicompost quality produced from rice straw and paper waste employing earthworm *Eisenia fetida* (Sav.). *Bioresource Technology*, 250, 708–715. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.11.101>

Silva dos Santos, I. F., Braz Vieira, N. D., de Nóbrega, L. G. B., Barros, R. M., & Tiago Filho, G. L. (2018). Assessment of potential biogas production from multiple organic wastes in Brazil: Impact on energy generation, use, and emissions abatement. *Resources, Conservation and Recycling*, 131, 54–63. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.012>

Silva, J., Lopez, p, & Valencia, P. (2012). *Recuperacion de Nutrientes en Fase Solida a través del compostaje*. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compostaje.pdf>

- Singh, V., & Singh, K. (2016). Herbicides and Earthworm population. *International Journal of Technology*, 6(1), 31. Recuperado de <https://doi.org/10.5958/2231-3915.2016.00007.9>
- Singhania, R. R., Agarwal, R. A., Kumar, R. P., & Sukumaran, R. K. (n.d.). *Waste to wealth*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=LzZCDwAAQBAJ&pg=PA233&lpg=PA233&dq=.+Pigatin,+L.+B.+F.,+Atoloye,+I.+O.,+Obikoya,+O.+A.,+Borsato,+A.+V.,+Rezende,+M.+O.+O.,+2016.+Chemical+study+of+vermicomposted+agroindustrial+wastes.+Int.+J.+Re cycl.+Org.+Waste+Agric.>
- Sivasankari, B. (2016). A Study on life cycle of earthworm *Eisenia Fetida*. *International Research Journal of Natural and Applied Sciences (IRJNAS)*, 3(5). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/304571652_A_Study_On_Life_Cycle_Of_Earthworm_Eisenia_Foetida
- Solarte, T., Chacón, Y., & Cardona, C. A. (2018). Evaluation of biogas and syngas as energy vectors for heat and power generation using lignocellulosic biomass as raw material. *Electronic Journal of Biotechnology*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2018.03.005>
- Soobhany, N. (2018). Preliminary evaluation of pathogenic bacteria loading on organic Municipal Solid Waste compost and vermicompost. *Journal of Environmental Management*, 206, 763–767. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/J.Jenvman.2017.11.029>
- Sosa, Oscar (2005). Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas. *Revista Agromensajes* (16) 30-34. Recuperado el 29 de agosto del 2014. Recuperado de <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/16/7AM16.htm>
- Soumaré, M., Tack, F. M. G., & Verloo, M. G. (2003). Characterisation of Malian and Belgian solid waste composts with respect to fertility and suitability for land application. *Waste*

- Management*, 23. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(03\)00067-9](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(03)00067-9)
- Suler, D., & Finstein, M. S. (1977). Effect of Temperature, Aeration, and Moisture on CO₂ Formation in Bench-Scale, Continuously Thermophilic Composting of Solid Waste. *Applied and Environmental Microbiology*, 33(2), 345–350. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16345194>
- Sztern, D, & Pravia, A. (1999). *Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos*. Recuperado de https://www.academia.edu/13760050/Manual_de_compostaje_municipal._Tratamiento_de_residuos_sólidos_urbanos
- Sztern, Daniel, & Pravia, M. (2001). Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. *Organización Panamericana de La Salud*.
- Thomson, M. L., Troeh, F. R. (2002). Los suelos y su fertilidad. Barcelona, España: Reverté.
- Tozlu, E., Mohammadi, P., Kotan, M. S., Nadaroglu, H., & Kotan, R. (2016). Biological Control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, the Causal Agent of White Mould Disease in Red Cabbage, by Some Bacteria. *Plant Protect. Sci.*, 52(3). Recuperado de <https://doi.org/10.17221/96/2015-PPS>
- Valderrama, J. (1999). *Información Tecnológica*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=Z0fUgdnVHdgC&pg=PA179&lpg=PA179&dq=Disponibilidad+de+nitrógeno,+fósforo+y+potasio+en+suelos+abonados+con+lombricomposto&source=bl&ots=x4hLe4glei&sig=ACfU3U2SDEi6eX8nhwnj5CJQjkbSWI948w&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj>
- Vargas, R., Romero, E., & Fernandez, M. (2014). *De residuo a recurso*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=AhpNBQAAQBAJ&pg=PA27&lpg=PA27&dq=Sistema+de+Vermicompostaje+de+Alimentación+Continua&source=bl&ots=yJn2qrLiLz&sig=ACfU3U3Z1r8pdBE9VSfWVmyuSk7jrtBx5g&hl=es->

419&sa=X&ved=2ahUKEwjfu92rptfgAhVFw1kKHxhIAqcQ6AEwAHoECAoQ

- Vázquez, G. (1999). *Estudio de la fauna edáfica en una selva baja inundable de la Reserva de la biósfera de Sian Ka'an Quintana Roo*. Recuperado de <https://doi.org/10.15468/T2WSLN>
- Venter, J. M., & Reinecke, A. J. (1988). *The life-cycle of the compost worm Eisenia fetida (Oligochaeta)*. 23(3). Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02541858.1988.11448096>
- Villegas Cornelio, V. M., & Canepa Laines, R. J. (2017). Vermicomposting: I progress and strategies in the treatment of organic solid waste. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2).
- Wang, H. B., Han, L. R., Feng, J. T., & Zhang, X. (2016). Evaluation of microbially enhanced composting of *sopHora flavescens* residues. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 51(2), 63–70. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/03601234.2015.1080503>
- White, D. C. (1985). EPA Program for Treatment Alternatives for Hazardous Waste. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 35(4), 369–372. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/00022470.1985.10465919>
- Wu, Y., Zhang, N., Wang, J., & Sun, Z. (2012). An integrated crop-vermiculture system for treating organic waste on fields. *European Journal of Soil Biology*, 51, 8–14. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2012.03.005>
- Yadav, A., & Garg, V. K. (2011a). Industrial wastes and sludges management by vermicomposting. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 10(3), 243–276. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s11157-011-9242-y>

- Yadav, A., & Garg, V. K. (2011b). Recycling of organic wastes by employing *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology*, 102, 2874–2880. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.10.083>
- Yang, F., Li, G., Zang, B., & Zhang, Z. (2017). The Maturity and CH₄, N₂O, NH₃ Emissions from Vermicomposting with Agricultural Waste. *Compost Science & Utilization*, 25(4). Recuperado de <https://doi.org/10.1080/1065657X.2017.1329037>
- Yinan, Q. (2012). Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. *International Journal of Environmental Studies*, 69(1), 173–174. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/00207233.2012.624327>
- Zhang, T., Wang, T., Liu, K. S., Wang, L., Wang, K., & Zhou, Y. (2015). Effects of different amendments for the reclamation of coastal saline soil on soil nutrient dynamics and electrical conductivity responses. *Agricultural Water Management*, 159, 115–122. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.06.002>
- Zhu, N., Deng, C., & Yuanzhu, X. (2004). Performance characteristics of three aeration systems in the swine manure composting. *Bioresource Technology*, 95(3), 319–326. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.02.021>

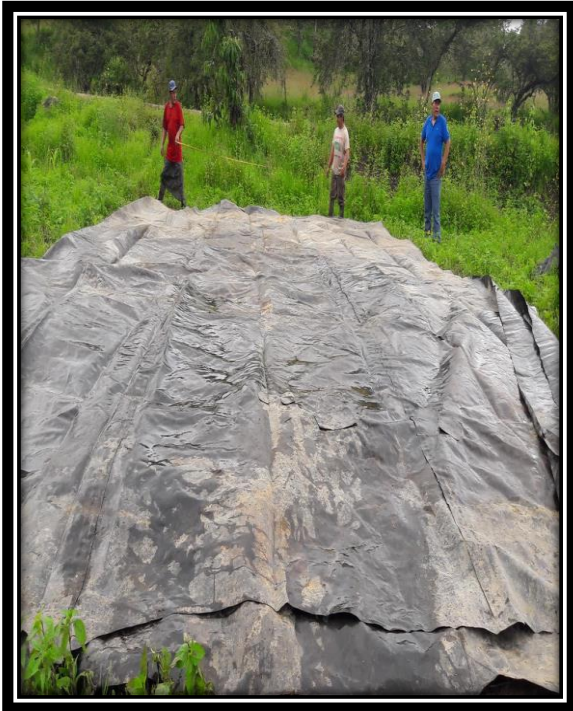
ANEXOS

Anexo 1. Adquisición de los Residuos Sólidos Orgánicos Aguaymanto y Mango

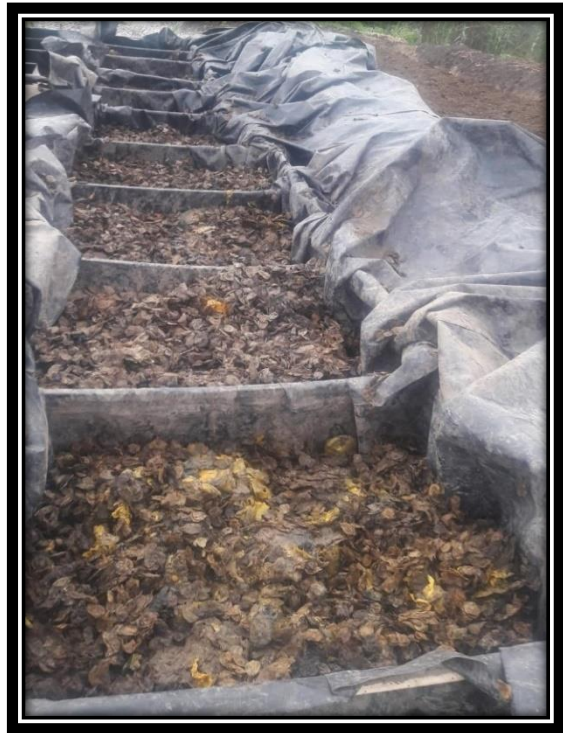
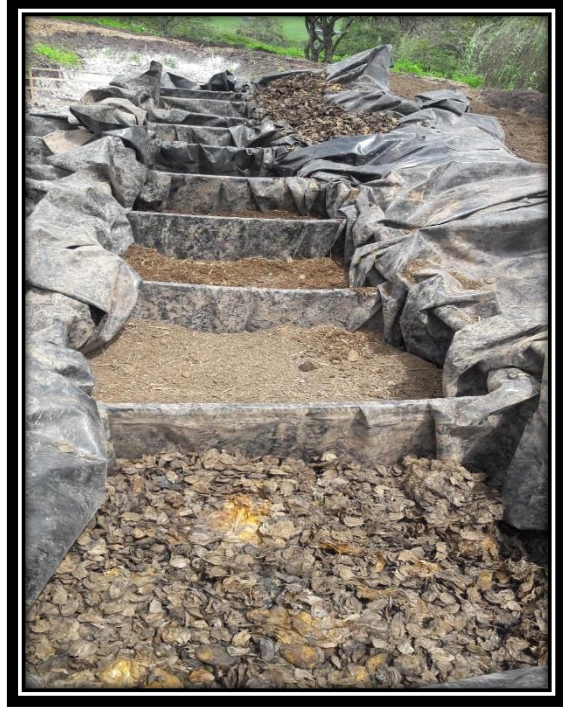


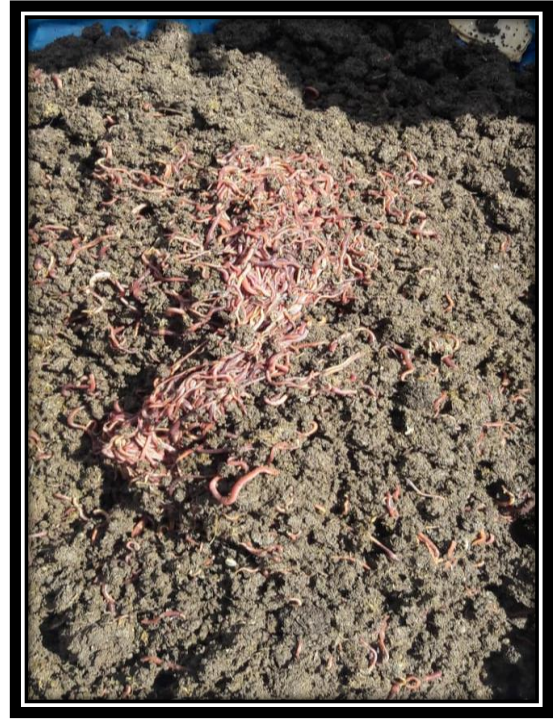
Anexo 2. Armado de los Vermicompostas con Geomembrana y sin Geomembrana





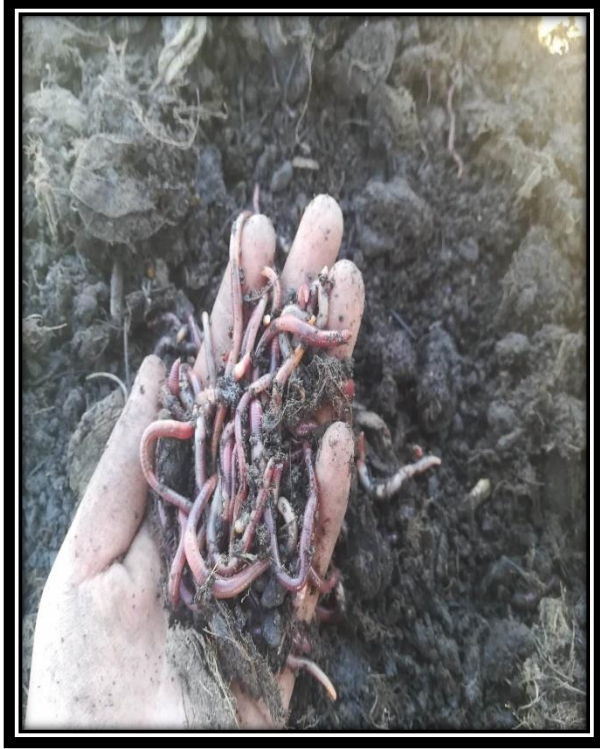
Anexo 3. Aplicación de las Mezclas en el tratamiento de Con Geomembrana y Sin Geomembrana





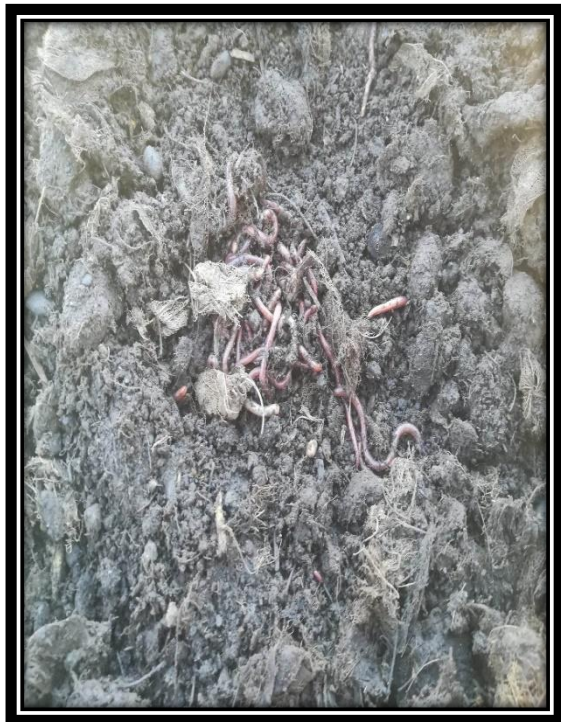
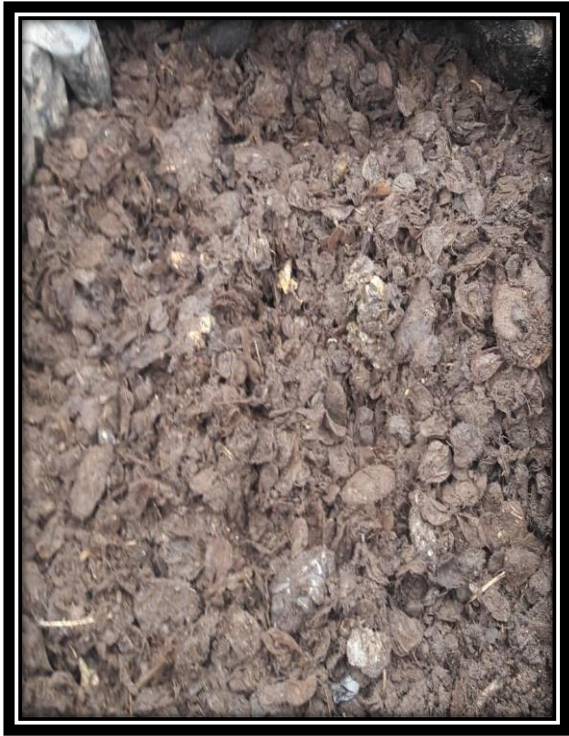
Anexo 4. Biodegradación de los Residuos Sólidos Orgánicos en las diferentes mezclas con Geomembrana



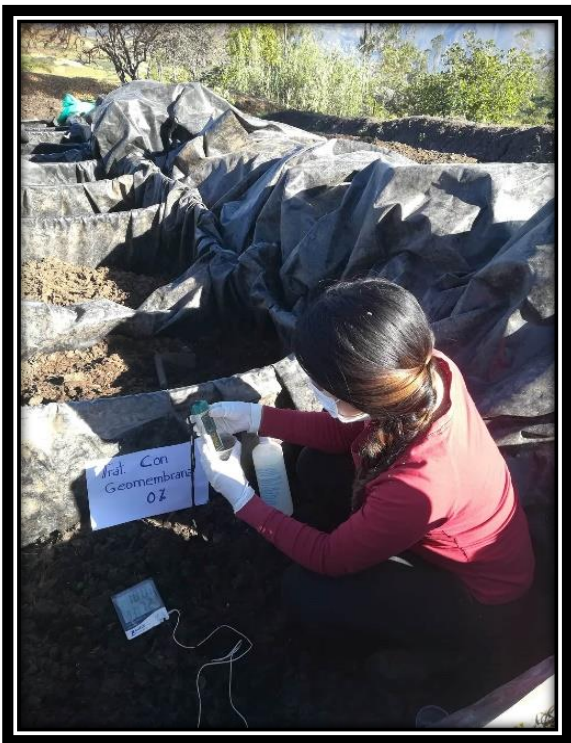
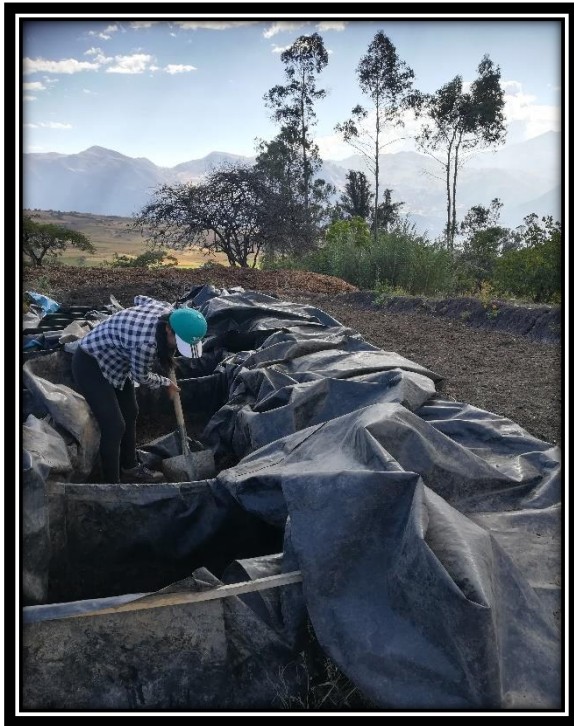


Anexo 5. Biodegradación de los Residuos Sólidos Orgánicos en las diferentes mezclas Sin Geomembrana





Anexo 6. Monitoreo de PH, Temperatura y Humedad del tratamiento Con Geomembrana y Sin Geomembrana



Anexo 7. Obtención del Producto Final de Vermicompost con Geomembrana



Anexo 8. Obtención del Producto Final de Vermicompost sin Geomembrana



Anexo 9. Cernido de Vermicompost





C

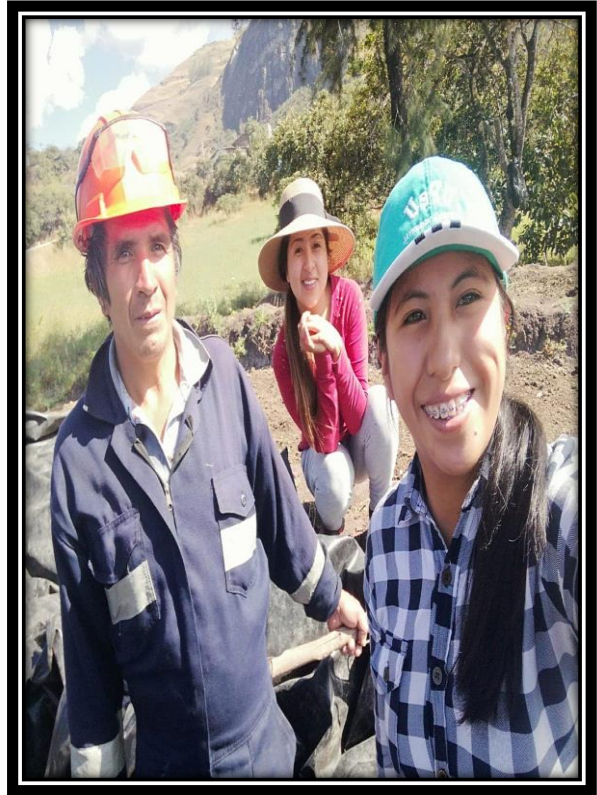












Tabla 38. Biodegradación de los residuos sólidos orgánicos de la empresa AgroAndino aplicando sistemas cerrado y abierto en San Pablo-Cajamarca

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables
	General	General	Variable Independiente:
¿En qué medida los sistemas cerrado y abierto biodegradara los residuos sólidos orgánicos en la Empresa Agroandino, de la Provincia de San Pablo- Departamento Cajamarca-2019?	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos, aplicando sistemas cerrado y abierto en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019. 	La biodegradación de los residuos sólidos orgánicos fueron evaluados en los sistemas cerrado y abierto en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019.	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamientos Con y Sin Geomembrana • Porcentaje de residuos sólidos orgánicos • Mezclas (% Guano de Cuy y Chivo)
Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especifica	Variables Dependientes:
<ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué medida el efecto de las camas con geomembrana y sin geomembrana reduce el tiempo de producción en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019? • En que medida se evaluara los parámetros de pH, Temperatura y Humedad se evaluara durante el proceso obtenido a partir de los sustratos: estiércol de chivo y cuy en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019? • ¿En qué medida es eficiente el efecto de las camas con geomembrana y sin geomembrana a nivel de NPK en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el efecto de las camas con geomembrana y sin geomembrana para la reducción del tiempo de producción del vermicompost en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019. • Evaluar los parámetros de pH, Temperatura y Humedad durante el proceso de vermicompost obtenido a partir de los sustratos: estiércol de chivo y cuy en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019. • Evaluar la eficiencia de las camas con geomembrana y sin geomembrana a nivel de NPK en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019. 	<ul style="list-style-type: none"> • El efecto de las camas con geomembrana y sin geomembrana reducirá el tiempo de producción del vermicompost en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019. • Los parámetros de pH, Temperatura y Humedad se evaluaron durante el proceso de vermicompost utilizando diferentes sustratos: estiércol de chivo y cuy en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019. • La eficiencia de las camas con geomembrana y sin geomembrana se evaluaron a nivel de NPK en la Empresa AgroAndino de la Provincia de San Pablo-Cajamarca-2019. 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura (°C) • Potencial de hidrogeno (pH) • Humedad (%) • Lombriz Eisenia Foetida (2K) • NPK (%)

Anexo 10. Formato de Evaluación Climática

Ubicación:		Formato de evaluación climática																		
		Mes de Mayo									Segundo Mes									
Familia	Clasificación de Nubosidad	Sistema de Tratamiento Cerrado y Abierto																		
		5 (0-100%)	8 (0-100%)	11 (0-100%)	14 (0-100%)	17 (0-100%)	20 (0-100%)	23 (0-100%)	26 (0-100%)	29 (0-100%)	1 (0-100%)	4 (0-100%)	9 (0-100%)	12 (0-100%)	15 (0-100%)	18 (0-100%)	21 (0-100%)	24 (0-100%)	27 (0-100%)	30 (0-100%)
Nubes Altas	Cirros 	70%									70%		80%	75%	80%	90%	80%		85%	
	Cirrocumulos 								95%	85%										
	Cirrostratos 		85%		75%	80%	90%	65%				75%							90%	
Nubes Medias	Altomulos 																			
	Altostratos 																			
	Nimbostratos 																			
Nubes Bajas	Estratocumulos 																			
	Estratos 																			
	Cumulonimbos 			75%																
	Cumulos 																			

Anexo 11. Resultados de Laboratorio de NPK



"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"



A : CABRERA CCANA RAQUEL DINA
DE : LABORATORIO DE SANEAMIENTO AMBIENTAL
ASUNTO : RESULTADOS DE ANALISIS DE NPK DE COMPOST
REFERENCIA : N° BOLETA DE PAGO: B101-00133645
FECHA : 12/08/19

INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO N° 003-2019-LIAM/FIA
 Por medio del presente, se anexan los resultados de los análisis de Compost examinados mediante el equipo Fotómetro, con factores de dilución; para los siguientes parámetros: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), a continuación, se describen los resultados cuantitativos.

TABLA N°1
ANALISIS DE SUELO

Nombre de Muestra	Unidad	Factor de Dilución	PARAMETROS			
			Nitrato	Nitrato/nitrógeno	Fósforo	Potasio
M.S.C.G 10%(1)	mg/L	5	850	192.30	140	77
M.S.C.G 10%(2)	mg/L	5	700	157.65	135	76
M.S.C.G 10%(3)	mg/L	5	880	192.30	140	77
M.S.C.G 13%(1)	mg/L	5	900	200	155.2	81.2
M.S.C.G 13%(2)	mg/L	5	850	192.30	140	77
M.S.C.G 13%(3)	mg/L	5	890	192.30	140	77
M.S.C.G 15%(1)	mg/L	5	915	203.3	156.6	81.8
M.S.C.G 15%(2)	mg/L	5	920	204.4	156.9	82.1
M.S.C.G 15%(3)	mg/L	5	890	192.30	140	77
M.S.S.G 10%(1)	mg/L	5	800	177.7	137	75
M.S.S.G 10%(2)	mg/L	5	825	183.3	138.6	76
M.S.S.G 10%(3)	mg/L	5	850	192.30	140	77
M.S.S.G 13%(1)	mg/L	5	865	196.6	143.2	77.8
M.S.S.G 13%(2)	mg/L	5	860	195.5	143	77
M.S.S.G 13%(3)	mg/L	5	875	198.7	144.2	78.1
M.S.S.G 15%(1)	mg/L	5	900	200	155.2	81.2
M.S.S.G 15%(2)	mg/L	5	950	211.1	160.1	83.5
M.S.S.G 15%(3)	mg/L	5	905	205.7	155.8	81.5

Anexo 12. Certificado de Calibración Thermohigrometro



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CALIBRATION CERTIFICATE INVEM-CCCAN-290319

Fecha de emisión: 29/03/2019
Issue date

1.- SOLICITANTE : YOXMARA YUMIKO VASQUEZ CABANILLAS
Applicant
Dirección : CAJAMARCA - SAN PABLO
Address

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: THERMOHIGROMETRO
Measuring Instrument Termohigrometro
Marca : BOECO Serie : NO INDICA Resolución : 0,1 °C; 1%HR
Brand Serie Scope
Modelo : HTC-2 Procedencia : GERMANY
Model Made in

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN Calibrado el día 29/03/2019 en el Laboratorio de INVEM S.A.C.
Date and place of calibration Calibration on 29/03/2019 in the INVEM S.A.C. laboratory.

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN
Calibration method
Método de comparación directa según "La calibración anemométrica para el recurso eólico" de acuerdo a la norma Británica BS-1042.
Direct comparison method according to "The anemometric calibration for the wind resource" according to the British standard BS-1042.

5.- INSTRUMENTOS / EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD
Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO / EQUIPO Instrument / Equipment	MARCA Brand	MODELO Model	NÚMERO DE SERIE Serial number	CERTIFICADO Certificate
Higro termo-anemómetro	EXTECH	45160	A.076549	LT-623-2018*

(*)Certificado de Calibración LT-623-2018 realizado por el Instituto Nacional de Calidad – INACAL

6.- RESULTADOS
Results
Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento
The results are shown on page 02 of this document

7.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN
Calibrations conditions

	Temperatura Ambiente Environment temperature	Humedad Relativa Relative humidity	Presión Atmosférica Atmospheric pressure
INICIAL Initial	25,2 °C	64,5 %	1000 mbar
FINAL Final	25,2 °C	64,7 %	1000 mbar

8.- OBSERVACIONES
Observations

La periodicidad de la calibración está en función del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
The frequency of calibration depends on the use, care and maintenance of the measuring instruments.
Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
The results should not be used as a certification of conformity with product standards or how Quality System Certificate of Entity that produce it.



Pág. 1 de 2

Calle Luis Romero N° 1050 – Urb. Roma – Cercado de Lima
Central Telefónica: (01) 686 1292
E-mail: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe

Anexo 13. Certificado de Calibración de pHmetro



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CALIBRATION CERTIFICATE INVEM-CCCMP-290319

Fecha de emisión: 29/03/2019
Issue date

1.- SOLICITANTE : YOXMARA YUMIKO VASQUEZ CABANILLAS
Applicant
Dirección : CAJAMARCA - SAN PABLO
Address

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: PHMETRO
Measuring Instrument PHMETRO
Marca : SPECTRUM Serie : 314023 Resolution: 0,01 pH, 0,1°
Brand Serial
Modelo : SoilStik Procedencia : CHINA
Model Made in

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN Calibrado el día 29/03/2019 en el Laboratorio de INVEM S.A.C.
Date and place of calibration Calibrated on 29/03/2019 in the INVEM S.A.C. Laboratory

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN
Calibration method
Determinación del error de medición del medidor de pH, por comparación entre el valor medido por el instrumento y el valor de referencia.

5.- INSTRUMENTOS / EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD
Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO / EQUIPO Instrument / Equipment	MARCA Brand	MODELO Model	NÚMERO DE LOTE Lot Number
Solucion Buffer ph. 4.01	HACH	2770020	7GC970
Solucion Buffer ph. 7.00	HACH	2770020	7GD222
Solucion Buffer ph. 10.01	HACH	2770020	7GC1135

6.- RESULTADOS
Results
Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento
The results are shown on page 02 of this document

7.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN
Calibrations conditions

	Temperatura Ambiente Environment temperature	Humedad Relativa Relative humidity	Presión Atmosférica Atmospheric pressure
INICIAL Initial	22,2 °C	64,3 %	1000 mbar
FINAL Final	22,2 °C	64,3 %	1000 mbar

8.- OBSERVACIONES
Observations
La periodicidad de la calibración está en función del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
The frequency of calibration depends on the use, care and maintenance of the measuring instruments.
The results should not be used as a certification of conformity with product standards or how Quality System Certificate of Entity that produce it.



Pág. 1 de 2

Calle Luis Romero N° 1050 – Urb. Roma – Cercado de Lima
Central Telefónica: (01) 686 1292
E-mail: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe

Anexo 14. Datos Meteorológicos de San Pablo del Mes de Mayo y Junio.

Año/Mes/Día	Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm/día)
	Max	Min		Total
1/05/2019	22	13	88.4	0
2/05/2019	21	14.5	90.7	0
3/05/2019	19.6	14	89.2	0.8
4/05/2019	20	13	93.7	3.4
5/05/2019	20.4	13.2	91.1	2.6
6/05/2019	20.8	12.8	91.8	0
7/05/2019	22.8	13.2	85.5	0
8/05/2019	21.6	13.2	89.9	0
9/05/2019	21	11.8	86.1	0
10/05/2019	21.4	12.5	89.2	0
11/05/2019	20.4	12.4	88.6	0
12/05/2019	21.6	12.5	87.4	1.2
13/05/2019	17.6	12.4	94.6	9.6
14/05/2019	20.8	13.6	95	2.5
15/05/2019	21.6	14.2	88	0
16/05/2019	21.4	13	88.3	0
17/05/2019	20	12.6	89.7	1.2
18/05/2019	20.4	11.8	92	0
19/05/2019	19.8	12.2	89.3	0
20/05/2019	21.4	12.5	89.7	1.2
21/05/2019	20.8	12.4	92.2	0
22/05/2019	20.8	14	93.1	0
23/05/2019	21.4	13.5	91.9	0
24/05/2019	20.8	13.6	93	0
25/05/2019	19.8	12.6	89	3.4
26/05/2019	20.6	13	91.4	0
27/05/2019	20.2	11.5	89.9	0
28/05/2019	20	13	93.7	0
29/05/2019	20.8	12.8	91	0
30/05/2019	19.6	12	90.8	0
31/05/2019	20.4	10.4	88.2	0

1/06/2019	19.8	11.8	93.7	0
2/06/2019	20	12	93.3	0
3/06/2019	22.6	13	89	0
4/06/2019	22.2	14	90.6	0
5/06/2019	23.2	14.5	84	0
6/06/2019	22	12.2	84.2	0
7/06/2019	21	11.2	84.4	0
8/06/2019	20.4	12	88.3	0
9/06/2019	20.8	12.6	89.5	0
10/06/2019	20.4	13	90.2	0
11/06/2019	21	12.5	88.7	0
12/06/2019	20.6	12.2	86.3	0
13/06/2019	21	13.2	87.5	0
14/06/2019	21.6	13.4	85	0
15/06/2019	20	12	87.2	0
16/06/2019	23.2	14.8	87	0.7
17/06/2019	24.8	15.2	77.8	0
18/06/2019	24.2	14.5	84.4	0
19/06/2019	23.6	14	81.9	0
20/06/2019	22.8	12.2	80.8	0
21/06/2019	24.2	13.4	77.6	0
22/06/2019	23.2	13	82.2	0
23/06/2019	22.8	13.6	84.2	0
24/06/2019	22	12.5	77.6	0
25/06/2019	21.2	12.2	85.8	0
26/06/2019	20.4	13.2	87.4	0
27/06/2019	21	13	85.8	0
28/06/2019	22	12.8	86.6	0
29/06/2019	21.2	13	89	3.5
30/06/2019	20.8	13.1	88.1	0

Fuente: SENAMHI/DRD

Distrito: San Pablo

Altitud: 2338 msnm



"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"

CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

La empresa AgroAndino S.R.L. situado en la provincia de San Pablo-Cajamarca, a cargo de Reinhard Konrad Schedlbauer, identificado con DNI 45156028, autoriza la ejecución del proyecto de tesis titulada "Biodegradación de los residuos sólidos orgánicos, aplicando un Sistema Cerrado y Abierto Rotativo San Pablo-Cajamarca" haciendo constar que las bach. Yoxmara Yumiko Vasquez Cabanillas y Raquel Dina Cabrera Ccana, identificadas con DNI. 75100442 y 71856831, de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión-Lima, llevaran a cabo la ejecución del proyecto de tesis para obtener el grado de Ingeniero Ambiental.

Se deja expresa constancia que la investigación no será utilizada por los tesisistas, en empresas competidoras del mercado"

"Así mismo, que la relación existente no tiene carácter formacional, y menos laboral; siendo, únicamente, AGRO ANDINO SRL, quien permite voluntariamente que las tesisistas recojan u observen datos de investigación"

San Pablo, 14 de marzo del 2019

Reinhard Schedlbauer
Gerente General
DNI 45156028