

# **UNIVERSIDAD PERUANA UNION**

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



## **Efectividad del compost mediante métodos de pilas dinámicas y compostera giratoria, obtenidas de los residuos orgánicos de la Universidad Peruana Unión**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Por:

Geidy Aguilar Cava

Karin Norma Cubas Bravo

Asesor:

Mg. Joel Hugo Fernández Rojas

**Lima, agosto de 2020**

# DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Mg. Joel Hugo Fernández Rojas, 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: **“EFECTIVIDAD DEL COMPOST MEDIANTE MÉTODOS DE PILAS DINÁMICAS Y COMPOSTERA GIRATORIA, OBTENIDAS DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN”** constituye la memoria que presenta los Bachilleres Geidy Aguilar Cava y Karin Norma Cubas Bravo para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realiza en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima 21, Setiembre del 2020.



---

Mg. Joel Hugo Fernández Roja

Efectividad del compost mediante métodos de pilas dinámicas y compostera giratoria, obtenidas de los residuos orgánicos de la Universidad Peruana Unión.

# TESIS

Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

## Jurado Calificador

Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga

**Presidente**

Mg. Iliana del Carmen Gutiérrez Rodríguez

**Secretaria**

Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio

**Vocal**

Ing Nancy Curasi Rafael

**Vocal**

Mg. Joel Hugo Fernández Rojas

**Asesora**

**Lima, 28 de agosto de 2020**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por cuidarme todo este tiempo y permitirme haber llegado a este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis queridos padres, Dorita Cava Santillán y Pablo Bonifacio Aguilar Huañambal, quienes fueron mi fuerza de voluntad para pueda alcanzar este peldaño de mi vida.

A mis abuelitos Delicia Santillán López y Jorge Sánchez Marina quienes fueron las personas después de mis padres que se preocuparon por mí.

A mi hermana Jhoisy Aguilar Cava por contagiarme de su alegría y apoyarme incondicionalmente en esta etapa.

**“Geidy Aguilar Cava”**

La presente tesis se la dedico principalmente a Dios, por darme la fuerza y la inspiración para llegar a este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres María Elva Bravo Silva y Arsenio Cubas Estela quienes con su amor, sacrificio, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un sueño más.

**“Karin Norma Bravo Cubas”**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios por brindarnos la vida, la salud, la economía, la sabiduría, paciencia y la fortaleza espiritual de poder culminar este pionero esfuerzo y desafiante trabajo.

Expresamos nuestra gratitud a la Universidad Peruana Unión y docentes quienes de una manera u otra forma compartieron sus conocimientos para nuestra formación profesional.

A Dios por brindarnos la oportunidad de estudiar en su universidad.

De la misma manera, queremos hacer un extenso agradecimiento a nuestros padres, quienes subvencionaron nuestros gastos durante todo el periodo que duro la investigación. Porque entendieron de que no se trató de unos 9 meses sin trabajar sino de 9 meses de arduo trabajo en el aporte a la ciencia.

Asimismo, agradecemos a nuestro asesor de tesis Mg. Joel Hugo Fernández Rojas, por habernos brindado su apoyo incondicional, asesoramiento, enseñanzas y disponibilidad de tiempo para las observancias.

También al gerente del Área de Servicio Sr. Robert Martínez Segura y equipo por brindarnos un espacio para realizar nuestra investigación en el campus y por ayudarnos con el transporte de los residuos orgánicos.

Al comedor y cafetín por facilitarnos los residuos orgánicos para llevar a cabo el proyecto de tesis

Al jefe de Mantenimiento y Carpintería Sr. Paul Zenteno Sánchez y equipo por apoyarnos por la elaboración de las composteras giratorias.

Finalmente, al encargado del laboratorio Ingeniero Cesar Aranda Castillo por el apoyo de en los análisis de laboratorio.

## INDICE GENERAL

---

GLOSARIO DE TERMINOS .....	1
<b>CAPÍTULO I:</b> .....	5
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	5
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	6
1.3. PRESUPOSICIÓN FILOSÓFICA .....	7
1.4. OBJETIVOS.....	7
1.4.1. Objetivo General.....	7
1.4.2. Objetivos Específicos.....	7
<b>CAPÍTULO II:</b> .....	8
<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA</b> .....	8
2.1 Residuos Solidos .....	8
2.2 Características de los residuos .....	9
2.2.1 Municipales.....	9
2.2.2 No municipales .....	10
2.3 Clasificación de residuos sólidos .....	10
2.3.1 Orgánicos.....	10
2.3.2 Inorgánicos .....	11
2.4 Materia Orgánica .....	11
2.4.1 Propiedades de la Materia Orgánica .....	12
2.4.1.1 Propiedades físicas.....	12
2.4.1.2 Propiedades químicas y fisicoquímicas .....	13
2.4.2 Materiales Orgánicos.....	14
2.4.3 Materia Orgánica del Suelo .....	14

2.4.4 Abono Orgánico .....	14
2.5 Tipos de Tratamiento .....	16
2.5.1 Humus de Lombriz .....	17
2.5.2 Bocashi .....	17
2.5.3 BIOL (Biorgánico Líquido Anaerobio).....	18
2.5.4 Te de Estiércol .....	18
2.5.5 Abono de Frutas .....	18
2.5.6 Compost.....	18
2.5.6.1 Propiedades del compostaje .....	20
2.5.7 Compostaje Aeróbico .....	21
2.5.7.1 Fases del Compostaje.....	21
2.5.7.1.1 Etapa de Latencia .....	22
2.5.7.1.2 Etapa Mesofílica.....	22
2.5.7.1.3 Etapa Termófila o de Higienización.....	22
2.5.7.1.4 Etapa de Enfriamiento o Mesófila.....	23
2.5.7.1.5 Etapa de Maduración .....	23
2.5.8 Parámetros del Compostaje .....	24
2.5.9 Parámetros de Entrada.....	25
2.5.9.1 Tamaño de Pila .....	25
2.5.9.2 Tamaño de la Partícula.....	25
2.5.9.3 Relación Carbono/Nitrógeno.....	26
2.5.9.4 Nutrientes .....	28
2.5.10 Parámetros de Seguimiento .....	29
2.5.10.1 Temperatura.....	29
2.5.10.2 Oxígeno .....	30

2.5.10.3 Humedad .....	31
2.5.10.4 pH.....	31
2.5.10.5 Color .....	32
2.5.10.6 Olores .....	32
2.5.10.7 Relación C/N .....	32
2.5.10.8 Materia Orgánica .....	33
2.5.10.9 Fósforo Total .....	33
2.5.10.10 Potasio Total.....	33
2.5.10.11 Parámetros Microbiológicos.....	33
2.5.10.12 Coliformes Totales.....	35
2.5.10.13 Coliformes Termotolerantes o Fecales .....	35
2.5.10.14 Escherichia Coli.....	36
2.5.10.15 Salmonela Spp.....	36
2.5.11 Requisitos Físicoquímicos en el Compostaje .....	37
2.5.12 Sistemas de Compostaje .....	37
2.5.12.1 Sistemas Abiertos .....	38
2.5.12.2 Sistemas en Recipiente.....	40
2.5.12.3 Sistemas Cerrados.....	43
2.6 Criterios para Determinar la Eficiencia .....	48
2.6.1 Determinación de Humedad .....	48
2.6.2 Determinación de pH .....	49
2.6.3 Determinación del nitrógeno total.....	50
2.6.4 Determinación de la materia orgánica y cenizas.....	52
2.6.5 Determinación del carbono.....	53
2.6.6 Determinación de Fósforo .....	53

2.7 Inoculantes .....	55
2.8 Enfermedades Ocasionadas por los Residuos Orgánicos .....	56
2.9 Antecedentes .....	57
2.10 Ventajas y Desventajas del Abono Orgánico .....	58
2.10.1 Ventajas .....	58
2.10.2 Desventajas .....	59
2.11 Base Legal.....	59
<b>CAPITULO III:</b> .....	62
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	62
3.1. Descripción del área de estudio.....	62
3.1.1. Ubicación.....	62
3.1.2. Características ambientales del entorno .....	64
3.2 Equipos, Materiales e Insumos.....	68
3.2.1. Equipos .....	68
3.3. Metodología Experimental.....	71
3.3.1 Delimitación del área de estudio .....	72
3.3.2 Población y muestra .....	73
3.3.3 Procedimiento .....	73
3.3.3.1 Etapa Pre Campo .....	73
3.3.3.2 Etapa de Campo.....	74
3.3.3.3 Muestreo de compost .....	78
3.3.3.4 Análisis inicial del compost .....	79
3.3.4 Seguimiento del proceso de compostaje .....	80
3.3.5. Muestreo y análisis de los parámetros fisicoquímicos del compost .....	81
3.3.5.1 Muestreo.....	81

3.3.5.2. Análisis.....	82
3.4 Variables de estudio.....	86
3.4.1. Variables independientes.....	86
3.4.2 Variables dependientes.....	87
3.5 Formulación de Hipótesis.....	87
3.5.1 Hipótesis general.....	87
3.5.2 Hipótesis específicos.....	87
3.6. Estudio y Diseño de la Investigación.....	87
3.6.1 Diseño estadístico para la efectividad del compost.....	87
3.6.2 Análisis Estadístico.....	88
<b>CAPITULO IV:</b> .....	90
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	90
4.1. Resultados de las pilas dinámicas.....	90
4.1.1 Temperatura de la fase Mesófila.....	90
4.1.2 Fase termófila o de higienización.....	92
4.1.3 Fase de enfriamiento o de Mesófila II.....	94
4.1.4 Fase de maduración.....	96
4.2 Resultados de la compostera giratoria.....	98
4.2.1 Temperatura en la fase mesófila.....	98
4.2.2 Fase termófila o de Higienización – temperatura.....	100
4.2.3 Fase de Enfriamiento o mesófila – temperatura.....	102
4.2.4 Fase de maduración – temperatura.....	104
4.3 Resultados de materia orgánica – pre resultado.....	106
4.3.1 Resultados de materia orgánica en Pilas dinámica.....	106
4.3.2 Resultados de materia orgánica en composteras giratorias.....	107

4.4 Resultados de pH en las pilas dinámicas .....	108
4.4.1 pH en la fase mesófila .....	108
4.4.2 pH fase termófilo o de higienización .....	110
4.4.3 pH fase enfriamiento o Mesófila II .....	112
4.4.4 pH en la fase de maduración.....	114
4.5 Resultados del pH en las composteras giratorias .....	116
4.5.1 pH en la Fase Mesófila.....	116
4.5.2 Fase Termófila .....	118
4.5.3 Fase de enfriamiento o Mesófila II .....	120
4.5.4 Fase de maduración.....	122
4.6 Resultados de humedad en las pilas dinámicas .....	124
4.6.1 Humedad en la fase mesófila .....	124
4.6.2 Fase termófila o de higienización .....	125
4.6.3 Fase de enfriamiento o Mesófila II .....	126
4.6.4 Fase de Maduración .....	127
4.7. Humedad de las composteras giratorias.....	129
4.7.1 Fase Mesófila .....	129
4.7.2 Fase Termófila o de higienización .....	130
4.7.3 Fase de Enfriamiento.....	131
4.7.4 Fase de Maduración .....	132
4.8 Diseño estadístico de los parámetros analizados en las cuatro fases.....	134
4.8.1 Temperatura del compost .....	134
4.8.1.1 Temperatura del compost en la fase Mesófila.....	134
4.8.1.2 Temperatura del compost en la fase Termófila .....	135
4.8.2 pH del compost .....	139

4.8.2.1 pH del compost en la fase Mesófila.....	139
4.8.3 Humedad del compost.....	143
4.8.3.1 Humedad del compost en la fase Mesófila .....	143
4.8.3 Materia Orgánica del compost.....	147
4.8.4 Análisis del Nitrógeno, Fósforo y Potasio en Pilas Dinámicas .....	148
4.8.4.1 Análisis de varianza del Nitrógeno.....	148
4.8.4.2 Análisis de varianza del Fósforo .....	150
4.8.4.3 Análisis de varianza del Potasio .....	152
4.8.5 Análisis del Nitrógeno, Fosforo y Potasio en Composteras Giratorias .....	155
4.8.5.1 Análisis de varianza del Nitrógeno.....	155
4.8.5.2 Análisis de varianza del Fósforo .....	158
4.8.5.3 Análisis de varianza del Potasio .....	161
4.8.6 Comparación de la Potasio, Nitrógeno y fósforo con el pre y post resultados por pilas dinámicas y composteras giratorias.....	164
<b>CAPITULO V:</b> .....	166
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	166
5.1 Conclusiones .....	166
5.2 Recomendaciones .....	167
<b>REFERENCIAS</b> .....	168
<b>ANEXOS</b> .....	179

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

---

### TABLAS

Tabla 1. Propiedades químicas, biológicas y físicas del suelo .....	15
Tabla 2. Parámetros de compostaje .....	24
Tabla 3. Contenido de relación C/N de algunos materiales orgánicos .....	26
Tabla 4. Contenido de relación C/N de algunos materiales orgánicos varianza en el proceso .....	27
Tabla 5. Relación de la temperatura con las etapas del compost .....	29
Tabla 6. Control de la aireación.....	30
Tabla 7. Relación Óptima de C/N.....	33
Tabla 8. Índices de calidad microbiológica del compost .....	34
Tabla 9. Valores permisibles de los microorganismos patógenos en el compost.....	35
Tabla 10. Contenido de nutrientes .....	37
Tabla 11. Sistemas de Compostaje .....	38
Tabla 12. Diferentes criterios y características más relevantes de los sistemas cerrados y abiertos .....	47
Tabla 13. Contenidos de C y N de diferentes materiales .....	55
Tabla 14. Principales enfermedades generadas por el mal manejo de los residuos .....	56
Tabla 15. Precipitación de los meses de julio, agosto, septiembre; en los cuales se realizó el proceso del proyecto. ....	64
Tabla 16. Humedad de los meses de julio, agosto, septiembre; en los cuales se realizó el proceso del proyecto. ....	65
Tabla 17. Temperatura de los meses de julio, agosto, septiembre; en los cuales se realizó el proceso del proyecto. ....	67
Tabla 18. Viento en el area de Ñaña .....	67
Tabla 19. Lista de materiales, reactivos, equipos y EPP's para el desarrollo de tesis.....	69
Tabla 20. Cantidad de material a compostar .....	73
Tabla 21. Puntos de generación de aceleradores .....	74
Tabla 22. Coordenadas de generación de los residuos orgánicos.....	75

Tabla 23. Generación de residuos orgánicos Kg/día .....	75
Tabla 24. Distribución de tratamiento en pila dinámica a escala piloto. ....	78
Tabla 25. Distribución de tratamientos en composteras giratorias a escala piloto .....	78
Tabla 26. Parámetros Óptimos de Residuos Compostable .....	79
Tabla 27. Concentraciones para el proceso de fósforo y potasio mediante el factor de dilución.....	84
Tabla 28. Diseño estadístico de 2 <sup>2</sup> .....	88
Tabla 29. Diseño factorial para obtención de los resultados del Compost (Composteras giratorias).....	88
Tabla 30. Diseño factorial para obtención de los resultados del Compost (Pilas Dinámicas) .....	89
Tabla 31. Temperatura promedio en la fase mesófila de las pilas dinámicas. ....	90
Tabla 32. Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase Mesófila. ....	90
Tabla 33. Temperatura promedio en la fase termófila de las pilas dinámicas. ....	92
Tabla 34. Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase Termófila.....	93
Tabla 35. Temperatura promedio en la fase Mesófila II de las pilas dinámicas. ....	94
Tabla 36. Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase Mesófila II o enfriamiento. ....	95
Tabla 37. Temperatura promedio en la fase maduración de las pilas dinámicas. ....	96
Tabla 38. Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase maduración.....	97
Tabla 39. Temperatura promedio en la fase Mesófila de las composteras giratorias. ....	98
Tabla 40. Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase Mesófila. ....	98
Tabla 41. Temperatura promedio en la fase termófila de las composteras giratorias. ....	100
Tabla 42. Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase termófila.....	101
Tabla 43. Temperatura promedio en la fase mesófila de las composteras giratoria.....	102

Tabla 44. Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase de enfriamiento.....	103
Tabla 45. Temperatura promedio en la fase de maduración de las composteras giratorias. ....	104
Tabla 46. Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase de maduración .....	105
Tabla 47. Pre – Materia Orgánica.....	106
Tabla 48. Materia Orgánica de las pilas dinámicas .....	106
Tabla 49. Resultado Promedio de la materia orgánica de las pilas dinámicas. ....	106
Tabla 50. Materia Orgánica de las Composteras Giratorias.....	107
Tabla 51. Resultado Promedio de la materia orgánica de las composteras giratorias. ....	107
Tabla 52.pH promedio en la fase mesófila de las pilas dinámicas. ....	108
Tabla 53. Comparación del pH optimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de Mesófila. ....	108
Tabla 54. pH promedio en la fase Termófila o de higienización de las pilas dinámicas. .	110
Tabla 55. Comparación del pH optimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de termófila.....	111
Tabla 56.pH promedio en la fase enfriamiento o Mesófila II de las pilas dinámicas. ....	112
Tabla 57. Comparación del pH optimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de enfriamiento. ....	113
Tabla 58. pH promedio en la fase de Maduración de las pilas dinámicas. ....	114
Tabla 59. Comparación del pH optimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de enfriamiento. ....	115
Tabla 60. pH promedio en la fase de enfriamiento de las pilas dinámicas. ....	116
Tabla 61. Comparación del pH optimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de Mesófila. ....	116
Tabla 62. pH promedio en la fase de Termófila en la compostera giratoria. ....	118
Tabla 63. Comparación del pH optimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de termófila.....	119
Tabla 64. pH promedio en la fase de Mesófila II o enfriamiento de las pilas dinámicas. .	120

Tabla 65. Comparación del pH optimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de enfriamiento. ....	121
Tabla 66. pH promedio en la fase de Maduración de las pilas dinámicas. ....	122
Tabla 67.Comparación del pH optimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de maduración.....	123
Tabla 68. Humedad fase mesófila de las pilas dinámicas .....	124
Tabla 69.Humedad promedio en la fase de Termófila de las pilas dinámicas. ....	125
Tabla 70.Humedad promedio en la fase de Enfriamiento o Mesófila II de las pilas dinámicas.....	126
Tabla 71. Humedad promedio en la fase de Maduración de las pilas dinámicas. ....	127
Tabla 72. Humedad de las 4 Fases de las pilas dinámicas en relación al rango de la humedad con la humedad promedio .....	128
Tabla 73.Humedad promedio en la fase de Mesófila de las composteras giratorias .....	129
Tabla 74. Humedad promedio en la fase de termófila de las composteras giratorias.....	130
Tabla 75. Humedad promedio en la fase de Mesófila de las composteras giratorias. ....	131
Tabla 76. Humedad promedio en la fase de Maduración de las composteras giratorias. ..	132
Tabla 77. Humedad de las 4 Fases de las composteras dinámicas en relación al rango de la humedad con la humedad promedio. ....	133
Tabla 78. Análisis de varianza del nitrógeno .....	148
Tabla 79. Análisis de varianza del Fósforo .....	150
Tabla 80. Análisis de varianza del Potasio.....	153
Tabla 81. Análisis de Varianza del Nitrógeno.....	156
Tabla 82. Análisis de Varianza del Fósforo .....	158
Tabla 83.Análisis de Varianza del Potasio.....	162

## FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los Residuos Sólidos (SPDA, 2009).....	9
Figura 2. Residuos Orgánicos (Garita y Rojas, 2015). .....	10
Figura 3. Residuos Inorgánicos (CONAM, 2006).....	11
Figura 4. Materiales orgánicos que aportan diferentes nutrientes(Vera, 2011). .....	14
Figura 5. Procesos del abono orgánico (Vera, 2011) .....	15
Figura 6. Tipos de tratamiento para residuos orgánicos (Vera, 2011).....	16
Figura 7. Lombriz roja californiana (Vera, 2011). .....	17
Figura 8. Hongo indicador de la fase Mesófila (FAO, 2013).....	23
Figura 9. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje (FAO, 2013a).....	24
Figura 10. Evolución del pH durante la maduración.(Robles Mitma, 2015) .....	32
Figura 11. (Gobierno de Aragon, 2000) Adaptado de Gasser. ....	39
Figura 12. (Sebastián Nogués, García Galindo, y Rezeau, 2010) .....	40
Figura 13. Tipos de recipientes usados como compostera (FAO, 2013a) .....	41
Figura 14. Volteo de la compostera giratoria (FAO, 2013). .....	41
Figura 15. (FAO, 2013b).....	42
Figura 16. (FAO, 2013b).....	43
Figura 17. (M.J et al., n.d.) Adaptado de En Saña y Soliva. ....	44
Figura 18. (M.J et al., n.d.) Adaptado en Saña y soliva. ....	45
Figura 19. Plano de ubicación del sistema de compostaje en pilas dinámicas y Composteras giratoria. ....	63
Figura 20. Porcentaje de la humedad (SENAMHI/DRD, 2019) .....	66
Figura 21. Temperatura promedio y máximo de los meses del año 2019. (SENAMHI, 2019) .....	66
Figura 22. Porcentaje del viento (SENAMHI, 2019) .....	68
Figura 23. Elaboración del sistema de compostaje (elaboración propia, 2020).....	71
Figura 24. Reconocimiento del terreno.....	72
Figura 25. Diseño de pilas dinámicas y composteras giratorias. ....	76
Figura 26. Diseño de pilas dinámicas y composteras giratorias. ....	77
Figura 27. Diseño de las Composteras Giratorias .....	77
Figura 28. Temperatura promedio de la fase mesófila.....	91

Figura 29. Temperatura promedio de la fase termófila.....	93
Figura 30. Temperatura promedio de la fase de enfriamiento.....	95
Figura 31. Temperatura promedio de la fase de maduración .....	97
Figura 32. Temperatura promedio de la fase mesófila.....	99
Figura 33. Temperatura promedio de la fase termófila.....	101
Figura 34. Temperatura promedio de la fase de enfriamiento.....	103
Figura 35. Temperatura promedio de la fase de maduración. ....	105
Figura 36. Resultado de materia orgánica.....	107
Figura 37. pH promedio de la fase mesófila .....	109
Figura 38. Fase termófila- pilas dinámicas .....	111
Figura 39. Fase de enfriamiento o mesófila-pilas dinámicas .....	113
Figura 40. Fase de maduración - pilas dinámicas.....	115
Figura 41. Fase mesófila - Composteras .....	117
Figura 42. Fase termófila - composteras .....	119
Figura 43. Fase enfriamiento o mesófila - composteras. ....	121
Figura 44. Fase de maduración - compostera.....	123
Figura 45. Promedio de las fases en las pilas dinámicas .....	128
Figura 46. Promedio de las fases en las composteras giratorias.....	133
Figura 47. Comparación de la temperatura (°C) del compost en la fase Mesófila por ambos métodos (Compostera y Pilas .....	134
Figura 48. Comparación de la temperatura (°C) del compost en la fase Termófila por ambos métodos (Compostera y Pilas).....	135
Figura 49. Comparación de la temperatura (°C) del compost en la de enfriamiento por ambos métodos (Compostera y Pilas).....	137
Figura 50. Comparación de la temperatura (°C) del compost en la fase maduración por ambos métodos (Compostera y Pilas).....	138
Figura 51. Comparación del pH del compost en la fase Mesófila por ambos métodos (Compostera y Pilas).....	139
Figura 52. Comparación del pH del compost en la fase Termófila por ambos métodos (Compostera y Pilas).....	140

Figura 53. Comparación del pH del compost en la fase de enfriamiento por ambos métodos (Compostera y Pilas).....	141
Figura 54. Comparación del pH del compost en la fase de Maduración por ambos métodos (Compostera y Pilas).....	142
Figura 55. Comparación de la humedad del compost en la fase Mesófila por ambos métodos (Compostera y Pilas).....	143
Figura 56. Comparación de la humedad del compost en la fase termófila por ambos métodos (Compostera y Pilas).....	144
Figura 57. Comparación de la humedad del compost en la fase enfriamiento por ambos métodos (Compostera y Pilas).....	145
Figura 58. Comparación de la humedad del compost en la fase de maduración por ambos métodos (Compostera y Pilas).....	146
Figura 59. Comparación de la materia orgánica del compost durante el proceso de compostaje por ambos métodos (Compostera y Pilas).....	147
Figura 60. Gráfica normal de efectos estandarizados para determinar la significancia del nitrógeno en la gallinaza y el estiércol de ganado. ....	149
Figura 61. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados, para determinar la significancia del nitrógeno en la gallinaza y estiércol de ganado.....	150
Figura 62. Gráfica normal de efectos estandarizados para determinar la significancia del fósforo en la gallinaza y el ganado. ....	151
Figura 63. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados, para determinar la eficiencia del nitrógeno en la gallinaza y el ganado.....	152
Figura 64. Gráfica normal de efectos estandarizados para determinar la significancia del potasio en la gallinaza y el ganado. ....	154
Figura 65. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados, para determinar la eficiencia del potasio en la gallinaza y el ganado. ....	155
Figura 66. Gráfica normal de efectos estandarizados para determinar la significancia del potasio en la gallinaza y el ganado. ....	157
Figura 67. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados, para determinar la eficiencia del nitrógeno en la gallinaza y el ganado.....	158

Figura 68. Gráfica normal de efectos estandarizados para determinar la significancia del fósforo en la gallinaza y el ganado. ....	160
Figura 69. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados, para determinar la eficiencia del fósforo en la gallinaza y el ganado. ....	161
Figura 70. Gráfica normal de efectos estandarizados para determinar la significancia del potasio en la gallinaza y el ganado. ....	163
Figura 71. Comparación de la Potasio, Nitrógeno y fósforo con el pre y post resultado por ambos métodos (Compostera y Pilas). ....	164
Figura 72. Solicitud de autorización al área de estudio. ....	179
Figura 73. Permiso para el uso del laboratorio de Saneamiento Ambiental. ....	180
Figura 74. Hojas de calibración del potenciómetro ....	183
Figura 75. Resultados de Fósforo y Potasio en la UPeU ....	185
Figura 76. Resultado del análisis de nitrógeno realizado en la UNMSM.....	185
Figura 77. Charla informativa del proyecto a realizar en el comedor de la UPeU.....	186
Figura 78. Acondicionamiento de terreno para la ejecución de tesis. ....	186
Figura 79. Regado manual de la pila y compostera.....	196
Figura 80. Pilas dinámicas debidamente cubiertas ....	197
Figura 81. Medición de la temperatura ....	197
Figura 82. Medición de pH en laboratorio ....	198

## INDICE DE ANEXOS

---

Anexo 1. Carta de solicitud de autorización al área de estudio.....	179
Anexo 2. Carta de autorización para el uso del laboratorio de Saneamiento Ambiental perteneciente a la UPeU .....	180
Anexo 3. Informes de Calibración del potenciómetro .....	181
Anexo 4. Resultados de Fosforo y Potasio analizados en los laboratorios de la UPeU ....	184
Anexo 5. Resultados del análisis de Nitrógeno en los laboratorios de UNMSM.....	185
Anexo 6. Charla informativa del proyecto a realizar en los servicios de alimentación. ....	186
Anexo 7. Preparación del área de estudio. ....	186
Anexo 8. Instalación de malla en el perímetro donde se realizó nuestro proyecto .....	187
Anexo 9. Vista Panorámica del terreno ya circulado con malla galvanizado .....	188
Anexo 10. Generación, caracterización y transporte de los residuos a compostar .....	188
Anexo 11. Proceso de picado .....	191
Anexo 12. Delimitación y formación de las pilas dinámicas .....	191
Anexo 13. Diseño de las composteras giratorias .....	192
Anexo 14. Vaciado de residuos y aceleradores a pilas dinámicas y composteras giratorias .....	193
Anexo 15. Proceso de compostaje .....	194
Anexo 16. Seguimiento del compost .....	196

## GLOSARIO DE TERMINOS

---

Ácido fúlvicos (FAs): Comprenden una mezcla de ácidos orgánicos (alifáticos débiles y aromáticos) que son solubles en el agua en todas las condiciones de pH ya sea ácido, neutro y alcalino.

Ácidos húmicos (HAs): Son una mezcla de ácidos orgánicos de débiles alifáticos (cadenas de carbono) y aromáticos (Anillos de carbón) que son solubles en agua bajo condiciones alcalinas, pero no son solubles en agua bajo condiciones ácidas.

Actinobacterias: Son un grupo de bacterias trascendente en la ecología del suelo porque lleva a cabo la función de reciclar la materia orgánica acumulada, estas bacterias están ampliamente distribuidas en hábitats terrestres.

Actinomicetos: Son bacterias filamentosas, Gram positivas, las cuales se encuentran distribuidas en el medio ambiente como en superficies rocosas y suelo rizosférico, ricos en humos, hojarasca y estiércol, sedimentos marinos, la mayoría son heterótrofos, aerobios, mesófilos estos crecen en temperaturas de 25°C y 30°C.

Bacteria Azotobacter: Bacterias fijadoras de nitrógeno que se encuentra presente en la atmósfera, lo que significa un aporte natural de nitrógeno.

Biooxidativo: Es proceso como el compostaje, donde intervienen muchos microorganismos aerobios que transforman residuos orgánicos tanto sólidos como líquidos en material aprovechable para la agricultura.

Coloidales: Vienen hacer soluciones de macromoléculas o bien, dispersiones de moléculas pequeñas que forman agregados como, por ejemplo: Proteínas, hidratos de carbono entre otros.

Compost: Es un abono orgánico que se obtiene de la descomposición del estiércol, mezclado con residuos vegetales y otros ingredientes orgánicos.

**Compostaje:** Descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica, bajo condiciones que permiten un desarrollo de temperatura termófilas como consecuencia de una producción biológica de calor, que da un producto final estable, libre de patógenos y semillas de malas hierbas y que aplicado al terreno produce un beneficio (Álvarez, José.2006).

**Fitotoxinas:** Se aplica a los metabolitos microbianos que interfieren o alteran el metabolismo de las células de las plantas y asimismo dañan el sistema simplástico. Y estas son productos de parásitos que inducen poco o ninguno de los síntomas usuales causados por el patógeno vivo.

**Hemicelulosas:** Son un conjunto heterogéneo de polisacáridos (enlaces glucosídicos).

**Organismos Heterótrofos:** Son creadores de sus propias sustancias a partir de elementos inorgánicos (luz, minerales del suelo, dióxido de carbono, agua) por lo tanto, no dependen de otros organismos para su nutrición

**Sustancias Húmicas:** Constan de una mezcla heterogénea de compuestos, en la que cada fracción (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas) está constituida por moléculas de tamaños diferentes, y su estructura depende considerablemente tanto de los materiales orgánicos presentes en el suelo, como de las condiciones ambientales.

**Leguminosas:** Son plantas esenciales para fijar el nitrógeno en el suelo a través de sus raíces, gracias a unas bacterias beneficiosas que se encuentran en ellas.

**Quelación:** Son sustancias secuestradoras de metales pesados, son sustancias que tienden a constituir sustancias complejas junto a iones metálicos de metales pesados.

**Rizosfera:** Zona de intercambio entre las raíces de plantas y microorganismos del suelo. Esta región especializada, está caracterizada por el aumento de la biomasa microbiana y de su actividad.

## RESUMEN

El aumento de residuos sólidos orgánicos es uno de los problemas ambientales más graves que afronta la sociedad. El objetivo de esta investigación fue comparar la efectividad del compost mediante métodos de pilas dinámicas y compostera giratoria, obtenidas de los residuos orgánicos de la Universidad Peruana Unión, mediante el Diseño Factorial de  $2^2$  con puntos centrales para el análisis de datos. En este estudio, se compararon dos métodos de compostaje para la degradación de residuos orgánicos, agregando estiércol de gallinaza y ganado conformado los siguientes tratamientos. Pilas dinámicas T1 1:1 kg, T2 3:1 kg, T3 1:3 kg, T4 3:3kg y composteras giratorias T1 1:1 kg, T2 3:1 kg, T3 1:3 kg, T4 3:3kg cada tratamiento tuvo una réplica. Los residuos orgánicos fueron obtenidos en el Campus de la Universidad Peruana Unión y el estiércol de res y de gallinaza fueron recolectados en la empresa “Gloria” y avícola “Patitos”. Los resultados en pila dinámica (Materia Orgánica 31.18 %, Humedad 46.72%, pH 6.46, Temperatura 22.16°C, Nitrógeno 1.30 %, Fósforo 0.63%, Potasio 0.07%) y Compostera Giratoria (Materia Orgánica 42.57%, Humedad 48.75%, pH 7, Temperatura 23.62°C, Nitrógeno 1.48 %, Fósforo 0.47%, Potasio 0.17%). La duración para la elaboración del compost fue de 75 días, por lo tanto, se concluye que el método de compostera giratoria demostró ser más efectivo para la obtención de compost.

Palabras Claves: Compost, Gallinaza, NPK, Tratamientos de residuos orgánicos, Residuos Orgánicos

## ABSTRACT

The increase in organic solid waste is one of the most serious environmental problems facing society. The objective of this investigation was to compare the effectiveness of compost using dynamic pile methods and rotating compost, obtained from organic waste from the Universidad Peruana Unión, using the Factorial Design  $2^2$  with central points for data analysis. In this study, two composting methods for the degradation of organic wastes were compared, adding manure from chicken manure and cattle with the following treatments. T1 1:1 kg, T2 3:1 kg, T3 1:3 kg, T4 3:3 kg and rotary composters T1 1:1 kg, T2 3:1 kg, T3 1:3 kg, T4 3:3 kg each treatment had a replica. The organic residues were obtained in the Campus of the Peruvian University Union and the manure of beef and chicken manure were collected in the company "Gloria" and poultry "Patitos". The results in dynamic pile (Organic Matter 31.18%, Humidity 46.72%, pH 6.46, Temperature 22.16 ° C, Nitrogen 1.30%, Phosphorus 0.63%, Potassium 0.07%) and Rotary Composter (Organic Matter 42.57%, Humidity 48.75%, pH 7, Temperature 23.62 ° C, Nitrogen 1.48%, Phosphorus 0.47%, Potassium 0.17%). The duration for compost elaboration was 75 days, therefore, it is concluded that the rotary compost method proved to be more effective for obtaining compost.

Key Words: Compost, Gallinaza, NPK, Organic waste treatments, Organic Waste

# **CAPÍTULO I:**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

El aumento de residuos sólidos es uno de los problemas ambientales más graves que afronta la sociedad, debido al crecimiento demográfico e industrial que hace que diariamente se arrojen millones de toneladas de residuos a las superficies terrestre y acuática, ya que son realizadas sin ningún tipo de tratamiento ni manejo previo, produciendo una serie de consecuencias irreversibles tanto para la salud como para el ambiente (Sotelo y Benítez, 2013).

Los problemas ambientales están relacionados por diversas amenazas que ponen en peligro no solo el ecosistema, sino a todos los seres humanos. Actualmente uno de los factores relacionados a la problemática ambiental es el mal manejo de los residuos sólidos. A nivel mundial se genera 1300 millones Tn/año de residuos sólidos; se estima que para el 2025 este volumen hacienda a 2200 millones Tn/año, debido al ritmo acelerado del crecimiento poblacional, actividad económica y urbanización e industrialización que intensifican el proceso de generación de residuos. De toda la generación de residuos sólidos cerca del 46% de estos son orgánicos (Avendaño Acosta, 2015)

En el Perú, la generación de residuos sólidos municipales en el 2013 fue de 18,533 t/día y la recolección convencional de los residuos sólidos alcanzó una cobertura promedio del 87,5%, logrando así transportar 16,216 t/día, de los cuales solo 7,656 t/día terminaron en un relleno sanitario autorizado, mientras que 8,545 t/día terminaron en botaderos municipales y 300,3 t/día en otros destinos no especificados. La región que generó mayor cantidad de residuos el 2013 fue Lima, con 5,684 t/día, lo cual representa el 42% de los residuos generados a nivel nacional (MINAN, 2014).

Los datos alarmantes que se presenta el MINAM (2012) , nos muestran cómo el crecimiento de la población en nuestro país se acompaña de un incremento desmedido, no solo de la cantidad de residuos sólidos, sino también de la problemática que genera su manejo inapropiado.

La Universidad Peruana Unión no se escapa a esta problemática, debido a que no cuentan con un plan de manejo adecuado de los residuos sólidos ni mucho menos realizan la segregación de estos. Según estudios de caracterización de residuos sólidos de la universidad, se genera como aproximado 130 kg/día de residuos orgánicos del comedor y cafetín y 30 kg de residuos de poda de césped. Todos estos residuos son transportados mediante el camión recolector de la Municipalidad de Lurigancho a un relleno sanitario sin ningún tipo de segregación. Esta práctica hace que la generación de residuos no aprovechables aumente y consuma la vida útil de los rellenos sanitarios.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente, se genera una gran cantidad de residuos sólidos orgánicos 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 compostaje, cuyo método es eficaz para reducir y eliminar, es por ello que es importante realizar la degradación para así lograr obtener compost en la Universidad Peruana Unión.

Los residuos orgánicos de la UPeU generan un aporte per cápita 0.20, al reaprovechar los residuos orgánicos permitió reducir el valor de gastos empleados en químicos, mano de obra, mantenimiento y considerando que la universidad cuenta con gran cantidad de áreas verdes. Al generar compost en pilas dinámicas y compostera giratoria proporciona un porcentaje de nutrientes que son fácilmente aprovechables por las plantas como el nitrógeno que fomenta el crecimiento de ellas. Por otro lado, también se puede utilizar en subsanar suelos infértiles para generar más vegetación y más agricultura.

Al elaborar el compost en pilas dinámicas y compostera giratoria, en la Universidad Peruana Unión permitió darles un nuevo reaprovechamiento a los residuos orgánicos, estableciendo políticas ambientales y servirá como metodología para trabajos de investigación a un futuro con el fin de crear aptitudes pro ambientales a la población universitaria fue un tratamiento útil para los residuos orgánicos en la producción a bajo costo, protección del medio ambiente y mantener la conservación del suelo desde el punto de vista en fertilidad y biodiversidad.

### **1.3. PRESUPOSICIÓN FILOSÓFICA**

Una vez creada la tierra con su abundante vida vegetal y animal, fue introducido en el escenario el hombre, corona de la creación para quien la hermosa tierra había sido aparejada. A él se le dio el dominio sobre todo lo que sus ojos pudiesen mirar (White, 1957).

A medida que la humanidad se ha ido incrementando ha aumentado un incontrolado desarrollo industrial generando mayor uso de residuos sólidos causando contaminación ambiental (Vallejo Bendezú, 2011). Eso significa que se debe tomar medidas eficaces para frenar y reducir el consumismo, la ignorancia, el desconocimiento y promover la cultura del reciclaje y la gestión integral de los residuos sólidos

Dios creo al hombre a su imagen y semejanza, les dio dominio sobre la tierra y encargó a sus descendientes el cuidado de la tierra este mandato nos indica que la creación del hombre fue con el fin de responsabilizarnos sobre el cuidado de nuestra tierra.

**Génesis 1:26 – 28**

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar la efectividad del compost mediante métodos de pilas dinámicas y compostera giratoria, obtenidas de los residuos orgánicos de la Universidad Peruana Unión

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar los parámetros fisicoquímicos (Temperatura, humedad, pH y materia orgánica) y contrastar con la Norma Chilena 2880 y el Manual de Compostaje del Agricultor (FAO) para las pilas dinámicas y las composteras giratorias.
- Comparar el Nitrógeno, Fósforo y Potasio mediante las pilas dinámicas y compostera giratoria y contrastar con la Norma Chilena 2880 y el Manual de Compostaje del Agricultor (FAO).
- Comparar el efecto en los métodos de pilas dinámicas y compostera giratoria (antes y después) en la obtención del compost.

## **CAPÍTULO II:**

### **REVISIÓN DE LA LITERATURA**

#### **2.1 Residuos Solidos**

En la tierra desde que el hombre nace genera residuos sólidos, sin embargo, se genera una problemática ambiental cuando se comienza a acumular en la biosfera, mediante la velocidad de generación o por la propia naturaleza química de los mismos residuos que, al ser cambiado con la acción del hombre como generador, impide la descomposición e incorporación a los ciclos naturales sobre la tierra. Los residuos sólidos son el subproducto de las acciones que desarrolla el hombre desde inicios de la humanidad, como consecuencia del desarrollo tecnológico, industrial, urbano y principalmente el incremento de la población (INEI, 2015).

Según el MINAM (2016), los residuos sólidos son sustancias, subproductos o productos en estado semisólido o líquido, donde el generador está obligado a disponer adecuadamente los residuos, según la normativa nacional, para prevenir riesgos al ambiente y la salud.

La contaminación de la biosfera (aire, suelo y agua), son afectadas principalmente por la mala disposición final de los residuos sólidos (Castrillón Quintana y Puerta Echeverri, 2013).

Según el Decreto Legislativo N°1278 (2017), menciona que los residuos sólidos son: material, objeto, elemento o sustancia resultado de un buen uso o consumo, del cual el poseedor tiene la obligación o intención, de desprenderse.

En el año 2014 en el Perú se generó un total de 7 497 482 t/año de residuos municipales urbanos, en donde un 64% son residuos domiciliarios y un 26% son residuos no domiciliarios, produciendo la región costa produce mayor cantidad de residuos. Además es importante resaltar que la composición de los residuos generados en el año 2014 un 53,16% de residuos sólidos son materia orgánica, el 18,64% residuos no reaprovecharles, el 18,64% residuos no aprovechables y finalmente el 6,83% es residuos reciclables (MINAM, 2016).

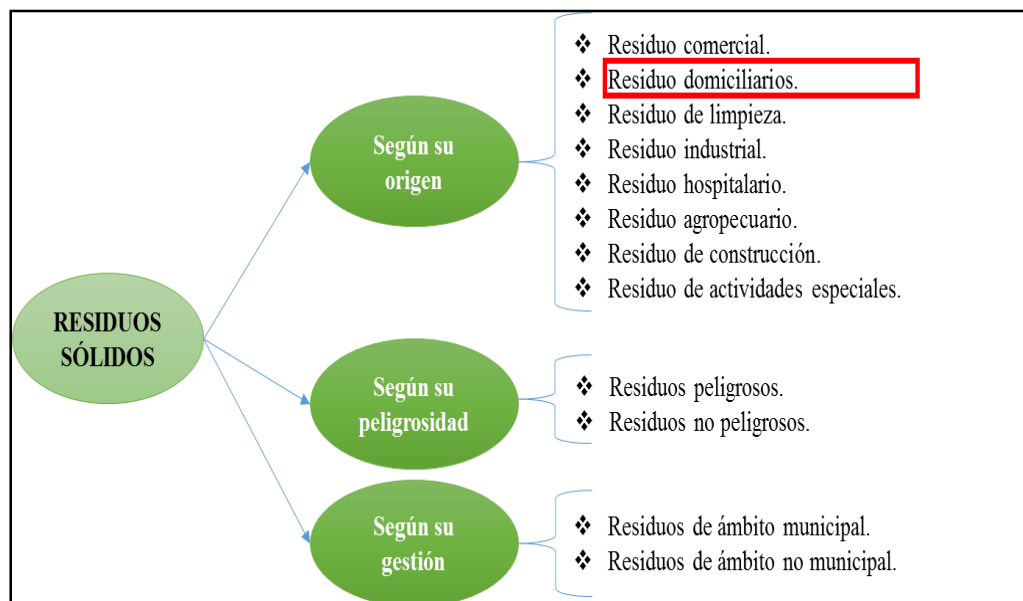


Figura 1. Clasificación de los Residuos Sólidos (SPDA, 2009)

De acuerdo a la figura se puede observar que existen varios enfoques de clasificación de residuos sólidos, pero existe una clasificación que están presente en todas las actividades humanas que son: Los residuos orgánicos de origen biológico, que alguna vez estuvo vivo o fue parte de parte de un ser vivo (hojas, ramas, cáscaras y residuos de la fabricación de alimentos en el hogar, etc.) y los residuos inorgánicos que es todo desecho de origen biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural (plástico, telas sintéticas, etc) (SPDA, 2009).

## 2.2 Características de los residuos

### 2.2.1 Municipales

Los residuos municipales o del ámbito de gestión municipal, está conformado por residuos domiciliarios y los residuos provenientes de espacios de limpieza pública y del barrido (Eriksson et al., 2005), abarcando también actividades comerciales, las playas, entre otras actividades urbanas no domiciliarias, por ende, todos los servicios de limpieza asimilan los residuos sólidos, en todo el ámbito de jurisdicción (Decreto Legislativo N°1278, 2017).

Los residuos de ámbito de municipal van a variar de acuerdo a la población, zona, época del año y variables socioeconómicas (Campos Gómez, 2000) .

### 2.2.2 No municipales

La empresa prestadora de servicios, operador, generador, o cualquier otra persona que se involucre en el manejo de residuos sólidos que no esté comprendido en ámbito de la gestión municipal será responsable de un manejo seguro, ambientalmente adecuado y sanitario, de acuerdo a lo establecido en la ley, en los reglamentos y en las normas técnicas (DIGESA, 2004).

Los residuos no municipales o del ámbito de gestión no municipal, son aquellas que se generan en el desarrollo de actividades productivas, extractivas y de servicio, siendo estas de carácter peligro y no peligroso, por lo cual comprenden los generadores en las instalaciones principales y secundarias en la operación (Decreto Legislativo N°1278, 2017).

## 2.3 Clasificación de residuos sólidos

### 2.3.1 Orgánicos

Los residuos orgánicos pueden ser descompuestos por la acción natural de organismos vivos como bacterias, hongos y lombrices.

Estos residuos se generan de los restos de los seres vivos; como animales, plantas entre estos tenemos: verduras, cascaras de huevo, cascara de frutas, huesos, restos de alimentos, papel, telas naturales (lino, seda, algodón, etc.) (Savage y Diaz, 1991).



Figura 2. Residuos Orgánicos (Garita y Rojas, 2015).

### 2.3.2 Inorgánicos

Estos residuos se generan de las minerías y de productos sintéticos, por ejemplo: plásticos, vidrios, metales, cristales, pilas, cartones plastificados, etc. Estos residuos inorgánicos no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente, por ende es posible que sufran una descomposición demasiado lenta (CONAM, 2006).



Figura 3. Residuos Inorgánicos (CONAM, 2006).

### 2.4 Materia Orgánica

Los restos de animales, los desechos y vegetales son descompuestos por, microorganismos, lombrices, insectos y elementos ambientales se les llaman materia orgánica. Al morir un ser vivo muere, la descomposición producida por dichos factores lo convierten una gran parte en nutrientes, minerales y la otra parte se transforma en humus, materia que es liberada por sus minerales por lo menos durante unos 3 años. El proceso continuo hasta que se incorpore al suelo. (García Leños, 2008). La materia orgánica está formada por compuestos como proteínas, carbohidratos y ligninas.(Pascual y Venegas, 2010).

En suelo los organismos descomponen las sustancias orgánicas, dejando solamente residuos difícilmente atacables, como: grasas, aceites, ceras y ligninas procedentes de las plantas. El resto son transformados por parte de los microorganismos, donde una parte como componentes propios (polisacáridos). De la transformación se genera un producto es una

mezcla compleja amorfas y coloidales de color negro o marrón oscuro denominado humus (Melendéz, G.; Soto, 2009).

La materia orgánica representa del 95 al 99% lo cual es del total del peso seco de los seres vivos, pero su presencia en los suelos es escasa y son contados las excepciones en las que supera el 2% (Julca y Bello, 2006).

En un 75-90% de los residuos orgánicos están formados por agua. Una pequeña fracción de materia orgánica de suelo está constituida por aminoácidos, carbohidratos, proteínas, ácidos alifáticos, grasas, entre otros. Estas sustancias húmicas, los cuales son una serie de compuestos de un alto peso molecular (Melendéz, G.; Soto, 2009). Todas estas sustancias húmicas han sido divididas en soluciones ácidas de acuerdo a su solubilidad y básicas concentradas: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, huminas. Los ácidos húmicos son moléculas complejas y más grandes que los ácidos fúlvicos, y también presentan contenidos altos en nitrógeno, pero menor de grupos funcionales (Melendéz, G.; Soto, 2009).

Los residuos de plantas y animales al descomponerse en el suelo constituyen un proceso biológico básico en el carbono (C) es recirculado hacia la atmosfera como el nitrógeno (N), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es hecho disponible como amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) entre otros elementos (P,S entre otros elementos) los cuales aparecen en forma requerida por las plantas superiores (Ponce y Nataly, 2012).

En el proceso el carbono es asimilado dentro del tejido microbiano (la biomasa del suelo) y la otra parte es convertida en humos. El humus natico es mineralizado simultáneamente, en efecto el contenido total de materia orgánica el cual es mantenido a un nivel estable característico del suelo y del manejo del sistema (Artigas Durán, 1998).

## **2.4.1 Propiedades de la Materia Orgánica**

### **2.4.1.1 Propiedades físicas**

- Otorga al suelo un determinado color
- Presenta una gran capacidad de retención del agua lo cual permite el asentamiento de vegetación, imposibilitando la acción de los agentes erosivos.

- Estructura: abarca en la estabilización como en la formación de los agregados. Las sustancias húmicas presentan un poder aglomerado, se unen a la fracción mineral y dan buenos flóculos en el suelo generando una estructura grumosa estable, de una elevada porosidad, lo que implica que la permeabilidad del suelo sea mayor.
- La temperatura en el suelo es mayor debido a que los colores oscuros absorben más radiaciones que los claros (Ramirez Carvajal, 1997).
- La materia orgánica adsorbe plaguicidas y otros contaminantes y evita que estos percolen hacia los acuíferos, lo cual protege al suelo de la contaminación
- Los restos de animales y de vegetales depositados en la superficie del suelo, protegen la erosión hídrica y eólica. Por otro lado, tiene un poder aglomerante y da agregados que encargan de proteger sus partículas elementales de la erosión (Gallardo, 2013).
- Disminuye la densidad aparente del suelo que tiene menor densidad (1.1-1.5 gr/cm<sup>3</sup>) que la fase inorgánica (2.65 gr/cm<sup>3</sup>) y también genera porosidad en el suelo (Tsáchilas, 2019).
- Aumenta el rango de humedad en el suelo se comporta como friable (consistencia ideal para realizar el laboreo), debido a su capacidad de absorber agua y no manifestar plasticidad (Gallardo, 2013).

#### ***2.4.1.2 Propiedades químicas y fisicoquímicas***

- La materia orgánica es una fase que reacciona con la solución del suelo y con las raíces.
- Las sustancias húmicas tienen propiedades coloidales, debido a su carga y su tamaño (fijan soluciones en superficie, dispersan, floculan, retienen agua, hinchan y contraen.
- Capacidad de cambio. La materia orgánica fija iones de la solución en el suelo, los cuales débilmente retenidos, están en posición de cambio, evitando por tanto que se produzcan pérdidas de nutrientes en suelo.

- Interviene en el pH. Produce compuestos orgánicos que tienden a acidificar el suelo.
- La amplitud de cambio es de 3 a 5 veces superior a las arcillas, es por tanto una buena reserva de nutrientes.
- Descompone los minerales. Es un agente de alteración por su carácter ácido.
- Interviene en el estado de floculación/dispersión del suelo (Gallardo, 2013)

### 2.4.2 Materiales Orgánicos

Material orgánico es aquel de origen vegetal (desechos de hortalizas, malezas, desechos de cosechas) o de origen animal (cascaras de huevo, huesos, estiércoles) siendo estos utilizados para la elaboración de abonos orgánicos (Vera, 2011).



*Figura 4. Materiales orgánicos que aportan diferentes nutrientes(Vera, 2011).*

### 2.4.3 Materia Orgánica del Suelo

Son aquellos residuos de origen biológico que se depositan en diferentes estados de descomposición (Vera, 2011).

### 2.4.4 Abono Orgánico

El abono orgánico está formado por compuestos naturales que se obtienen por la mineralización o descomposición de materiales orgánicos, que se utilizan para mejorar la

calidad del suelo y proporcionar nutrientes a los cultivos, con la finalidad de disminuir o remplazar al uso de fertilizantes (Vera, 2011).



Figura 5. Procesos del abono orgánico (Vera, 2011) .

Según lo abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen vegetal, animal o mixto los cuales se añaden al suelo con el objetivo de mejorar las características químicas, físicas y biológicas. Estos se pueden encontrar en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (especialmente las fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos e la explotación agropecuaria (purín, estiércol; restos orgánicos procedentes de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de excretas) (Diego, 2012).

Tabla 1.

*Propiedades químicas, biológicas y físicas del suelo*

<b>¿Por qué utilizar orgánicos?</b>		
<b>Porque mejoran ciertas propiedades químicas, biológicas y físicas del suelo como:</b>		
<b>Propiedades físicas</b>	<b>Propiedad químicas</b>	<b>Propiedad biológicas</b>

Mejoran la estructura del suelo, brindando aireación y temperaturas adecuadas.	Incrementan la capacidad de intercambio catiónico, mejorando la retención de cationes en el suelo, a su vez mejoran la eficiencia de la fertilización y el rendimiento de los cultivos.	Incrementan el contenido de materia orgánica
Disminuyen la erosión, evitando el lavado de las partículas al formar agregados estables del suelo (abonos solidos).	Aporte completo de nutrientes para los cultivos, pero en bajas concentraciones principalmente para nitrógeno y fosforo, que algunos cultivos requieren en grandes concentraciones.	Aumentan la población de macro y microorganismos benéficos del suelo.
Retienen Humedad del suelo (Abonos		

Fuente: (Vera, 2011)

## 2.5 Tipos de Tratamiento



Figura 6. Tipos de tratamiento para residuos orgánicos (Vera, 2011).

### **2.5.1 Humus de Lombriz**

Es la transformación de materiales orgánicos como estiércol de animales, desechos de comida, restos de cosechas, mediante la actividad de las lombrices. Las lombrices se alimentan de la materia orgánica, en el interior estos materiales son convertidos en unas partículas de menor tamaño y por último son expuestas al exterior como heces fecales. Estas heces fecales contienen nutrientes, los cuales sirven como abono para las plantas (Vera, 2011).

Para una producción de humus la lombriz adecuada es roja californiana (*Eisenia foetida*); estas se alimentan de todo tipo de desechos orgánicos, presenta una enorme voracidad, es muy vivas y es y una gran reproductora. (Vera, 2011).



*Figura 7.* Lombriz roja californiana (Vera, 2011).

### **2.5.2 Bocashi**

Es una técnica japonesa mediante el cual se aprovechan los residuos orgánicos de una forma muy parecida a la del compostaje, donde al producto final también se le denomina abono orgánico, esta técnica se realiza por medio de volteos frecuentes y temperaturas por debajo de los 45-50 °C, hasta que la actividad microbiana baja al disminuir la humedad del material. A este método se le considera un proceso de compostaje incompleto (Jaramillo Henao y Zapata Márquez, 2008).

Según Ramirez (1999), Bocashi, es un abono orgánico fermentado, el cual se elabora a base de estiércol y distintos componentes orgánicos los cuales son subproductos o desechos de la misma unidad de producción, por la cual son económicos para el agricultor. La receta original para el Bocashi son la cascarilla de arroz y levadura de pan, pero estos se cambiaron por: mazorca de maíz molido, paja de trigo; ya que los primeros son difíciles de conseguir en algunas regiones.

### **2.5.3 BIOL (Biorgánico Líquido Anaerobio)**

Biol se le llama al abono líquido que se genera de la fermentación de estiércol de animales, enriquecido con plantas medicinales y leguminosas, que ayudan para el crecimiento de los cultivos. (INIAP, 2011).

Según (Roales Franklin, 2004), los agricultores están usando el BIOL pese a que el uso de abonos orgánicos líquidos es relativamente nuevo, y por otro lado también lo están remplazando así a los agroquímicos convencionales, por el bajo costo de obtención ya que los materiales están a su alcance. Esto hace que el manejo de la agricultura se a más sostenible y menos contaminantes para el ambiente

### **2.5.4 Té de Estiércol**

El té estiércol es un abono orgánico líquido, su principal componente es el nitrógeno, resulta de la fermentación del estiércol fresco de bovino, también enriquecido con distintas plantas leguminosas y minerales para el crecimiento de los cultivos. Este abono se diferencia del biol porque la fermentación se realiza en presencia del oxígeno, es decir es aeróbica (INIAP, 2011).

### **2.5.5 Abono de Frutas**

Es un abono orgánicos líquido que resulta de la fermentación aeróbica o anaeróbica de frutas y maleza; es un abono rico en aminoácidos nutrientes (INIAP, 2011).

### **2.5.6 Compost**

El compostaje viene a ser la degradación de residuos orgánicos por la acción de microorganismos, modificando la estructura de los compuestos orgánicos (MINAM, 2004).

Según periodo de descomposición, se da el grado de madurez al realizar la degradación parcial o biotransformación (descomposición de un compuesto orgánico en otro similar) y degradación completa o mineralización, siendo esta la descomposición total de moléculas orgánicas en dióxido de carbono, residuos inorgánicos inertes o minerales que se incorporan a la estructura del suelo, de los microorganismos y de las plantas (Cabrera, 2016).

El compost también se puede definir como:

- Producto que resulta del proceso de compostaje. Está constituido principalmente por materia orgánica estabilizada, donde no se reconoce su origen, puesto que se degrada generando partículas más finas y oscuras (NCh2880.Of2004, 2004).
- Conversión biológica bajo condiciones controladas, de residuos en un producto de higiénico, rico en humos y relativamente estable que acondiciona el suelo y nutre las plantas (Delgado Chuecas y Chima Cerdán, 2011).
- Descomposición biológica aerobio controlado, la cual permite una degradación y afianzamiento de la materia orgánica donde se generan reacciones físicas, biológicas y químicas como cambios de temperatura, pH, humedad, etc (Bueno, Díaz, y Cabrera, 2012).
- Es un proceso biooxidativo controlado que hace que intervenga un sustrato orgánico heterogéneo evoluciona pasando a una fase termofílica y una liberación temporal de fitotoxinas; la cual permite la liberación de agua, dióxido de carbono, materia orgánica estabilizada y minerales (Díaz García, Arcos Jiménez, Peña Gallego, Zuluaga Machado, y Esteban Torres, 2014).
- El compostaje es un proceso que interviene una serie de transformaciones de los residuos orgánicos, mejorando las propiedades químicas y físicas del material original, aumentando la fertilidad potencial y simultáneamente la calidad de humus estable (Cabrera, 2016).

Durante este proceso, la materia orgánica heterogénea es un producto homogéneo llamado “compost”, donde la calidad es variable y dependerá del tipo de materia orgánica utilizada, el tiempo de duración del proceso y de la técnica de compostaje (Escobar, Sánchez Ponce, y Azero A., 2012).

Según (Escobar y Jola, 2012). el compostaje viene a ser un ecosistema en donde distintas poblaciones microbianas están constituidas por hongos, bacterias y actinomicetos degradando secundariamente la materia orgánica en presencia de oxígeno donde va a generar un producto uniforme junto con el agua, calor y gas, como residuo del metabolismo microbiano. El compostaje es una compleja interacción entre los microorganismos y restos orgánicos. La producción de calor y aireación. Por lo cual el tipo de microorganismos dependerá de las condiciones nutricionales y ambientales, en cuyas variaciones intervienen sus propias actividades.

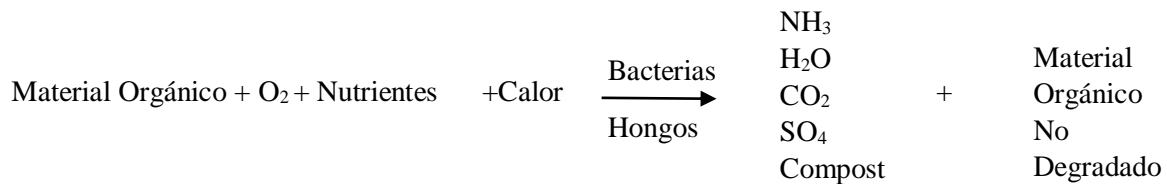
#### ***2.5.6.1 Propiedades del compostaje***

- ✓ **Aumenta la actividad biológica del suelo:** Actúa como alimento y soporte de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a la mineralización.
- ✓ **Aumenta las propiedades físicas del suelo:** La materia orgánica genera una estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola. La capacidad de retención de agua en el suelo, incrementa la permeabilidad y porosidad. Por lo tanto, se obtienen suelos con mayor retención de agua y suelos más esponjosos. Por otro lado, la población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo (Cajahuanca, 2016).
- ✓ **Incrementa las propiedades químicas:** Eleva el contenido en micro nutrientes, macro nutrientes, N, P, K, capacidad de intercambio catiónico (C.I.C) y es almacén y fuente de nutrientes para los cultivos (Cajahuanca, 2016).

### 2.5.7 Compostaje Aeróbico

El compostaje aerobio es un proceso de degradación biológica en donde los microorganismos modifican los compuestos orgánicos mediante reacciones metabólicas, en las que se separan los electrones de los compuestos y se oxidan las estructuras de carbono a dióxido de carbono y agua. Nunca se produce una oxidación completa debido a que una parte del material orgánico se transforma y otra no es biodegradable

El proceso de biodegradación aeróbica se puede describir mediante la siguiente ecuación (Eweis, 1999).



El proceso de compostaje aerobio ocurre en fases diferentes: En la primera se da una gran actividad de bacterias mesófilas quienes utilizan gran parte del carbono como fuente de energía expulsando CO<sub>2</sub> y generando calor debido a que las reacciones metabólicas son de naturaleza exotérmica. La generación de calor incrementa la temperatura lo que da paso a una segunda fase, en la cual la materia orgánica alcanza su bioestabilización a través de reacciones bioquímicas de oxidación llevadas a cabo por organismo de naturaleza termofílicas; En la última fase denominada de maduración, la temperatura disminuye actuando mohos y actinomicetos que contribuyen a la estabilidad del compost (Eweis, 1999).

#### 2.5.7.1 Fases del Compostaje

El compostaje viene hacer la suma de los procesos metabólicos complejos realizados por parte de distintos microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su biomasa. En este proceso, se incrementa los microorganismos, generando calor y sustratos sólidos, con menos C y N, pero más estable, el cual es llamado compost (FAO, 2013a).

Al descomponer la materia orgánica y el C, el N, los microorganismos desprenden calor medible, por medio de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Por medio

de la temperatura, se reconoce 3 etapas principales en un compostaje y también la etapa de maduración y de duración de variable. Las diferentes fases se dividen según la temperatura (FAO, 2013a).

#### *2.5.7.1.1 Etapa de Latencia*

La fase de latencia inicia al depositar el material hasta que se registran los incrementos de la temperatura en relación a la temperatura inicial del material y del ambiente.

#### *2.5.7.1.2 Etapa Mesofílica*

El proceso del compostaje empieza a una temperatura ambiente y en unos pocos días (e incluso horas), la temperatura aumentara hasta unos 45°C. Cuando la temperatura aumenta se debe a que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes más sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por la tanto, el pH puede bajar (hasta 4.0 o de 4.5). Esta fase dura pocos días (entre 6 y ocho días) (Maria, 2015).

#### *2.5.7.1.3 Etapa Termófila o de Higienización*

En la fase termófila el material llega a temperaturas mayores que 45°C, dentro de esta fase se desarrollan microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilas) estas son remplazadas por que crecen a temperaturas mayores, en la mayor parte son bacterias (bacterias termófilas), las cuales actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina (Maria, 2015).

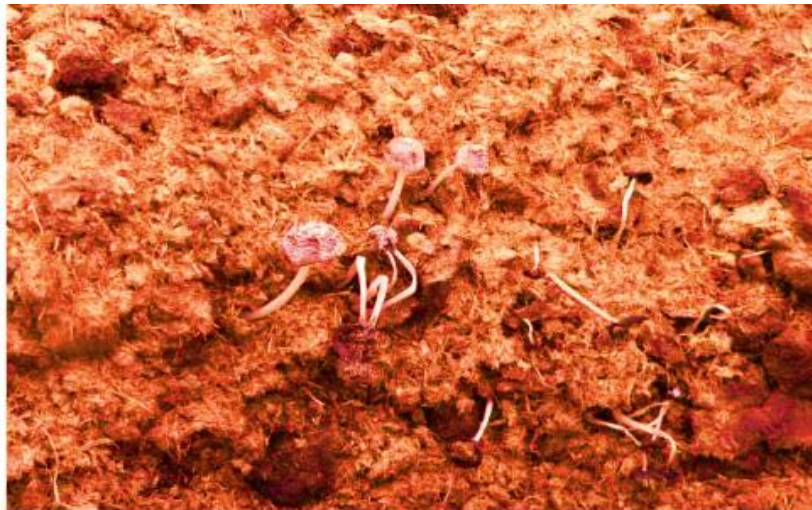
Los microorganismos transforman el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. También, a partir de las 60°C aparecen bacterias que producen actinobacterias y esporas, las cuales son los encargados de descomponer las hemicelulosas, ceras y otros compuestas de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores (FAO, 2015).

A esta fase también se llama higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp*. Las temperaturas de 55°C eliminan quistes y huevos de helminto, semillas de malezas y esporas de hongos

fitopatógenos las cuales se encuentran en material particulado, dando lugar a material higienizado (FAO, 2015).

#### *2.5.7.1.4 Etapa de Enfriamiento o Mesófila*

En esta fase al agotarse las fuentes del nitrógeno y carbono en el material de compostaje, la temperatura baja nuevamente hasta los 40- 45 °C. Durante esta fase, prosigue la degradación de polímeros como la celulosa, y se manifiestan algunos hongos visibles a simple vista (Figura 4). Al declinar a 40 °C, los organismos mesófilas reinician su actividad y el pH empieza a bajar lentamente, pero por lo general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta se puede confundir con la fase de maduración y requiere varias semanas para el enfriamiento (Jakelin, 2016).



*Figura 8. Hongo indicador de la fase Mesófila (FAO, 2013).*

#### *2.5.7.1.5 Etapa de Maduración*

Este periodo demora meses a temperatura ambiente, produciendo reacciones secundarias de polimerización y condensación de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (FAO, 2013).

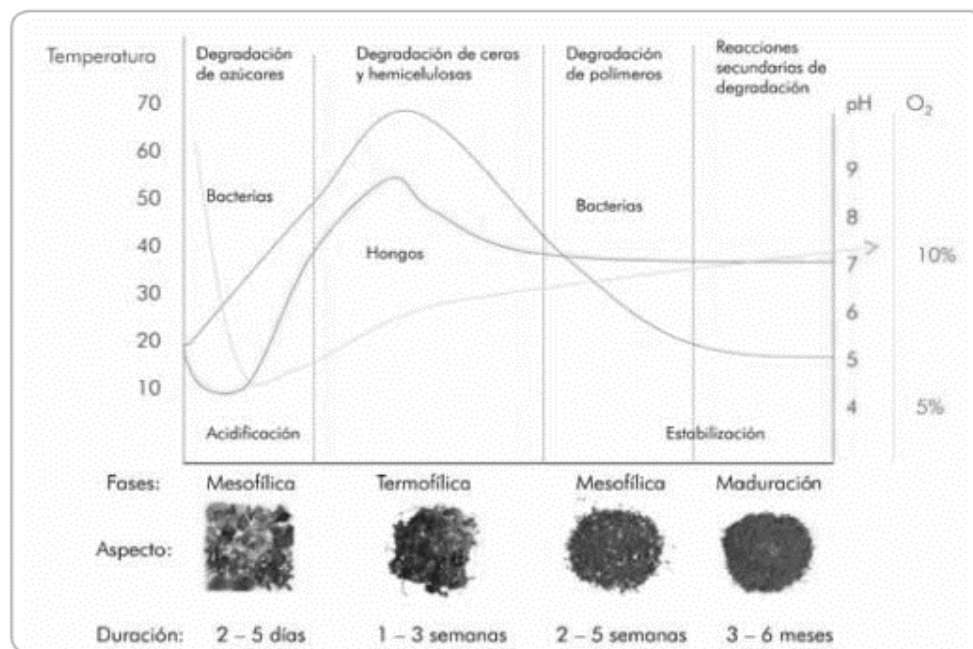


Figura 9. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje (FAO, 2013a).

### 2.5.8 Parámetros del Compostaje

Según Jaqueline (2015), los parámetros o variables en el sistema de compostaje son medidos mediante procesos que afectan los sistemas de compostaje por ende los valores deben en intervalos considerados correctamente para cada fase del proceso.

Por ellos e propuso un investigación relacionada a los parámetros óptimos en el compost (Jaqueline, 2015).

Tabla 2.

#### Parámetros de compostaje

Parámetro	Rango ideal del comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en la fase termófila II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C/N	25/1 - 35/1	15/20	10/1 - 15/1
Concentración de oxígeno	~ 10%	~ 1%	~ 1%
Densidad	250-400 kg/m <sup>3</sup>	< 700kg/m <sup>3</sup>	< 700kg/m <sup>3</sup>
Humedad	50% - 60%	45% - 55%	30%- 40%
Materia orgánica (Base seca)	505- 70%	< 20 %	> 20%

Nitrógeno Total (Base seca)	2,5% - 3%	1 - 2%	~ 1%
pH	6,5 - 8,0	6,0 - 8,5	6,5 - 8,5
Tamaño de partícula	< 25 cm	~ 15 cm	< 1,6 cm
Temperatura	45 - 60°C	45°C - Temperatura ambiente	Temperatura ambiente

Fuente: (FAO, 2013b)

## 2.5.9 Parámetros de Entrada

### 2.5.9.1 Tamaño de Pila

El tamaño de la pila, en especial afecta, el contenido de la humedad, de oxígeno y la temperatura. Si las pilas presentan una baja altura y la base ancha, además de presentar una buena humedad y una buena relación de C/N, van hacer que el calor generado por los microorganismos se desperdicie de tal forma que los pocos grados de temperatura no se conserven (Edwards y Araya, 2011).

Según Cabildo Miranda et al., (2012), define el tamaño de la pila depende del área disponible para realizar el proceso y la cantidad del material a compostar. Se realizan pilas de entre 1,5 y 2 metros de alto y de entre 1,5 y 3 metros, La longitud de la pila dependerá del área y del manejo. También se debe tener en cuenta que, durante el proceso de compostaje, la pila disminuye de tamaño hasta un 50%, se debe en parte a la pérdida de carbono en forma de  $CO_2$  (FAO, 2013a).

### 2.5.9.2 Tamaño de la Partícula

Las partículas cuando son muy finas se reduce el espacio entre partícula, lo cual no permite la circulación de oxígeno y dióxido de carbono, impidiendo la proliferación de microorganismos los cuales se encargan de deteriorar la materia orgánica, produciendo fermentación y condiciones anaeróbicas, determinado el proceso de compostaje (Haug, 1993).

El tamaño de la partícula está relacionado con la actividad microbiana, esto es, con facilidad de acceso al sustrato. Un mayor acceso de sustrato existe cuando las partículas son

pequeñas. El tamaño de material para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm. La densidad de la pila es de aproximadamente 150- 250  $kg/m^3$ , y mientras avance el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y la densidad a aumenta, 600- 700  $kg/m^3$  (FAO, 2013a).

### **2.5.9.3 Relación Carbono/Nitrógeno**

Según Ruiz (2003), la materia orgánica tiene dos constituyentes básicos son el nitrógeno y el carbono. Para la obtención de un compost de buena calidad tiene que existir una relación equilibrada. Una relación C/N de 25 – 35 es correcta a pesar de que en la práctica este valor es elevado. Esta reacción puede variar dependiendo de las materias primas.

Cuando la relación C/N es elevada, disminuye la actividad biológica; y por el contrario cuando es baja no afecta el proceso de compactación, lo cual perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco (Ruiz, 2003).

Según Ruiz (2003), el carbono es la fuente de energía para los microorganismos, ya que activan los procesos metabólicos, y el nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica.

Se estima que una relación C/N de 20 a 30 es para el inicio del proceso, lo cual es considerada una relación óptima, es decir un material “crudo o fresco “a compostar de 25 unidades de carbono por y una unidad de nitrógeno. Y si la relación no alcanza un valor óptimo, el sistema microbiano va a sufrir un desarrollo muy diferente al deseado (Marcos, 2012)

Los materiales con contenido de carbono necesitan mezclarse con alto contenido de nitrógeno. A continuación, se muestra en la tabla 2 algunos se los materiales (Marcos, 2012).

*Tabla 3.*

*Contenido de relación C/N de algunos materiales orgánicos*

MATERIALES	C (%)	N (%)	C/N
Aserrines	40	0,1	400
Paja de caña	40	0,5	80
Estiércol de equino	15	0,5	30
Césped de jardín	45	1,5	30
Estiércol de ovino	16	0,8	20

Heno	40	2	20
Hojas secas	20	1	20
Estiércol de gallina	15	1,5	10
Harina de sangre	35	15	2

Fuente: (Marcos, 2012)

La relación C/N varía en función del material de partida y se obtiene la reacción numérica al dividir el  $\frac{C(\%Total)}{N\ total\ (\%N\ Total)}$  de los materiales a compostar.

Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35:1 a 15:1 ver tabla 4.

*Tabla 4.*

*Contenido de relación C/N de algunos materiales orgánicos varianza en el proceso*

Nivel alto de nitrógeno 1:1 – 24: 1		C:N equilibrado 25:1 – 40:1		Nivel alto de carbono 41:1 – 1000:1	
Material	C:N	Material	C:N	Material	C:N
Purines frescos	5	Estiércol vacuno	25:1	Hierba recién cortada	43:1
Gallinaza pura	7:1	Hojas de frijol	27:1	Hojas de árbol	47:1
Estiércol porcino	10:1	Crotalaria	27:1	Paja de caña de azúcar	49:1
Desperdicios de cocina	14:1	Pulpa de café	29:1	Basura urbana fresca	61:1
Gallinaza camada	18:1	Estiércol ovino/caprino	32:1	Cascarilla de arroz	66:1
		Hojas de plátano	32:1	Paja de arroz	77:1
		Restos de hortalizas	32:1	Hierba seca (gramíneas)	81:1
				Bagazo de caña de azúcar	104:1
				Mazorca de maíz	117:1
				Paja de maíz	312:1
				Aserrín	638:1

Fuente: (Peña, Carión, Martínez, Rodríguez, y Companioni, 2002)

Para realizar las mezclas que se van utilizar el compost se realiza un balance de relación C/N de 25 a 35, y por lo general estas características no se encuentran por si solas. Porque que se realizará una ecuación para determinar la mezcla de proporciones (Ryan Herrera y Riffo Prado, 2007) en la ecuación (1) puede ver la fórmula:

$$S = \frac{(C \text{ en } 1 \text{ kg de } B) - \left(\text{relación } \frac{C}{N} \text{ deseada}\right) * (N \text{ en kg de } B)}{(N \text{ en } 1 \text{ kg de } A) * \left(\text{relación } \frac{C}{N} \text{ deseada}\right) - (C \text{ en la } 1 \text{ kg de } A)}$$

**Dónde:**

S = Kg. de residuo A

C = Contenido de carbono

N = Contenido de nitrógeno

#### **2.5.9.4 Nutrientes**

En el desarrollo microbiano los nutrientes son muy importantes ya que poseen las características químicas fundamentales necesarias en la composición elemental como el carbono, nitrógeno y fosforo. El carbono es indispensable en la síntesis celular para la formación del protoplasma, así como las grasas, lípidos y carbohidratos; en el metabolismo se oxida para producir anhídrido carbónico y energía; el elemento que debe estar presente en mayor cantidad ya que el 50% de las células de los microorganismos y el 25% de anhídrido carbónico (Maisincho, 2015).

El nitrógeno es fundamental para la reproducción celular debido a la composición de ácido nucleicos y la naturaleza proteica del protoplasma; se ha demostrado en estudios que un compost de buena calidad como fertilizante está relacionado directamente con el nitrógeno. Además, el fosforo desempeña un rol muy importante en la formación de compuestos celulares ricos en energía, siendo importante para el metabolismo microbiano (Maisincho, 2015).

Los compuestos simples son aprovechados por los microorganismos, por lo que las moléculas complejas se rompen y se convierten moléculas más sencillas como las proteínas en aminoácidos y estos en amoníaco, para que estén puedan ser asimiladas (Castaldi, 2004).

## 2.5.10 Parámetros de Seguimiento

### 2.5.10.1 Temperatura

La temperatura es un parámetro determinante del proceso del compostaje, siendo un indicador de la actividad microbiana de los microorganismos, ya que estos actúan mejor dentro de rangos de temperaturas específicas (Defrieri, Jimenez, Effron, y Palma, 2005).

En las diferentes etapas del proceso de compost, los materiales sufren alteraciones de la temperatura, ya que estos continuamente están intercambiando con los grupos de microorganismos. Para una adecuada y eficiente descomposición la temperatura debe encontrarse en un promedio de 50- 65 °C (Crespo, 2011). Al iniciar el proceso, los materiales se encuentran a temperatura ambiente, de 2 a 6 días se logra llegar a temperaturas de 45°C, debido a la biodegradación de los sustratos y a los metabolismos de los microorganismos exotérmicos, existiendo una liberación de calor provocando un aumento de temperatura, descomponiendo algunos compuestos como almidones, grasas y azúcares (Marcos, 2012).

Según Marcos (2012), cuando la temperatura alcanza los 60° a 70° , se puede decir que se han eliminado semillas de malezas y distintos agentes patógenos que pueden estar presentes, posteriormente la temperatura desciende gradualmente hasta nivelarse con la temperatura ambiente.

A continuación, se muestra en la tabla 4 la relación que existe entre las etapas del proceso de compost y la temperatura (Irigoin, 2017).

Tabla 5.

*Relación de la temperatura con las etapas del compost*

Temperatura (°C)	Etapas
20 a 45	Etapas Mesofílica
45 a 65	Primera etapa termofílica
65 a 75	Etapas de enfriamiento
75 a 45	Etapas de maduración

Fuente: (FAO, 2013a)

### 2.5.10.2 Oxígeno

Según Bueno et al. (2012), Durante el proceso aerobio se debe mantener una aireación adecuada para mantener la respiración de los microorganismos. La aeración evita que el material se encharque o se compacte. Durante el proceso el oxígeno varía, alcanzando mayor tasa de consumo en la fase termofílica.

El oxígeno siempre se debe mantener en un rango de 5%-10%. Al existir un exceso de aireación la temperatura desciende y se genera una mayor pérdida de la humedad por evaporación, de esta manera el proceso de descomposición se detenga por falta de agua. Por el contrario, cuando la aireación baja impide una suficiente evaporación de agua, generando una ambiente anaerobiosis y un exceso de humedad. Produciendo acides, malos olores por la presencia de compuestos de ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) o metano ( $CH_4$ ) y ácido acético (Bueno et al., 2012).

Tabla 6.

Control de la aireación

5% - 15% Rango ideal			
	Problema	Soluciones	Porcentaje de aireación
Baja aireación	Poca evaporación de agua, produciendo un exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/ o adición de material que permita un aireación.	< 5%
Exceso de aireación	Evaporación del agua y descenso de temperatura, reteniendo el proceso de descomposición por falta de agua.	Se debe regular la humedad, proporcionar agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (Césped, restos de frutas verduras, purines, etc.). Además, reducir el tamaño del material por picado y así reducir la aireación.	> 15%

Fuente: (FAO, 2013b)

### **2.5.10.3 Humedad**

La humedad es indispensable para los microorganismos, porque el agua es medio donde se alimentan y se desplazan. Al realizarse el compostaje se debe evitar una humedad elevada ya que desplazaría al oxígeno y por efecto el proceso pasaría a ser anaerobio (ausencia de aire) o una putrefacción (Bertoldi y Vallini, 1982).

En el caso de los desechos orgánicos crudos la humedad es variable, de igual modo en las excretas y estiércoles también varía, dado que la humedad está íntimamente relacionada con la dieta. Al encontrarse la humedad inicial de los residuos crudos más de un 50%, es necesario buscar la manera de que el material pierda humedad (Jakelin, 2016).

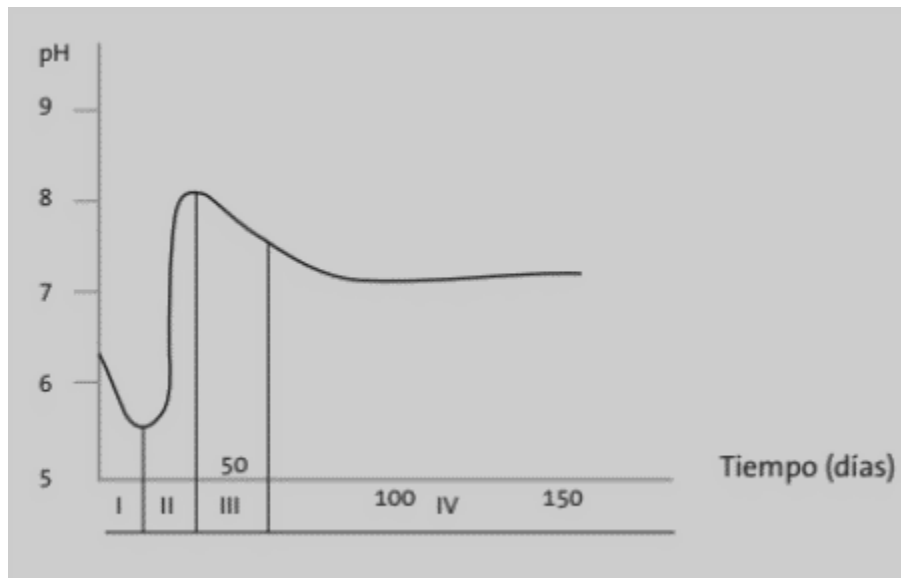
Si la humedad se encuentra por debajo de 45%, empieza a bajar la actividad microbiana, generando que no se completen todas las fases de degradación, y por ende el producto obtenido no sea biológicamente inestable. El rango óptimo de humedad en el compostaje es de 45% al 65% de agua en peso de material base (Alodia Pérez Muñoz, 2014).

Según la NCh2880.Of2004 (2004), menciona que todo compost debe tener una cantidad de humedad  $>$  o igual al 25% de la masa del producto y  $<$  o igual a la cantidad de materia orgánica +6, si este contenido es  $>$  de 40% de la masa del producto;  $<$  o igual al contenido de materia orgánica + 10, si el contenido es  $<$  de 40% de la masa del producto.

### **2.5.10.4 pH**

En el compostaje el pH varía ya sea en cada fase (desde 4.5 a 8.5) y también depende de los materiales de origen (figura 10). En la etapa primaria del proceso, el pH se acidifica para que ocurra la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila el pH se alcaliniza y sube, debido a la conservación de amonio en amoníaco; y finalmente pueda estabilizarse en valores cercanos al neutro (Robles Mitma, 2015).

La mayor actividad microbiana se produce a pH 6,0-7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El pH es el que define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de multiplicación y crecimiento. El rango ideal es de 5,8 a 7,2 (Sandberg, 2008).



*Figura 10.* Evolución del pH durante la maduración. (Robles Mítma, 2015)

#### **2.5.10.5 Color**

El compost varía de color, a medida que este va madurando se oscurece, luego pasa un color marrón oscuro o casi negro (Gamos, 1994), esto se debe a una formación de grupo cromóforos, principalmente compuestos con dobles enlaces conjugados, aunque los mecanismos y las reacciones que regulan estos cambios no están del todo muy claros (Chávez Pérez, 2013).

#### **2.5.10.6 Olores**

En todas las clases de compost deben presentar olores normales en sus primeras fases, debido a la descomposición teniendo un olor característico a los ácidos orgánicos: propiónico, acético, etc.; y los olores típicos de la fermentación. Todos estos olores desaparecen a medida que el compost se estabiliza (Gilberto Iñiguez, 2005).

#### **2.5.10.7 Relación C/N**

Mientras más bajo sea el valor de la relación C/N, > será el grado de mineralización (fuga de nitrógeno orgánico, por la transformación en amonio) de la materia orgánica y, por la calidad del compost será superior (Chunga Zapata, 2014)

Tabla 7.

*Relación Óptima de C/N*

Calidad de compost	Relación C/N
Muy Buena	Menor a 8
Buena	8 - 10
Mediana	12 - 15
Deficiente	15 - 20
Mala	20 - 30
Muy mala	Mayor a 30

Fuente: (Chunga Zapata, 2014)

**2.5.10.8 Materia Orgánica**

Según la Comisión Nacional del Medio Ambiente Departamento Descontaminación Planes y Normas (2000), menciona que el volumen de la materia orgánica para cualquier tipo de compost, tiene que ser menor o igual al 25% en la base seca.

**2.5.10.9 Fósforo Total**

La cantidad del fósforo en el compost varía entre 0.3% y 3.5% en forma de óxido fosfórico ( $P_2O_5$ ) y depende mucho del tipo de materiales que han sido utilizados en el compostaje. Por otro lado, el fósforo es muy importante en la maduración tanto de flores, semillas y los frutos de las plantas, por lo que intervine en el la formación y desarrollo de raíces, es por eso que es muy importante en el compost (Marcos, 2012).

**2.5.10.10 Potasio Total**

Se encuentra el potasio total en el compost en una proporción entre 0,5% y el 1,8% y se encuentra mayormente en forma de óxido de potasio ( $K_2O$ ). Además, el potasio es el encargado del desarrollo de las plantas, ya que hace las raíces crezcan fuertes y que las semillas, las hojas, los frutos sean grandes, y generando una resistencia ante las plagas (Marcos, 2012).

**2.5.10.11 Parámetros Microbiológicos**

En el proceso de compostaje intervienen microorganismos que atacan a los residuos orgánicos. El 95% de estos microorganismos está conformado por bacterias y hongos, los

cuales son los encargados de la actividad microbiológica para degradar lo materiales, seguidos de los protozoos y los actinomicetos (Laich, 1999).

En el proceso del compostaje ocurren cambios significativos tanto cualitativos como cuantitativos como cuantitativamente en la microflora activa. Las especies de microorganismos se pueden multiplicar rápidamente pero también pueden desaparecer por la muerte de estos, lo cual permite el crecimiento de otras poblaciones de microorganismos, esto se debe principalmente a los factores tanto físico como químicamente (Camacho, 2014).

Según Camacho (2014), todos los microorganismos que están en el proceso de compostaje son organismos heterótrofos, es decir, obtienen carbono y nitrógeno de la materia orgánica. En la siguiente tabla 8 se muestra los valores de los índices de calidad microbiológica del compost.

*Tabla 8.*

*Índices de calidad microbiológica del compost*

<b>Grupos funcionales</b>	<b>UFC/g de compost</b>
Bacterias totales	$5 * 10^{10}$
Hongos totales	$1 * 10^3 - 1 * 10^7$
Actinomicetos totales	$1 * 10^4 - 1 * 10^8$
Bacterias fijadoras de nitrógeno	$5 * 10^5$
Pseudomonas	$1 * 10^3 - 1 * 10^4$
Salmonella spp	Ausente en 25g de compost

Fuente: (Marcos, 2012)

Debido a que en el país no existen normas que defina la calidad microbiana del compost, se está tomando como referencia a las siguientes normas: Norma Chilena de calidad de compost 2880-2004, el Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC) y la norma 503 de la EPA (Agencia de protección ambiental).

Tabla 9.

Valores permisibles de los microorganismos patógenos en el compost

Parámetro	EPA (Norma 503)	ICONTEC	Norma chilena (NCh.2880.2003)
Microorganismos termotolerantes	$< 1 * 10^5 NMP$ <i>100g de compost</i>	Ausencia	$< 1 * 10^5 NMP$ <i>100g de compost</i>
Estreptococos fecales	-	-	Ausencia
Salmonella spp	$< 3 UFC$ <i>4 g de compost</i>	$< 3 UFC$ <i>4 g de compost</i>	Ausencia
Huevos de helminto viables	-	-	Ausencia

Fuente: (Chunga Zapata, 2014)

#### 2.5.10.12 Coliformes Totales

Según dice que existen niveles altos de coliformes totales y fecales al inicio de la biodegradación de los abonos ( $10^7$  a  $10^8$  NMP/100 ML), los cuales se reducen a 103 NMP/100 ml luego de 61 días (Peralta-Veran, Juscamaita-Morales, y Meza-Contreras, 2016).

#### 2.5.10.13 Coliformes Termotolerantes o Fecales

Las bacterias coliformes son el indicador bacteriano comúnmente utilizado para la calidad sanitaria del agua (Pierre, 2002), (Tallon, Magajna, Lofranco, y Kam, 2005). Se definen como miembros de géneros o especies dentro de la familia Enterobacteriaceae capaces de crecer a 37 ° C (coliformes totales) o 44 ° - 45 ° C (coliformes termotolerantes) que poseen β-galactosidasa (Edberg, Rice, Karlin, y Allen, 2000). Las bacterias coliformes son abundantes en las heces de los animales de sangre caliente, pero también se pueden encontrar en el suelo, los ambientes acuáticos y la vegetación. A diferencia de otras bacterias coliformes, *Escherichia coli* es casi exclusivamente de origen fecal y puede detectarse en densidades elevadas en heces humanas y animales, aguas residuales y agua sometidas a contaminación fecal reciente. Por lo tanto, se considera el mejor microorganismo indicador fecal (Edberg et al., 2000).

#### ***2.5.10.14 Escherichia Coli***

*Escherichia coli* es una bacteria anaerobia facultativa, Gram negativa, en forma de bastón (Houde, 2010). *Escherichia coli* es una bacteria que se encuentra comúnmente en el intestino de humanos y animales de sangre caliente.

La mayoría de las cepas de *E. coli* son inofensivas. Sin embargo, algunas cepas, como la *E. Coli* productora de toxina Shiga (STEC), pueden causar enfermedades graves transmitidas por los alimentos. Se transmite a los humanos principalmente a través del consumo de alimentos contaminados, como productos de carne molida cruda o poco cocida, leche cruda y verduras crudas y brotes contaminados. *Escherichia coli*, uno de los patógenos humanos más notorios y versátiles, que también es una de las bacterias comensales humanas más comunes (Houde, 2010).

#### ***2.5.10.15 Salmonella Spp***

*Salmonella* es un anaerobio facultativo gramnegativo en forma de bastón que pertenece a la familia Enterobacteriaceae (Barow, 1198).

*Salmonella spp* es un patógeno capaz de infectar gran variedad de vertebrados. La infección causada por *Salmonella* en humanos y animales domésticos sigue siendo un grave problema mundial (Becerra, Martinez, Godoy, Bravo, y Flores, 2012).

La infección por *Salmonella* sigue siendo un problema importante de salud pública en todo el mundo, contribuyendo a la carga económica de los países industrializados y subdesarrollados a través de los costos asociados con la vigilancia, prevención y tratamiento de enfermedades (Crump et al., 2008).

### 2.5.11 Requisitos Físicoquímicos en el Compostaje

Tabla 10.

Contenido de nutrientes

Nutrientes	Contenido	Observación
Fosforo soluble	Menor o igual de 5 mg/L en extracto.	Para plantas sensibles al stress de fósforo.
Fósforo total	Menor o igual a 0,1% sobre la base seca.	Para plantas sensibles al stress de fósforo.
Nitrógeno amoniacal	Menor de 300 mg/L	
Nitrógeno amoniacal más nitrato	Mayor de 100 mg/L en extracto.	Si se requiere que el compost contribuya a la nutrición vegetal.
Nitrógeno total	Mayor o igual a 0.6%, expresado en base seca.	Si se requiere que el compost contribuya a la nutrición vegetal.
Boro	Menor de 200 mg/kg de masa, en base seca	Productos con un contenido menor de 100 mg/kg de masa, en base seca, tienen uso restringido.
Sodio	Menor de 1%, sobre base seca.	Como alternativa, a lo menos, 7,7 moles de calcio más magnesio, por mol de sodio, en base seca.

Fuente: (NCh2880.Of2004, 2004)

### 2.5.12 Sistemas de Compostaje

El compostaje tiene como propósito permitir la optimización y control de parámetros operacionales, para conseguir un producto final con la suficiente calidad tanto desde su valor como fertilizante como desde el punto de vista sanitario (Lopez Wong, 2010). El tiempo del proceso, la disminución de los requerimientos de energía, espacio y seguridad higiénica de la del tratamiento son factores decisivos para el diseño de estos sistemas de compostaje.

Se clasifican en dos grandes grupos: abiertos y cerrados. En los primeros el compostaje se realiza al aire libre, en montones o pilas, y en los segundos, la fase de fermentación se realiza en reactores.

Los sistemas abiertos son los utilizados en USA, mientras que los sistemas en fermentador son denominados con frecuencia “europeos” es la razón de su origen

*Tabla 11.*

*Sistemas de Compostaje*

SISTEMAS ABIERTOS	
Apilamiento estático	Con aireación por succión Con aire soplando en conjunción de temperatura Ventilación alternamente (succión y soplado) y control de temperatura.
APILAMIENTO CON VOLTEO	
Apilamiento con volteo y aireación forzada	
Sistemas cerrados	
Reactores Verticales	Continuos Discontinuos
Reactores Horizontales	Estáticos Con rotación

Fuente: (Gobierno de Aragon, 2000) Adaptado de Gasser.

**2.5.12.1 Sistemas Abiertos**

Es una forma tradicional del compostaje siendo los más generalizados, los sustratos a compostar se disponen en pilas o montones las cuales pueden estar al aire libre o en naves. Para la aireación de la masa se puede hacer mediante ventilación forzada o por volteo mecánico de la pila. La ventilación forzada tiene la ventaja de que se controle el nivel de oxígeno, así como la temperatura, la humedad (Pilar, Miranda Cabildo; Claramunt , Vallepí; Ramirez Cornago, 2008).

También, supone menores costes, y necesidades menores de espacio, evitándose los inconvenientes en el volteo de las pilas (Aibar y Alarcón, 2000).

Los sistemas más utilizados son los siguientes:

### A. Compostaje en las pilas estáticas con aireación natural

El sistema de pilas es el más antiguo se realiza con una altura reducida, y no se mueven durante el compostaje. La ventilación es natural por los espacios de la masa a compostar. Los montones tienen dimensiones que están en función de los equipos utilizados para compostar, para este sistema, no interesa que sean más altos de 1,5 m, con una anchura en su base de unos 2,5-3 m, de longitud deseada de frente triangular, tomando precauciones en lugares o épocas más lluviosas (Aibar y Alarcón, 2000).

### B. Compostaje en las pilas estáticas con ventilación forzada

En este método se añade el proceso de sistemas de ventilación, por tuberías o por un canal empotrado en la soltera, donde producen una circulación de oxígeno y la evaluación de  $CO_2$  a través de la masa a compostar (Aibar y Alarcón, 2000). Donde esta ventilación puede hacerse por inyección de aire o por succión, controlando la temperatura, lo que ayuda a favorecer periodos de altas temperaturas prolongadas. Del mismo modo existen sistemas alterantes de succión e inyección. Dentro de estos métodos son los usados son el Rutgers y Beltsville, siendo el primero el que presenta más ventajas. Este tipo de compostaje se utiliza en lodos de depuradora y en el de sustratos para champiñón, entre otros (Nogués, 2010).

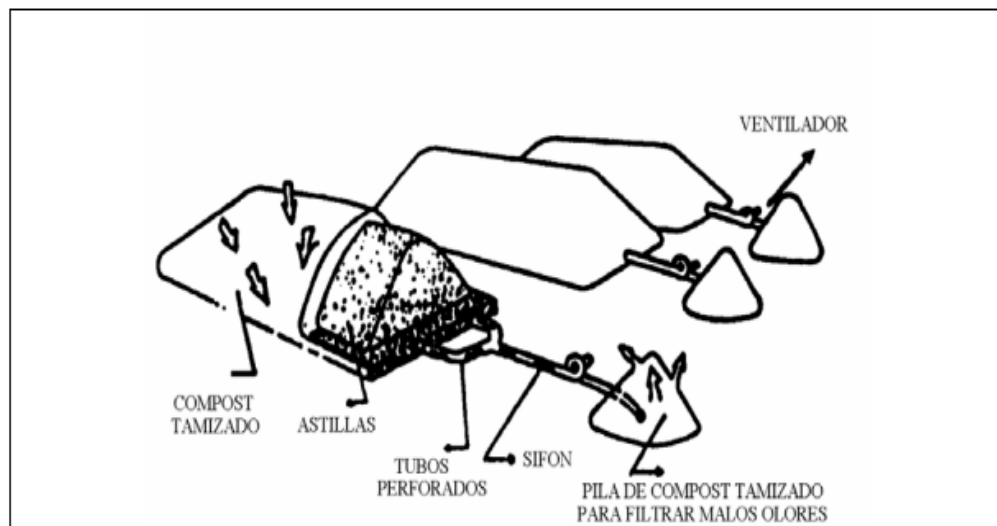


Figura 11. (Gobierno de Aragon, 2000) Adaptado de Gasser.

### **C. Compostaje en pilas por volteo**

Es un sistema muy utilizado, porque es muy simple, pero tiene algunas limitaciones. Esta pila es oxigenada periódicamente. Requiere mayor espacio y el control higiénico es más difícil. La pila presenta un mayor tamaño que el primer sistema, permitiendo alturas de 2,5 m. Esta frecuencia de volteo depende de tipo de material, de la humedad y de la rapidez con que interese realizar el proceso. Hoy en día las volteadas tienen un control automático y el tiempo de fermentación o de estación en el parque de volteo puede ser de 2-4 semanas, pasando luego al parque de maduración. En tipo de compostaje suele tener inconveniente de que se produzcan mayores pérdidas de nitrógeno, consiguiendo que el pH sea mayor (Nogués, 2010).



*Figura 12.* (Sebastián Nogués, García Galindo, y Rezeau, 2010)

#### ***2.5.12.2 Sistemas en Recipiente***

Este tipo de sistema es frecuentemente usado a nivel familiar. La técnica del recipiente tiene una serie de características que ayudan a su replicación: Protege al material de los vientos fuertes, evita la acumulación de la lluvia, facilita la extracción de lixiviado, facilita las labores de volteo, controla la inversión de vectores (aves, ratones), y evita el acceso al material de descomposición por animales o personal no autorizado (FAO, 2013a).

Una de las desventajas este sistema es que puede alcanzar altas temperaturas, donde el control de parámetros cobra especial relevancia. En climas cálidos, se suele adicionar tierra al recipiente (hasta un 10 %) lo cual hace regular de la temperatura, ya que la tierra es estable y no genera calor (FAO, 2013a).

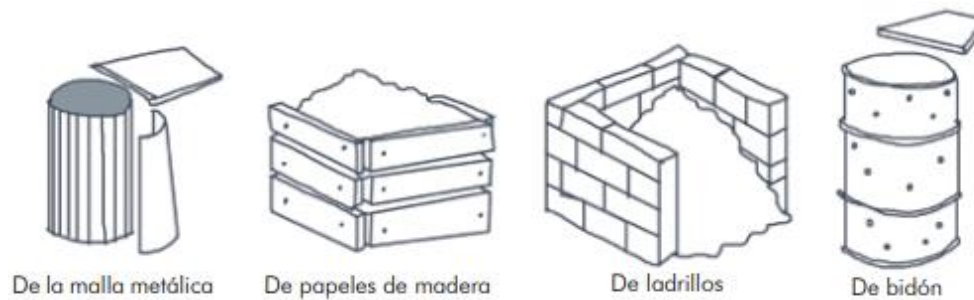


Figura 13. Tipos de recipientes usados como compostera (FAO, 2013a)

Es común que en América Latina el uso de bidones plásticos de 22° litros, estos bidones son reutilizables con algunas pequeñas modificaciones, como un recipiente para compostaje. El tiempo de proceso de compostaje es menor que de una pila. Pero siempre dependiendo de la temperatura ambiente y del material inicial, y el producto puede llegar a la fase de maduración en 6 a 10 semanas (FAO, 2013a).



Figura 14. Volteo de la compostera giratoria (FAO, 2013).

Primeramente, se debe elegir un recipiente adecuado. Esta alternativa se basara en el tipo de bidones que haya disponible, el área donde se colocará el recipiente (horizontal o vertical), la cantidad de material que se disponga para comportar, y del proceso (dinámico o estático, que se explica a continuación) (FAO, 2013a).

Existen muchas materiales disponibles para usar como recipiente de compost, pero existen dos modalidades básicas de disposición del recipiente: horizontal (o discontinuo / dinámico) y vertical (o continuo /estático) (FAO, 2013a).

Según FAO (2013), la disposición del recipiente vertical es en la que el recipiente descansa sobre su base. Se añade el material fresco por la parte superior y el material ya compostado se extrae por la parte inferior (en caso que el recipiente este diseñado para que haya ha ya que voltearlo para extraer el material, esto quiere decir que es un compostera discontinua, por cargas) (FAO, 2013a).

Este sistema es más fácil de manipular, necesita poca inversión, son adecuados para áreas pequeñas (el diámetro de la base de un bidón de 220 litros suele ser de 60 cm) presentando un mejor control de lixiviados (FAO, 2013a).

Según FAO (2013), uno de los inconvenientes de este método, es que se necesita un área destinada al volteo. Se puede mezclar el material dentro del recipiente usando una barra, siendo el resultado heterogéneo y hay riesgos de crear bolsas anaeróbicas. El material tiene a compactarse y por tanto la distribución de la humedad no es uniforme, secándose más rápidamente la parte superior.

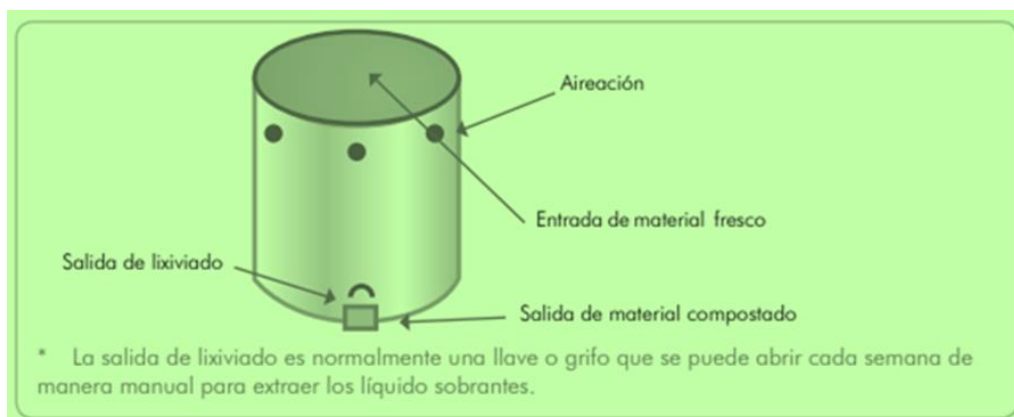


Figura 15. (FAO, 2013b)

La disposición horizontal es aquella en la que el bidón descansa sobre su eje longitudinal (un bidón de 220 litros, la longitud es de 90 cm). Se llama discontinuo porque es un proceso “por cargas”: una vez que se carga la compostera, se debe dejar que el proceso de compostaje finalice para extraer el material antes de introducir una nueva carga (FAO, 2013a).

Según FAO (2013), este sistema tiene una mejor distribución en la humedad y de la compactación por la facilidad para el volteo y con fin teniendo un proceso homogéneo.

Un inconveniente de este sistema requiere más inversión, en el sistema vertical, se requiere 2 recipientes para la continuidad del proceso y para el lixiviado (FAO, 2013a).

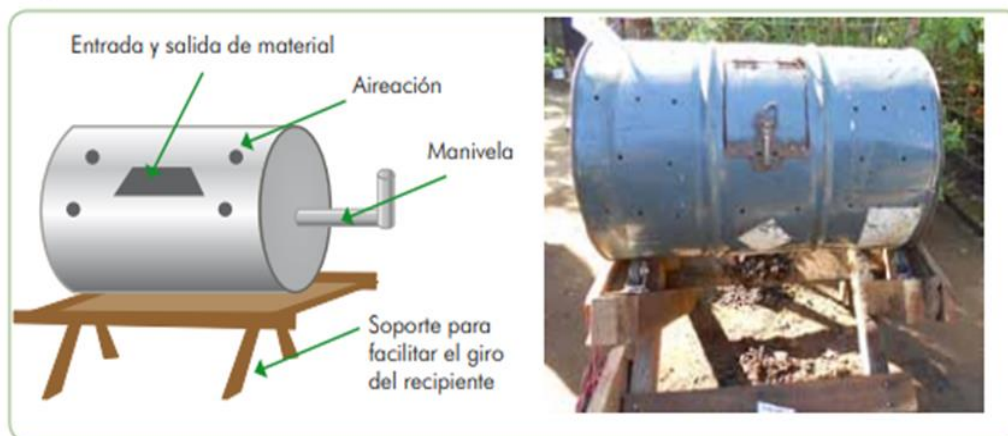


Figura 16. (FAO, 2013b)

### 2.5.12.3 Sistemas Cerrados

A estos sistemas podemos llamarlos sistemas industrializados, los cuales son utilizados generalmente para compostar residuos de ciudades de un tamaño medio o grande. En estos sistemas la primera fase inicial de fermentación se realiza en los reactores que pueden ser de dos tipos: verticales o horizontales, pero la fase final de maduración se hace en naves abiertas o al aire libre. Según Castells (2012), estos sistemas están diseñados para reducir considerablemente las superficies de compostaje y también controlar los olores de forma más adecuada. Además estos sistemas requieren costos de instalación, pero presentan la ventaja de ser más rápidos y por lo tanto requieren menos espacio (J. Moreno y Moral, 2008).

## A. Fermentaciones Verticales

Según Aibar y Alarcón (2000), los sistemas de fermentadores verticales operan de manera discontinua y continua. Primeramente, el material a comportar se encuentra en forma de masa única, en el segundo la masa se sitúa en distintos niveles.

Para sistemas cerrados continuos se utilizan reactores con volúmenes de 1000 y de 4-10 m de altura. Para el biorreactor se necesita un cilindro cerrado, tiene que estar aislado térmicamente, teniendo en la parte inferior un sistema de aireación y extracción de material. Los residuos se introducen por la parte superior por medio de un tornillo alimentador. A medida que se va sacando el material ya compostado, el material fresco va descendiendo. El tiempo de residencia es de 2 semanas. El control de la aireación se realiza por medio de la temperatura y las características de los gases de salida (Gobierno de Aragon, 2000).

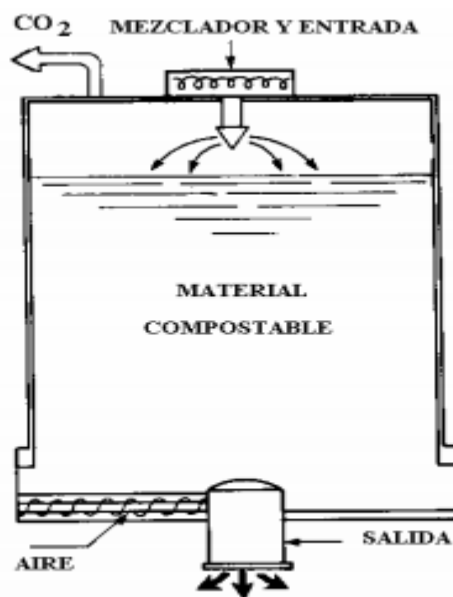


Figura 17. (M.J et al., n.d.) Adaptado de En Saña y Soliva.

Según (Gobierno de Aragon, 2000), los reactores verticales discontinuos, presentan un depósito cilíndrico de grandes dimensiones el cual está dividido en distintos niveles. La materia destinada a compostar se coloca en el piso inferior.

La humedad relativa para el proceso se consigue o bien, se dispone de sistemas de suministro de agua, o bien por evaporación de agua del material situado en los niveles

inferiores, la cual se encuentra a una mayor temperatura. Cuando la materia orgánica a desciende al último piso se dar por terminada la fermentación y después el compost sale al parque de maduración. El tiempo en el fermentador es de una semana. La desventaja de estos reactores es el costo de instalación y de mantenimiento de la planta (Gobierno de Aragon, 2000).

Según (Aibar y Alarcón, 2000), otra variante del reactor vertical en el reactor vertical figura 8. Los que hoy en día se utilizan tiene un diámetro de 6<sup>a</sup> 36 metros. Para realizar el compostaje el material se introduce por la parte superior del reactor, la masa se voltea mediante un brazo giratorio y la salida se realiza por el centro de la base.

La aireación se realiza por la parte inferior. El tiempo de retención es de 10 días y después pasan al parque de aireación (Gobierno de Aragon, 2000).

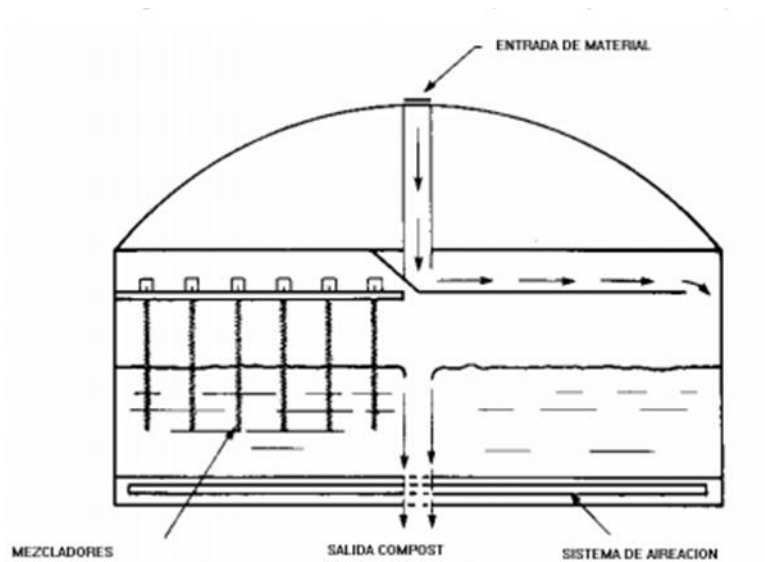


Figura 18. (M.J et al., n.d.) Adaptado en Saña y soliva.

## B. Reactores Horizontales

- **Bioestabilizador:** Constan de un cilindro horizontal que suele tener de 2 a 3 de diámetro y giran a una velocidad de 2 rpm a lo largo de su eje longitudinal. Este proceso consiste en un tratamiento mecánico continuo, dentro del fermentador el tiempo de retención es de 24-36 horas donde la materia

orgánica es físicamente separada del resto de componentes, al mismo tiempo empieza el proceso de la degradación microbiana. En estos sistemas no se realiza el auténtico compostaje sino se realiza la fase de preparación del substrato de tipo-químico. Y por último es compostado finalmente en el reactor o en pilas (Bravo, 2011).

- Reactores horizontales, propiamente dichos: Para este tipo de reactores se utilice el material generalmente preseleccionado (separación de inertes) posteriormente se somete al proceso de compostaje durante 15-30 días en condiciones estáticas (reactor túnel) o de volteo periódico (reactor rectangular dinámico). Dentro de este grupo se encuentra los reactores de túnel tienen forma rectangular de 4 m de altura, 5,5 m, de ancho y una longitud variable según sea el volumen. Mediante los sistemas hidráulicos se realiza la agitación y la aireación se realiza por medio de sistemas que van en la parte inferior. Su tiempo de retención es de 14 días y por lo general producto requiere de un posterior tratamiento (Bravo, 2011).
- El reactor rectangular: Presenta la forma rectangular de 6 metros de ancho, 3 metros de altura y la longitud es variable según sea necesario. El producto es descargado en la parte superior, y con un instrumento que penetra en el reactor y descarga en otra zona del reactor en una cinta transportadora y una grúa móvil. Con el mismo sistema se extrae el material. Por la parte inferior se realiza la aireación. El proceso de retención es de 14-21 días y por lo general no necesita de un tratamiento posterior (Bravo, 2011).

Tabla 12.

Diferentes criterios y características más relevantes de los sistemas cerrados y abiertos

<b>ELEMENTOS DE COMPARACIÓN</b>	<b>TAMAÑO EN SISTEMAS ABIERTOS</b>	<b>TAMAÑO EN SISTEMAS CERRADOS</b>
<b>Clima</b>	Temperaturas no extremas	Variable y frío
<b>Costos de explotación</b>	Variable: En la utilización de agentes estructurales es elevada	Elevado
<b>Duración</b>	Fermentación: semanas Maduración: meses	Fermentación: 3 a 15 días Maduración: meses
<b>Inversión</b>	De baja a moderada	De elevadas a muy elevadas
<b>Mano de obra</b>	Variable, según la instalación: mano de obra no es especializada+ formación+ técnico	Obrero especializado+ técnico
<b>Olores</b>	Problemas si: *no hay suficiente aireación *Volteos alargados en el tiempo	Se puede controlar según el sistema de aireación
<b>Sistema</b>	Discontinuo a semi-continuo	Semicontinuo a continuo
<b>Superficie Sustrato</b>	Grande Todos, pero con agentes estructurales	Reducida Principalmente aquellos con elevada humedad
<b>Tamaño</b>	Todos: pequeñas producciones: < 12 TMS/día > 300 TMS/día	Limitado: – TMS/día – 73 TMS/día
<b>Tecnología</b>	Sencilla: Sistemas de aireación 2 opciones: aireación forzada y volteo	Sofisticada Sistemas de aireación: múltiples opciones

**Fuente:** (Bravo, 2011).

## 2.6 Criterios para Determinar la Eficiencia

### 2.6.1 Determinación de Humedad

Para la determinación de la humedad se utilizó el método de la estufa, el cual se utilizó el “método de la estufa”, en cual consiste en la pérdida de peso que sufre la muestra cuando está sometida a condiciones de temperaturas y tiempo siendo establecidos por este método, estimando que esta pérdida se por la eliminación de agua.

#### Equipos y aparatos

- Estufa.
- Placas Petri.
- Balanza analítica con sensibilidad de 0.001g.
- Desecador con deshidratante.

#### Procedimiento

- a) Primeramente, se coloca la placa Petri con la tapa (abierta) en la estufa a 120°C durante un tiempo de 2 horas, esto se realiza para quitar la humedad que puede tener, después de ese tiempo, se retira la placa y su tapa de la estufa y seguidamente se introduce al desecador durante 15 minutos, para luego colocar la muestra.
- b) Se pesa ambas la placa y la tapa en la balanza analítica (a este peso lo denominaremos como P), para luego señalar en los cálculos.
- c) Se coloca la muestra, la cual se encuentre si compactar hasta un 50% del volumen de la placa, se la tapa y se le pesa (lo denominaremos a este peso como Mh).
- d) Se coloca en la estufa la muestra junto con la placa destapada a 60°C y durante 2 horas, después se deja que enfrié unos 15 minutos, se pesa nuevamente y se tapa (este peso lo denominaremos como Ms). Esta operación se debe repetir las veces que sea necesarias hasta obtener un peso Ms constante (los pesos, tanto el anterior como el actual deben tener una variación de  $\pm 0.0005gr$  para considerarlo como peso constante) (Ruiz, 2003).

## Cálculo

Fórmula para la humedad presente en la muestra se calcula mediante:

$$W(\%) = \frac{(Mh - P) - (Ms - P)}{(Mh - P)} * 100$$

En donde:

*W = Porcentaje de humedad de la muestra.*

*Mh = Peso de la muestra húmeda en gramos.*

*Ms = Peseo de la muestraseca en gramos.*

*s = Peso de la placa y su tapa en gramos.*

### 2.6.2 Determinación de pH

La determinación del pH se utiliza el “método potenciómetro o electroquímico”. Con este tipo de método se mide el potencial de un electrodo sensitivo a los iones H<sup>+</sup> (electrodo de vidrio) presentes en una solución (Ruiz, 2003).

#### Equipos

Balanza analítica con sensibilidad de 0,001 g

Potenciómetro

Agitador magnético

#### Reactivos

Solución amortiguadora de pH = 4,0

Solución amortiguadora de pH = 7,0

Solución amortiguadora de pH = 11,0

#### Procedimiento

El potenciómetro es calibrado con las soluciones amortiguadoras de pH = 4, pH = 7 y pH = 11; dependiendo al tipo de residuos por analizar

10 g de la muestra son pesados y son transferidos a un vaso de 250 ml. Posteriormente es añadido 90 ml de agua destilada, mezclar por medio de un agitador por tiempo de 10 minutos. Después es sumergido el electrodo. El valor del pH de la solución, es la lectura obtenida en la pantalla del potenciómetro.

Es retirado el electrodo de la solución y se lava con agua el agua destilada. El resultado de las pruebas efectuadas por duplicado no debe exceder el máximo permisible de 0,1 unidades de pH, en el caso contrario se debe repetir la operación.

### 2.6.3 Determinación del nitrógeno total

#### Equipos

- Balanza analítica
- Cocinilla del digestor

La cantidad de nitrógeno presente en la muestra se determinó con el método modificado “Kjeldahl”: Este método se emplea en la determinación del contenido de nitrógeno de origen o vegetal y en forma de compuestos orgánicos.

#### Procedimiento

- 200 g son pesados con exactitud de la muestra previamente secada a 75 °C durante dos horas en papel fino y el conjunto se introduce en un tubo de digestión. Después se agrega 0,4 de sulfuro de cobre ( $Cu SO_4$ ), 0,1 g de selenio metálico, 2 ml de agua destilada y 4 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ), con el fin de convertir las aminas de los materiales orgánicos en sulfatos de amonio.
- Se realiza la digestión llevando la muestra llevando en el tubo de digestión a la cocinilla del digestor. Se realiza 5 repeticiones y un blanco. El sistema de digestión está formado por 6 tubos de digestión. Este sistema es llevado una temperatura de 175 °C por espacio de 6 a 8 horas. En todo este tiempo se observa la formación de humos blancos. La digestión termina cuando la solución toma un color blanquecino verdoso.
- Después se retiran los tubos de la cocinilla, posteriormente se dejan enfriar y agrega agua destilada hasta llegara a 15 a 20 ml. Estos tubos (uno a la vez) siendo estos conectados cuidadosamente a un sistema de destilación. Pre a la destilación es agregado a la muestra en el tubo de digestión 20 ml de soda al 40% (Na OH), con el fin de realizar la destilación en un medio alcalino.

- En el sistema de destilación en el punto final se coloca un frasco de Erlenmeyer de 250 ml con 20 ml de ácido bórico al 2 % ( $H_3BO_4 + H_2O$ ), 0,5 ml de indicador rojo de metilo y 0,25 ml de indicador azul de metileno, toda la mezcla se vuelve un color fucsia donde el amoníaco será absorbido. En el momento de caer la primera gota de destilado cae en el frasco de Erlenmeyer junto con el ácido bórico, la solución varía de un color fucsia a verde y si la muestra presenta amonio (en este caso mantendrá el color inicial). Durante 10 minutos se realiza la destilación, durante 10 minutos, ya que este tiempo es suficiente para destilar todo el amonio presente en la solución tratada. Se utilizan 6 frascos de Erlenmeyer, pues el proceso de destilación se realiza para cada uno de los tubos de destilación.
- Y por último se retira el frasco de Erlenmeyer con la solución ácida y se lleva a titular con ácido clorhídrico 0,1 y se anota el gasto.
- Para el ensayo blanco se pesa 0,5 g de azúcar de caña o sacarosa, y se somete a un tratamiento similar (se toma el primer tubo de digestión para el ensayo en blanco) y se anota también el gasto. (Ruiz, 2003).

### Calculo

El cálculo del contenido de nitrógeno se obtiene con la siguiente fórmula:

$$NT(\%) = \frac{(G - G_0)}{P} * 1,4 * 100$$

Dónde:

NT = Porcentaje de nitrógeno total en la muestra

G = Gasto de ácido clorhídrico durante la variación de la muestra

G<sub>0</sub> = Gasto de ácido clorhídrico durante la variación de la muestra en blanco

1,4 = Factor de relación mg de nitrógeno/ml de ácido clorhídrico 0,1 N

P = Peso de la muestra inicial seca en mg

## 2.6.4 Determinación de la materia orgánica y cenizas

### Equipos

- Horno de secado
- Balanza analítica
- Crisoles de porcelana
- Mufla con indicador de temperatura.

### Procedimiento

- La muestra seca y molida se cola en un crisol con de 3 a 6 g, pero antes tiene que estar tarado y calentado a 600 °C. Luego se reseca la muestra durante dos horas a 75° y se pesa, este valor se tomará como el peso de la muestra inicial.

- Después los crisoles son elevados a una mufla fría y gradualmente se eleva y la temperatura a 600 °C manteniéndola durante 2. Por último, se enfría y se calcula el porcentaje de cenizas (Ruiz, 2003).

### Cálculo

Para obtener el % de cenizas se realiza la siguiente formula:

$$Cenizas (\%) = \frac{P\_Secada}{P\_Inicial} * 100$$

Dónde:

P-Secada = Peso de la muestra secada a 600 °C

P-Inicial = Peso de la muestra inicial

Los sólidos volátiles es lo mismo que materia orgánica, puesto que la calcinación de la materia de la muestra es realizada para eliminar la materia orgánica presente. La materia orgánica presente en residuos sólidos se calcula así:

$$MO (\%) = 100 - Cenizas (\%)$$

Dónde:

MO = Porcentaje de materia orgánica en la muestra.

### 2.6.5 Determinación del carbono

#### Equipos

Cuando el carbono orgánico, es multiplicado por 1,72 proporciona una estimación de la materia orgánica. Esta definición está basada el método de Walkley – Black. En este caso se tiene el dato de la materia orgánica, por tanto el cálculo del carbono orgánico se determina de la siguiente manera (Ruiz, 2003).

$$C (\%) = \frac{MO (\%)}{1,72}$$

Dónde:

C = Porcentaje de carbono orgánico.

### 2.6.6 Determinación de Fósforo

#### Reactivos

- Bicarbonato sódico 0,1 N
- Carbón decolorado
- Solución demolibdato de amonio- ácido sulfúrico
- Solución estándar de fosforo
- Solución 5 ppm de fosforo

- a) Bicarbonato sódico 0,1 N (para 1000 ml de solución): Se pesa 42,5 g de bicarbonato de sódico libre de fosfatos o con muy bajo contenido de ellos. Diluir a volumen en la fiola volumétrica de 1000  $cm^3$ . También ajustar a pH = 8,5 con NaOH.
- b) Carbón decolorado: Este debe ser lavado previamente con la solución de bicarbonato sódico y después con el agua destilada. Lavar varias veces hasta que el extracto sea menos de 2 ppm. De fosforo. Luego debe ser secado.
- c) Solución demolibdato de amonio- ácido sulfúrico (para 1 000 ml de solución): En un vaso de 250  $cm^3$  se disuelve un 1 g de heptamolibdato de amonio y potasio, disolviéndolos. Seguidamente se agregan 16 ml de ácido sulfúrico concentrado y se completa con agua destilada hasta 1 L en fiola de 100  $cm^3$
- OJO: Inmediatamente antes de unirse este reactivo se agrega 1 g de ácido ascórbico.
- d) Solución estándar de fosforo (para 500 ml solución): se disuelven 0,1097 g de fosforo de potasio deshidrogeno recristalizado ( $KH_2PO_4$ ) EN 500 ML de bicarbonato sódico. Esta solución contiene ppm de Fosforo.
- e) Solución 5 ppm de fosforo (se prepara la solución necesaria para la curva): La solución estándar de fosforo de 50 ppm. Con agua destilada en la proporción 1: 10.n

### **Procedimiento**

- ✓ Se coloca en un Erlenmeyer de (125 ml) 0,5 g de suelo tamizado en tamiz de 2 mm
- ✓ Se agrega un 1g aproximadamente de carbón decolorador
- ✓ Se agrega 25 ml de solución de bicarbonato de sodio

- ✓ Durante 15 agitar o dejarlo 1 hora al menos, y se va agitando de vez en cuando.
- ✓ 125ml filtrar en un frasco de Erlenmeyer.
- ✓ Se añade 8 ml de solución de amonio-ácido sulfúrico (considerar que para 8 ml de solución se agrega 0.008 g de ácido ascórbico).
- ✓ Finalmente se toma lectura en media hora y para esta lectura se usa un espectrofotómetro.

## 2.7 Inoculantes

Tabla 13.

*Contenidos de C y N de diferentes materiales*

Materiales (B.Seca)	%C	%N	C/N
Aserrines	40	0.1	400
Podas, tallos, maíz	45	0.3	150
Paja de caña	40	0.5	80
Hojas de árboles	40	1	40
Estiércol de equino	15	0.5	30
Estiércol de ovino	16	0.8	20
Estiércol de bovino	7	0.5	15
Estiércol de gallina	15	1.5	10
Estiércol de cerdo	24	2.4	10
Harina de sangre	35	15	2
Vinaza concentrada	8,7	0.6	13.5

Fuente:(IPESA, 2018) Adaptado de María Mercedes Martínez.

## 2.8 Enfermedades Ocasionadas por los Residuos Orgánicos

El incumplimiento de normas establecidas para el manejo de residuos sólidos, han llevado que se genere la proliferación de vectores y roedores (ratas, cucarachas, moscas) las cuales ocasionan daño a la salud y al medio ambiente (INS, 2018).

Según (INS, 2018), cuando existe un manejo inadecuado de las basuras, estas en sí misma no ocasionan un daño directo a la salud, sino que genera factores de riesgo que generan enfermedades por transmisión vectorial (moscas, ratas, cucarachas).

Las enfermedades causadas por los microbios son muchas, las cuales se producen por la acumulación de basura, sobre todo cuando están en contacto con los alimentos o agua de beber; por eso se debe eliminar sanitariamente manejar adecuadamente. (INS, 2018).

Tabla 14.

*Principales enfermedades generadas por el mal manejo de los residuos*

<b>Principales enfermedades</b>	<b>Formas de transmisión</b>	<b>Vector</b>
Peste bubónica, tifusmurino, leptospirosis.	Mordiscos, orina y heces	Ratas
Malestar general, espasmos y contracciones generales.	Mordedura	Arañas
Tifo exantemático epidémico, fiebre recurrente cosmopolita.	Picadura	Piojos
Fiebre tifoidea, salmonelosis, cólera, amebiasis, disentería, giardiasis.	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Moscas
Malaria (paludismo), fiebre amarilla, dengue, filariosis.	Picadura de mosquito hembra	Mosquitos
Fiebre tifoidea, cólera, giardiasis.	Vía mecánica (alas, patas y heces)	Cucarachas

Cisticercosis, toxoplasmosis, triquinosis, teniasis.	Ingestión de carne contaminada	Cerdos
Toxoplasmosis	Heces	Aves

---

Fuente: (Minsa, 2019) Adaptado de Jorge Jaramillo.

## 2.9 Antecedentes

Según Véliz Pinto (2014), menciona que uso de abonos orgánicos tiene sus orígenes desde que la agricultura nació. Nuestros antepasados utilizaban los abonos orgánicos ya que no existían los fertilizantes químicos. A las comunidades nunca llegó las capacitaciones, técnicas ni uso de cómo se utilizaba los plaguicidas. Los campesinos aprendieron a usar los fertilizantes por su propia cuenta a través de la observación, pues los técnicos solo llegaban ranchos o fincas.

Según Véliz Pinto (2014), cuando vieron que usando los fertilizantes químicos generaba un aumento de las plantas y que las mazorcas eran más grandes de lo normal, investigaron donde vende la “sal blanca” y a allá fueron compraron un costal.

Con el uso de este fertilizante químico, algunos de nuestros antepasados empezaron a dejar de usar los abonos orgánicos en la comunidad y en el monte, los cuales empezaron a ajustar y cambiar la forma de trabajar la tierra y los cultivos (Véliz Pinto, 2014).

En la década de los años 30 por los agrónomos Lady Eve Balfour y Sir Albert Howard, se inició la agricultura orgánica en Inglaterra; resalto por la recomendación de los abonos orgánicos y sus métodos iniciales de compostaje controlado (Véliz Pinto, 2014).

Según Véliz Pinto (2014), a partir del año 1972, la denominación más difundida mundialmente, fue la fundación de la IFOAM (Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica): Es la agricultura orgánica el alimento al suelo y no a las plantas, por lo tanto, si este está equilibrado a nivel a nutrientes, las plantas también.

En la antigüedad, y debido a las grandes cantidades de residuos y a la necesidad de aprovechar los nutrientes que contienen estos residuos, se empleaba los sistemas de recogida eran muy simples y cuando los residuos no se aplicaban directamente al suelo se conservaban

en montones que respondían a al nombre de “estercoleros”. Se conocía muy bien cómo tratarlos, almacenarlos y luego aplicarlos para conservar los nutrientes, evitando así la aparición de problemas de contaminación. El compostaje se puede considerar una de las técnicas más antiguas relacionadas a la agricultura; siendo este un tratamiento de residuos orgánicos (RO) con una trayectoria pendular a lo largo de las distintas épocas (Soliva, López, y Huerta, 2008).

Según Soliva et al. (2008), en el siglo XIX se utilizó, principalmente en Estados Unidos, como una manera de tratar los residuos humanos en poblaciones que no disponían de sistema de alcantarillado, y fue en la primera mitad del siglo XX que Albert Howard sistematizó el compostaje (sistema Indore) y lo valoró como una técnica higiénica de tratar residuos sin olvidar la producción de compost.

## **2.10 Ventajas y Desventajas del Abono Orgánico**

### **2.10.1 Ventajas**

- Incremento en la capacidad de retención de humedad del suelo a través de su efecto sobre la estructura (estabilidad de agregados y granulación), la densidad aparente y porosidad.
- Disminución de la erosión de los suelos, al generar mayor resistencia de los agregados a la dispersión por el impacto de las gotas de la lluvia y al reducir el escurrimiento superficial.
- Creación de complejos orgánicos con los nutrientes manteniendo a estos en forma aprovechamiento para las plantas (Vasquez Proaño, 2008).
- Mantiene el ecosistema.
- Se obtienen mayores productos.
- Tiene mayores ingresos.
- Se obtienen mayores productos (Rodríguez, 1994).
- El uso del compost ya sé cómo enmienda orgánica o producto restituidor de materia orgánica en terrenos de labor tiene un gran potencial ya que la presencia de dicha materia

orgánica en el suelo en proporciones adecuadas es fundamental para la fertilidad y así evitar la infertilidad del suelo (UPA, 2011).

-El compost mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la permeabilidad hidráulica y gaseosa, y contribuye a aumentar la capacidad de retención hidráulica del suelo por medio de formación de agregados.

-El compost mejora las propiedades químicas del suelo, aporta macronutrientes N, P, K y micronutrientes, también mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Esta capacidad consiste en absorber los nutrientes catiónicos del suelo, poniéndolos más adelante en disposición para las plantas, por ende se evita la lixiviación (UPA, 2011).

-El compost mejora la actividad biológica del suelo. Esta materia orgánica del suelo actúa como fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en suelo. Una población microbiana actúa en índice de fertilidad de un suelo (UPA, 2011).

-El compostaje reduce el volumen, peso, el contenido de humedad, y la actividad de estiércoles.

-El compost es mucho más fácil de manejar que los estiércoles, se almacena sin problemas de insectos ni olores y puede ser aplicado en cualquier época del año. Esto minimiza las pérdidas de nitrógeno y el impacto ambiental en el campo (UPA, 2011).

### **2.10.2 Desventajas**

-El compost se puede señalar el hecho de ser un material que sufre degradación con el tiempo y, por ello, tiene una cierta tendencia a la compactación, lo que puede interferir para una eficaz distribución del aire a tratar (J. Moreno & Moral, 2008).

-Presenta mayor utilización de mano de obra por el “volteo” de la pila (J. Moreno y Moral, 2008).

### **2.11 Base Legal**

Los entes competentes del estado peruano, han aprobado normas nacionales relacionadas con el medio ambiente, con el objetivo de desarrollar una cultura ambiental sostenible y con equilibrio en las actividades económicas que se ejecutan en el país. Para este estudio se tomaron en cuenta las siguientes normativas.

#### **a) Constitución Política del Perú (1993)**

En el capítulo I artículo 2; inciso 22 – “Derechos Fundamentales de la persona” indica que “Toda persona tiene derecho a la 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”. Así mismo, en el artículo 66 y 67 menciona respecto a la relación entre la persona y el medio ambiente

*Artículo 66:* Recursos Naturales – “Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal”

*Artículo 67:* Política ambiental – “El estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales”.

#### **b) Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 (2005)**

En el Artículo I.- Del derecho y deber fundamental “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 proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país”.

#### **c) Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, DL N° 1278 (2017)**

Artículo 2: Esta ley tiene como segunda finalidad respecto a los residuos generados, “que debe dar preferencia a la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente”.

Artículo 5; Inciso b, Valorización de residuos – “Los residuos sólidos generados en las actividades productivas y de consumo constituyen un potencial recurso económico, por

lo tanto, se priorizará su valorización, considerando su utilidad en actividades de: reciclaje de sustancias inorgánicas y metales, generación de energía, producción de compost, fertilizantes u otras transformaciones biológicas, recuperación de componentes, tratamiento o recuperación de suelos, entre otras opciones que eviten su disposición final”.

#### **d) Ley Extranjera**

##### **Norma Chilena (NCh 2880)**

En la norma chilena se presentó debido a un creciente desarrollo de la actividad de compostaje como una alternativa a la gestión de residuos orgánicos.

El objetivo de la norma es promover la gestión adecuada y valorización de los subproductos de plagas, enfermedades y malezas que puedan venir incorporadas en el producto, junto con promover y fomentar el desarrollo de la industria nacional del compost.

De esta norma de tomo el ítem de requisitos físicos y químicos los cuales fueron (pH, temperatura, humedad, materia orgánica, NPK y tamaño de partícula) los cuales fueron comparados.

## **CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Descripción del área de estudio**

#### **3.1.1. Ubicación**

El proyecto se ejecutó en “La Mansión” de la Universidad Peruana Unión ubicada a la altura del km 19.5 de la carretera central, en el distrito de Lurigancho, Lima – Lima. Está situada cerca al Río Rímac, compartiendo el Valle del río Rímac con los distritos de Ate y Chaclacayo. Desde los 510 msnm hasta los 550 msnm, posee un clima soleado con 21°C en promedio la mayor parte del año.

Para acceder a la UPeU se puede realizar por dos vías, una es por la avenida Atahualpa ubicada en la comunidad Puerto Nuevo Ñaña o por la avenida Cusipata en dirección a Carapongo. Sus coordenadas son 11°59'24" S y 76°50'29" W en formato GMS (grados, minutos, segundos) o -11.98991657 y -76.84130556 (en grados decimales). Su posición UTM es 18L 0299876 y se encuentra a una altitud promedio de 539 msnm.

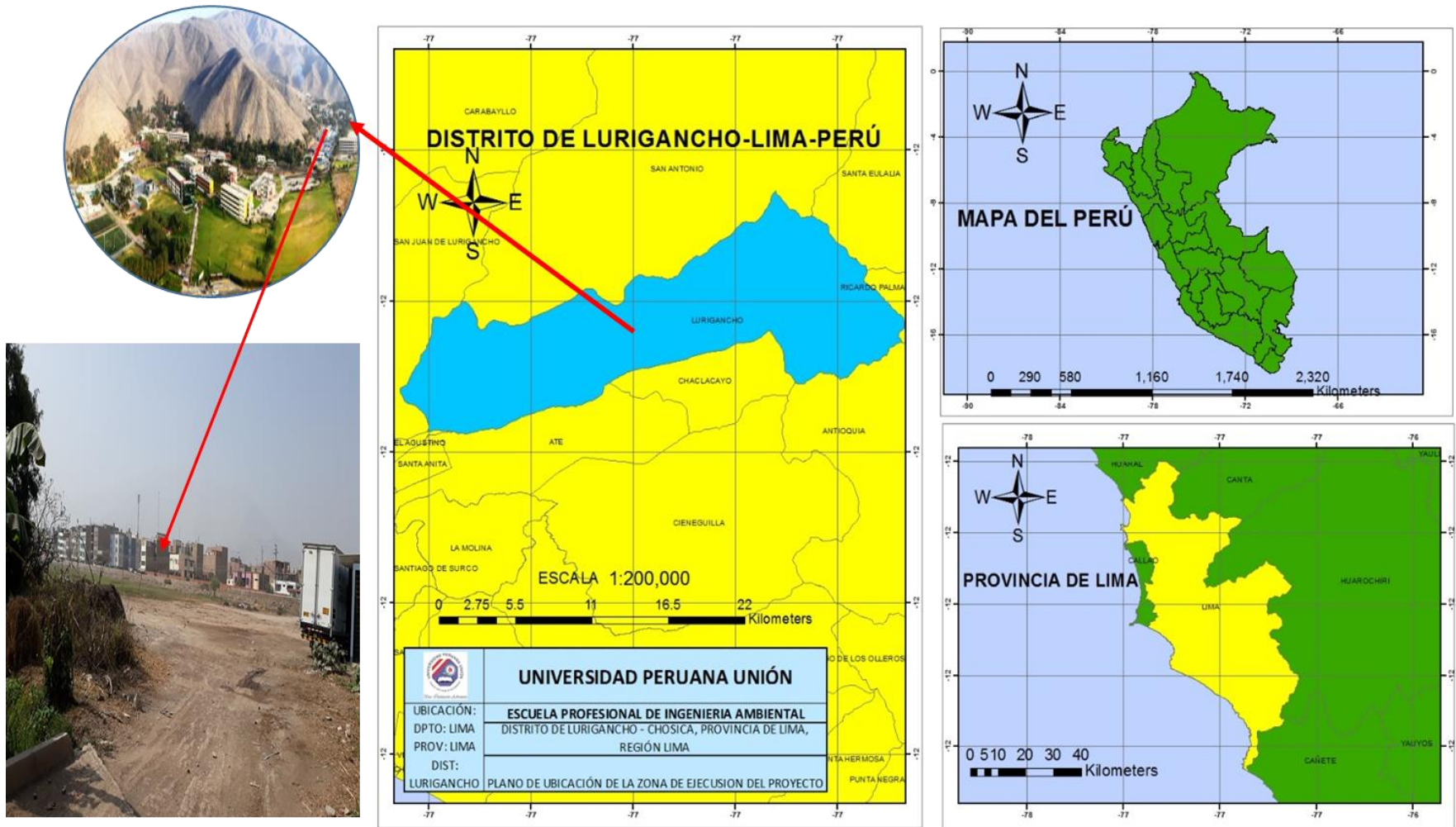


Figura 19. Plano de ubicación del sistema de compostaje en pilas dinámicas y Composteras giratoria.

### 3.1.2. Características ambientales del entorno

#### Fisiografía

De acuerdo al reposte de la municipalidad del distrito de Chosica, provincia y departamento lima; el relieve del suelo es casi plano, presentando zonas con ciertas ondulaciones que sirven como cuencas ciegas de aguas pluviales originadas en las temporadas de verano o durante la presencia recurrente del fenómeno “Fenómeno niño” (Distrital & Chosica, 2014).

#### Clima

El clima en Chosica, como en todo el vale del mismo, es caluroso la mayor parte del año; la temperatura varía entre 16° C como mínimo y 33°C como máximo. Las mismas se presentan en el periodo de invierno y las máximas entre enero y marzo, en donde se puede alcanzar valores de 35° C. La zona es seca y presenta lluvias que ocurren, entre enero y marzo (Distrital y Chosica, 2014).

#### Precipitación

La precipitación en la zona de ñaña donde se realizó el proyecto es prácticamente nula en los meses mencionados.

*Tabla 15.*

*Precipitación de los meses de julio, agosto, septiembre; en los cuales se realizó el proceso del proyecto.*

<b>Estación</b>		
Departamento: Lima	Provincia: LIMA	Distrito: LURIGANCHO
Latitud : 11°59'14.82"	Longitud : 76°50'31"	Altitud: 543 msnm
Tipo: EMA- Meteorológica	Código: 111290	
<b>AÑO/MES/DÁ</b>	<b>PRECIPITACIÓN (mm/hora ) / promedio mes</b>	
2019/07/01	0	
2019/08/01	0	
2019/09/01	0	
Promedio/Total	<b>0</b>	

Fuente: (SENAMHI/DRD, 2019)

## Humedad

La humedad fluctúa entre 89 y 82 por ciento durante los meses de julio y septiembre, meses de invierno, ya que en esta época del año se presentaron las temperaturas bajas, por ende, hay menor capacidad de retención de humedad.

Tabla 16.

*Humedad de los meses de julio, agosto, septiembre; en los cuales se realizó el proceso del proyecto.*

<b>Estación :cc</b>		
Departamento:	Provincia:	Distrito: LURIGANCHO
Lima	LIMA	
Latitud :	Longitud :	Altitud: 543 msnm
11°59'14.82"	76°50'31"	
Tipo: EMA-	Código: 111290	
Meteorológica		
<b>AÑO/MES/DÍA</b>	<b>HUMEDAD(%) / promedio</b>	<b>HUMEDAD(%) / Máxima</b>
2019/01/01	95.97	97
2019/02/01	69.52	91
2019/03/01	65.53	87
2019/04/01	70.64	99
2019/05/01	81.54	100
2019/06/01	87.27	100
2019/07/01	89.25	100
2019/08/01	83.22	100
2019/09/01	82.53	100
2019/10/01	78.84	100
2019/11/01	77	96
<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>97</b>

Fuente: (SENAMHI/DRD, 2019)

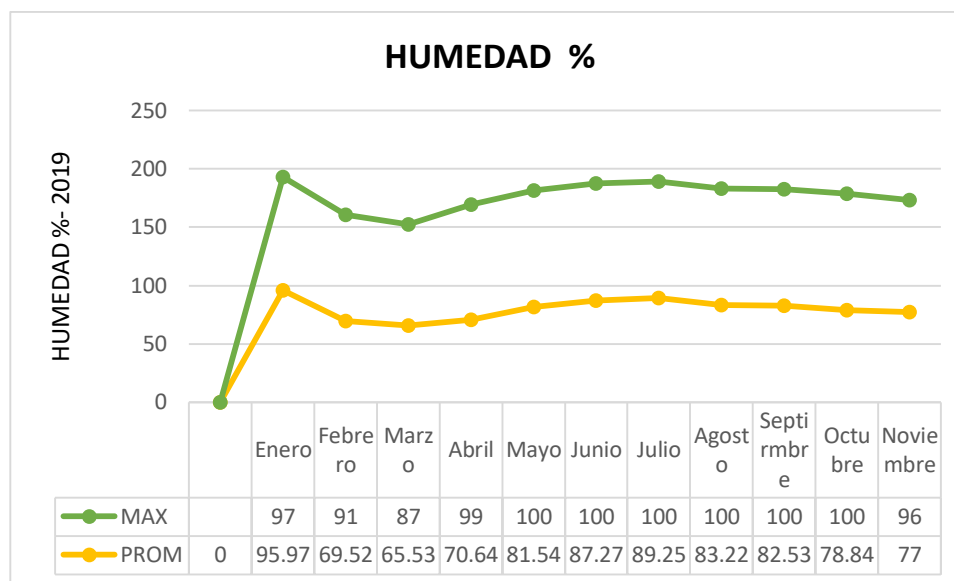


Figura 20. Porcentaje de la humedad (SENAMHI/DRD, 2019)

## Temperatura

La temperatura en el área de estudio del proyecto varía de acuerdo con la estacionalidad, verano e invierno.

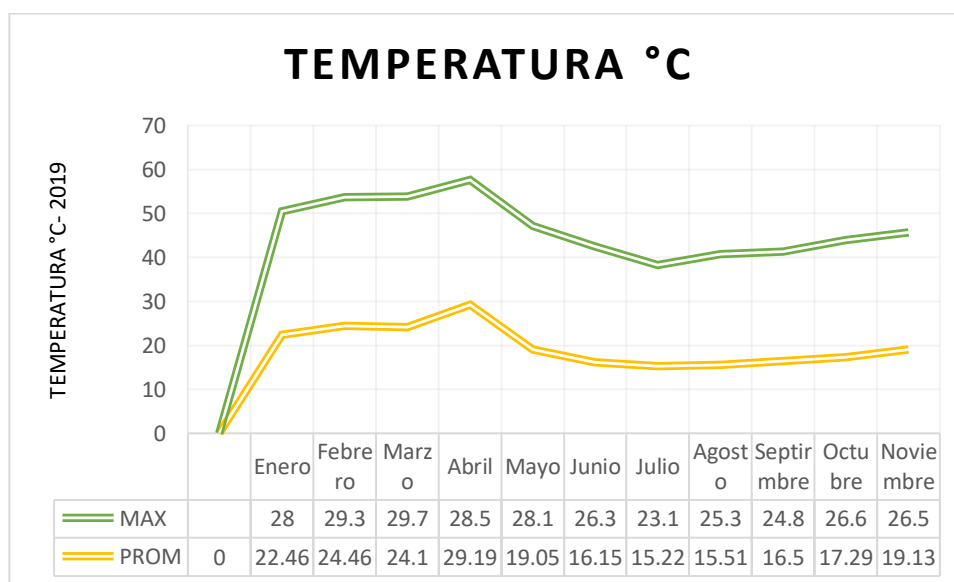


Figura 21. Temperatura promedio y máximo de los meses del año 2019. (SENAMHI, 2019)

A continuación, se muestra en la tabla 17 la temperatura específica en los meses de julio, agosto y septiembre.

Tabla 17.

Temperatura de los meses de julio, agosto, septiembre; en los cuales se realizó el proceso del proyecto.

Estación :cc		
Departamento: Lima	Provincia: LIMA	Distrito: LURIGANCHO
Latitud : 11°59'14.82"	Longitud : 76°50'31"	Altitud: 543 msnm
Tipo: EMA- Meteorológica	Código: 111290	
AÑO/MES/DÁ	Temperatura (°C) / promedio mes	Temperatura (°C) / máxima
2019/07/01	15	23
2019/08/01	16	25
2019/09/01	16	25
Promedio/Total	<b>16</b>	<b>25</b>

Fuente: (SENAMHI/DRD, 2019)

### Vientos

En esta parte del litoral presenta una dominancia de vientos que proviene del suroeste, cuyas velocidades por las mañanas suelen ser suaves, fuertes al mediodía y ligeros por la noche (Hurtado, 2019). Las mediciones por SENAMHI se presenta a continuación.

Tabla 18 Viento en el área de ñaña.

Estación		
Departamento: Lima	Provincia: LIMA	Distrito: LURIGANCHO
Latitud : 11°59'14.82"	Longitud : 76°50'31"	Altitud: 543 msnm
Tipo: EMA- Meteorológica	Código: 111290	
AÑO/MES/DÁ	Viento(%) / promedio	Viento (%) / Máxima
2019/01/01	180.14	359
2019/02/01	180.20	360
2019/03/01	172.81	359

2019/04/01	160.47	360
2019/05/01	172.41	357
2019/06/01	176.42	360
2019/07/01	171.08	360
2019/08/01	171.33	360
2019/09/01	162.48	360
2019/10/01	165.7	360
2019/11/01	158.73	356
Total		

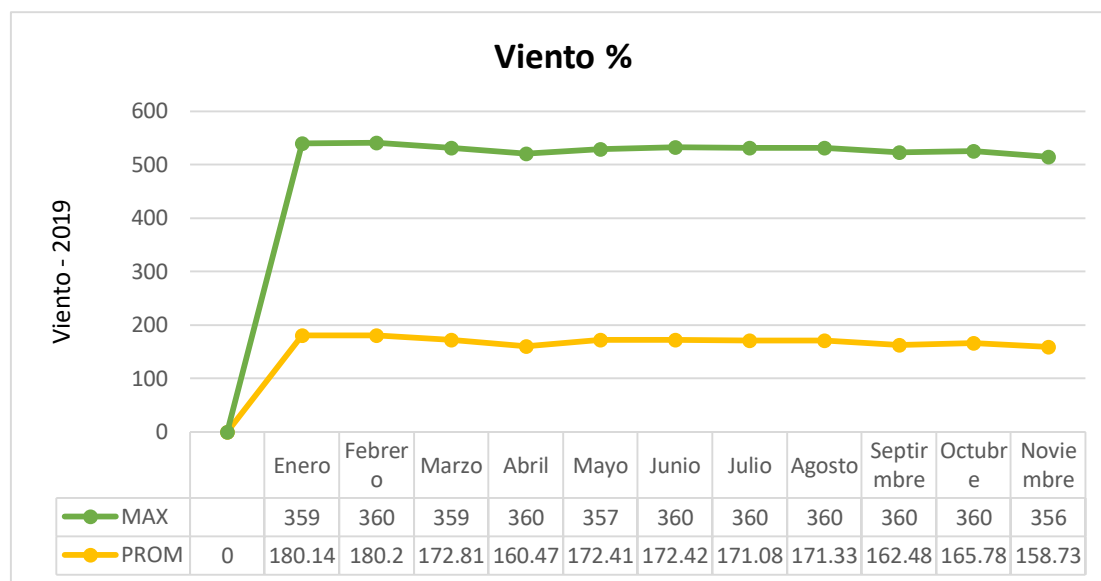


Figura 22. Porcentaje del viento (SENAMHI, 2019)

### 3.2 Equipos, Materiales e Insumos

#### 3.2.1. Equipos

A continuación, en la tabla 19 se describe la lista de materiales, reactivos, equipos y EPP's para las actividades de campo y laboratorio separado por cada etapa del presente trabajo de investigación

Tabla 19.

*Lista de materiales, reactivos, equipos y EPP's para el desarrollo de tesis*

Etapa 1. Recolección de estiércol de gallinaza, ganado y césped			
<b>Materiales</b>	<b>Equipos y herramientas</b>	<b>EPP's</b>	
Costales	Moto taxi Camioneta	Zapatos de Seguridad Guantes de látex Gorro y Bloqueador	
Etapa 2. Recolección de residuos sólidos orgánicos			
<b>Materiales</b>	<b>Equipos y herramientas</b>	<b>EPP's</b>	
Rotulador /Marcador	Balanza Electrónica	Zapatos de Seguridad	
Bolsas Plásticas	Tractor	Mascarillas	
Cinta adhesiva	Moto Carguera	Guantes de jebe	
Tachos y contenedor			
Etapa 3. Delimitación del área de estudio e Implementación del sistema de compostaje			
<b>Materiales</b>	<b>Equipos y herramientas</b>	<b>EPP's</b>	
Lapicero y libreta de apuntes	Machete	Zapatos de Seguridad	
Cinta métrica	Pico	Guantes de jebe	
Clavos	Pala	Gorra y Bloqueador	
Grampas	Barreta		
Martillo	Malla Galvanizado		
Listones de Madera	Rastrillo Cámara fotográfica		
Etapa 3.1. Diseño de pilas dinámicas a escala piloto			
<b>Materiales</b>	<b>Equipos y herramientas</b>	<b>EPP's</b>	
Lapicero y libreta de apuntes	Machete	Zapatos de Seguridad	
Cinta métrica	Pico	Guantes de jebe	
Spray	Pala		
Yeso en polvo	Barreta		
Sombrero y bloqueador	Rastrillo		
Etapa 3.2. Diseño de Composteras giratorias a escala piloto			
<b>Materiales</b>	<b>Equipos y herramientas</b>	<b>EPP's</b>	
Bidones	Bisagra	Zapatos de Seguridad	
Clavos	Pico	Guantes de jebe	
Soldadura	Pala		
Fierros	Barreta		
Sombrero y bloqueados	Cerrojo Rastrillo		
Etapa 4. Muestreo y análisis inicial de los parámetros fisicoquímicos			
<b>Materiales</b>	<b>Equipos y herramientas</b>	<b>Parámetros</b>	<b>EPP's</b>
Bolsas herméticas	Sensores de Humedad de Suelos	Humedad del suelo	Guardapolvo
Tamizadores N°10 de 2mm	Termómetro	Temperatura	Gorros

Papel Toalla	PH- metro	pH	Guantes
Probeta volumétrica de 1000 ml	Estufa	Materia Orgánica	
Agua destilada	Fotómetro	NPK	
Émbolos	Balanza portátil		
Vasos precipitados de 50 ml	Desecador deshidratante		
Espátulas y cucharitas	Mufla		
Pipetas de 1 ml	Bomba		
	Cooler		
	Cámara fotográfica		

---

Etapa 5. Seguimiento de parámetros de control

---

<b>Materiales</b>	<b>Equipos y herramientas</b>	<b>EPP's</b>
Lapicero y cuadernillo	Termómetro	Zapatos de Seguridad
	Sensores de Humedad de Suelos	Guantes de jebe
	Manguera o regadera de botella	

---

Etapa 6. Muestreo y análisis final de los parámetros fisicoquímicos del compost

---

<b>Materiales</b>	<b>Equipos y herramientas e instrumentos</b>	<b>Parámetros</b>	<b>EPP's</b>
Bolsas herméticas	Sensores de Humedad del Suelo	Humedad del suelo	Guardapolvo
Tamizadores N°10 de 2mm	Termómetro	Temperatura	Gorros
Papel Toalla	pH-chímetro	pH	Guantes
Probeta volumétrica de 1000 ml	Estufa	Materia Orgánica	
Agua destilada	Fotómetro	NPK	
Émbolos	Balanza (lo que se midió poquito)		
Vasos precipitados de 50 ml	Desecador deshidratante		
Espátulas y cucharitas	Mufla		
Pipetas del ml	Bomba		
	Cámara fotográfica		

---

Etapa 7. Análisis y evaluación estadística

---

<b>Materiales</b>	<b>Equipos y herramientas</b>	<b>EPP's</b>
Informe de Resultados	Laptop Acer	Estadística - Versión 10
Lapicero y cuadernillo	Impresora	Microsoft Excel 2016

---

### 3.3. Metodología Experimental

Por medio del siguiente diagrama, se muestra que el procedimiento de investigación describe en etapas.

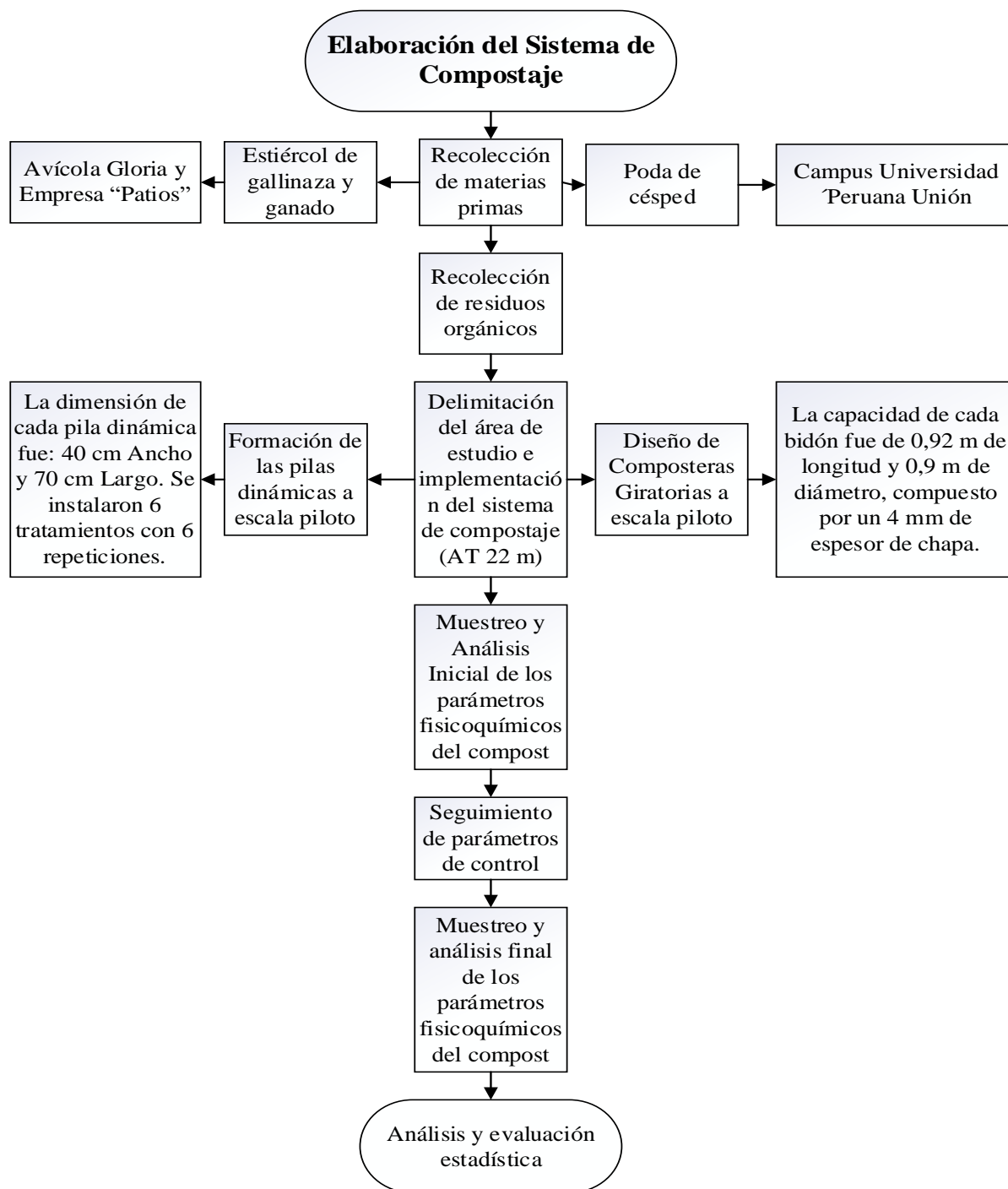


Figura 23. Elaboración del sistema de compostaje (elaboración propia, 2020)

### 3.3.1 Delimitación del área de estudio

En primera instancia se realizó el permiso del área de estudio, esta actividad comenzó con la previa gestión de autorización expuesto al gerente del Área del Servicio de Limpieza (Sr. Robert Martínez Segura) de la Universidad Peruana Unión quién firmó la “Solicitud de Permiso” en virtud de aprobación para la ejecución del proyecto, este documento fue emitido por la secretaria de la UPeU (Ver figura 72). Una vez aceptada la autorización, se visitó y se realizó el reconocimiento del terreno, para la delimitación del área de estudio ubicado en el sector “La Mansión” (Ver figura 24).



*Figura 24.* Reconocimiento del terreno

### 3.3.2 Población y muestra

#### a) Población: Campus UPeU – Lima

La población de la presente investigación estuvo conformada por residuos orgánicos poda de césped provenientes UPeU, estiércol de gallinaza de la “Avícola Gloria” y ganado de la “Empresa Patitos”.

#### b) Muestra:

La muestra de investigación está conformada por 12 unidades de pilas dinámicas y 12 composteras giratorias, el material a compostar fue un total de 635 kg provenientes de residuos orgánicos, poda de césped, gallinaza y estiércol de ganado.

*Tabla 20.*

*Cantidad de material a compostar*

<b>Material a compostar</b>	<b>Cantidad</b>
Residuos Orgánicos	505 kg
Poda de Césped	30 kg
Gallinaza	50 kg
Estiércol de Ganado	50 kg
<b>TOTAL</b>	<b>635 kg</b>

### 3.3.3 Procedimiento

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

Para la preparación del compost fue de acuerdo con los sistemas de pilas con volteos y composteras giratorias que se muestra en manual de compostaje (FAO, 2013b).

#### 3.3.3.1 Etapa Pre Campo

Se recopiló la información básica para la ejecución del proyecto, la metodología, obtención de materiales y recursos económicos.

- **Adecuación del área experimental/Preparado del terreno**

Para elaborar nuestro sistema de compostaje se realizó el limpiado del terreno con la ayuda de picos, rastrillos y palas. También se tuvo en cuenta el punto cercano de agua con el fin de llevar un control de humedad del compostaje en las pilas dinámicas y composteras giratorias. Para la estructura se usaron listones de madera y fue cubierto con malla galvanizado para controlar el ingreso de los animales como caballos y gansos. Las dimensiones del área de experimento fueron 15 m largo y 7 m de ancho un área total de 22 m. (Ver Figura 78).

### 3.3.3.2 Etapa de Campo

#### a. Recolección de Aceleradores

Como aceleradores para el proceso de compostaje se utilizó poda de césped, gallinaza y estiércol de ganado. La poda de césped se consiguió del campus universitario, la gallinaza de la empresa Avícola Gloria S.A.C y el estiércol de ganado de la empresa “Patitos”.

Luego de haber conseguido los aceleradores para el proceso de compostaje, estas fueron transportadas por una moto taxi y un tractor hasta el sistema de compostaje. Los puntos de generación de los aceleradores se observan en la tabla 21.

Tabla 21.

*Puntos de generación de aceleradores*

Inoculantes	Generación	Coordenada Este	Coordenada Norte	Elevación
Poda de césped	Áreas verdes UPeU	299626.26 mE	8673767.47 mS	524 m
Estiércol de Gallina	Avícola Gloria SAC	302147.00 mE	8674969.00 mS	567 m
Estiércol de Ganado	Empresa Patitos SAC	302151.00 mE	8674973.00 mS	574

#### b. Recolección de Residuos Orgánicos

Para la recolección de los residuos orgánicos previamente se coordinó con las encargadas del comedor y cafetín para obtener el permiso de realizar nuestro proyecto a través del uso de la generación de los residuos orgánicos. Una vez aceptada se pasó a colocar

dos tachos de color marrón en el comedor y tres depósitos en el cafetín ubicándolos en lugares estratégicos dentro de la cocina. A cada encargada del servicio de alimentación se los comunicó que tenían que firmar una ficha de “Recojo de Residuos Orgánicos” para llevar el registro de las cantidades que se obtenía por día. En la tabla 22 se observa las coordenadas de generación de los residuos orgánicos.

Los días de recojo fueron todos los días durante una semana del 28, 01 al 05 de julio. Y gracias a la ficha de “Recojo de Residuos Orgánicos” que se llevó un conteo por día, se obtuvo que por semana se generara 505 kg de residuos orgánicos. Cabe mencionar que cada día los residuos orgánicos de diferentes servicios de alimentación eran transportados por una moto carguera hasta el sistema de compostaje. En la tabla 23 se observa la generación de residuos orgánicos por día.

*Tabla 22.*

*Coordenadas de generación de los residuos orgánicos.*

Residuos Orgánicos	Generación	Coordenada Este	Coordenada Norte	Elevación
Residuos orgánicos	Comedor UPeU	299282.00 mE	8673595.00mS	541
Residuos Orgánicos	Cafetín UPeU	299679.75 mE	8673719.87 mS	521 m

*Tabla 23.*

*Generación de residuos orgánicos Kg/día*

	28-Jun	1-Jul	2-Jul	3-Jul	4-Jul	5-Jul
<b>Comedor</b>	21.70	11.05	13.4	36.35	44.85	24.35
	27.95	9.65	8.3	20.3	22.8	19.45
	37.30	15.4	12.95	6.2	11.15	12.8
<b>Total</b>	<b>86.95</b>	<b>36.10</b>	<b>34.65</b>	<b>62.85</b>	<b>78.80</b>	<b>56.60</b>
<b>Cafetín</b>	3.70	9.7	10.3	4.6	12	14.9
	7.45	7.05	28.5	4.75	12.7	11.5
	5.55		6.15	5.8		
	1.50		3.7			
<b>Total</b>	<b>18.20</b>	<b>16.75</b>	<b>48.65</b>	<b>15.15</b>	<b>25</b>	<b>26.40</b>

### c. Zona de deshumedación

Una vez recepcionados los residuos orgánicos frescos, se dejaron reposar en la zona de deshumedación por un periodo de una semana para reducir la humedad hasta un 60%.

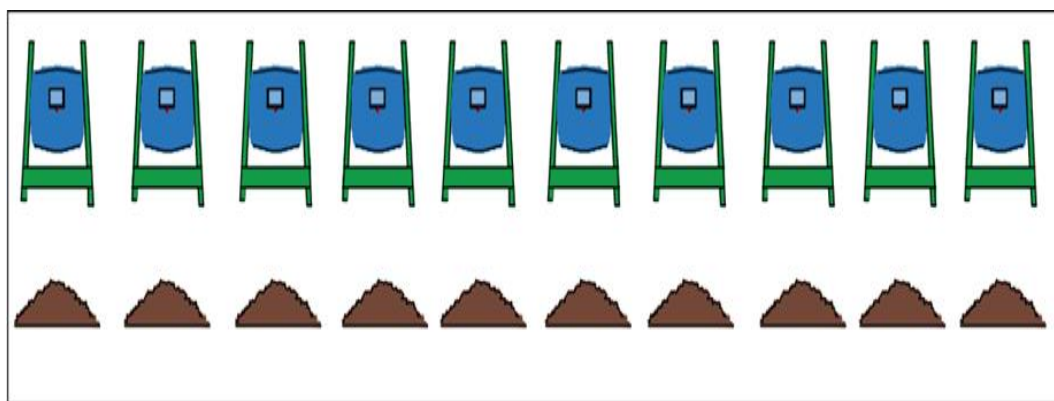
### d. Picado

En el proceso de compostaje el tamaño de los residuos orgánicos juega un papel muy importante. Las partículas demasiado grandes demoran en ser degradadas por los microorganismos haciendo que el tiempo de procesamiento se alargue, el tamaño ideal de las partículas debe ser de 3 a 6 cm. Esta actividad se realizó manualmente para facilitar la mezcla de los residuos orgánicos del comedor y cafetín para facilitar el proceso de descomposición. En el proceso tradicional los residuos de gran tamaño fueron cortados con la ayuda de un machete (Ver anexo 11)

### e. Dimensión de los sistemas de compostaje a escala piloto

- **Formación y Diseño de las Pilas Dinámicas**

Los residuos orgánicos, se picaron manualmente con la ayuda de un machete y se depositaron en las pilas de compostaje, cada pila presentó un área de 45 cm<sup>2</sup> de capacidad de altura de 10 cm, separadas por caminos de 1m con un total de 12 pilas dinámicas. Todo el conjunto se protegió con plástico para el proceso de compostaje para evitar la muerte de los microorganismos, evitar lluvias que alteren el material y conservar la temperatura (Ver figura 25).



*Figura 25. Diseño de pilas dinámicas y composteras giratorias.*



*Figura 26. Diseño de pilas dinámicas y composteras giratorias.*

- **Diseño de las Composteras Giratorias**

Los residuos orgánicos, se picaron manualmente con la ayuda de un machete y se depositaron en las composteras giratorias, para cada compostera se usaron bidones con una capacidad de 40 L. La unidad principal del compostador, es decir, de los bidones era de 0.92 m de longitud y 0.9 m de diámetro, compuesto por 4 mm de espesor de chapa. Los bidones estaban unidos a cuatro soportes de fierro y se giraba manualmente. Para proporcionar una mayor seguridad a los bidones en la parte interior se soldó un fierro de 70 cm. Además de eso, se hicieron 12 agujeros adyacentes en la parte superior del bidón para drenar el exceso de agua, proporcionar una mejor aireación y control de humedad.



*Figura 27. Diseño de las Composteras Giratorias*

#### f. Puesta en marcha el proceso de compostaje

En el proyecto de investigación se procedió a realizar el pesado según las concentraciones para la conformación de las pilas dinámicas y composteras giratorias como se muestra en las tablas.

Tabla 24.

*Distribución de tratamiento en pila dinámica a escala piloto.*

Tratamientos	Gallinaza	Ganado	Residuos orgánicos
Tratamiento1	1 kg	1 kg	10 kg
Tratamiento2	3 kg	1 kg	10 kg
Tratamiento3	1 kg	3 kg	10 kg
Tratamiento4	3 kg	3 kg	10 kg

Tabla 25. *Distribución de tratamientos en composteras giratorias a escala piloto*

Tratamientos	Gallinaza	Ganado	Residuos orgánicos
Tratamiento1	1 kg	1 kg	10 kg
Tratamiento2	3 kg	1 kg	10 kg
Tratamiento3	1 kg	3 kg	10 kg
Tratamiento4	3 kg	3 kg	10 kg

Se realizó una mezcla del estiércol de gallina, ganado, césped y residuos orgánicos uniformemente para que el proceso se lleve a cabo correctamente.

#### 3.3.3.3 Muestreo de compost

La toma de muestra que se tomaron fueron las más representativas las de mayor concentración de las pilas dinámicas y composteras giratorias. Para el muestreo se procedió a sacar 250 gramos de cada tratamiento. Los parámetros fisicoquímicos que se analizaros a la entrada fue: Temperatura, pH, humedad (%), materia orgánica (%), Nitrógeno (%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%) y K<sub>2</sub>O (%). Los análisis se realizaron en el laboratorio de Saneamiento Ambiental de la Universidad Peruana Unión y en el laboratorio de agua, suelo medio ambiente y Fertirriego perteneciente a la Universidad Agraria la Molina.

### 3.3.3.4 Análisis inicial del compost

Una vez extraída el compost de los 4 puntos, se realizó el tamizado del material con el fin de disminuir el tamaño de las partículas, luego se pesó 250 kg para los análisis fisicoquímicos, los cuales fueron llevados en bolsas herméticas, dichas bolsas fueron rotuladas con los datos solicitados por el laboratorio (N° de muestra, solicitante, procedencia, campo, proyecto, fecha y parámetros solicitados). Posteriormente fue llevado al laboratorio de Saneamiento Ambiental de la Universidad Peruana Unión para el análisis de humedad, pH y materia orgánica – laboratorio de Análisis de suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) facultad de Agronomía de la Universidad Peruana Unión (UNAM) para el análisis de Nitrógeno (%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%) y K<sub>2</sub>O (%).

A medida referencial, la calidad de compost se determinó mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos que siguen los siguientes requerimientos mostrados en la tabla.

Tabla 26.

*Parámetros Óptimos de Residuos Compostable*

Parámetros del compost	Método	Óptimo	Referencia
pH (%)	Potenciometría	5,0 – 8,5	NCHO2880 – 2004
Materia Orgánica %	Proceso de calcinación de materia orgánica	> =20	NCHO2880 – 2004
Temperatura °C		> = 65	FA0,2013
Humedad %		30 - 45	NCHO2880 – 2004
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	Adaptación de los Métodos Estándar para el Análisis de Agua Potable y Agua Residual, 18ª edición, Método de los aminoácidos	> 1	NTC5167 – (Norma técnica colombiana 5167)
K <sub>2</sub> O %	Adaptación del método turbidimétrico de tetrafenilborato	> 1	NTC5167 –
Nitrógeno Total %	Adaptación del método de reducción de cadmio	0.4 – 3.5	OMS

### **3.3.4 Seguimiento del proceso de compostaje**

#### **✓ Temperatura**

Debido a su facilidad de medición y su directa relación con el proceso de fermentación, la temperatura se registró a partir del segundo día de la instalación de las pilas dinámicas y composteras giratorias aproximadamente a las 15:00 horas. Para determinar la temperatura se empleó un termómetro, se introdujo al centro de la pila y al centro de la compostera, la medición se realizó en dos puntos de la pila y compostera y se registró el promedio de las dos mediciones. La medición de la temperatura se realizó en las fechas (22, 24, 26, 29, 31 de Julio; 02, 05, 07, 09, 12, 14, 16, 19, 21, 23, 26, 28, 30 de agosto y 02, 04, 06, 09, 11, 13, 16, 18, 20, 23, 25, 27, 30 de septiembre).

#### **✓ Humedad**

Para controlar la humedad se empleó Sensores de Humedad de Suelo, se introdujo al centro de la pila y compostera; se dejó enterrado a una profundidad de 10 cm. Seguidamente se conectaron los cables de los sensores al medidor. Una vez conectada al medidor, el valor de la humedad era inmediatamente mostrada a través del display del aparato este proceso fue aproximadamente a las 15:00 horas. La medición de la humedad se realizó en las fechas (22, 24, 26, 29, 31 de Julio; 02, 05, 07, 09, 12, 14, 16, 19, 21, 23, 26, 28, 30 de agosto y 02, 04, 06, 09, 11, 13, 16, 18, 20, 23, 25, 27, 30 de septiembre).

#### **✓ pH**

Para la toma de pH se procedió a tomar 12 muestras de las pilas dinámicas y 12 muestras de las composteras giratorias aplicando agua destilada, para luego mediante el pH – Metro determinar dicho parámetro. La medición de pH se realizó las fechas (22, 24, 26, 29, 31 de Julio; 02, 05, 07, 09, 12, 14, 16, 19, 21, 23, 26, 28, 30 de agosto y 02, 04, 06, 09, 11, 13, 16, 18, 20, 23, 25, 27, 30 de septiembre). Se realizó en el laboratorio de Saneamiento Ambiental de la UPeU a las 3: 00 pm. (Ver figura 82).

### ✓ **Riego**

Los riegos fueron realizados con la finalidad de obtener una adecuada humedad en las pilas dinámicas y composteras giratorias cuando estaban por debajo del promedio, debiendo mantenerlas en un rango de 30 a 45% aproximadamente.

Se empleó una botella de 1 litro para el riego de las pilas y composteras para ayudar a distribuir el agua en forma uniforme sobre todas las pilas y composteras, procurando que el agua llegue uniformemente al substrato para una mayor eficiencia, este procedimiento se realizó cada vez que fue necesario. (Ver figura 79).

### ✓ **Volteos**

Los volteos para las pilas dinámicas se hicieron con la ayuda de una lampa y para las composteras giratorias se realizó manualmente a los días de la aplicación del producto, para facilitar la oxigenación de la materia orgánica y que los microorganismos actúen eficazmente en la descomposición, evitando así la compactación que podría producirse por el riego, este procedimiento se realizó cada vez que fue necesario.

### ✓ **Tapado**

Se efectuó el tapado cada vez que se volteaban los materiales con el fin de acelerar la degradación y evitar la atracción de vectores y molestias. Se utilizó plástico azul y negro para mantener una temperatura óptima.

## **3.3.5. Muestreo y análisis de los parámetros fisicoquímicos del compost**

### **3.3.5.1 Muestreo**

Después que se haya culminado el proceso de compostaje y se tenga el producto final, se procedió a tomar muestras para su respectivo envío al laboratorio como se muestra a continuación.

#### **- Tamizado**

Al finalizar el proceso de compostaje se tamizaron las pilas dinámicas y composteras giratorias con la finalidad de determinar el porcentaje de tamaño de partículas del compost que se encontraba entre 2 mm.

- **Peso de la muestra**

Se pesó por sistema de compostaje obtenido y se envió al laboratorio 1.5 kg para prevenir

**3.3.5.2. Análisis**

Las muestras fueron llevadas y evaluadas en el laboratorio de suelos de la UNALM y UPeU para determinar la calidad de compost con el respectivo análisis de características fisicoquímicas, para establecer nutricionalmente valores de elementos como N, P, K, materia orgánica y pH así determinar el compost integrado o puro de mejor calidad.

- **Determinación del Potencial de Hidrógeno (pH)**

Primero se verificó que el equipo se encuentre calibrado, luego se procedió a realizar el ensayo con el siguiente procedimiento: mezclar en un vaso precipitado 10 gr de suelo seco tamizado y 25 ml de agua destilada, la relación tierra – agua 1:2,5 luego se pasó a mezclar el suelo utilizando una vagueta, seguidamente se dejó reposar de 10 a 15 minutos.

Después dejamos que la muestra se sedimente (líquido claro sobre el suelo depositado). Posteriormente se introdujo el electrodo calibrado en la suspensión agua y finalmente se registró el valor de pH en la hoja de datos del suelo (Globe, 2005c).

- **Humedad**

Para la medición de la humedad se utilizó “Sensores de Humedad de Suelos” aplicado en campo.

Se introdujeron los sensores en las zonas a controlar, luego se dejaron enterrados a una profundidad de 10 cm. Seguidamente se conectaron los cables de los sensores al medidor. Una vez conectada al medidor, el valor de la humedad era inmediatamente mostrada a través del display del aparato (Globe, 2005b).

- **Temperatura**

Primeramente, se insertó la madera en el suelo (5 cm) se sacó con cuidado para no alterar el suelo lo menos posible. Luego se introdujo el termómetro, de tal manera que

sobresalgan 7 cm del termómetro, se esperó 2 minutos para registrar la temperatura. Finalmente se retiró el termómetro del agujero y se vertió con agua destilada para estabilizar la temperatura ambiente (Globe, 2005a). (Ver figura 81).

- **Materia Orgánica**

Para determinar la materia orgánica se utilizó el método de calcinación, con este método se obtuvo los valores más altos en el contenido de materia orgánica del suelo, ya que con él se volatilizan todas las formas de carbono orgánico presentes en la muestra.

Para el procedimiento se pesó una muestra de 7 gr de suelo seco y se depositó en crisoles de porcelana, seguidamente se pasó a ubicarlas en una estufa a 105 °C hasta obtener un peso constante (aproximadamente 24 a 48 horas) después se retiró del horno y se dejó enfriar en el desecador.

Posteriormente se calcinó la muestra en una mufla a 650°C (aproximadamente 3 a 4 horas). Luego se retiró de la mufla y se dejó enfriar en el desecador. Finalmente se calculó la diferencia de peso entre las medidas (antes y después), esta diferencia equivale a la cantidad de material orgánico que se perdió de la muestra por efecto de la calcinación y se expresó la diferencia de peso en porcentaje (Daniel, 2002).

- **Nitrógeno (N)**

Este proceso se realizó en el laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertilización de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

- **Fosforo y potasio**

Este proceso se realizó mediante el equipo fotómetro, con diferentes concentraciones y diversos factores de dilución.

Tabla 27.

Concentraciones para el proceso de fósforo y potasio mediante el factor de dilución.

Concentración	Factor
50 gr de muestra y 150 ml de agua destilada (1:4)	10,50
1 gr de muestra y 1000 ml de agua destilada (1%)	5,50
5 gr de muestra y 1000 ml de agua destilada (5%)	5,50

➤ *Procedimiento para la Dilución Factor “5”*

Se colocó en la cubeta de vidrio 2 mililitros de la muestra y se agregó 8 mililitros (hasta donde se encuentra la marca de 10 ml) de agua destilada, bidestilada y desmineralizada.

➤ *Procedimiento para la Dilución Factor “10”*

Para este procedimiento colocamos en la cubeta de vidrio 1 mililitro de la muestra y se agregó 9 mililitros (hasta donde se encuentra la marca de 10 ml) de agua destilada, bidestilada y desmineralizada. En el caso de que no contáramos con agua destilada acudíamos a usar resina o agua comercial.

➤ *Procedimiento para la Dilución Factor “50”*

Se colocó en la cubeta de vidrio 0.5 mililitros de la muestra y se agregó 9.5 mililitros (hasta donde se encuentra la marca de 10 ml) de agua destilada, bidestilada y desmineralizada. En el caso de que no contáramos con agua destilada acudíamos a usar resina o agua comercial.

**Para la lectura del Fósforo fue de la siguiente manera:**

0,00 a 30.00 (como  $\text{PO}_4^{3-}$ ) y de 0.00 a 9.8 (como P)  
0,1  
 $\pm 1.0 \pm 4\%$  de la lectura a 25°C

Se llenó una cubeta con 10 ml de muestra sin reaccionar (hasta la marca), tapamos y colocamos la cubeta en el compartimiento del equipo y cerramos la tapa, luego pulsamos la tecla Zero saliendo en pantalla “0.0-” demostrando que estaba listo para la medición. Se retiró la cubeta y agregamos 10 gotas de reactivo HI93717A-0. También añadimos el sobre del reactivo HI93717B-0 a la cubeta en el equipo y cerramos la tapa. Seguidamente se presionó reloj (timer) saliendo en pantalla cuenta regresiva de 5 minutos. Finalmente, el reloj (timer), nos arrojó una lectura en pantalla y estos resultados se expresaron en mg/L (ppm) de fósforo ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

- Presionamos las flechas (Arriba o abajo) para acceder a las funciones del segundo nivel
- Presionamos la tecla Chem Form para convertir el resultado en mg/L (ppm) a fósforo (P) y pentóxido de fósforo  $\text{P}_2\text{O}_5$
- Presionamos las flechas (arriba o abajo) para regresar a la pantalla de medición.

La dilución de las muestras: Si las muestras se diluyeron (Factor 5, 10 y/o 50) multiplicar el resultado por el factor de dilución para calcular la concentración de la muestra original sin diluir. Por ejemplo, si la muestra diluida produce un resultado de 15,3 mg/L después de diluirse en un factor de 5, entonces la concentración de la muestra original sería de  $15.3 \times 5 = 76.5$  mg/L.

#### *INTERFERENCIA*

La interferencia puede ser causada por: Sulfuro, cloruro por encima de 150000 mg/L, calcio por encima de 10000 mg/L como  $\text{CaCO}_3$ , magnesio por encima de 40000 mg/L como  $\text{CaCO}_3$ , Hierro ferroso por encima de 100 mg/L

#### **Para la lectura de Potasio fue de la siguiente manera:**

0,0 a 20.00 (como K)  
0,1  
 $\pm 3 \pm 7\%$  de la lectura a 25°C

Se llenó una cubeta con 10 ml de muestra sin reaccionar (hasta la marca), agregamos 6 gotas del reactivo HI93750A-0 giramos la cubeta de manera que se mezclara, tapamos y colocamos la cubeta en el comportamiento del equipo y cerramos la tapa. Después pulsamos la tecla Zero saliendo en pantalla “0.0-” demostrando que estaba listo para la medición. Agregamos un sobre de HI93717B-0 reactivo de potasio volvíamos a agitar suavemente por 1 minuto. Volvimos a colocar la cubeta en el equipo y cerramos la tapa, presionamos el reloj (timer), nos arrojó una lectura en pantalla y estos resultados se expresaron en mg/L (ppm) de fósforo ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

- Presionamos las flechas (Arriba o abajo) para acceder a las funciones del segundo nivel
- Presionamos la tecla Chem Form para convertir el resultado en mg/L (ppm) a fósforo (P) y pentóxido de fósforo  $\text{P}_2\text{O}_5$
- Presionamos las flechas (arriba o abajo) para regresar a la pantalla de medición.

La dilución de las muestras: Si las muestras se diluyeron (Factor 5, 10 y/o 50) multiplicar el resultado por el factor de dilución para calcular la concentración de la muestra original sin diluir. Por ejemplo, si la muestra diluida produce un resultado de 15,3 mg/L después de diluirse en un factor de 5, entonces la concentración de la muestra original sería de  $15.3 \times 5 = 76.5$  mg/L.

## INTERFERENCIA

La interferencia puede ser causada por: Las interferencias pueden ser causadas por: Amonio por encima de 10 ppm, calcio por encima de 10000 ppm como  $\text{CaCO}_3$ , cloruro por encima de 12000 ppm, magnesio por encima de 8000 ppm como  $\text{CaCO}_3$ , sodio por encima de 8000 ppm.

### 3.4 Variables de estudio

#### 3.4.1. Variables independientes

- Gallinaza y estiércol de ganado en pilas dinámicas y composteras giratorias

### **3.4.2 Variables dependientes**

- Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Temperatura, pH, humedad y Materia Orgánica

## **3.5 Formulación de Hipótesis**

### **3.5.1 Hipótesis general**

En la elaboración de compost mediante el método de composteras giratorias es más eficiente que las pilas dinámicas a partir de los residuos sólidos orgánicos de la Universidad Peruana Unión.

### **3.5.2 Hipótesis específicos**

La producción de Nitrógeno en la elaboración de compost mediante métodos de pilas dinámicas es mayor que en compostera giratoria, a partir de los residuos sólidos orgánicos de la Universidad Peruana Unión.

La producción de Potasio en la elaboración de compost mediante métodos de pilas dinámicas es mayor que en compostera giratoria, a partir de los residuos sólidos orgánicos de la Universidad Peruana Unión.

La producción de fosforo en la elaboración de compost mediante métodos de pilas dinámicas es mayor que en compostera giratoria, a partir de los residuos sólidos orgánicos de la Universidad Peruana Unión.

## **3.6. Estudio y Diseño de la Investigación**

### **3.6.1 Diseño estadístico para la efectividad del compost**

Se empleó el diseño factorial  $2^2$  donde el exponente indica el número de factores: 2; mientras que la base indica los niveles de cada factor 2, este diseño consta de 2 dos factores: el factor A y el factor B. Los factores tienen dos niveles: nivel (-) y el nivel (+) (Sánchez, 2015)

Si el factor es cuantitativo, el (+) representa el nivel inferior y el (-) al inferior. Si el factor cuantitativo, el nivel (+) representa al nivel superior y el (-) al inferior. Si el factor es del tipo presencia / ausencia de cierto atributo, el nivel (+) o (-) es arbitraria. Es decir que el

diseño consta de, 4 experimentos según las cuatro combinaciones de los signos de los factores (factores A, factor B). Sea  $y$  la variable la respuesta. Se denomina con la combinación con la letra  $o$  al valor de  $y$  correspondiente a la combinación (-;-); con  $a$  a la combinación (+;-); con  $b$  a la combinación (-;+); y  $ab$  a la combinación (+, +). En la siguiente tabla se resume dicho diseño, donde cada fila es un experimento distinto (Sánchez, 2015).

Tabla 28.

Diseño estadístico de  $2^2$

Factor A	Factor B	Respuesta $y$
-	-	$Y_{11}$ (o)
+	-	$Y_{21}$ (a)
-	+	$Y_{12}$ (b)
+	+	$Y_{22}$ (ab)

Fuente: (Sánchez, 2015).

### 3.6.2 Análisis Estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron a un nivel de significancia de 95 % ( $p \leq 0.05$ ).

Tabla 29.

Diseño factorial para obtención de los resultados del Compost (Composteras giratorias)

Método	Factores			
	P central	Bloque	Factor A Gallinaza	Factor B E.Ganado
<b>CG</b>				
<b>1</b>	1	1	1	1
<b>2</b>	1	1	3	1
<b>3</b>	1	1	1	3
<b>4</b>	1	1	3	3
<b>5</b>	0	1	2	2
<b>6</b>	0	1	2	2
<b>7</b>	1	2	1	1
<b>8</b>	1	2	3	1
<b>9</b>	1	2	1	3
<b>10</b>	1	2	3	3
<b>11</b>	0	2	2	2
<b>12</b>	0	2	2	2

Nota: Compostera Giratoria (CG)

Tabla 30.

Diseño factorial para obtención de los resultados del Compost (Pilas Dinámicas)

<b>Método</b>	<b>Factores</b>			
<b>PD</b>	<b>P central</b>	<b>Bloque</b>	<b>Factor A Gallinaza</b>	<b>Factor B E.Ganado</b>
<b>1</b>	1	1	1	1
<b>2</b>	1	1	3	1
<b>3</b>	1	1	1	3
<b>4</b>	1	1	3	3
<b>5</b>	0	1	2	2
<b>6</b>	0	1	2	2
<b>7</b>	1	2	1	1
<b>8</b>	1	2	3	1
<b>9</b>	1	2	1	3
<b>10</b>	1	2	3	3
<b>11</b>	0	2	2	2
<b>12</b>	0	2	2	2

**Nota: Pilas Dinámicas (PD)**

**CAPITULO IV:  
RESULTADOS Y DISCUSIONES**

**4.1. Resultados de las pilas dinámicas**

**4.1.1 Temperatura de la fase Mesófila**

*Tabla 31.*

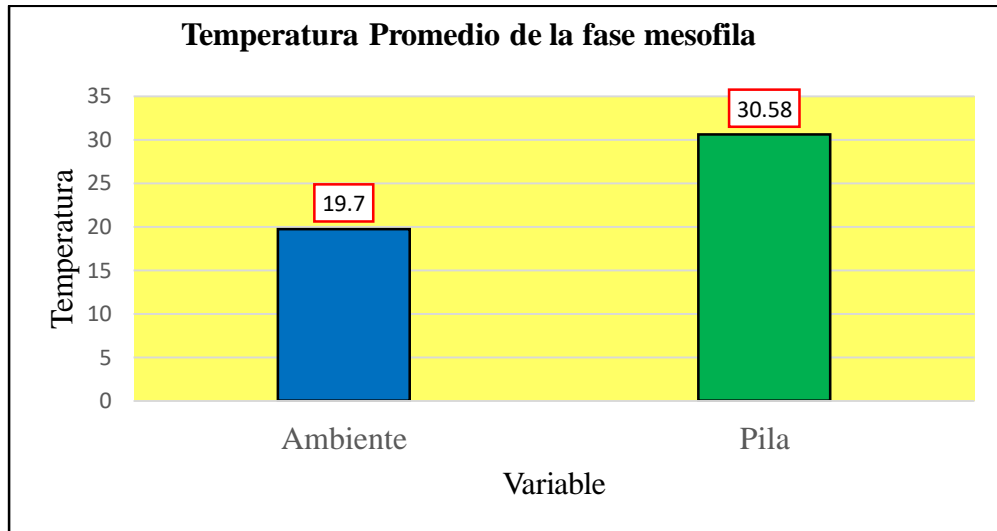
*Temperatura promedio en la fase mesófila de las pilas dinámicas.*

<b>Temperatura</b>									
<b>Fase mesofila - Pilas Dinámicas</b>									
Fecha	N°- Pilas	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C
	1	17.5	30		19.9	35		21.7	30
	2	17.5	29		19.9	32		21.7	28
	3	17.5	32		19.9	30		21.7	29
	4	17.5	27		19.9	29		21.7	35
<b>22/07/2019</b>	5	17.5	32	<b>24/07/2019</b>	19.9	30	<b>26/07/2019</b>	21.7	35
	6	17.5	33		19.9	28		21.7	30
	7	17.5	28		19.9	30		21.7	31
	8	17.5	29		19.9	35		21.7	29
	9	17.5	27		19.9	34		21.7	34
	10	17.5	27		19.9	30		21.7	33
	11	17.5	28		19.9	30		21.7	30
	12	17.5	28		19.9	35		21.7	29
	<b>Promedio</b>	<b>17.5</b>	<b>29.1</b>	<b>Promedio</b>	<b>19.9</b>	<b>31.50</b>	<b>Promedio</b>	<b>21.7</b>	<b>31.08</b>

*Tabla 32.*

*Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase Mesófila.*

<b>Fase: Mesófila</b>	<b>Temperatura Ambiente</b>	<b>Temperatura del compost (pila )</b>
<b>Promedio</b>	19.7	30.58



*Figura 28.* Temperatura promedio de la fase mesófila

**Interpretación:**

Se comparó los resultados de temperatura ambiente respecto a la temperatura del compost en la fase mesófila en las pilas dinámicas y se pudo apreciar valores de la temperatura ambiente entre 17 °C y 21 °C, mientras que en la temperatura del compost se obtuvo valores entre 27 °C y 35 °C.

#### 4.1.2 Fase termófila o de higienización

Tabla 33.

Temperatura promedio en la fase termófila de las pilas dinámicas.

Temperatura																											
Fase Termofila - Pilas Dinamicas																											
Fecha	N°- Pilas	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C			
29/07/2019	1	16.6	45	31/07/2019	17.1	48	02/08/2019	20.3	50	05/08/2019	18.5	52	07/08/2019	18.5	55	09/08/2019	17.2	54	12/08/2019	18.9	48	14/08/2019	21.9	47	16/08/2019	19.8	46
	2	16.6	46		17.1	49		20.3	52		18.5	54		18.5	54		17.2	52		18.9	49		21.9	48		19.8	45
	3	16.6	47		17.1	50		20.3	51		18.5	53		18.5	55		17.2	53		18.9	52		21.9	46		19.8	46
	4	16.6	45		17.1	48		20.3	50		18.5	52		18.5	54		17.2	54		18.9	51		21.9	47		19.8	45
	5	16.6	46		17.1	49		20.3	52		18.5	54		18.5	55		17.2	52		18.9	50		21.9	48		19.8	46
	6	16.6	47		17.1	50		20.3	51		18.5	53		18.5	54		17.2	53		18.9	48		21.9	46		19.8	45
	7	16.6	45		17.1	48		20.3	50		18.5	52		18.5	55		17.2	54		18.9	49		21.9	47		19.8	46
	8	16.6	46		17.1	49		20.3	52		18.5	54		18.5	54		17.2	52		18.9	52		21.9	48		19.8	45
	9	16.6	45		17.1	50		20.3	51		18.5	53		18.5	55		17.2	53		18.9	51		21.9	46		19.8	46
	10	16.6	46		17.1	48		20.3	50		18.5	52		18.5	54		17.2	54		18.9	50		21.9	47		19.8	45
	11	16.6	47		17.1	49		20.3	52		18.5	54		18.5	55		17.2	52		18.9	48		21.9	48		19.8	46
	12	16.6	45		17.1	50		20.3	51		18.5	53		18.5	54		17.2	53		18.9	49		21.9	46		19.8	45
<b>Promedio</b>		<b>16.6</b>	<b>45.8</b>	<b>pmd</b>	<b>17.1</b>	<b>49.0</b>	<b>pmd</b>	<b>20.3</b>	<b>51</b>	<b>pmd</b>	<b>18.5</b>	<b>53</b>	<b>pmd</b>	<b>18.5</b>	<b>54.5</b>	<b>pmd</b>	<b>17.2</b>	<b>53</b>	<b>pmd</b>	<b>18.9</b>	<b>49.75</b>	<b>pmd</b>	<b>21.9</b>	<b>47.0</b>	<b>pmd</b>	<b>19.8</b>	<b>45.5</b>

Tabla 34.

Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase Termófila.

Fase: Termófila	Temperatura Ambiente	Temperatura del compost (pila )
Promedio	18.76	49.84

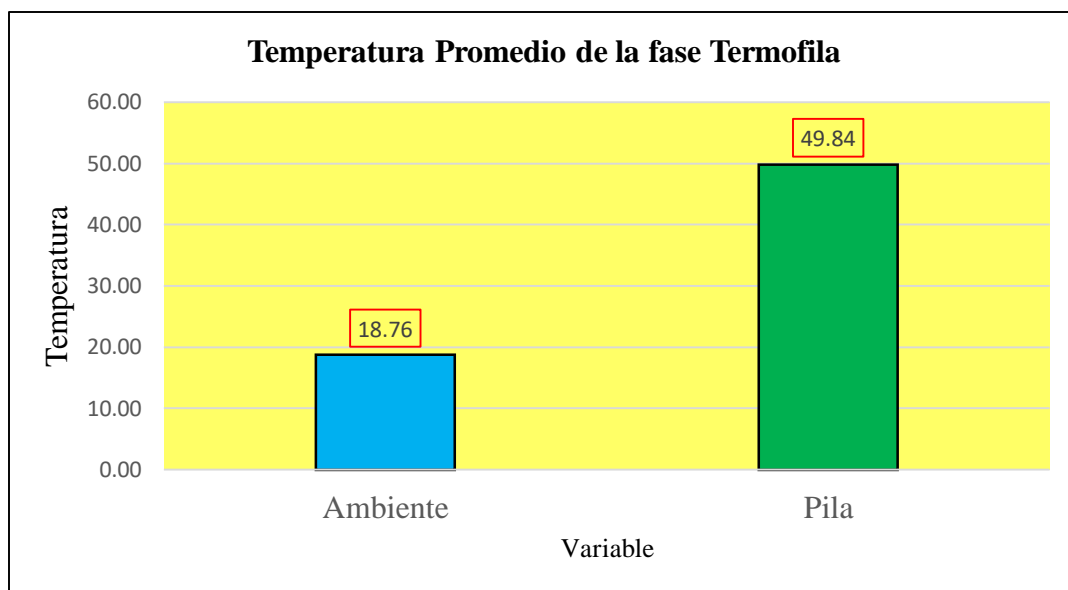


Figura 29. Temperatura promedio de la fase termófila

**Interpretación:**

Se comparó los resultados de temperatura ambiente respecto a la temperatura del compost en la fase termófila en las pilas dinámicas y se pudo apreciar valores de la temperatura ambiente entre 16 °C y 20 °C, mientras que en la temperatura del compost se obtuvo valores mayores entre 45 °C y 51 °C.

### 4.1.3 Fase de enfriamiento o de Mesófila II

Tabla 35.

Temperatura promedio en la fase Mesófila II de las pilas dinámicas.

Temperatura																											
Fase Enfriamiento o Mesofila -Pilas Dinamicas																											
Fecha	Nº- Pilas	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C						
19/08/2019	1	18.6	45	21/08/2019	19.7	44	23/08/2019	19.6	43	26/08/2019	19	42	28/08/2019	19	41	30/08/2019	19.9	40	02/09/2019	18.8	41	04/09/2019	19	40	06/09/2019	21.5	41
	2	18.6	44		19.7	43		19.6	42		19	41		19	40		19.9	41		18.8	42		19	41		21.5	40
	3	18.6	41		19.7	41		19.6	41		19	40		19	44		19.9	41		18.8	40		19	43		21.5	43
	4	18.6	40		19.7	44		19.6	43		19	42		19	41		19.9	42		18.8	41		19	41		21.5	40
	5	18.6	45		19.7	43		19.6	42		19	41		19	40		19.9	40		18.8	42		19	40		21.5	41
	6	18.6	44		19.7	41		19.6	41		19	40		19	44		19.9	41		18.8	40		19	41		21.5	40
	7	18.6	41		19.7	44		19.6	43		19	42		19	41		19.9	41		18.8	41		19	43		21.5	43
	8	18.6	40		19.7	43		19.6	42		19	41		19	40		19.9	42		18.8	42		19	41		21.5	40
	9	18.6	45		19.7	41		19.6	41		19	40		19	44		19.9	40		18.8	40		19	40		21.5	41
	10	18.6	44		19.7	44		19.6	43		19	42		19	41		19.9	41		18.8	41		19	41		21.5	40
	11	18.6	41		19.7	43		19.6	42		19	41		19	40		19.9	41		18.8	42		19	43		21.5	43
	12	18.6	40		19.7	41		19.6	41		19	40		19	44		19.9	42		18.8	40		19	41		21.5	40
<b>Promedio</b>	<b>18.6</b>	<b>42.5</b>	<b>pmd</b>	<b>19.7</b>	<b>42.67</b>	<b>pmd</b>	<b>19.6</b>	<b>42</b>	<b>pmd</b>	<b>19</b>	<b>41</b>	<b>pmd</b>	<b>19</b>	<b>41.67</b>	<b>pmd</b>	<b>19.9</b>	<b>41</b>	<b>pmd</b>	<b>18.8</b>	<b>41</b>	<b>pmd</b>	<b>19</b>	<b>41.25</b>	<b>pmd</b>	<b>21.5</b>	<b>41.0</b>	

Tabla 36.

Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase Mesófila II o enfriamiento.

<b>Fase: Enfriamiento</b>	<b>Temperatura Ambiente</b>	<b>Temperatura de la Pila (compost)</b>
Promedio	19.46	41.56

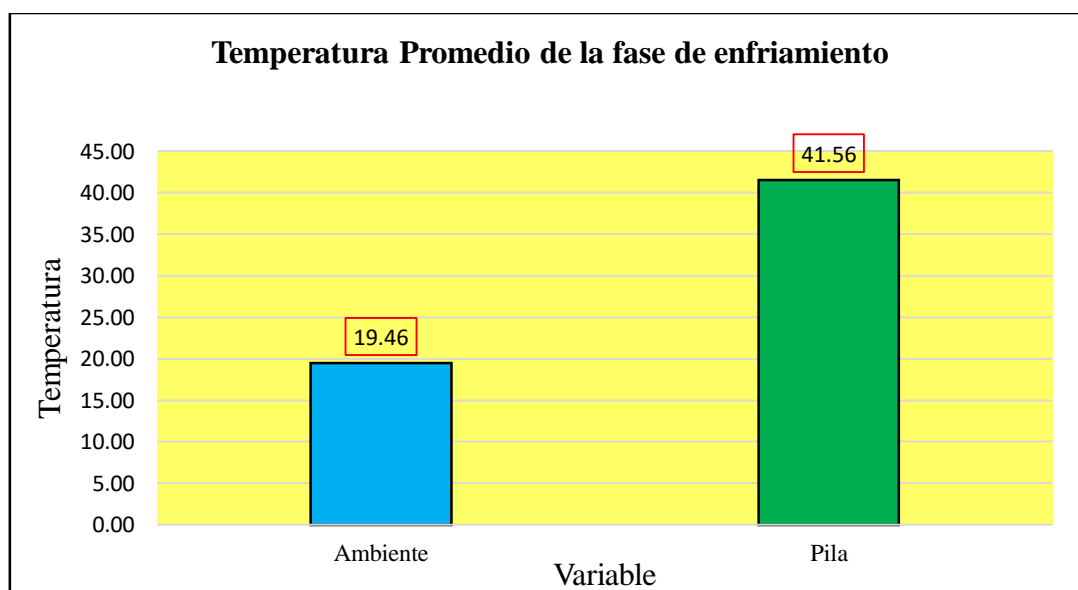


Figura 30. Temperatura promedio de la fase de enfriamiento.

**Interpretación:**

Se comparó los resultados de temperatura ambiente respecto a la temperatura del compost en la fase termófila en las pilas dinámicas y se pudo apreciar valores de la temperatura ambiente entre 16 °C y 20 °C, mientras que en la temperatura del compost se obtuvo valores mayores entre 45 °C y 51 °C.

#### 4.1.4 Fase de maduración

Tabla 37.

Temperatura promedio en la fase maduración de las pilas dinámicas.

Temperatura																														
Fase Maduración - Pilas Dinámicas																														
Fecha	N° De pilas	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C			
	1	20.9	21		19.8	20		20.4	21		20.2	21		20	25		19	20		21.7	22		21.9	23		23.7	24		24.9	25
	2	20.9	21		19.8	21		20.4	20		20.2	21		20	23		19	21		21.7	23		21.9	22		23.7	25		24.9	26
	3	20.9	22		19.8	21		20.4	21		20.2	22		20	23		19	21		21.7	23		21.9	22		23.7	24		24.9	25
	4	20.9	21		19.8	20		20.4	20		20.2	20		20	23		19	20		21.7	22		21.9	23		23.7	25		24.9	27
09/09/2019	5	20.9	21	11/09/2019	19.8	20	13/09/2019	20.4	21	16/09/2019	20.2	21	18/09/2019	20	20	20/09/2019	19	21	23/09/2019	21.7	22	25/09/2019	21.9	23	27/09/2019	23.7	24	30/09/2019	24.9	25
	6	20.9	22		19.8	21		20.4	20		20.2	21		20	24		19	21		21.7	22		21.9	22		23.7	25		24.9	26
	7	20.9	21		19.8	21		20.4	21		20.2	22		20	23		19	20		21.7	23		21.9	22		23.7	24		24.9	25
	8	20.9	21	19.8	20	20.4	20	20.2	20	20	22	19	21	21.7	23	21.9	23	23.7	25	24.9	27									
	9	20.9	22	19.8	20	20.4	21	20.2	21	20	21	19	21	21.7	22	21.9	23	23.7	24	24.9	25									
	10	20.9	21	19.8	21	20.4	20	20.2	21	20	21	19	20	21.7	22	21.9	22	23.7	25	24.9	26									
	11	20.9	21	19.8	21	20.4	21	20.2	22	20	22	19	21	21.7	22	21.9	22	23.7	24	24.9	25									
	12	20.9	22	19.8	20	20.4	20	20.2	20	20	22	19	21	21.7	23	21.9	23	23.7	25	24.9	27									
	<b>Promedio</b>	<b>20.9</b>	<b>21.33</b>	<b>19.8</b>	<b>20.5</b>	<b>20.4</b>	<b>20.5</b>	<b>20.2</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>22.42</b>	<b>19</b>	<b>20.67</b>	<b>21.7</b>	<b>22.42</b>	<b>21.9</b>	<b>22.5</b>	<b>23.7</b>	<b>24.5</b>	<b>24.9</b>	<b>25.8</b>									

Tabla 38.

Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase maduración.

Fase :Maduración	Temperatura Ambiente	Temperatura del Compost (Pila)
Promedio	21.25	22.16

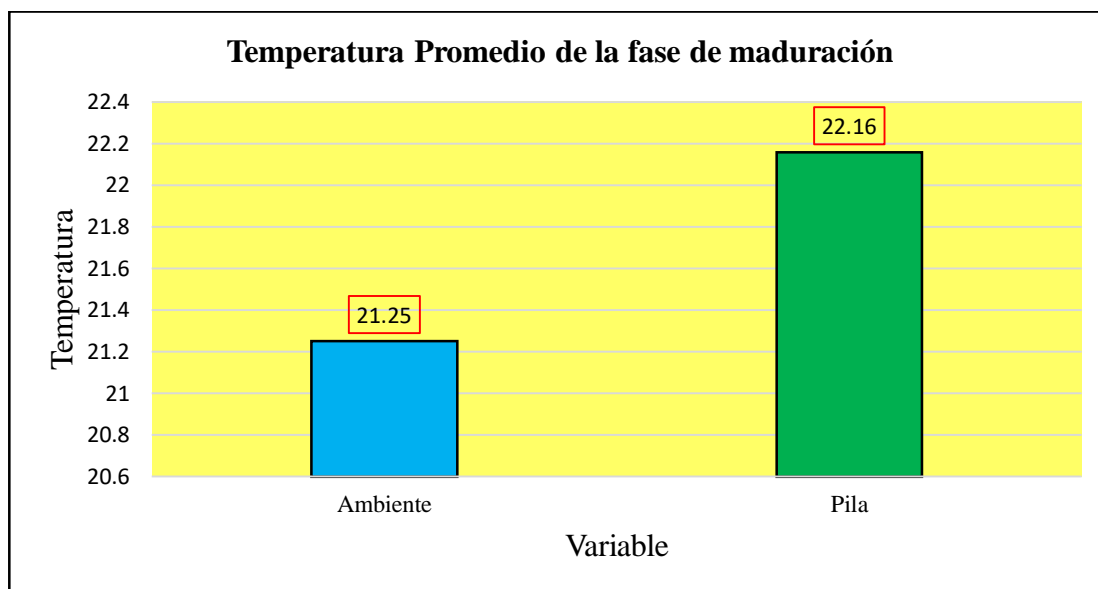


Figura 31. Temperatura promedio de la fase de maduración

**Interpretación:**

Se comparó los resultados de temperatura ambiente respecto a la temperatura del compost en la fase de maduración en las pilas dinámicas y se pudo apreciar valores de la temperatura ambiente entre 19 °C y 24 °C, mientras que en la temperatura del compost se obtuvo valores cercanos a la temperatura ambiente entre 20 °C y 25 °C.

## 4.2 Resultados de la compostera giratoria

### 4.2.1 Temperatura en la fase mesófila

Tabla 39.

Temperatura promedio en la fase Mesófila de las composteras giratorias.

<b>Temperatura</b>									
<b>Fase mesófila - Composteras Giratorias</b>									
<b>Fecha</b>	<b>N°- De compostera</b>	<b>°C - A</b>	<b>°C - C</b>	<b>Fecha</b>	<b>°C - A</b>	<b>°C - C</b>	<b>Fecha</b>	<b>°C - A</b>	<b>°C - C</b>
<b>22/07/2019</b>	<b>1</b>	17.5	32	<b>24/07/2019</b>	19.9	36	<b>26/07/2019</b>	21.7	31
	<b>2</b>	17.5	30		19.9	33		21.7	30
	<b>3</b>	17.5	33		19.9	31		21.7	30
	<b>4</b>	17.5	32		19.9	30		21.7	37
	<b>5</b>	17.5	33		19.9	31		21.7	36
	<b>6</b>	17.5	34		19.9	30		21.7	31
	<b>7</b>	17.5	30		19.9	31		21.7	31
	<b>8</b>	17.5	32		19.9	36		21.7	30
	<b>9</b>	17.5	29		19.9	35		21.7	30
	<b>10</b>	17.5	30		19.9	35		21.7	35
	<b>11</b>	17.5	30		19.9	30		21.7	31
	<b>12</b>	17.5	30		19.9	35		21.7	31
<b>Promedio</b>		<b>17.5</b>	<b>31.25</b>	<b>Promedio</b>	<b>19.9</b>	<b>32.75</b>	<b>Promedio</b>	<b>21.7</b>	<b>31.9167</b>

Tabla 40.

Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase Mesófila.

<b>Fase: Mesófila</b>	<b>Temperatura Ambiente</b>	<b>Temperatura del compost (Compostera)</b>
Promedio	19.7	31.97

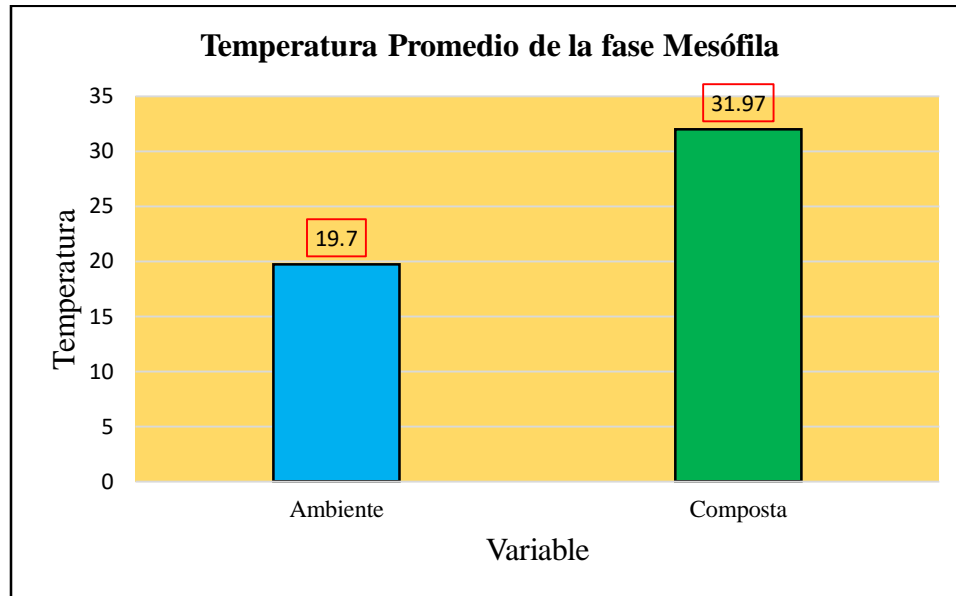


Figura 32. Temperatura promedio de la fase mesófila.

**Interpretación:**

Se comparó los resultados de temperatura ambiente respecto a la temperatura del compost en la fase de Mesófila en las composteras giratorias y se pudo apreciar valores de la temperatura ambiente entre 17 °C y 21 °C, mientras que en la temperatura del compost se obtuvo valores cercanos a la temperatura ambiente entre 31 °C y 32 °C.

#### 4.2.2 Fase termófila o de Higienización – temperatura

Tabla 41.

Temperatura promedio en la fase termófila de las composteras giratorias.

Temperatura																																			
Fase Termofila - Conposteras Giratorias																																			
Fecha	N°- Compostera	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C								
	1	16.6	48		17.1	49		20.3	52		18.5	54		18.5	56		17.2	55		18.9	54		21.9	49		19.8	47								
	2	16.6	47		17.1	51		20.3	52		18.5	55		18.5	56		17.2	56		18.9	53		21.9	48		19.8	47								
	3	16.6	48		17.1	51		20.3	53		18.5	54		18.5	55		17.2	55		18.9	54		21.9	49		19.8	46								
	4	16.6	49		17.1	52		20.3	53		18.5	55		18.5	56		17.2	55		18.9	52		21.9	49		19.8	47								
29/07/2019	5	16.6	48	31/07/2019	17.1	49	02/08/2019	20.3	54	05/08/2019	18.5	54	07/08/2019	18.5	55	09/08/2019	17.2	56	12/08/2019	18.9	53	14/08/2019	21.9	49	16/08/2019	19.8	47								
	6	16.6	47		17.1	51		20.3	52		18.5	55		18.5	56		17.2	55		18.9	53		21.9	48		19.8	47								
	7	16.6	48		17.1	51		20.3	52		18.5	54		18.5	56		17.2	55		18.9	53		21.9	49		19.8	46								
	8	16.6	49		17.1	52		20.3	53		18.5	55		18.5	55		17.2	56		18.9	54		21.9	49		19.8	47								
	9	16.6	48		17.1	49		20.3	53		18.5	54		18.5	56		17.2	55		18.9	52		21.9	49		19.8	47								
	10	16.6	47		17.1	51		20.3	54		18.5	55		18.5	55		17.2	55		18.9	53		21.9	48		19.8	47								
	11	16.6	48		17.1	51		20.3	52		18.5	54		18.5	56		17.2	56		18.9	53		21.9	49		19.8	46								
	12	16.6	49		17.1	52		20.3	52		18.5	55		18.5	56		17.2	55		18.9	54		21.9	49		19.8	47								
	<b>Promedio</b>	16.6	48.00		<b>Pmd</b>	17.1		50.8	<b>Pmd</b>		20.3	52.67		<b>Pmd</b>	18.5		54.5	<b>Pmd</b>		18.5	55.7		<b>Pmd</b>	17.2		55.3	<b>Pmd</b>	18.9	53.2	<b>Pmd</b>	21.9	48.75	<b>Pmd</b>	19.8	46.75

Tabla 42.

Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase termófila.

Fase: Termófila	Temperatura Ambiente	Temperatura del Compost (Compostera)
Promedio	18.76	51.73

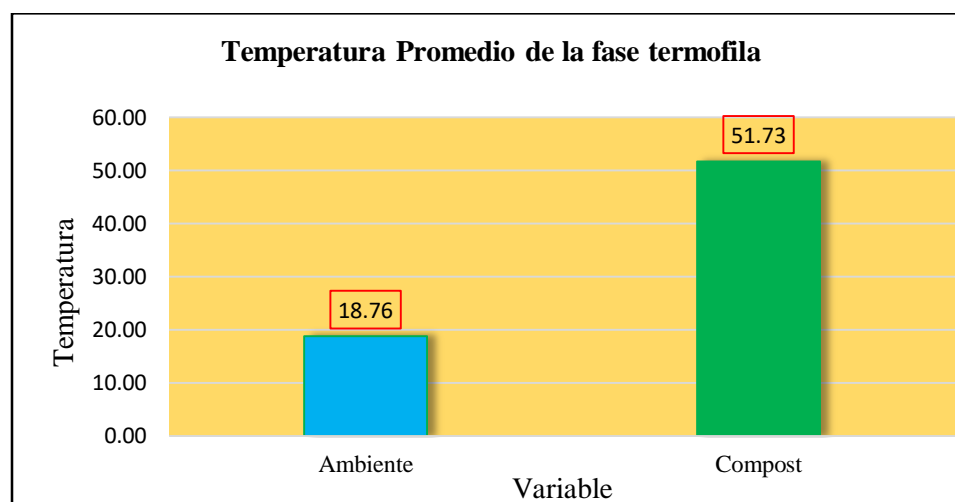


Figura 33. Temperatura promedio de la fase termófila.

**Interpretación:**

Se comparó los resultados de temperatura ambiente respecto a la temperatura del compost en la fase de termófila en las composteras giratorias y se pudo apreciar valores de la temperatura ambiente entre 16 °C y 21 °C, mientras que en la temperatura del compost se obtuvo valores cercanos a la temperatura ambiente entre 46 °C y 55 °C tal como muestra la tabla 39.

### 4.2.3 Fase de Enfriamiento o mesófila – temperatura

Tabla 43.

Temperatura promedio en la fase mesófila de las composteras giratoria

Temperatura																											
Fase Enfriamiento o Mesofila -Composteras Giratorias																											
Fecha	N°- Compostera	°C - A	°C -C	Fecha	°C - A	°C- C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C			
19/08/2019	1	18.6	47		19.7	45		19.6	44		19	43		19	42		19.9	40		18.8	43		19	43		21.5	42
	2	18.6	45		19.7	45		19.6	44		19	44		19	45		19.9	41		18.8	42		19	45		21.5	44
	3	18.6	46		19.7	46		19.6	45		19	44		19	44		19.9	41		18.8	43		19	44		21.5	44
	4	18.6	46		19.7	45		19.6	44		19	43		19	45		19.9	42		18.8	44		19	44		21.5	43
	5	18.6	47		19.7	46		19.6	44		19	42		19	42		19.9	40		18.8	43		19	43		21.5	42
	6	18.6	45		19.7	45		19.6	44		19	43		19	45		19.9	41		18.8	42		19	45		21.5	44
	7	18.6	46		19.7	45		19.6	45		19	44		19	44		19.9	41		18.8	43		19	44		21.5	44
	8	18.6	46		19.7	46		19.6	44		19	44		19	45		19.9	42		18.8	44		19	44		21.5	43
	9	18.6	47		19.7	45		19.6	44		19	43		19	42		19.9	40		18.8	43		19	43		21.5	42
	10	18.6	45		19.7	46		19.6	44		19	42		19	45		19.9	41		18.8	42		19	45		21.5	44
	11	18.6	46		19.7	45		19.6	45		19	43		19	44		19.9	41		18.8	43		19	44		21.5	44
	12	18.6	46		19.7	45		19.6	44		19	44		19	45		19.9	42		18.8	44		19	44		21.5	43
<b>Promedio</b>		18.6	46	<b>Pmd</b>	19.7	45.3	19.6	44.25	<b>Pmd</b>	19	43.25	<b>Pmd</b>	19	44	<b>Pmd</b>	19.9	41	<b>Pmd</b>	18.8	43	<b>Pmd</b>	19	44.00	<b>Pmd</b>	21.5	43.25	

Tabla 44.

Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase de enfriamiento.

<b>Fase: Enfriamiento</b>	<b>Temperatura Ambiente</b>	<b>Temperatura del Compost (Compostera)</b>
Promedio	19.46	43.79

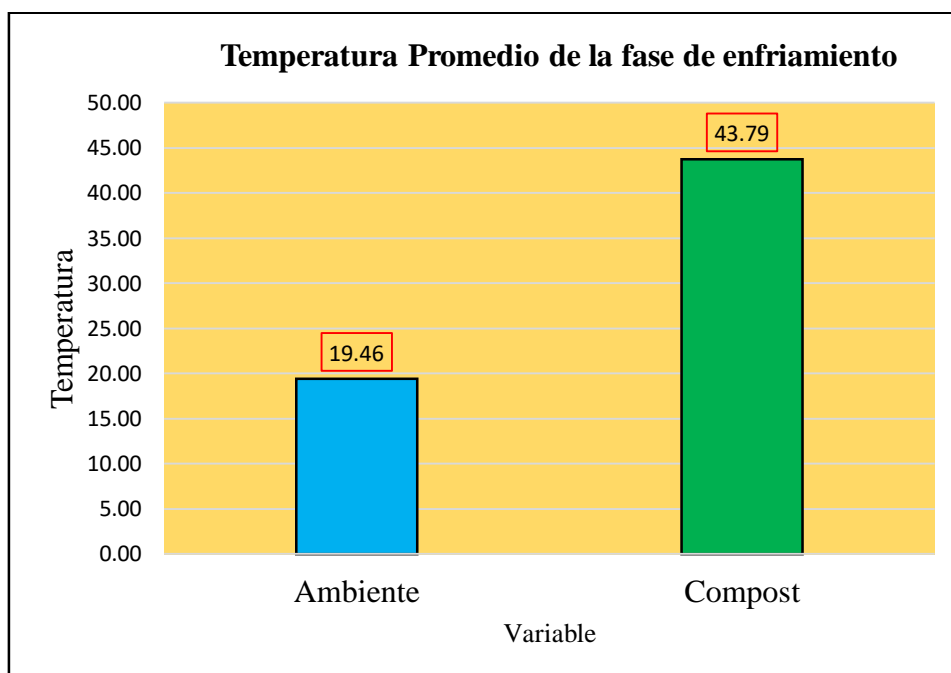


Figura 34. Temperatura promedio de la fase de enfriamiento.

**Interpretación:**

Se comparó los resultados de temperatura ambiente respecto a la temperatura del compost en la fase de enfriamiento en las composteras giratorias y se pudo apreciar valores de la temperatura ambiente entre 18°C y 21 °C, mientras que en la temperatura del compost se obtuvo valores cercanos a la temperatura ambiente entre 46 °C y 43 °C considerando que la temperatura empieza descender tal como muestra en la figura 34.

#### 4.2.4 Fase de maduración – temperatura

Tabla 45.

Temperatura promedio en la fase de maduración de las composteras giratorias.

Temperatura																														
Fecha	N°- Compostera	Fase Maduración - Composteras Giratorias																												
		°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C	Fecha	°C - A	°C - C						
09/09/2019	1	20.9	23		19.8	22		20.4	23		20.2	23		20	24		19	23		21.7	23		21.9	24		23.7	25		24.9	23
	2	20.9	24		19.8	22		20.4	22		20.2	24		20	24		19	23		21.7	24		21.9	24		23.7	25		24.9	24
	3	20.9	23		19.8	23		20.4	22		20.2	23		20	23		19	23		21.7	25		21.9	25		23.7	27		24.9	25
	4	20.9	22		19.8	23		20.4	23		20.2	23		20	23		19	22		21.7	24		21.9	23		23.7	25		24.9	24
	5	20.9	23	6/10/20/2019	19.8	24	6/10/20/2019	20.4	23	16/09/2019	20.2	24	18/09/2019	20	25	20/09/2019	19	23	23/09/2019	21.7	23	25/09/2019	21.9	25	27/09/2019	23.7	24	30/09/2019	24.9	25
	6	20.9	24		19.8	22		20.4	22		20.2	23		20	24		19	23		21.7	24		21.9	24		23.7	23		24.9	25
	7	20.9	23		19.8	22		20.4	22		20.2	24		20	24		19	23		21.7	25		21.9	24		23.7	24		24.9	25
	8	20.9	22		19.8	23		20.4	23		20.2	23		20	23		19	22		21.7	24		21.9	24		23.7	24		24.9	26
	9	20.9	23		19.8	23		20.4	23		20.2	23		20	23		19	23		21.7	23		21.9	25		23.7	26		24.9	26
	10	20.9	24		19.8	24		20.4	22		20.2	24		20	25		19	23		21.7	24		21.9	23		23.7	27		24.9	25
	11	20.9	23		19.8	22		20.4	22		20.2	23		20	24		19	23		21.7	25		21.9	25		23.7	24		24.9	25
	12	20.9	24		19.8	22		20.4	23		20.2	24		20	24		19	22		21.7	24		21.9	24		23.7	24		24.9	25
<b>Promedio</b>		20.9	23.2		19.8	22.7		20.4	22.5		20.2	23.4		20	23.8		19	22.8		21.7	24		21.9	24.2		23.7	24.8		24.9	24.8

Tabla 46.

Comparación del promedio de la temperatura ambiental con respecto a la temperatura del compost en la fase de maduración

Fase: Maduración	Temperatura Ambiente	Temperatura del Compost (Composteras)
Promedio	21.25	23.62

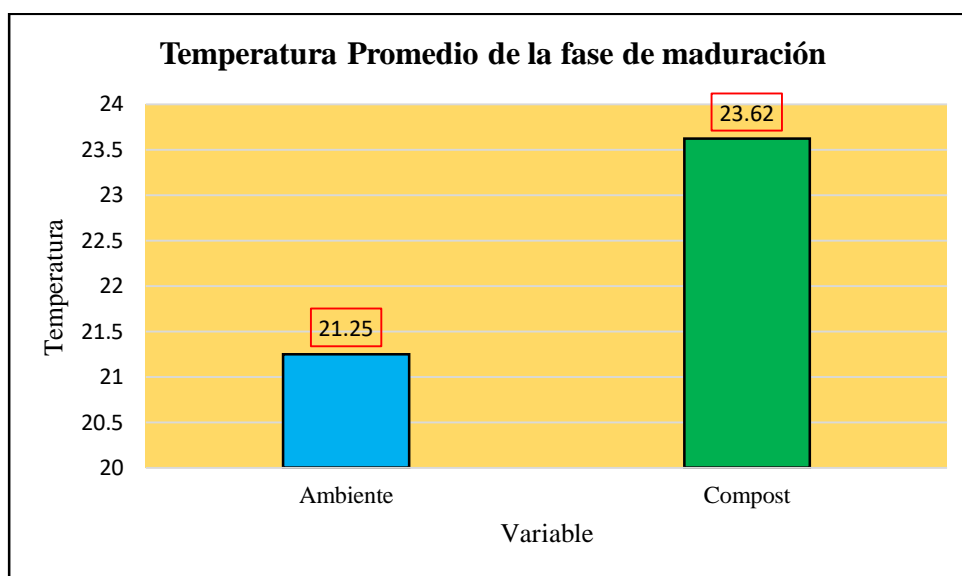


Figura 35. Temperatura promedio de la fase de maduración.

**Interpretación:**

Se comparó los resultados de temperatura ambiente respecto a la temperatura del compost en la fase de maduración en las composteras giratorias y se pudo apreciar valores de la temperatura ambiente entre 19 °C y 24 °C, mientras que en la temperatura del compost se obtuvo valores cercanos a la temperatura ambiente entre 20 °C y 24 °C.

### 4.3 Resultados de materia orgánica – pre resultado

Tabla 47.

*Pre – Materia Orgánica*

<b>Pre-de Materia Orgánica</b>				
<b>N°</b>	<b>Embace</b>	<b>Estufa</b>	<b>Mufla</b>	<b>Resultado</b>
1	28.02	34.97	34.51	6.62

#### 4.3.1 Resultados de materia orgánica en Pilas dinámica

Tabla 48.

*Materia Orgánica de las pilas dinámicas*

<b>Pilas Dinámicas - Materia Orgánica</b>				
<b>N°</b>	<b>Embace</b>	<b>Estufa</b>	<b>Mufla</b>	<b>resultado</b>
1	20.26	26.3	24.73	25.99
2	22.08	27.4	25.73	31.39
3	21.32	27.09	25.64	25.13
4	23.9	29.61	28.09	26.62
5	21.16	26.4	24.65	33.40
6	21.99	27.43	25.68	32.17
7	22.5	28.23	26.41	31.76
8	21.98	28.08	26.12	32.13
9	20.29	25.59	23.76	34.53
10	22.51	27.78	25.92	35.29
11	20.76	25.65	23.8	37.83
12	22.81	28.39	26.83	27.96

Tabla 49.

*Resultado Promedio de la materia orgánica de las pilas dinámicas.*

<b>Materia Orgánica de las pilas Dinámicas</b>	<b>Valor</b>
Promedio de las 12 pilas dinámicas	31.18

### 4.3.2 Resultados de materia orgánica en composteras giratorias

Tabla 50.

Materia Orgánica de las Composteras Giratorias

<b>Composteras Dinámicas - Materia Orgánica</b>				
<b>N°</b>	<b>Embace</b>	<b>Estufa</b>	<b>Mufla</b>	<b>Resultado</b>
1	22.01	27.76	25.25	43.65
2	23.09	29.76	27.32	36.58
3	22.09	28.31	25.43	46.30
4	23.62	29.53	27.32	37.39
5	23.8	25.91	25.08	39.34
6	21.33	26.71	24.49	41.26
7	22.51	28.25	25.91	40.77
8	21.98	27.17	25.15	38.92
9	21.98	28.6	25.6	45.32
10	22.8	28.52	25.89	45.98
11	47.84	53.75	51.26	42.13
12	48.11	54.94	51.31	53.15

Tabla 51.

Resultado Promedio de la materia orgánica de las composteras giratorias.

<b>Materia Orgánica de las composteras</b>	<b>Valor</b>
Promedio de las 12 Composteras Giratorias	42.57

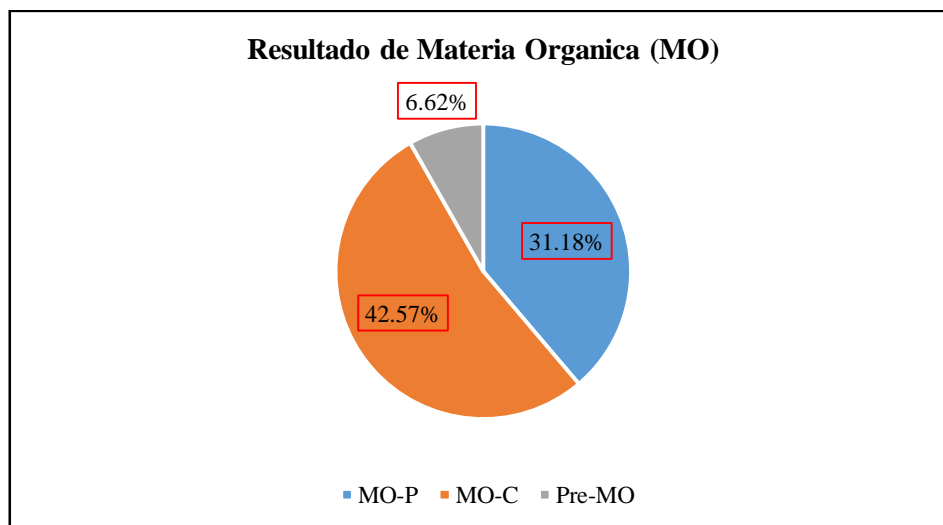


Figura 36. Resultado de materia orgánica

## Interpretación:

En la figura 36 se muestra que la materia orgánica en el pre resultado fue de 6.62 %, luego el post de las pilas dinámicas fue de 31.18% y finalmente la muestra de materia orgánica en las compostera es más alta respecto a las pilas dinámicas con un valor de 42,57 %.

## 4.4 Resultados de pH en las pilas dinámicas

### 4.4.1 pH en la fase mesófila

Tabla 52.

*pH promedio en la fase mesófila de las pilas dinámicas.*

pH						
Fase Mesófila - Pilas Dinámicas						
Fecha	N°- Pilas	pH-C	pH-C	pH-C	pH-C	
22/07/2019	1	4.5	4.5	5	5	
	2	4	5	5.5	5.5	
	3	4	4.5	5.5	5.5	
	4	4	4.5	5.5	5.5	
	5	4.5	5	5.5	5.5	
	6	4.5	4.5	5	5	
	7	4.5	4.5	5	5	
	8	4	5	5	5	
	9	4	4.5	5.5	5.5	
	10	4.5	4.5	5	5	
	11	4.5	5	5.5	5.5	
	12	4.5	4.5	5.5	5.5	
<b>Promedio</b>		<b>4.29</b>	<b>Promedio</b>	<b>4.67</b>	<b>Promedio</b>	<b>5.29</b>

Tabla 53.

*Comparación del pH óptimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de Mesófila.*

pH en la fase Mesófila	pH óptimo	pH Promedio del compost (pilas dinámicas)
Promedio	4.5	4.75

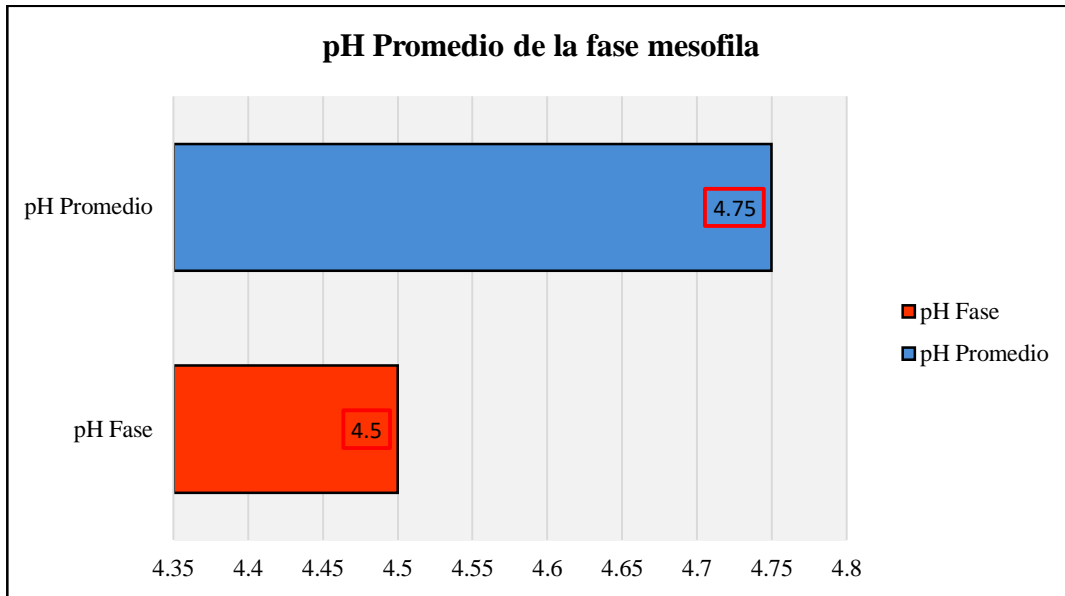


Figura 37. pH promedio de la fase mesófila

**Interpretación:**

Se comparó los resultados del pH en la fase Mesófila de las pilas dinámicas, siendo el pH óptimo 4.5, mientras que en nuestras pilas dinámicas en la fase Mesófila se obtuvo un valor de 4.75 de pH promedio.

#### 4.4.2 pH fase termófilo o de higienización

Tabla 54.

pH promedio en la fase Termófila o de higienización de las pilas dinámicas.

Ph																		
Fase Termófila - Pilas Dinámicas																		
Fecha	N° - De Pilas	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C
	1	5.5		6.5		6		6		6.5		6.5		6		7		7
	2	5.5		5.5		6		6		6.5		6		6		6		6.5
	3	6		5.5		6		6		6		6		6		6.5		6.6
	4	6		6		6		6		6		6.5		6		6		6
29/07/2019	5	6	31/07/2019	6	02/08/2019	6.5	05/08/2019	6.5	07/08/2019	6	09/08/2019	6.5	12/08/2019	6.5	14/08/2019	6	16/08/2019	7
	6	6		6		6		6		5.5		6		6.5		6		7
	7	6.5		6		6		6		6.5		6		6		6.5		6
	8	6.5		6		6.5		6		6		6		6.5		7		6.6
	9	6.5		6		6		6.5		6		6.5		6		6		6
	10	6.5		6.5		6		6.5		6.5		6		6		6.5		7
	11	6.5		6		6		6.5		6		6.6		6.5		6		7
	12	6.5		6.5		6		6		6		6.5		6.5		7.5		7.5
	<b>Promedio</b>	<b>6.17</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.04</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.0833</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.1667</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.125</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.2583</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.2083</b>	<b>Pmd</b>	<b>11.29</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.68</b>

Tabla 55.

Comparación del pH óptimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de termófila.

Fase Termófila	pH Óptimo	pH Promedio del compost (pilas dinámicas)
Promedio	6.50	6.78

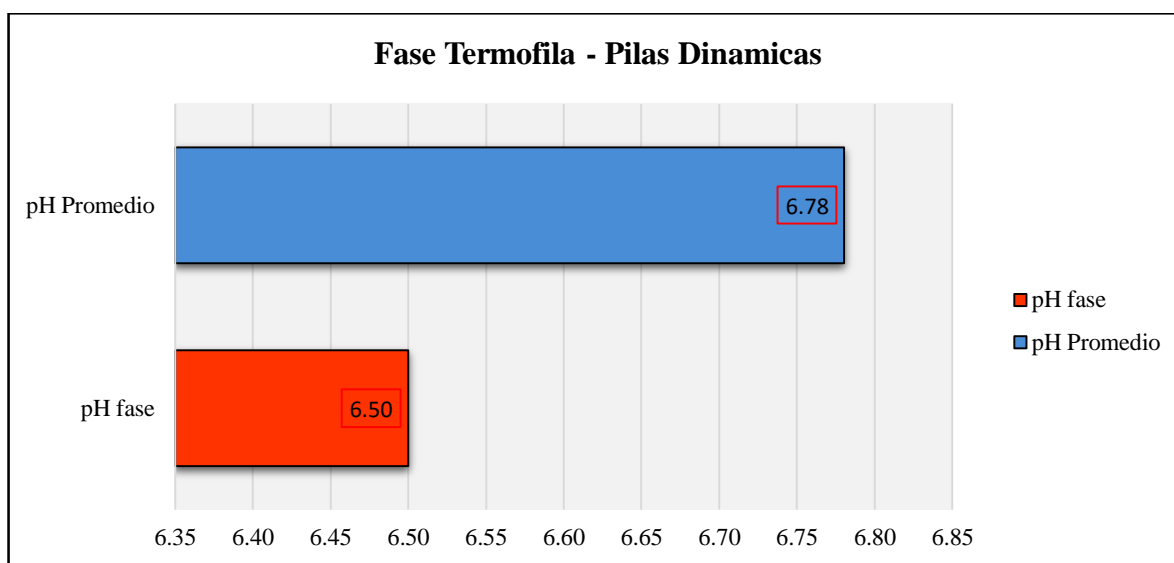


Figura 38. Fase termófila- pilas dinámicas

**Interpretación:**

Se comparó los resultados del pH en la fase termófila de las pilas dinámicas, siendo el pH óptimo 6.50, mientras que en nuestras pilas dinámicas en la fase mesófila se obtuvo un valor de 6.78 de pH promedio.

#### 4.4.3 pH fase enfriamiento o Mesófila II

Tabla 56.

*pH promedio en la fase enfriamiento o Mesófila II de las pilas dinámicas.*

pH																		
Fase Enfriamiento o Mesofila -Pilas Dinamicas																		
Fecha	N°- De Pilas	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C
	<b>1</b>	8.4		8.36		8.2		8.4		8.14		8		8.08		8.01		8
	<b>2</b>	8.6		8.9		8.5		8.13		8.13		8.6		8.15		8		8
	<b>3</b>	8.3		8.7		8.15		8.5		8.5		8.19		8.5		8		8.1
	<b>4</b>	8.31		8.87		8.47		8.4		8.9		8.9		8.6		8.04		8.2
<b>19/08/2019</b>	<b>5</b>	8.52	<b>21/08/2019</b>	8.9	<b>23/08/2019</b>	8.1	<b>26/08/2019</b>	8.9	<b>28/08/2019</b>	8.09	<b>30/08/2019</b>	8.7	<b>02/09/2019</b>	8.1	<b>04/09/2019</b>	8.02	<b>06/09/2019</b>	8
	<b>6</b>	8.43		8.9		8.11		8.92		8.18		8.12		8.11		8.5		8.01
	<b>7</b>	8.45		8		8.03		8.07		8		8.16		8.16		8.4		8
	<b>8</b>	8.44		8.9		8.02		8.6		8.67		8		8.67		8.2		8.04
	<b>9</b>	8.3		8.08		8.9		8.19		8.5		8		8.07		8.6		8.02
	<b>10</b>	8.46		8.8		8.13		8.9		8.6		8.07		8.9		8		8
	<b>11</b>	8.2		8.09		8.4		8.28		8.8		8.05		8.3		8.06		8.01
	<b>12</b>	8.3		8.06		8.51		8.06		8.1		8.7		8.1		8.09		8.1
	<b>Promedio</b>	<b>8.39</b>	<b>Pmd</b>	<b>8.55</b>	<b>Pmd</b>	<b>8.29</b>	<b>Pmd</b>	<b>8.45</b>	<b>Pmd</b>	<b>8.38</b>	<b>Pmd</b>	<b>8.29</b>	<b>Pmd</b>	<b>8.31</b>	<b>Pmd</b>	<b>8.16</b>	<b>Pmd</b>	<b>8.04</b>

Tabla 57.

Comparación del pH óptimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de enfriamiento.

Fase de Enfriamiento	pH Óptimo	pH Promedio
Promedio	8.00	8.32

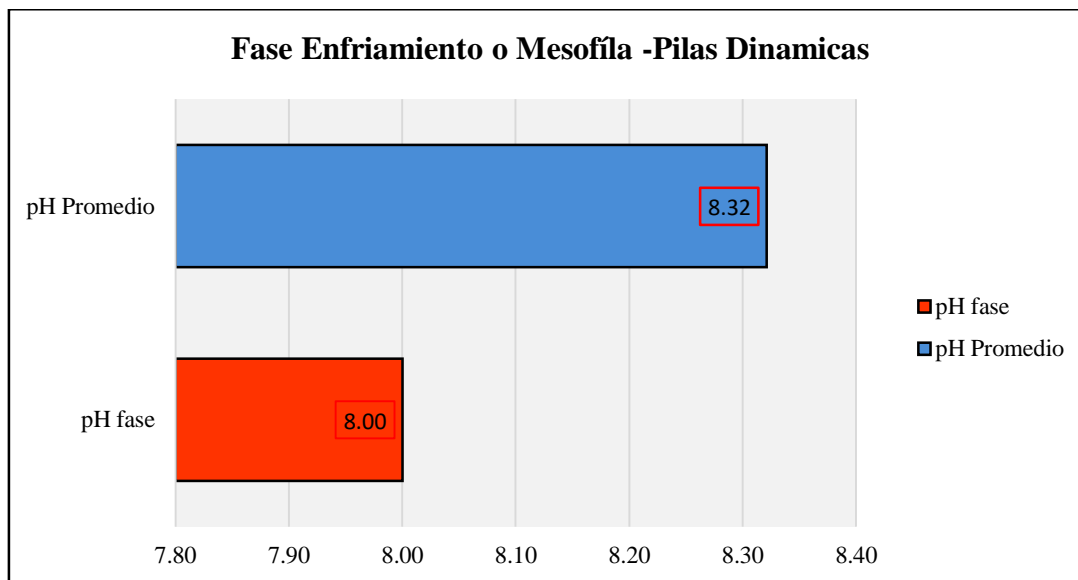


Figura 39. Fase de enfriamiento o mesófila-pilas dinámicas

**Interpretación:**

Se comparó los resultados del pH en la fase de enfriamiento de las pilas dinámicas, siendo el pH óptimo 8.00, mientras que en nuestras pilas dinámicas en la fase de enfriamiento se obtuvo un valor de 8.32 de pH promedio.

#### 4.4.4 pH en la fase de maduración

Tabla 58.

*pH promedio en la fase de Maduración de las pilas dinámicas.*

Ph																															
Fase Maduración - Pilas Dinamicas																															
Fecha	N° - De pilas	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C											
	1	6		6		6.5		6.5		6.6		6.5		7		6		7		6											
	2	6		6.5		6		6.5		6		6.5		7		6.5		6.5		6											
	3	6		6		6		6		6.5		6		6.6		6.5		6.5		6.5											
	4	6		6		6		6		6.5		6		6.5		6.5		7		6.5											
09/09/2019	5	6	11/09/2019	6	13/09/2019	6	16/09/2019	6	18/09/2019	6.5	20/09/2019	6.5	23/09/2019	6.5	25/09/2019	7	25/09/2019	7	25/09/2019	6.5											
	6	6		6		7		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7			
	7	6.5		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7	
	8	6		6		6		6		6		6		6.5		6.5		6.5		6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7
	9	6		6		6		6		6		6		6.5		6		6		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	10	6.5		6.5		6		7		6		6		6		6		6		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	11	6		6		7		6		6		6		6.5		6.5		6.5		6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
	12	6		6		7		7.5		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
	Promedio	6.0833		Pmd		6.1667		Pmd		6.25		Pmd		6.4167		Pmd		6.425		Pmd	6.3333	Pmd	6.8	Pmd	6.625	Pmd	6.79	Pmd	6.67		

Tabla 59.

Comparación del pH óptimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de enfriamiento.

Fase de Maduración	pH Óptimo	pH Promedio
Promedio	7	6.46

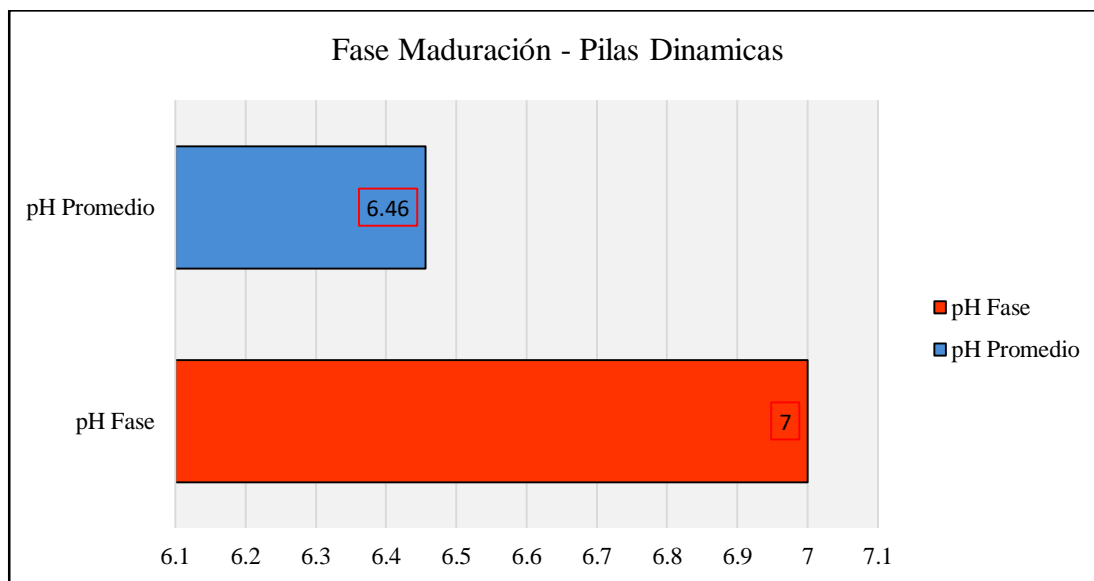


Figura 40. Fase de maduración - pilas dinámicas

**Interpretación:**

Se comparó los resultados del pH en la fase de maduración de las pilas dinámicas, siendo el pH óptimo 7, mientras que en nuestras pilas dinámicas en la fase de maduración se obtuvo un valor de 6.46 de pH promedio.

## 4.5 Resultados del pH en las composteras giratorias

### 4.5.1 pH en la Fase Mesófila

Tabla 60.

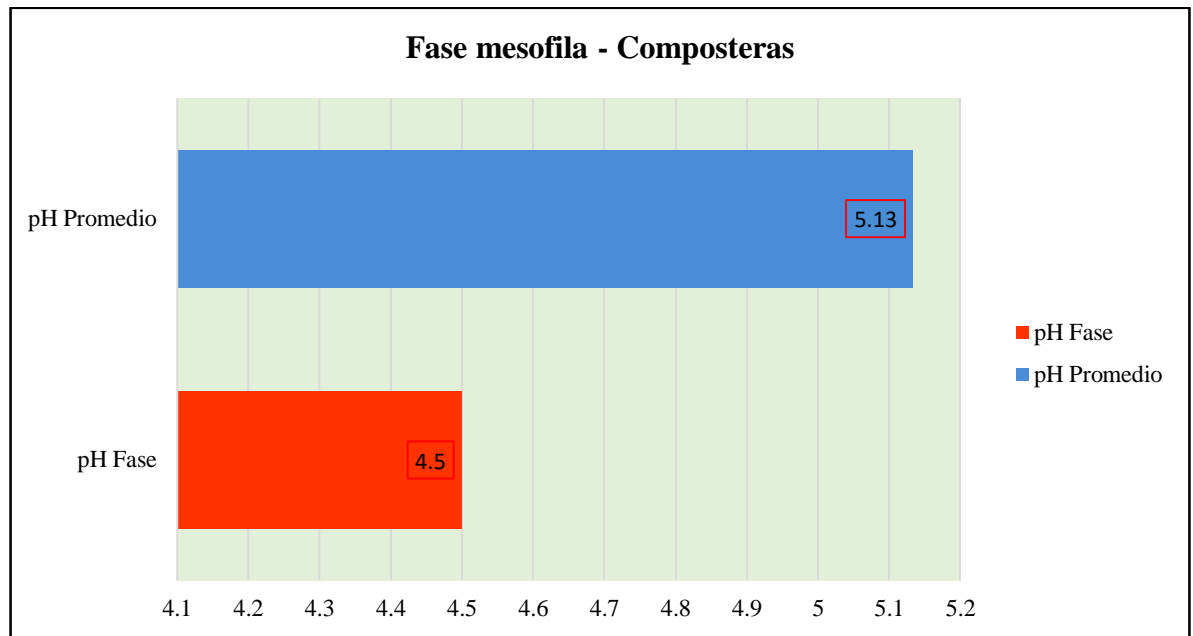
*pH promedio en la fase de enfriamiento de las pilas dinámicas.*

<b>pH</b>						
<b>Fase mesófila - Composteras</b>						
<b>Fecha</b>	<b>N°- De Composteras</b>	<b>pH-C</b>	<b>Fecha</b>	<b>pH-C</b>	<b>Fecha</b>	<b>pH-C</b>
	<b>1</b>	4.8		4.5		5
	<b>2</b>	5		5.5		5
	<b>3</b>	6		4.5		5.5
	<b>4</b>	5.5		4.5		5
<b>22/07/2019</b>	<b>5</b>	4.5	<b>24/07/2019</b>	5.5	<b>26/07/2019</b>	5.5
	<b>6</b>	4.5		5		5
	<b>7</b>	5		5		5
	<b>8</b>	4		5		5
	<b>9</b>	5		5.5		5.5
	<b>10</b>	6		4.5		5
	<b>11</b>	5.5		5.5		5.5
	<b>12</b>	6		5.5		5.5
	<b>Promedio</b>	<b>5.15</b>	<b>Promedio</b>	<b>5.04</b>	<b>Promedio</b>	<b>5.21</b>

Tabla 61.

*Comparación del pH optimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de Mesófila.*

<b>Fase Mesófila</b>	<b>pH Optimo</b>	<b>pH Promedio</b>
Promedio	4.5	5.13



*Figura 41.* Fase mesófila - Composteras

**Interpretación:**

Se comparó los resultados del pH en la fase Mesófila de las composteras giratorias, siendo el pH óptimo 4.5, mientras que en nuestras compostera giratoria en la fase Mesófila se obtuvo un valor de 5.13 de pH promedio.

#### 4.5.2 Fase Termófila

Tabla 62.

*pH promedio en la fase de Termófila en la compostera giratoria.*

Ph																		
Fase Termófila - Composteras																		
Fecha	N°- De	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C	Fecha	pH-C
	Composteras																	
	1	6		6.5		6		6		6.5		6.5		6.5		6.5		7.5
	2	6		6.5		6		6.5		6.5		6.5		6.5		7		7.5
	3	6		6		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5		7.5		7
<b>29/07/2019</b>	4	6	<b>31/07/2019</b>	6	<b>02/08/2019</b>	6	<b>05/08/2019</b>	6	<b>05/08/2019</b>	6	<b>09/08/2019</b>	6.5	<b>09/08/2019</b>	6.5	<b>14/08/2019</b>	7.5	<b>16/08/2019</b>	6.5
	5	6		6		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5		7.5
	6	6		6		6		6.5		5		6.5		6.5		7		7.5
	7	6.5		6.5		6.5		6		6		6.5		6.5		7.5		7
	8	6.5		6		6.5		6		6		6.5		6.5		7.5		6.5
	9	6.5		6.5		6.5		6		6		6		6.5		6.5		7.5
	10	6.5		6		6		6		6		6		6.5		7		7.5
	11	6.5		6		6.5		6.5		6		6.5		6.5		7.5		7
	12	6.5		6.5		6		6.5		6		6.5		6.5		7.5		6.5
	<b>Promedio</b>	<b>6.25</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.21</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.25</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.25</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.08</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.42</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.5</b>	<b>Pmd</b>	<b>7.13</b>	<b>Pmd</b>	<b>7.13</b>

Tabla 63.

Comparación del pH óptimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de termófila.

Fase Termófila	pH Óptimo	pH Promedio
Promedio	6.50	6.47

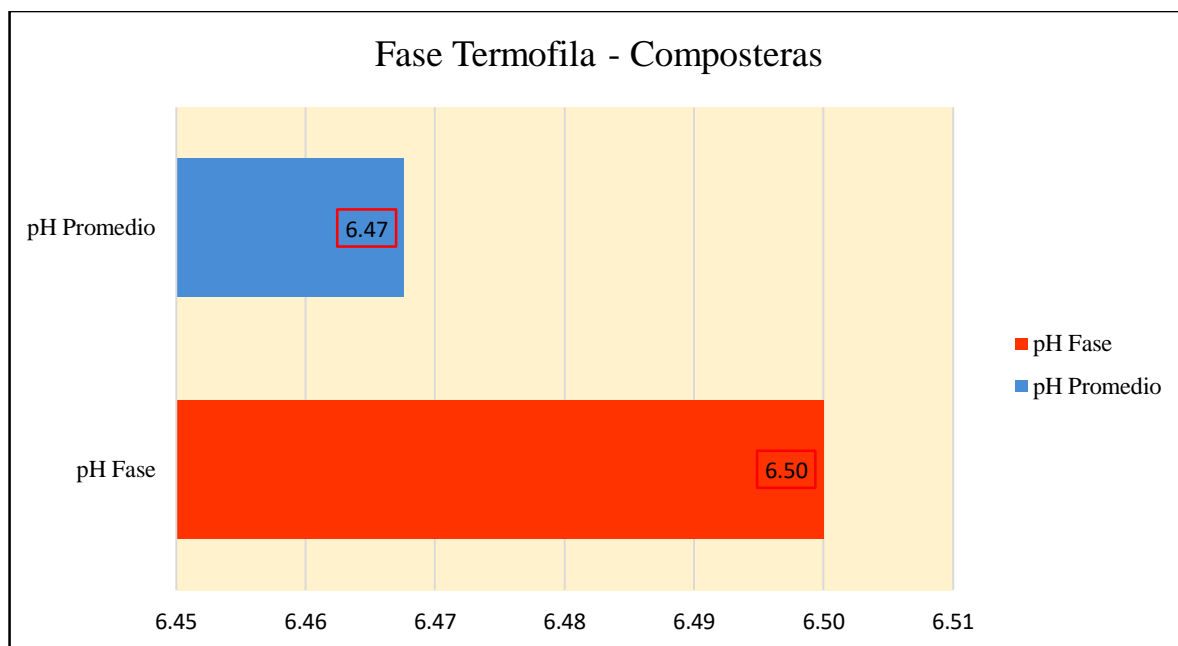


Figura 42. Fase termófila - composteras

**Interpretación:**

Se comparó los resultados del pH en la fase termófila de las composteras giratorias, siendo el pH óptimo 6.50, mientras que en nuestra compostera giratoria en la fase termófila se obtuvo un valor de 6.47 de pH promedio.

### 4.5.3 Fase de enfriamiento o Mesófila II

Tabla 64.

*pH promedio en la fase de Mesófila II o enfriamiento de las pilas dinámicas.*

<b>Ph</b>																		
<b>Fase Enfriamiento o Mesofila -Composteras</b>																		
<b>Fecha</b>	<b>N°- De</b>	<b>pH-C</b>	<b>Fecha</b>	<b>pH-C</b>	<b>Fecha</b>	<b>pH-C</b>	<b>Fecha</b>	<b>pH-C</b>	<b>Fecha</b>	<b>pH-C</b>	<b>Fecha</b>	<b>pH-C</b>	<b>Fecha</b>	<b>pH-C</b>	<b>Fecha</b>	<b>pH-C</b>	<b>Fecha</b>	<b>pH-C</b>
	<b>1</b>	8.8		8.12		8.19		9.18		9.8		9		8.2		8.4		8.2
	<b>2</b>	8.93		8.17		8.16		9.17		9.11		9.1		8.4		8.2		8.04
	<b>3</b>	8.72		8.65		8.9		9.1		9.9		9.07		8.9		8.3		8
	<b>4</b>	8.4		8.4		8.2		9.23		9.27		9.23		8.8		8.9		8.01
<b>19/08/2019</b>	<b>5</b>	8.75	<b>21/08/2019</b>	8.6	<b>23/08/2019</b>	8.14	<b>26/08/2019</b>	9.83	<b>28/08/2019</b>	9.67	<b>30/08/2019</b>	9.83	<b>02/09/2019</b>	8.9	<b>04/09/2019</b>	8.9	<b>06/09/2019</b>	8
	<b>6</b>	8.64		8.7		8.44		9.22		9.3		9.22		8.6		8.5		8.6
	<b>7</b>	8.62		8.5		8.8		8.97		8		8.97		8.12		8.12		8.2
	<b>8</b>	8.92		8.92		8.4		9.17		9.08		9.17		8.9		8.15		8.9
	<b>9</b>	8.92		8.98		8.45		9.2		9.06		9.2		8.12		8.1		8.02
	<b>10</b>	9.03		8.6		8.7		9.13		9.16		9.13		8.8		8.9		8.03
	<b>11</b>	9.8		8.8		8.11		9.2		9.04		9.2		8.13		8.03		8.03
	<b>12</b>	9.14		8.96		8.58		9.09		9.11		9.09		8.19		8.9		8.01
	<b>Promedio</b>	8.89	<b>Pmd</b>	8.62	<b>Pmd</b>	8.42	<b>Pmd</b>	9.21	<b>Pmd</b>	9.21	<b>Pmd</b>	9.18	<b>Pmd</b>	8.51	<b>Pmd</b>	8.45	<b>Pmd</b>	8.17

Tabla 65.

Comparación del pH óptimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de enfriamiento.

Fase de Enfriamiento	pH Fase	pH Promedio
Promedio	8.00	8.74

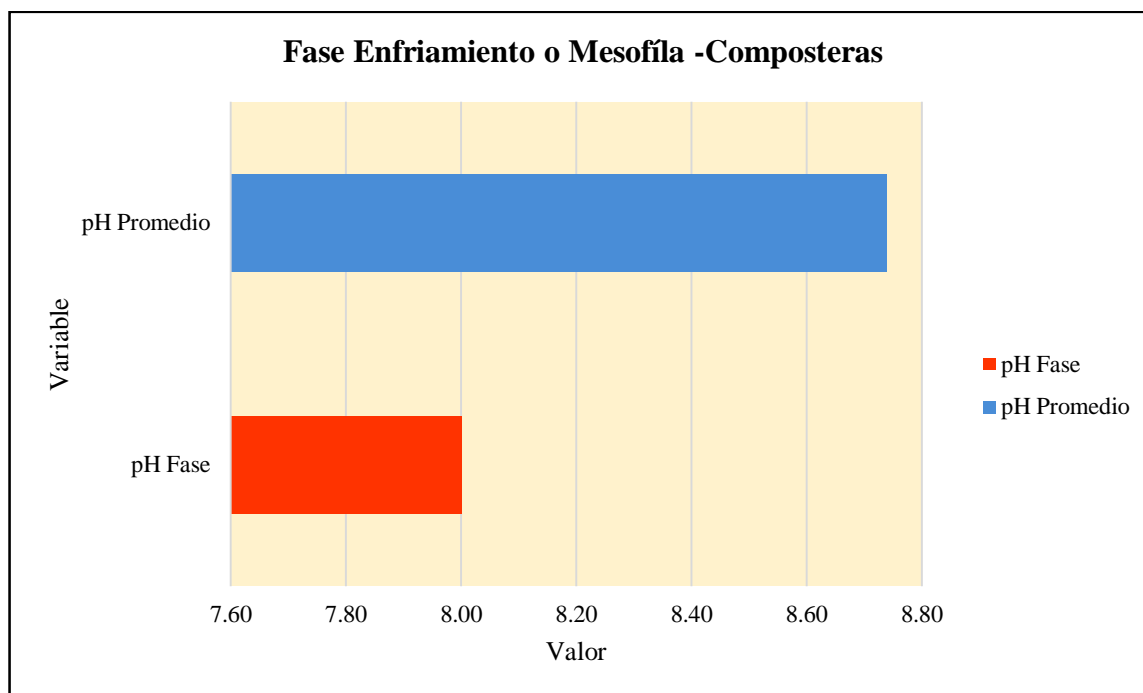


Figura 43. Fase enfriamiento o mesófila - composteras.

**Interpretación:**

Se comparó los resultados del pH en la fase de enfriamiento de las composteras giratorias, siendo el pH óptimo 8.00, mientras que en nuestra compostera giratoria en la fase de enfriamiento se obtuvo un valor de 8.74 de pH promedio.

#### 4.5.4 Fase de maduración

Tabla 66.

*pH promedio en la fase de Maduración de las pilas dinámicas.*

Ph																					
Fase Maduración - Composteras																					
Fecha	N°- De Composteras	pH- C	Fecha	pH- C	Fecha	pH- C	Fecha	pH- C	Fecha	pH- C	Fecha	pH- C	Fecha	pH- C	Fecha	pH- C	Fecha	pH- C	Fecha	pH- C	
09/09/2019	1	6		6.5		6		7		6.5		7		7		6.5		6.5		7	
	2	6		6.5		7		7		6.5		7		6.5		7		6.5		7	
	3	6		6.5		7		6.5		6.6		6.5		7		7		6		6.5	
	4	6		6.5		7		6		6.5		7		6.5		6.5		6.5		6.5	
	5	6	11/09/2019	6	13/09/2019	7	16/09/2019	6.5	18/09/2019	6	20/09/2019	7	23/09/2019	7	25/09/2019	7	27/09/2019	7	30/09/2019	6.5	6.5
	6	6		6.5		7		6.5		6.5		7		7		7		7		7	
	7	6		6		7		6		6		6.5		6.5		6.5		6.5		6.5	
	8	6		6		6		6		6.5		6.6		6.5		6.5		6.5		6.5	
	9	6		6		6		6		7		6.5		7		7		7		6	
	10	6		6		6		6		6.5		7		6.5		7		7		7	
	11	6.5		6.5		6.5		7		7		7		7		7		7		7	
	12	6.5		6.5		6.5		7		7		7		7		7		7		7	
<b>Promedio</b>		<b>6.08</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.29</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.58</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.46</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.55</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.84</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.79</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.83</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.63</b>	<b>Pmd</b>	<b>6.79</b>	

Tabla 67.

Comparación del pH óptimo con respecto al pH promedio del compost en la fase de maduración.

Fase Maduración	pH Óptimos	pH Promedio
Promedio	7	6.59

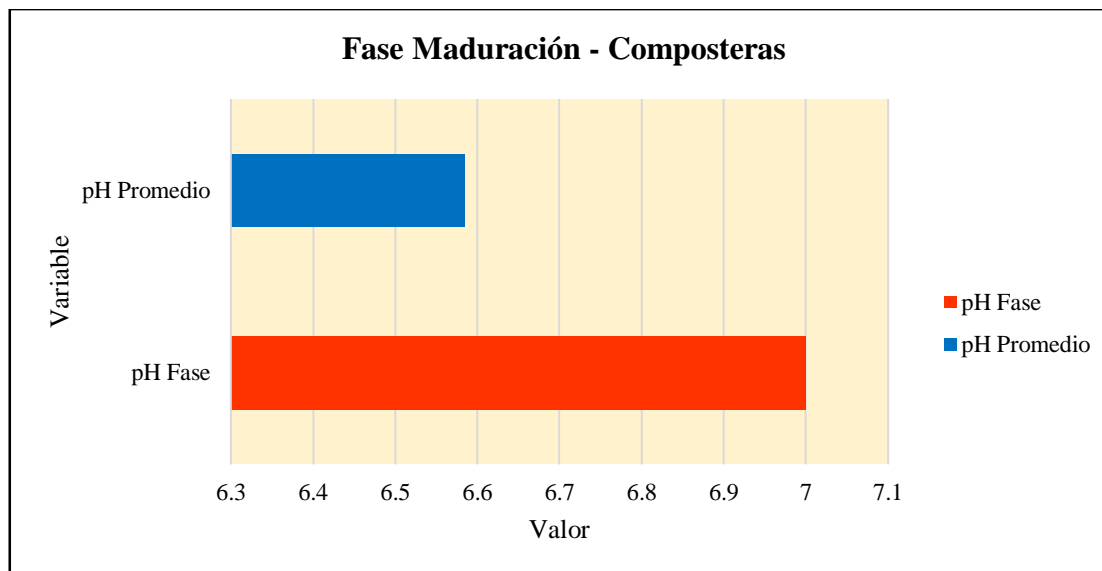


Figura 44. Fase de maduración - compostera.

**Interpretación:**

Se comparó los resultados del pH en la fase de maduración de las composteras giratorias, siendo el pH óptimo 7, mientras que en nuestra compostera giratoria en la fase de maduración se obtuvo un valor de 6.59 de pH promedio.

## 4.6 Resultados de humedad en las pilas dinámicas

### 4.6.1 Humedad en la fase mesófila

Tabla 68.

Humedad fase mesófila de las pilas dinámicas

<b>Humedad</b>									
<b>Fase Mesófila- Pilas</b>									
<b>Fecha</b>	<b>N°- Pilas</b>	<b>Rango de Humedad</b>	<b>Humedad del compost</b>		<b>Rango de Humedad</b>	<b>Humedad del compost</b>	<b>Rango de Humedad</b>	<b>Humedad del compost</b>	
<b>22/07/2019</b>	1	60	62	<b>24/07/2019</b>	60	61	<b>26/07/2019</b>	60	59
	2	60	61		60	62		60	58
	3	60	61		60	61		60	59
	4	60	62		60	62		60	57
	5	60	61		60	63		60	57
	6	60	61		60	63		60	58
	7	60	63		60	61		60	58
	8	60	62		60	62		60	57
	9	60	61		60	62		60	57
	10	60	61		60	63		60	59
	11	60	62		60	62		60	58
	12	60	63		60	62		60	59
<b>Promedio</b>	<b>60</b>	<b>61.67</b>	<b>Promedio</b>	<b>60</b>	<b>62.00</b>	<b>Promedio</b>	<b>60</b>	<b>58</b>	

#### 4.6.2 Fase termófila o de higienización

Tabla 69.

Humedad promedio en la fase de Termófila de las pilas dinámicas.

<b>Humedad</b>																				
<b>Fase Termófila - Pilas</b>																				
<b>N°- Pilas</b>	<b>R- H</b>	<b>H-C</b>	<b>R- H</b>	<b>H-C</b>	<b>R- H</b>	<b>H- C</b>	<b>R- H</b>	<b>H-C</b>	<b>R- H</b>	<b>H-C</b>	<b>R- H</b>	<b>H-C</b>	<b>R- H</b>	<b>H-C</b>	<b>R- H</b>	<b>H-C</b>	<b>R- H</b>	<b>H-C</b>	<b>R- H</b>	<b>H-C</b>
<b>1</b>	55	56	55	55	55	55	55	54	55	55	55	54	55	55	55	56	55	54		
<b>2</b>	55	57	55	54	55	54	55	52	55	56	55	56	55	56	55	55	55	56		
<b>3</b>	55	55	55	56	55	53	55	54	55	54	55	55	55	55	55	54	55	57		
<b>4</b>	55	57	55	53	55	54	55	53	55	56	55	56	55	56	55	54	55	58		
<b>5</b>	55	56	55	55	55	55	55	54	55	54	55	54	55	57	55	57	55	56		
<b>6</b>	55	55	55	56	55	54	55	53	55	56	55	56	55	56	55	58	55	58		
<b>7</b>	55	53	55	54	55	53	55	54	55	57	55	54	55	56	55	56	55	56		
<b>8</b>	55	53	55	56	55	54	55	53	55	55	55	54	55	57	55	54	55	55		
<b>9</b>	55	53	55	55	55	53	55	54	55	58	55	56	55	58	55	53	55	54		
<b>10</b>	55	54	55	54	55	54	55	55	55	56	55	57	55	57	55	54	55	55		
<b>11</b>	55	56	55	53	55	54	55	56	55	56	55	56	55	56	55	55	55	54		
<b>12</b>	55	56	55	54	55	55	55	54	55	57	55	57	55	56	55	56	55	55		
<b>Promedio</b>	<b>55</b>	<b>55.08</b>	<b>55</b>	<b>54.58</b>	<b>55</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>53.833</b>	<b>55</b>	<b>55.83</b>	<b>55</b>	<b>55.667</b>	<b>55</b>	<b>56.42</b>	<b>55</b>	<b>54.83</b>	<b>55</b>	<b>55.67</b>		

### 4.6.3 Fase de enfriamiento o Mesófila II

Tabla 70.

Humedad promedio en la fase de Enfriamiento o Mesófila II de las pilas dinámicas.

Humedad																				
Fase Enfriamiento o Mesófila II -Pilas																				
Nº- Pilas	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C
1	50	54	50	53	50	53	50	51	50	53	50	61	50	61	50	59	50	54	50	54
2	50	55	50	52	50	52	50	53	50	54	50	60	50	59	50	60	50	53	50	53
3	50	56	50	54	50	54	50	52	50	55	50	58	50	58	50	51	50	52	50	52
4	50	54	50	55	50	55	50	55	50	51	50	59	50	60	50	60	50	52	50	52
5	50	55	50	54	50	56	50	54	50	53	50	60	50	61	50	59	50	54	50	54
6	50	56	50	53	50	53	50	51	50	52	50	61	50	62	50	60	50	55	50	55
7	50	55	50	52	50	56	50	50	50	55	50	58	50	63	50	59	50	56	50	56
8	50	54	50	54	50	55	50	51	50	51	50	59	50	59	50	59	50	51	50	51
9	50	54	50	53	50	54	50	53	50	53	50	61	50	59	50	59	50	53	50	53
10	50	56	50	52	50	55	50	52	50	55	50	60	50	60	50	60	50	54	50	54
11	50	55	50	54	50	56	50	55	50	55	50	58	50	59	50	51	50	53	50	53
12	50	56	50	53	50	55	50	52	50	52	50	59	50	59	50	60	50	51	50	51
<b>Promedio</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>50</b>	<b>53.25</b>	<b>50</b>	<b>54.5</b>	<b>50</b>	<b>52.417</b>	<b>50</b>	<b>53.25</b>	<b>50</b>	<b>59.5</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>58.08</b>	<b>50</b>	<b>53.17</b>	<b>50</b>	<b>53.17</b>

#### 4.6.4 Fase de Maduración

Tabla 71.

Humedad promedio en la fase de Maduración de las pilas dinámicas.

Humedad																														
Fase Maduración - Composteras																														
N°- Pilas	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C										
09/09/2019	1	45	50	45	52	45	50	45	49	45	47	45	47	45	45	45	40	45	36	45	46									
	2	45	52	45	49	45	52	45	47	45	48	45	46	45	44	45	39	45	37	45	38									
	3	45	51	45	54	45	48	45	48	45	50	45	45	45	40	45	44	45	35	45	39									
	4	45	52	11/09/2019	45	51	13/09/2019	45	49	16/09/2019	45	50	18/09/2019	45	47	20/09/2019	45	48	23/09/2019	45	47	25/09/2019	45	43	27/09/2019	45	38	30/09/2019	45	40
	5	45	54	45	53	45	51	45	51	45	50	45	48	45	45	45	45	45	45	40	45	43								
	6	45	50	45	56	45	52	45	49	45	51	45	49	45	43	45	38	45	38	45	44	45	38							
	7	45	51	45	54	45	49	45	50	45	55	45	50	45	44	45	37	45	37	45	43	45	39							
	8	45	52	45	53	45	50	45	51	45	46	45	51	45	46	45	40	45	39	45	39	45	40							
	9	45	52	45	51	45	56	45	52	45	48	45	49	45	47	45	39	45	39	45	39	45	38							
	10	45	51	45	52	45	55	45	49	45	49	45	49	45	47	45	45	45	44	45	46	45	37							
	11	45	52	45	51	45	50	45	50	45	50	45	50	45	45	45	46	45	43	45	39	45	35							
	12	45	50	45	55	45	51	45	51	45	52	45	52	45	47	45	47	45	45	45	41	45	37							
<b>Pmd</b>	<b>45</b>	<b>51.42</b>	<b>45</b>	<b>52.583</b>	<b>45</b>	<b>51.083</b>	<b>45</b>	<b>49.75</b>	<b>45</b>	<b>49.42</b>	<b>45</b>	<b>47.667</b>	<b>45</b>	<b>44.92</b>	<b>45</b>	<b>41.42</b>	<b>45</b>	<b>39.8</b>	<b>45</b>	<b>39.17</b>										

Tabla 72.

Humedad de las 4 Fases de las pilas dinámicas en relación al rango de la humedad con la humedad promedio

FASES	Rango de la Humedad 45-	
	60	Humedad promedio
Mesófila	60	60.56
Termófila	55	55.1
Enfriamiento o Mesófila II	50	55.46
Maduración	45	46.72

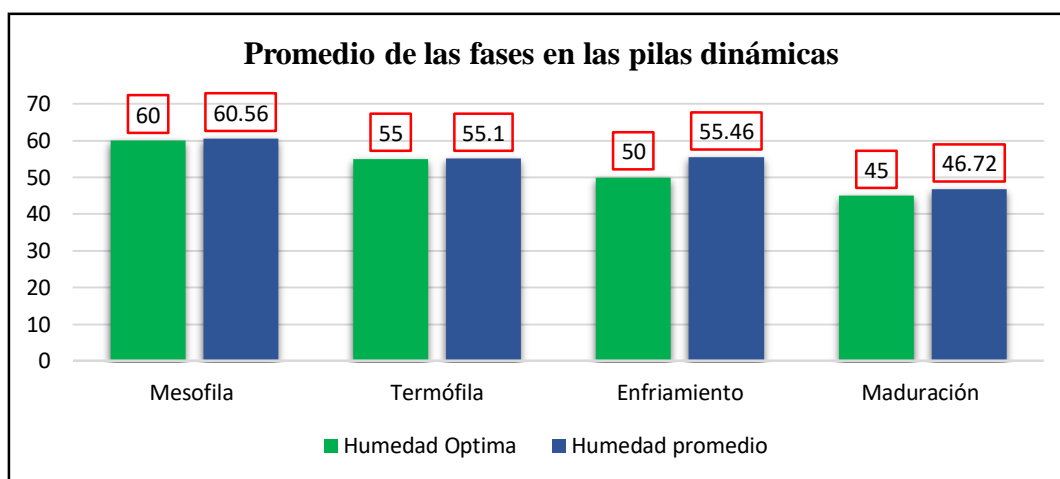


Figura 45. Promedio de las fases en las pilas dinámicas

**Interpretación:**

Se comparó los resultados de la humedad promedio y a la humedad óptima (Manual del Compostaje - FAO) del compost en las cuatro fases en el método de las pilas dinámicas, en la fase Mesófila se observa una mínima diferencia entre ambas con un valor de 60 la humedad óptima y 60.56 a la humedad promedio, en la fase termófila existe una diferencia insignificante entre ambos valores de la humedad de 55 y 55.1, en la fase de enfriamiento se observa que la humedad óptima 50 es menor a la humedad promedio con 55.46 y por último la fase de maduración se observa una similitud entre ambos valores.

## 4.7. Humedad de las composteras giratorias

### 4.7.1 Fase Mesófila

Tabla 73.

*Humedad promedio en la fase de Mesófila de las composteras giratorias*

<b>Humedad</b>											
<b>Fase Mesófila - Composteras</b>											
Fecha	N°- Composteras	Rango de la humedad	H- C		Rango de la Humedad	H- C	Rango de la Humedad	H- C			
	1	60	62		60	64	60	61			
	2	60	64		60	65	60	61			
	3	60	66		60	65	60	60			
	4	60	65	<b>24/07/2019</b>	60	63	<b>26/07/2019</b>	60	62		
<b>22/07/2019</b>	5	60	67		60	66		60	63		
	6	60	64		60	62		60	61		
	7	60	62		60	64		60	61		
	8	60	64		60	65		60	60		
	9	60	65		60	66		60	62		
	10	60	67		60	65		60	63		
	11	60	67		60	63		60	61		
	12	60	64		60	65		60	61		
		<b>Promedio</b>	<b>60</b>		<b>64.75</b>	<b>Promedio</b>		<b>64.42</b>	<b>Promedio</b>	<b>60</b>	<b>61.333</b>

#### 4.7.2 Fase Termófila o de higienización

Tabla 74.

Humedad promedio en la fase de termófila de las composteras giratorias.

Humedad																					
Fase Termófila - Composteras																					
N°- Composteras	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C			
29/07/2019	1	55	59	55	59	55	58	55	56	55	56	55	57	55	56	55	56	55	55		
	2	55	58	55	57	55	57	55	57	55	56	55	59	55	54	55	57	55	56		
	3	55	57	55	59	55	56	55	58	55	57	55	58	55	55	55	57	55	46		
	4	55	60	31/07/2019	55	58	02/08/2019	55	59	05/08/2019	55	58	07/08/2019	55	55	12/08/2019	55	59	14/08/2019	55	47
	5	55	60	55	56	55	59	55	56	55	59	55	56	55	56	55	56	55	55	55	58
	6	55	57	55	58	55	60	55	57	55	55	55	51	55	56	55	56	55	56	55	55
	7	55	57	55	59	55	58	55	58	55	56	55	57	55	57	55	54	55	56	55	56
	8	55	59	55	57	55	57	55	59	55	56	55	59	55	55	55	55	55	57	55	46
	9	55	58	55	59	55	56	55	56	55	57	55	58	55	59	55	57	55	57	55	47
	10	55	60	55	58	55	58	55	57	55	58	55	55	55	56	55	58	55	58	55	58
	11	55	59	55	56	55	59	55	58	55	59	55	56	55	56	55	55	55	55	55	55
	12	55	59	55	58	55	60	55	59	55	55	55	51	55	54	55	56	55	56	55	56
<b>Promedio</b>	55	58.6	55	57.8	55	58	55	57.5	55	56.83	55	56	55	55.83	55	56.5	55	52.9			

### 4.7.3 Fase de Enfriamiento

Tabla 75.

Humedad promedio en la fase de Mesófila de las composteras giratorias.

<b>Humedad</b>																							
<b>Fase Enfriamiento o Mesófila -Composteras</b>																							
N°- Composteras	H- R	H- C	H- R	H- C	H- R	H- C	H- R	H- C	H- R	H- C	H- R	H- C	H- R	H- C	H- R	H- C	H- R	H- C					
1	50	55	50	53	50	54	50	52	50	55	50	62	50	63	50	55	50	55					
2	50	56	50	55	50	55	50	54	50	54	50	60	50	60	50	60	50	53					
3	50	57	50	56	50	56	50	56	50	55	50	58	50	58	50	51	50	52					
4	50	55	21/08/2019	50	57	23/08/2019	50	57	26/08/2019	50	55	28/08/2019	50	59	02/09/2019	50	60	04/09/2019	50	51	06/09/2019	50	51
5	50	56	21/08/2019	50	54	23/08/2019	50	56	26/08/2019	50	54	28/08/2019	50	60	02/09/2019	50	57	04/09/2019	50	59	06/09/2019	50	54
6	50	57	21/08/2019	50	53	23/08/2019	50	55	26/08/2019	50	51	28/08/2019	50	61	02/09/2019	50	59	04/09/2019	50	60	06/09/2019	50	55
7	50	58	21/08/2019	50	54	23/08/2019	50	56	26/08/2019	50	54	28/08/2019	50	58	02/09/2019	50	59	04/09/2019	50	59	06/09/2019	50	57
8	50	55	21/08/2019	50	54	23/08/2019	50	55	26/08/2019	50	51	28/08/2019	50	59	02/09/2019	50	57	04/09/2019	50	58	06/09/2019	50	56
9	50	56	21/08/2019	50	53	23/08/2019	50	54	26/08/2019	50	53	28/08/2019	50	65	02/09/2019	50	61	04/09/2019	50	59	06/09/2019	50	55
10	50	57	21/08/2019	50	55	23/08/2019	50	55	26/08/2019	50	55	28/08/2019	50	60	02/09/2019	50	60	04/09/2019	50	60	06/09/2019	50	54
11	50	58	21/08/2019	50	54	23/08/2019	50	57	26/08/2019	50	55	28/08/2019	50	58	02/09/2019	50	59	04/09/2019	50	57	06/09/2019	50	53
12	50	57	21/08/2019	50	53	23/08/2019	50	55	26/08/2019	50	54	28/08/2019	50	59	02/09/2019	50	61	04/09/2019	50	59	06/09/2019	50	51
<b>Promedio</b>	<b>50</b>	<b>56.42</b>		<b>50</b>	<b>54.25</b>		<b>50</b>	<b>55.42</b>		<b>50</b>	<b>53.67</b>		<b>50</b>	<b>59.92</b>		<b>50</b>	<b>59.5</b>		<b>50</b>	<b>58.1</b>		<b>50</b>	<b>53.8</b>

#### 4.7.4 Fase de Maduración

Tabla 76.

Humedad promedio en la fase de Maduración de las composteras giratorias.

Humedad																													
Fase Maduración - Composteras																													
N°- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C	R- H	H- C									
1	45	52	45	53	45	51	45	50	45	49	45	48	45	46	45	42	45	46	45	48									
2	45	53	45	50	45	53	45	48	45	50	45	49	45	45	45	40	45	47	45	46									
3	45	54	45	55	45	50	45	48	45	50	45	45	45	40	45	44	45	45	45	49									
4	45	55	11/09/2019	45	51	13/09/2019	45	51	16/09/2019	45	52	18/09/2019	45	47	20/09/2019	45	47	23/09/2019	45	40	25/09/2019	45	43	27/09/2019	45	38	30/09/2019	45	40
5	45	54	11/09/2019	45	53	13/09/2019	45	52	16/09/2019	45	51	18/09/2019	45	50	20/09/2019	45	50	23/09/2019	45	45	25/09/2019	45	45	27/09/2019	45	40	30/09/2019	45	46
6	45	56	11/09/2019	45	57	13/09/2019	45	53	16/09/2019	45	49	18/09/2019	45	51	20/09/2019	45	49	23/09/2019	45	46	25/09/2019	45	45	27/09/2019	45	44	30/09/2019	45	48
7	45	51	11/09/2019	45	54	13/09/2019	45	50	16/09/2019	45	53	18/09/2019	45	52	20/09/2019	45	50	23/09/2019	45	47	25/09/2019	45	43	27/09/2019	45	43	30/09/2019	45	49
8	45	54	11/09/2019	45	53	13/09/2019	45	51	16/09/2019	45	51	18/09/2019	45	46	20/09/2019	45	51	23/09/2019	45	46	25/09/2019	45	46	27/09/2019	45	40	30/09/2019	45	40
9	45	52	11/09/2019	45	54	13/09/2019	45	56	16/09/2019	45	52	18/09/2019	45	52	20/09/2019	45	49	23/09/2019	45	49	25/09/2019	45	47	27/09/2019	45	44	30/09/2019	45	48
10	45	51	11/09/2019	45	52	13/09/2019	45	58	16/09/2019	45	49	18/09/2019	45	49	20/09/2019	45	49	23/09/2019	45	49	25/09/2019	45	45	27/09/2019	45	45	30/09/2019	45	47
11	45	52	11/09/2019	45	55	13/09/2019	45	52	16/09/2019	45	50	18/09/2019	45	55	20/09/2019	45	55	23/09/2019	45	45	25/09/2019	45	46	27/09/2019	45	46	30/09/2019	45	45
12	45	56	11/09/2019	45	56	13/09/2019	45	51	16/09/2019	45	52	18/09/2019	45	53	20/09/2019	45	53	23/09/2019	45	47	25/09/2019	45	47	27/09/2019	45	45	30/09/2019	45	49
<b>Pmd</b>	<b>45</b>	<b>53.33</b>	<b>45</b>	<b>53.58</b>	<b>45</b>	<b>52.33</b>	<b>45</b>	<b>50.42</b>	<b>45</b>	<b>50.33</b>	<b>45</b>	<b>48.33</b>	<b>45</b>	<b>45.58</b>	<b>45</b>	<b>43.5</b>	<b>45</b>	<b>43.8</b>	<b>45</b>	<b>43.8</b>	<b>45</b>	<b>43.5</b>	<b>45</b>	<b>43.8</b>	<b>45</b>	<b>43.8</b>	<b>45</b>	<b>46.3</b>	

Tabla 77.

Humedad de las 4 Fases de las composteras dinámicas en relación al rango de la humedad con la humedad promedio.

FASES	Rango de la Humedad	Humedad promedio
Mesófila	60	63.5
Termófila	55	56.67
Enfriamiento	50	56.23
Maduración	45	48.75

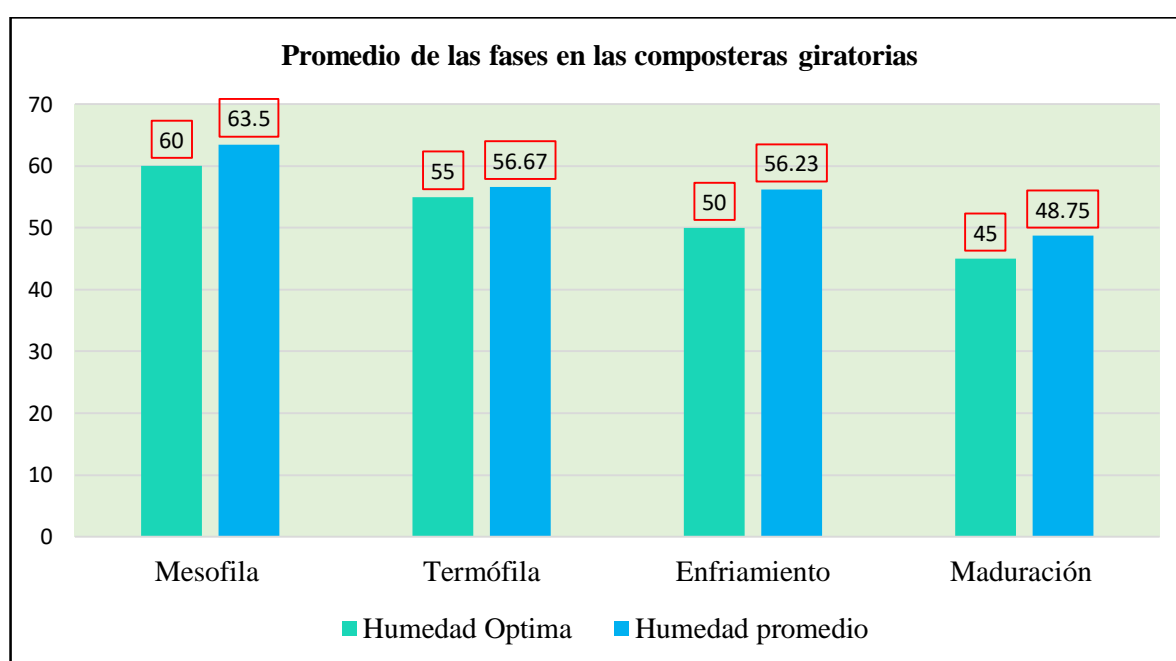


Figura 46. Promedio de las fases en las composteras giratorias.

**Interpretación:**

Se comparó los resultados de la humedad promedio y a la humedad óptima (Manual del Compostaje - FAO) del compost en las cuatro fases en el método de las composteras giratorias, en la fase Mesófila se observa una diferencia significativa entre ambas con un valor de 60 la humedad óptima y 63.5 a la humedad promedio, en la fase termófila existe una diferencia insignificante entre ambos valores de la humedad de 55 y 56.67, en la fase de enfriamiento se observa que la humedad optima 50 es menor a la humedad promedio con

56.23 y por último la fase de maduración se observa una diferencia que la humedad optima 45 es inferior a la humedad promedio con 48,75.

#### 4.8 Diseño estadístico de los parámetros analizados en las cuatro fases

##### 4.8.1 Temperatura del compost

##### 4.8.1.1 Temperatura del compost en la fase Mesófila

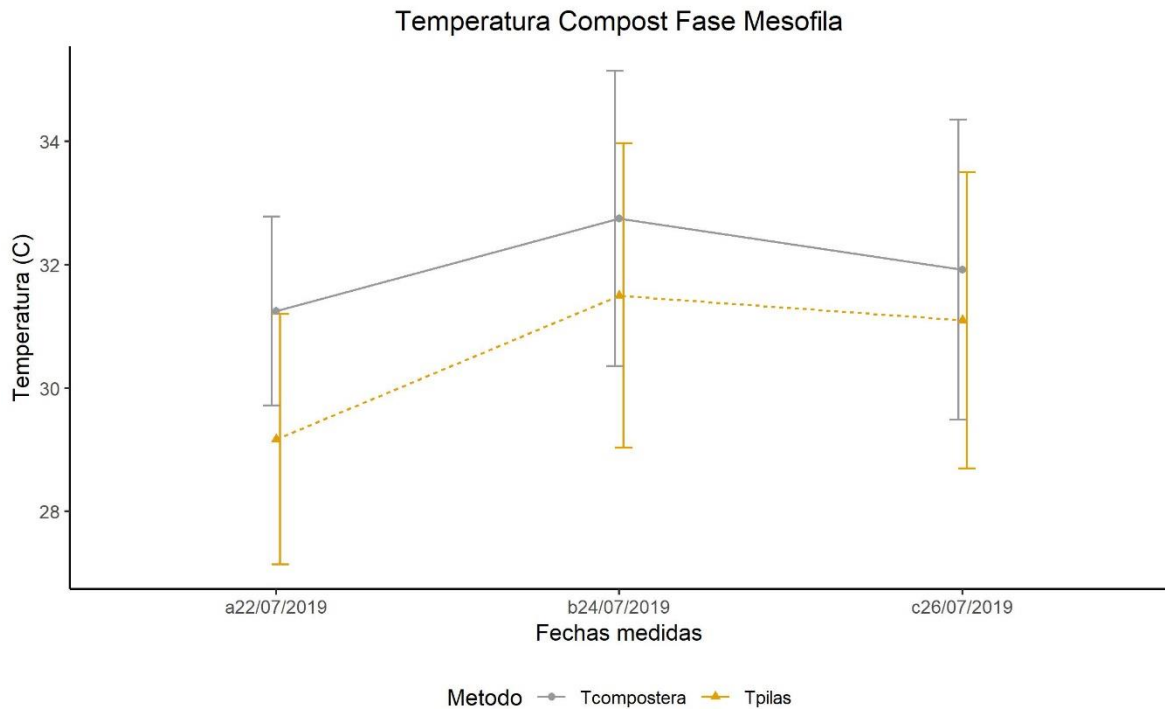
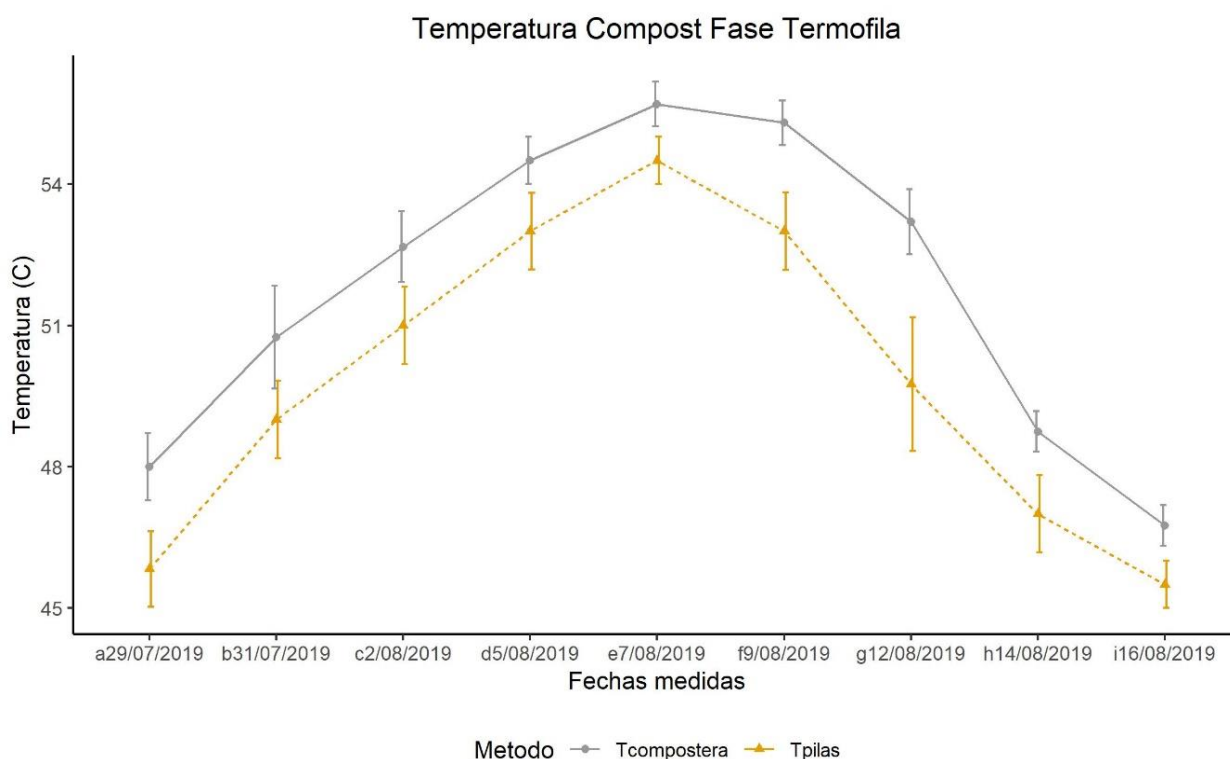


Figura 47. Comparación de la temperatura (°C) del compost en la fase Mesófila por ambos métodos (Compostera y Pilas)

En la figura 45 se muestra la comparación de la temperatura (°C) del compost en la fase mesófila para los métodos de compostera giratoria y pilas dinámicas, medidos durante 3 días estos fueron: [28-30°C] y [30-32°C] para las pilas dinámicas y para las composteras fue [30-32°C] y [32-34°C]. De esta figura 45, se observa un comportamiento significativo en los resultados obtenidos, indicando que en el método de las composteras giratorias, la temperatura fue más elevada que en las pilas dinámicas, debido a que los microorganismos mesófilos se multiplicaron rápidamente ya que se encontraba el compost en el interior de un envase. Como consecuencia la temperatura de la compostera giratoria fue mayor ya que había mayor concentración de calor (Kalamdhad & Kazmi, 2008).

Según Román, Martínez, y Pantoja (2013), alude que, en esta fase, se desarrollan familias de microorganismos mesófilos que inician la descomposición de las moléculas más fácilmente degradables. Esta actividad de descomposición genera energía que se libera en forma de calor, y se traduce en un incremento paulatino de la temperatura. Por otro lado, (FAO, 2013b), menciona que el ligero aumento de la temperatura es debido a la actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar.

#### 4.8.1.2 Temperatura del compost en la fase Termófila



*Figura 48.* Comparación de la temperatura (°C) del compost en la fase Termófila por ambos métodos (Compostera y Pilas).

En la figura 48 se muestra la comparación de la temperatura (°C) del compost en la fase termófila para los métodos de compostera giratoria y pilas dinámicas, medidos durante 9 días estos fueron: [45-54°C] para las pilas dinámicas y para las composteras fue [48-54°C]. De esta figura 46, se observa un comportamiento casi significativo, indicando que el método de las composteras giratorias, la temperatura fue más elevada que de las pilas dinámicas,

Según Ossa Vásquez (2012), menciona que en esta etapa la temperatura entra en un periodo de oscilación, con tendencia a la estabilización, donde se da un aumento debido a la acción de los microorganismos termófilos y una disminución por los volteos semanales.

Por otra parte Michel Frederick C, Pecchia, Rigot, y Keener (2003), alude que en esta fase, empiezan a aparecer los microorganismos termófilos, a la vez que van disminuyendo los mesófilos. Las sustancias fácilmente degradables como los azúcares, las grasas, el almidón y las proteínas, son rápidamente consumidas, alcanzando temperaturas elevadas. Asimismo Román, Martínez, y Pantoja (2013), alegan que los microorganismos de la Mesófila son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas (bacterias termófilas) que actúan facilitando la degradación de fuentes complejas de C, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH sube. Esta fase recibe el nombre de higienización ya que el calor generado destruye bacterias contaminantes de origen fecal como *Escherichia Coli* y *Salmonella Spp*.

Según, la NCh2880.Of2004 (2004) menciona que una temperatura óptima para esta fase es de 55 °C.

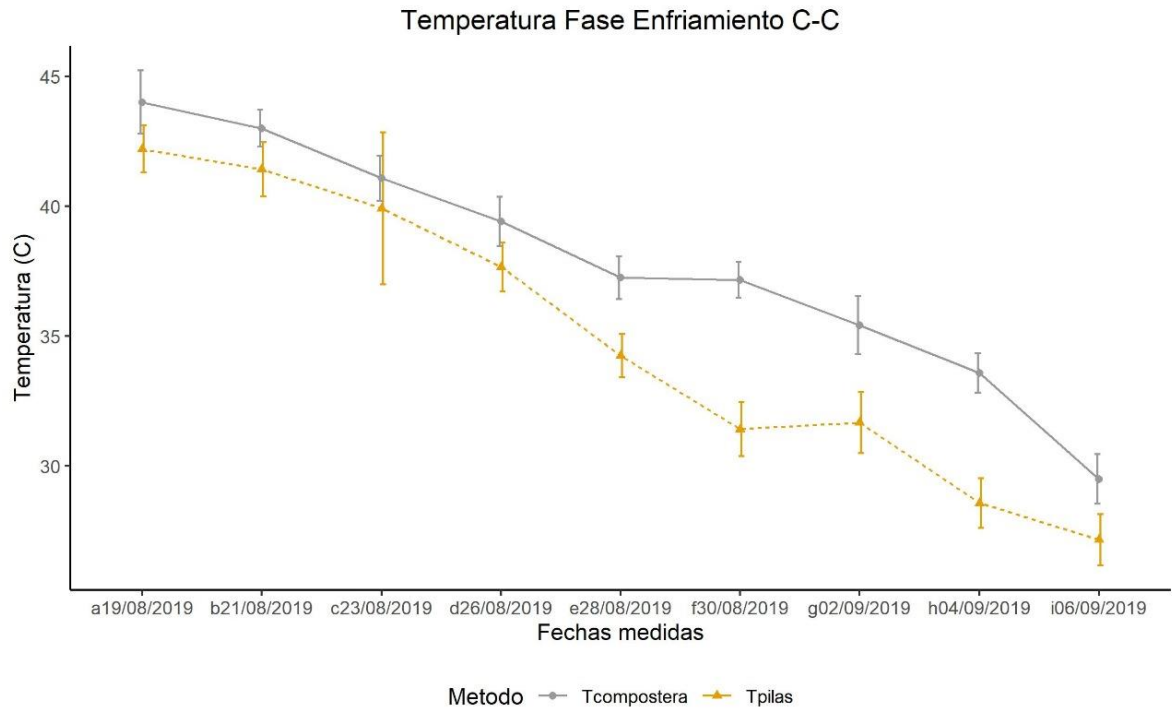


Figura 49. Comparación de la temperatura (°C) del compost en la de enfriamiento por ambos métodos (Compostera y Pilas).

En la figura 49 se muestra la comparación de la temperatura (C) del compost en la fase enfriamiento para los métodos de compostera giratoria y pilas dinámicas, medido 9 días. De esta figura 47, se observa un comportamiento significativo, indicando que el método de las composteras giratorias la temperatura fue más elevada que de las pilas dinámicas, debido a que los microorganismos mesófilos se multiplicaron rápidamente (Sebastián Nogués et al., 2010).

Según la FAO (2013b), menciona que esta fase las fuentes de carbono y nitrógeno se encuentran agotadas produciendo que la temperatura empiece a descender nuevamente hasta los 40 – 45 °C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles o simple vista.

La NCh2880.Of2004 (2004), menciona que una temperatura óptima para esta fase es de 45 °C.

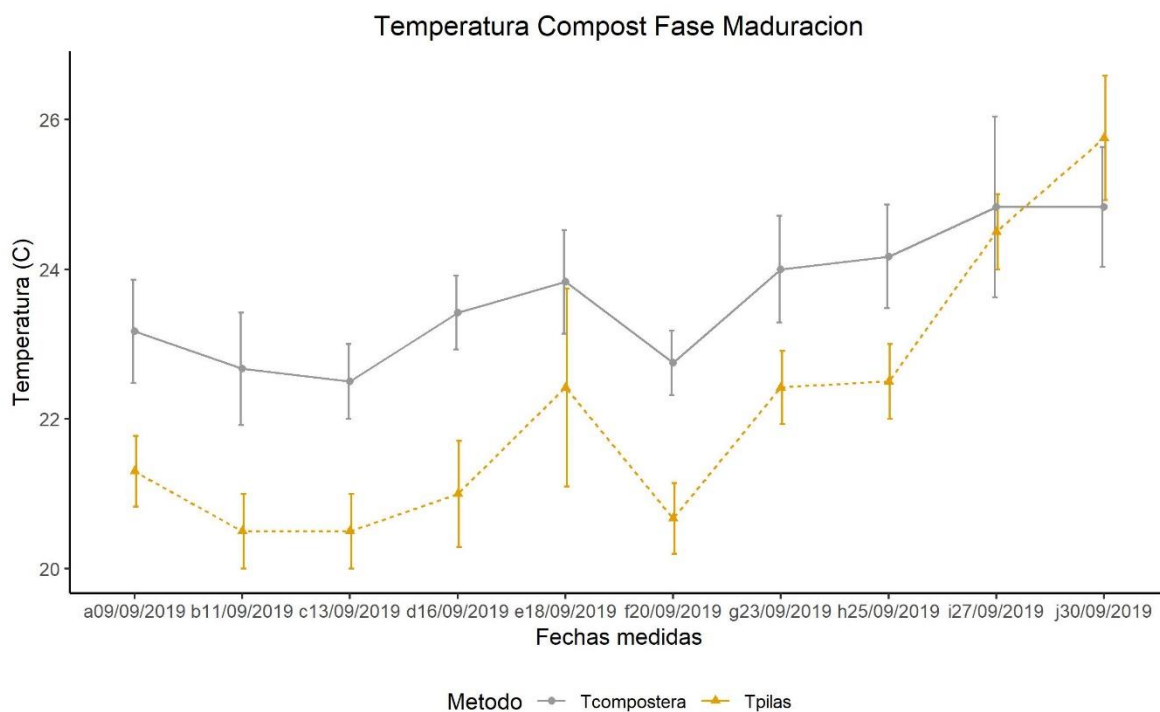


Figura 50. Comparación de la temperatura (°C) del compost en la fase maduración por ambos métodos (Compostera y Pilas).

En la figura 50 se muestra la comparación de la temperatura (°C) del compost en la fase de maduración para los métodos de compostera giratoria y pilas dinámicas, medidos 9 días. De esta figura 48, se observa un comportamiento con un margen de una cierta diferencia, indicando que el método de las composteras giratorias la temperatura fue más elevada que de las pilas dinámicas, debido a que los microorganismos mesófilos se multiplicaron rápidamente

Según (FAO, 2013b) alude que, en esta fase se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

## 4.8.2 pH del compost

### 4.8.2.1 pH del compost en la fase Mesófila

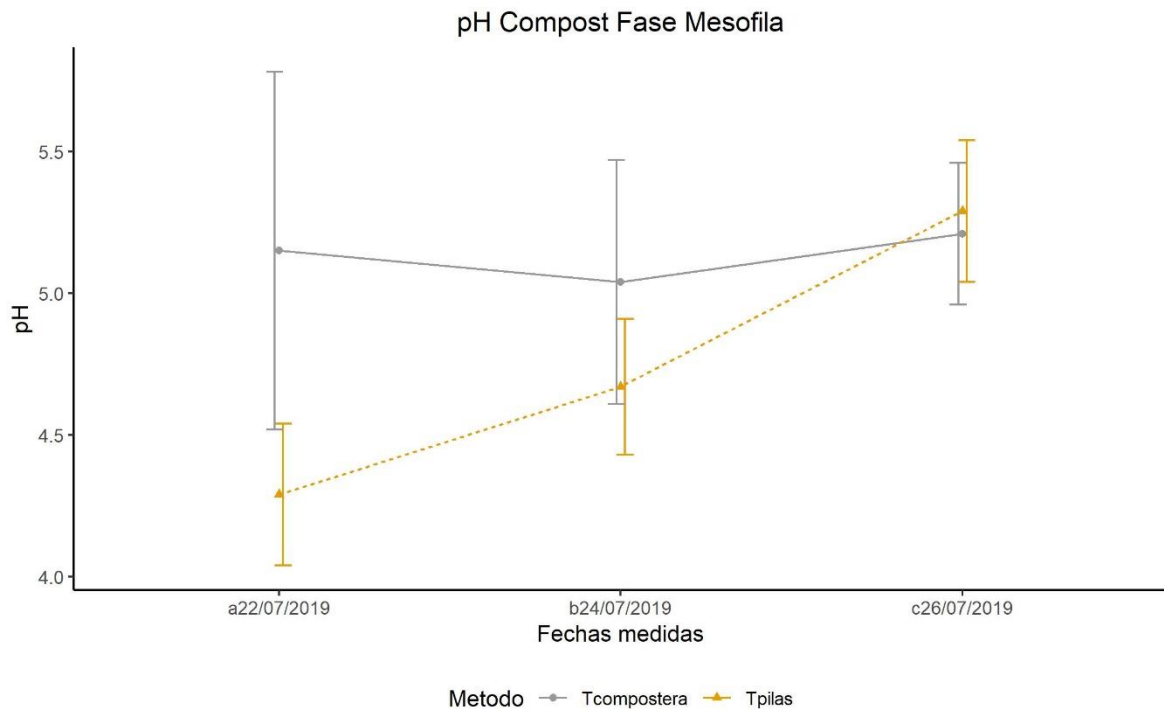


Figura 51. Comparación del pH del compost en la fase Mesófila por ambos métodos (Compostera y Pilas).

En la figura 51 se muestra la comparación del pH en la fase de Mesófila para los métodos de composteras y pilas, siendo estas tanto en las pilas como en las compostera [4.0-4.5], [4.5-5.0], [5.0-5.5]; tendiendo a subir el pH en las pilas a comparación de las composteras, estas fueron medidas 3 días durante una semana, según la Semarnat (2006), el muestro se debe realizar cada 3 días , además se observa un comportamiento con unas mínimas diferencias entre ambos métodos, donde comienza siendo ligeramente ácido hasta concluir con la fase. Según Gordillo (2011), en la fase Mesófila el pH tiende a ser ácido. En esta etapa se muestra una disminución del pH debido a que los microorganismos y hongos se multiplican de manera rápida por la actividad metabólica, la cual eleva la temperatura, generando ácidos orgánicos los cuales hacen bajar el pH (FAO, 2013a).

Según FAO (2013), menciona que en el fase Mesófila el pH depende de la temperatura es decir a menor pH mayor temperatura siendo esta inversamente proporcional,

y esta fase dura de 2 a 8 días, cabe mencionar que el pH tiende a aumentar conforme pasen los días (Comesana, 2017).

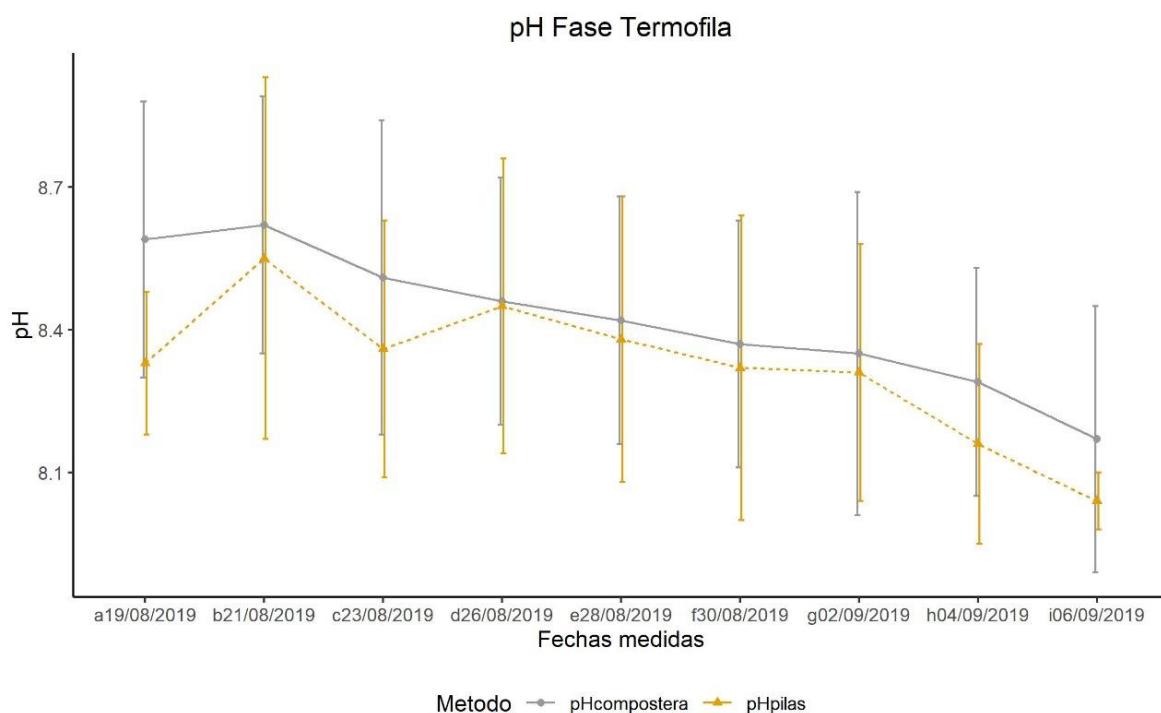


Figura 52. Comparación del pH del compost en la fase Termófila por ambos métodos (Compostera y Pilas).

En la figura 52 se muestra la comparación del pH en la fase termófila para los métodos de composteras y pilas, medidas 9 días se observa un comportamiento mínimo entre ambos métodos, donde el pH empieza a subir gradualmente tanto en las pilas como en las composteras [8.1-8.4], [8.4-8.7]; pero en las pilas se puede apreciar el mayor aumento debido a que se encontró al aire libre y hubo mayor incidencia del calor del sol y la temperatura del suelo, siendo que esta etapa se muestra una aumento del pH debido a que el pH sube ya que los microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amonio y el pH tiende a aumentar (FAO, 2013a).

Según Bueno et al. (2012), el pH en la fase termófila, tiene una progresiva alcalinización del medio, porque existe una pérdida de ácidos orgánicos y generación de amoniaco procedente de la descomposición de las proteínas, generando que este suba. A ser

comprobado por otros casos, según Gallardo (2013), el pH llegó a 7.5 por lo cual se mantuvo en esos valores durante esta fase.

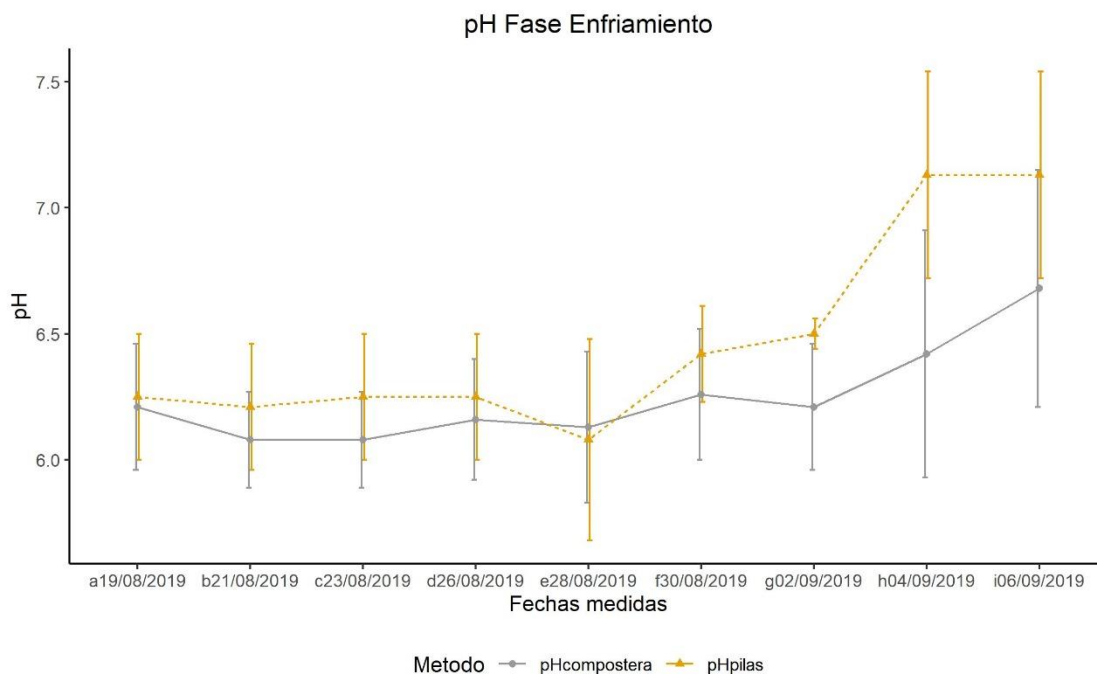


Figura 53. Comparación del pH del compost en la fase de enfriamiento por ambos métodos (Compostera y Pilas).

En la figura 53 se muestra la comparación del pH en la fase de enfriamiento para los métodos de composteras y pilas, medidas 9 veces o nueve días, de esta figura 51 se observa una diferencia entre ambos métodos, donde se puede apreciar en la gráfica que el pH de pilas dinámicas y composteras giratorias se encuentran en valores de [6.0-6.5], [6.5-7.0], siendo que esta etapa se muestra valores cercanos a neutro (Saez Olivares, 2000).

Hubo aumento del pH en las pilas dinámicas debido a factores climatológicos (Saez Olivares, 2000).

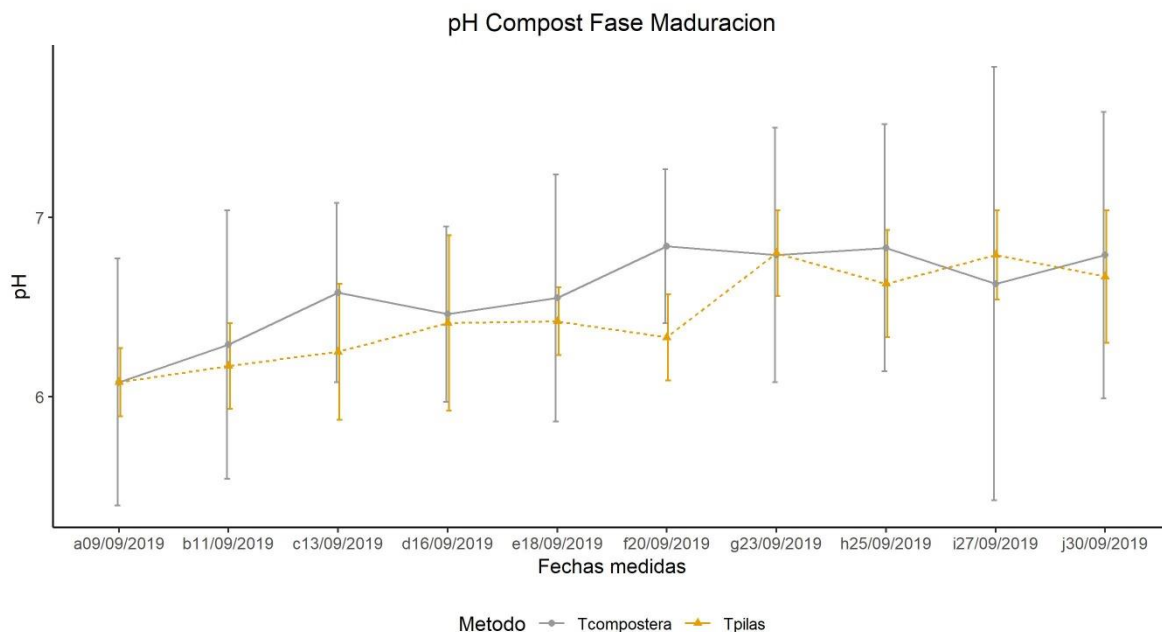


Figura 54. Comparación del pH del compost en la fase de Maduración por ambos métodos (Compostera y Pilas).

En la figura 54 se muestra la comparación del pH en la fase final de Maduración para los métodos de composteras y pilas, medidas 10 días, se observa diferencias mínimas en ambos métodos con valores de [6.0-7.0]; donde el pH bajo y se mantiene en valores neutros, debido a que en esta etapa la actividad metabólica está ralentizada, la temperatura y el pH ya se estabilizan y predomina la humificación con reacciones de policondensación y polimerización (Camcho, 2013).

Según Vargas (2017), cuando el pH alcanza niveles de estabilización en valores cercanos a la neutralidad, el compost ha logrado su madurez, cuando un compost no alcanza valores neutros indica que todavía no ha llegado a la madurez.

### 4.8.3 Humedad del compost

#### 4.8.3.1 Humedad del compost en la fase Mesófila

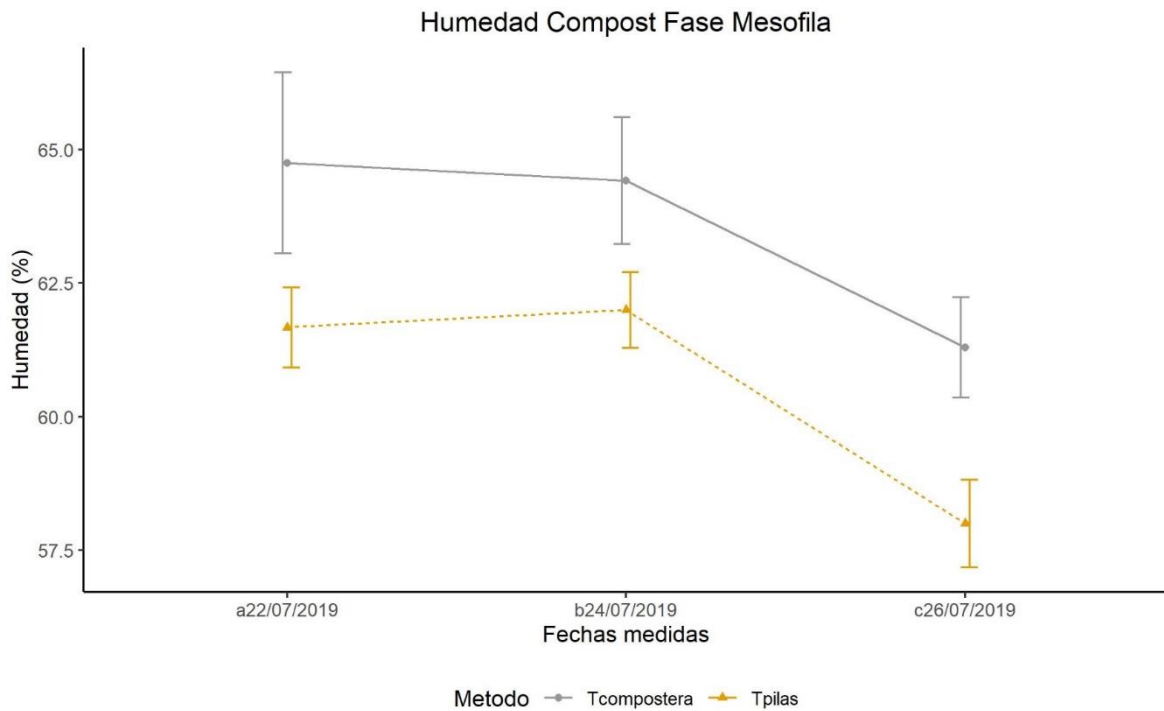


Figura 55. Comparación de la humedad del compost en la fase Mesófila por ambos métodos (Compostera y Pilas).

En la figura 55 se muestra la comparación de la humedad en la fase Mesófila para los métodos de composteras y pilas, medidas 3 días se observa una diferencia entre ambos métodos, donde la humedad empieza a disminuir gradualmente tanto en las pilas como en las composteras [60% - 65.0%] y [60% - 57.5%] pero en las composteras se puede apreciar el mayor aumento, según Bueno et al. (2012), a menor aireación mayor humedad, por lo cual esta debe ser controlada por medio de aireación.

Según Robles Mitma (2015), el agua es el medio de transporte de las sustancias solubles, estas sirven de alimento a las células así como los productos de desecho de esta reacción. La humedad óptima para el crecimiento microbiano se encuentra entre el 50 y 70%.

Según Escobar et al. (2012), en esta etapa la humedad registra valores de 50% a 60% considerados adecuados al inicio del proceso de compostaje, los tratamientos registran valores dentro de lo establecido en el manual del compostaje de la FAO.

Según Moreno y Olvera Pérez (2014), las variaciones de la humedad están relacionados con los factores climáticos, exposición a lluvias y humectaciones periódicas. Esta evolución responde al fenómeno de secado debido a la respiración y también favorece la aerobiosis a lo largo del proceso.

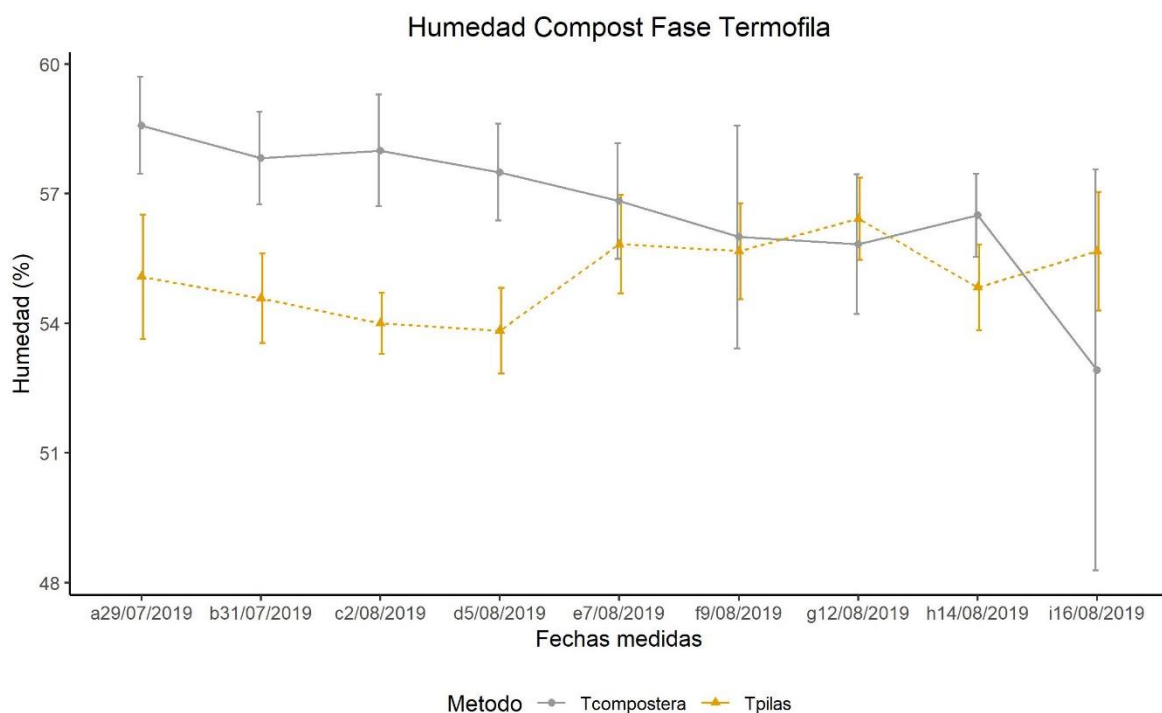


Figura 56. Comparación de la humedad del compost en la fase termófila por ambos métodos (Compostera y Pilas).

En la figura 56 se muestra la comparación de la humedad en la fase termófila para los métodos de composteras y pilas, medidos nueve días en esta grafica se observa una diferencia entre ambos métodos, donde se puede apreciar en la gráfica que la humedad de las composteras es mayor a las de las pilas dinámicas en casi todos sus valores, la humedad de las composteras giratorias se elevó debido a que estaba en un envase cerrado, la humedad se encuentra en valores de [54%-60%].

Según Moreno y Olvera Pérez (2014), las variaciones de la humedad están relacionados con factores climáticos, exposición a lluvias y humectaciones periódicas, es por ello que se da una diferencia entre ambos métodos ya que las pilas dinámicas se encuentran al aire libre y las composteras no.

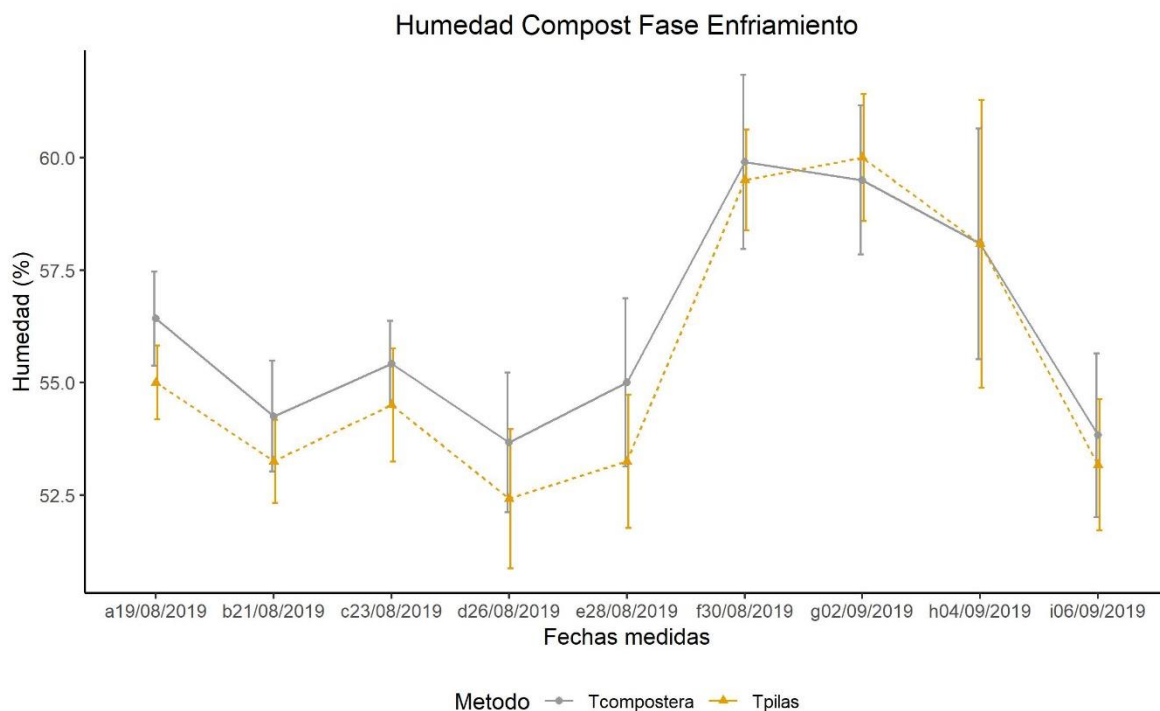


Figura 57. Comparación de la humedad del compost en la fase enfriamiento por ambos métodos (Compostera y Pilas).

En la figura 57 se muestra la comparación de la humedad en la fase de enfriamiento para los métodos de composteras y pilas, medidos 9 días, en esta grafica se observa una diferencia entre ambos métodos, donde se puede apreciar la humedad de las composteras manteniendo una diferencia respecto a las pilas, hasta cierto punto de la fase, al finalizar logran estabilizarse, como se mencionó en las anteriores fases esta diferencia de la humedad se da por la diferencia de métodos y las condiciones climáticas, la humedad se encuentra en valores de [52.5 % - 55.0 %], [55.0 % -57.5 %], [57.5 %-60.0 %]. Según Gesti y Verdes (2017), esta es la tercera fase del proceso de compostaje, donde su proceso de duración es de dos semanas, también en esta fase la humedad y la temperatura se estabilizan, el proceso de compostaje la humedad tiende a aumentar y la materia orgánica disminuye.

(Gesti y Verdes 2017) Menciona que en esta fase la humedad asciende y desciende ya que entrara a un proceso de estabilización, este aumento de humedad también varía por factores climatológicos.

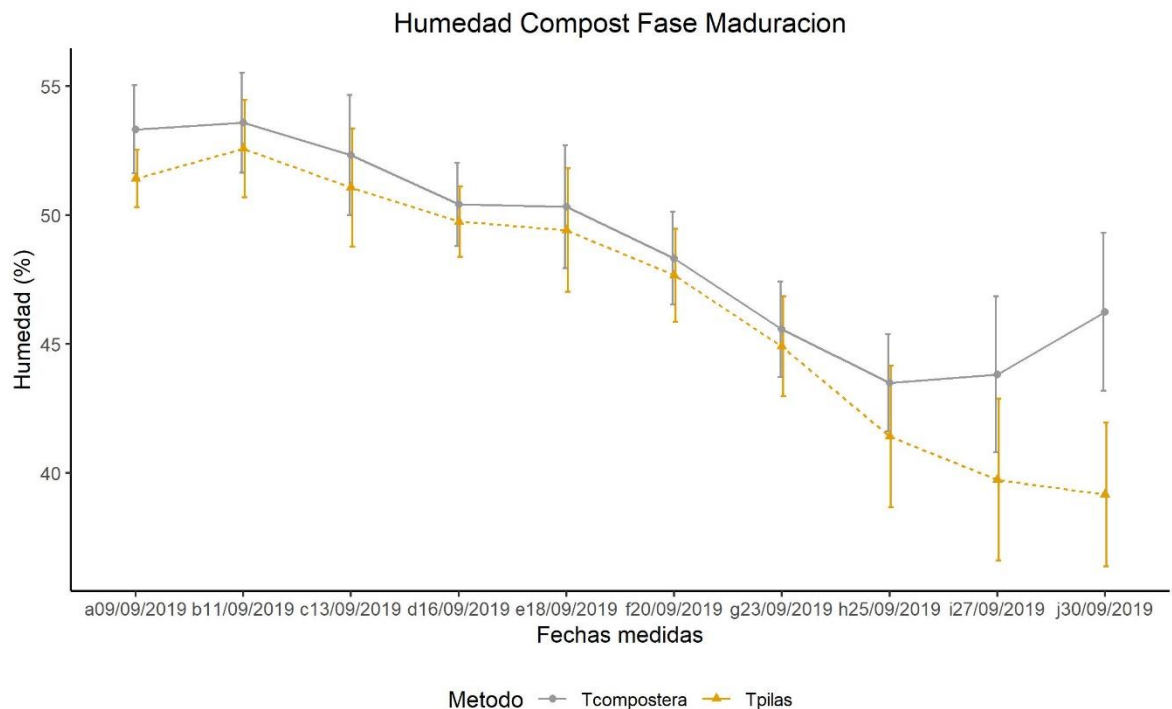


Figura 58. Comparación de la humedad del compost en la fase de maduración por ambos métodos (Compostera y Pilas).

En la figura 58 se muestra la comparación de la humedad en la fase de maduración para los métodos de composteras y pilas, medidas 10 días de esta grafica se observa una mínima entre ambos métodos, donde se puede apreciar en la gráfica que la humedad tiende a bajar paulatinamente consiguiendo ambos métodos tienden a estabilizarse, la humedad se encuentra en valores de [40.0 % - 45.0 %], [45.0 % -50.0 %], [50.0 %-55.0 %].

Al ser comparado con otros estudios, según (Zurcan, 2006), la humedad muestra todo el ciclo de la humedad donde hubo variaciones donde presenta valores al inicio de 61 % y un final de 48%. También según Ballesteros Trujillo y Hernández Berrie (2018) menciona que la humedad presento variación durante el proceso de compostaje con valores de 35- 22 %. La fase de maduración se caracteriza por el descenso de la temperatura y también de humedad menor de 30% (Gesti y Verdes, 2017).

Según (Gesti y Verdes, 2017), existe un rango razonable de 40 -65 y rango optimo 50 a 60% para humedad. El grado de humedad depende de la materia orgánica, para materiales fibrosos o residuos forestales el rango óptimo de 75% - 85% mientras que para material fresco es de 50 a 60 % (SOMARSOM, 2017).

#### 4.8.3 Materia Orgánica del compost

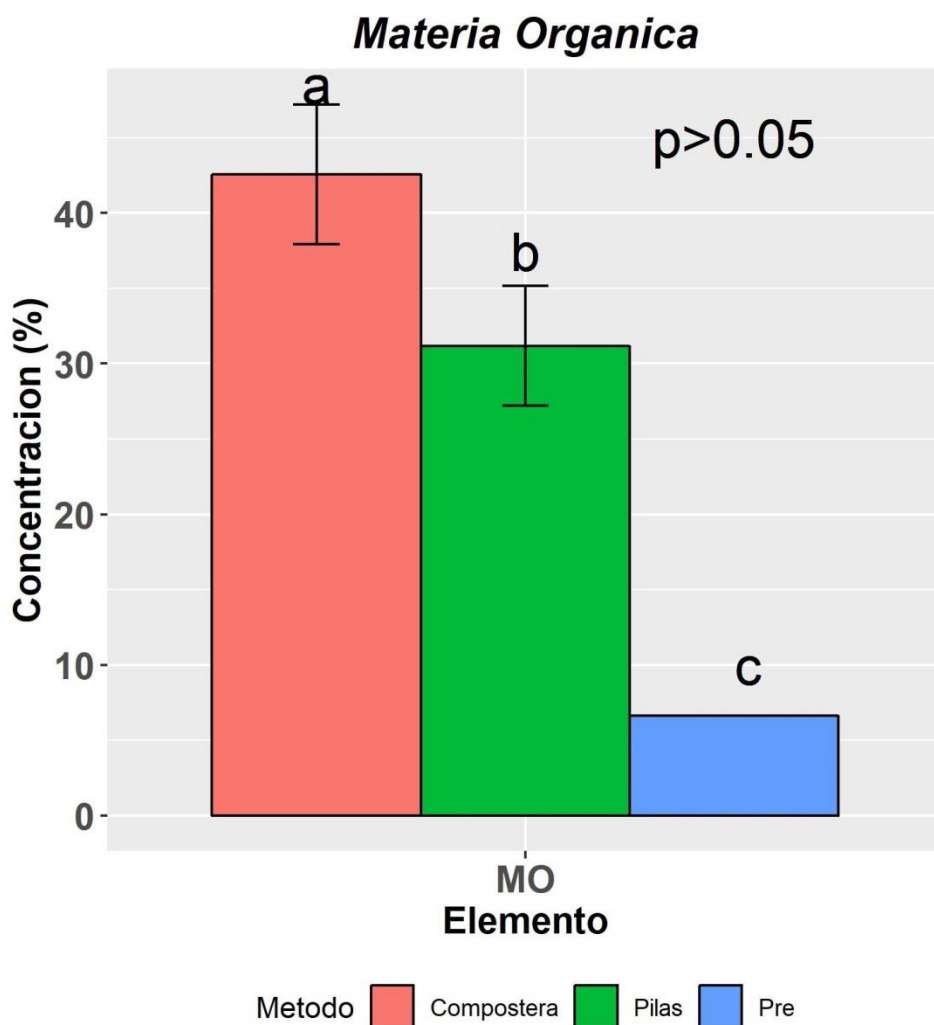


Figura 59. Comparación de la materia orgánica del compost durante el proceso de compostaje por ambos métodos (Compostera y Pilas).

En la figura 59 se observa que el modelo resulta estadísticamente significativo, con un nivel de confianza del 95%. Así mismo se observa los efectos principales de resistencia ( $p>0.05$ ).

En la comparación de materia orgánica nuestro análisis inicial del suelo fue inferior al 10%, al finalizar el proceso de compostaje nuestra compostera giratoria alcanzó la mayor cantidad de materia orgánica de 40%, seguido las pilas dinámicas con un resultado mayor al 30%, debido a la incorporación de los aceleradores como estiércol de gallinaza y ganado.

Durante el compostaje la materia orgánica tiende a disminuir debido a su mineralización y por ende existe una pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico; estas pérdidas representan casi el 20% en peso de la masa compostado (Pellejero, Miglierina, Asckar, y Jiménez, 2015).

La velocidad de transformación de materia orgánica depende de su naturaleza física y química, de los microorganismos que intervienen y de las condiciones físico-químicas del proceso (humedad, aireación, temperatura y pH) (Michel, Pecchia, Rigot, y Keener, 2004).

#### **4.8.4 Análisis del Nitrógeno, Fósforo y Potasio en Pilas Dinámicas**

##### ***4.8.4.1 Análisis de varianza del Nitrógeno***

Ho: No existe efectos de los factores en el nitrógeno del compost obtenido

Ha: Existe efecto de los factores en el nitrógeno del compost obtenido.

*Tabla 78.*

*Análisis de varianza del nitrógeno*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	5	0.24464	0.04893	3.00	0.107
Bloques	1	0.01470	0.01470	0.90	0.379
Lineal	2	0.18473	0.09236	5.66	0.042
Gallinaza	1	0.17111	0.17111	10.48	0.018
Ganado	1	0.01361	0.01361	0.83	0.396
Interacciones de 2 términos	1	0.02761	0.02761	1.69	0.241
Gallinaza*Ganado	1	0.02761	0.02761	1.69	0.241
Curvatura	1	0.01760	0.01760	1.08	0.339
Error	6	0.09793	0.01632		

Falta de ajuste	4	0.06727	0.01682	1.10	0.528
Error puro	2	0.03065	0.01533		
Total	11	0.34257			

El análisis de varianza para los factores principales nos muestra que solamente el factor gallinaza es significativo para la obtención de nitrógeno en el compost final, esto debido a que el alfa = 0.05 es mayor que el p-valor = 0.018 obtenido con lo cual aceptamos la hipótesis alterna.

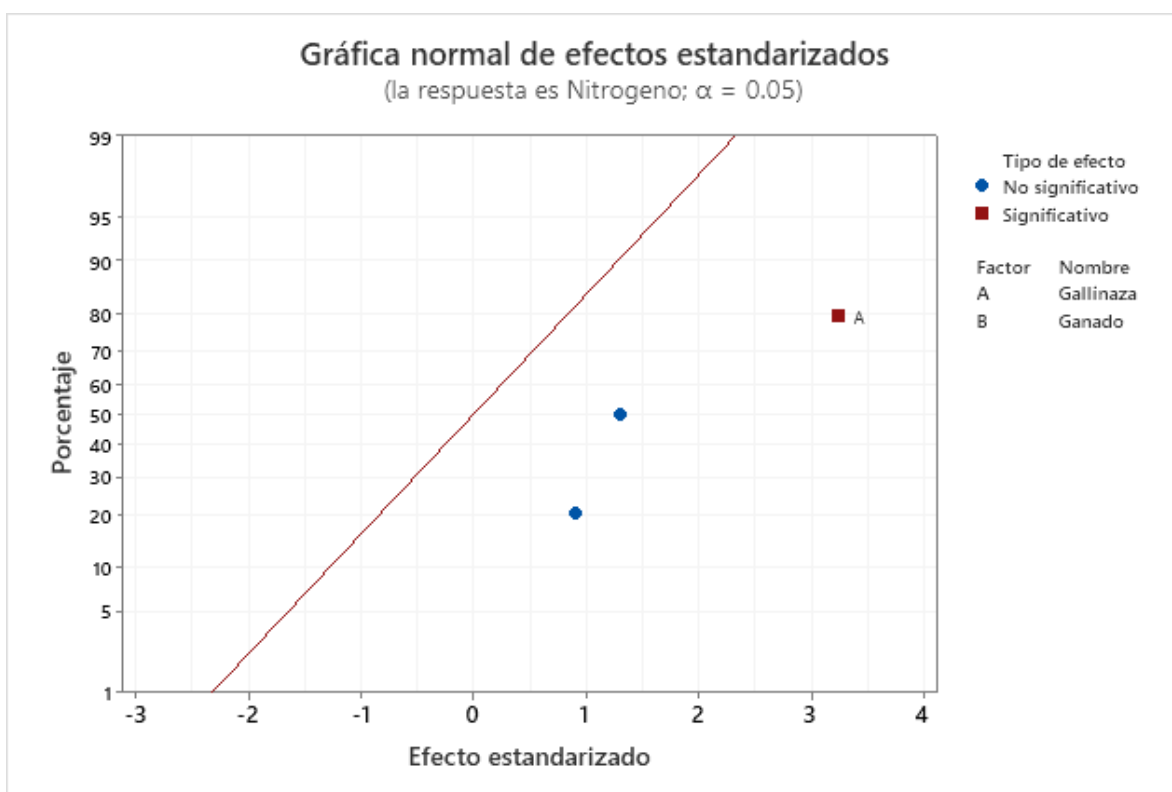


Figura 60. Gráfica normal de efectos estandarizados para determinar la significancia del nitrógeno en la gallinaza y el estiércol de ganado.

En la gráfica de efectos estandarizados, los más distantes de 0 son estadísticamente significativos, se muestra en la gráfica, una mejor capacidad en los efectos de A (gallinaza) siendo estadísticamente significativos en el nivel de 0.05. Puesto que la gráfica muestra los efectos negativos al lado izquierdo y los positivos al derecho. Según Agronet (2004), la gallinaza presenta un 15.0 % y estiércol de ganado 3.5 % de nitrógeno.

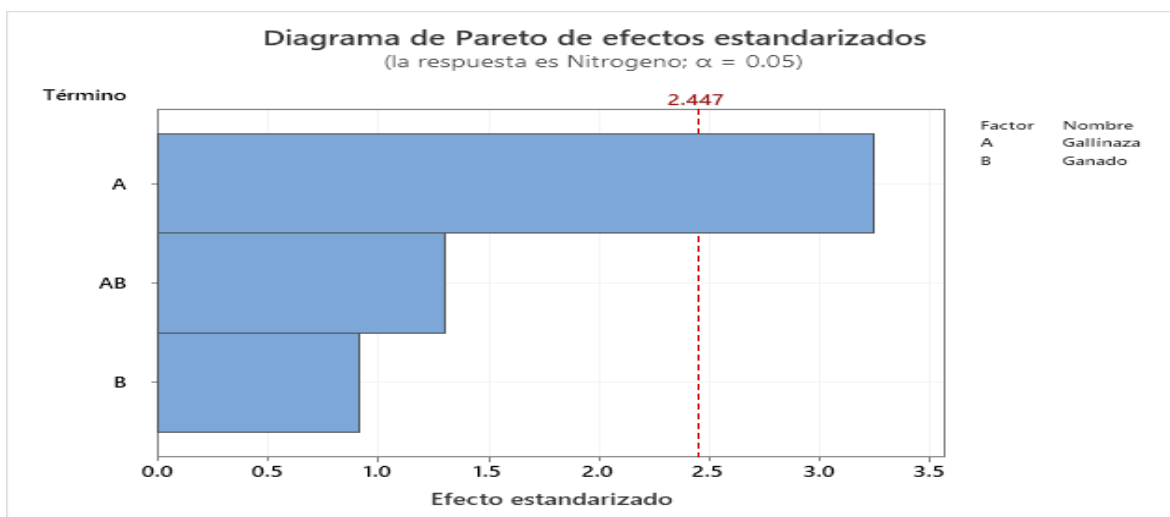


Figura 61. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados, para determinar la significancia del nitrógeno en la gallinaza y estiércol de ganado.

En el diagrama de Pareto, las barras que representan el factor A cruzan la línea de referencia que está en 2,447. Estos son estadísticamente significativos en el nivel de 0,05 determinando que el efecto más grande en nitrógeno es el estiércol de gallinaza.

#### 4.8.4.2 Análisis de varianza del Fósforo

Ho: No existe efectos de los factores en el fósforo del compost obtenido

Ha: Existe efecto de los factores en el fósforo del compost obtenido.

Tabla 79.

Análisis de varianza del Fósforo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	1.41370	0.28274	31.13	0.000
Bloques	1	0.03000	0.03000	3.30	0.119
Lineal	2	1.35745	0.67873	74.72	0.000
Gallinaza	1	0.12500	0.12500	13.76	0.010
Ganado	1	1.23245	1.23245	135.68	0.000
Interacciones de 2 términos	1	0.01125	0.01125	1.24	0.308
Gallinaza*Ganado	1	0.01125	0.01125	1.24	0.308
Curvatura	1	0.01500	0.01500	1.65	0.246
Error	6	0.05450	0.00908		
Falta de ajuste	4	0.03130	0.00782	0.67	0.670
Error puro	2	0.02320	0.01160		
Total	11	1.46820			

El análisis de varianza para los factores principales nos muestra que en el factor de gallinaza y estiércol de ganado es significativo para la obtención de fósforo en el compost final, esto debido a que el  $\alpha = 0.05$  es mayor que el  $p\text{-valor} = 0.018$  obtenido con lo cual aceptamos la hipótesis alterna.

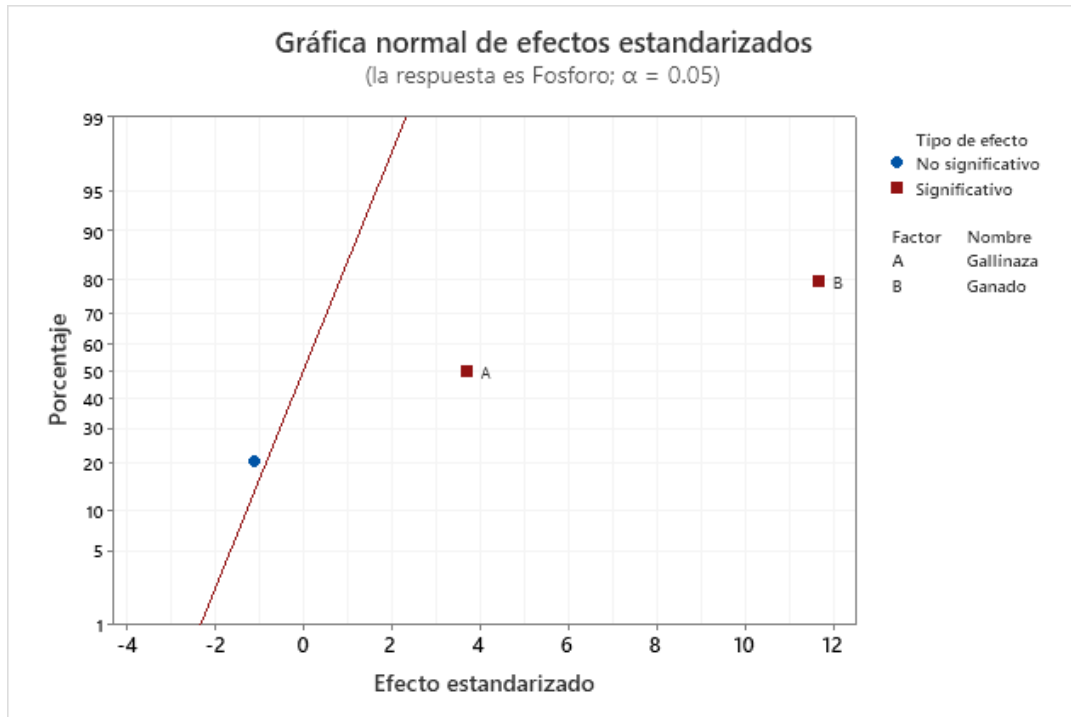
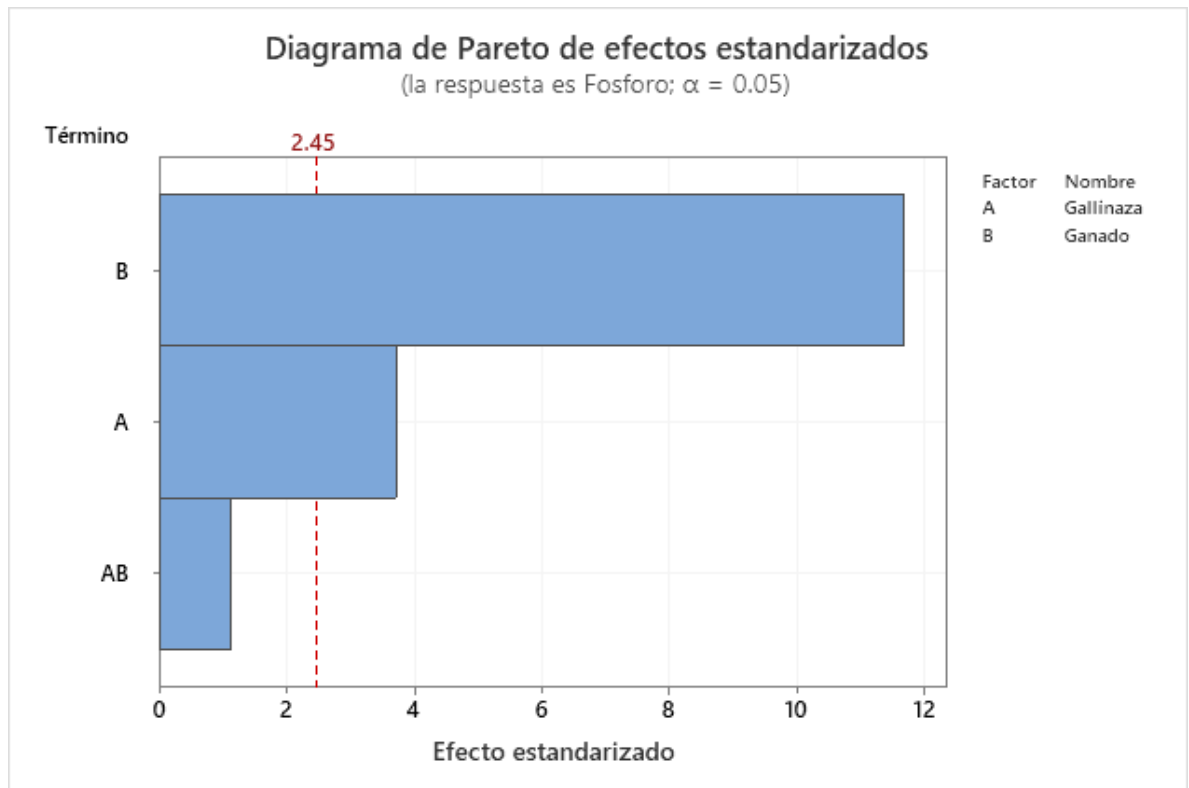


Figura 62. Gráfica normal de efectos estandarizados para determinar la significancia del fósforo en la gallinaza y el ganado.

En la gráfica normal de efectos estandarizados los efectos más distantes de 0 son estadísticamente significativos, se muestra en la gráfica, una mejor capacidad en los efectos de A y B siendo estadísticamente significativos en el nivel de 0.05.



*Figura 63.* Diagrama de Pareto de efectos estandarizados, para determinar la eficiencia del nitrógeno en la gallinaza y el ganado.

En el diagrama de Pareto, las barras que representan los factores B y A cruzan la línea de referencia que está en 2,45. Estos son estadísticamente significativos en el nivel de 0,05 determinando que el efecto más grande en fósforo es el estiércol de gallinaza y ganado.

#### ***4.8.4.3 Análisis de varianza del Potasio***

Ho: No existe efectos de los factores en el potasio del compost obtenido

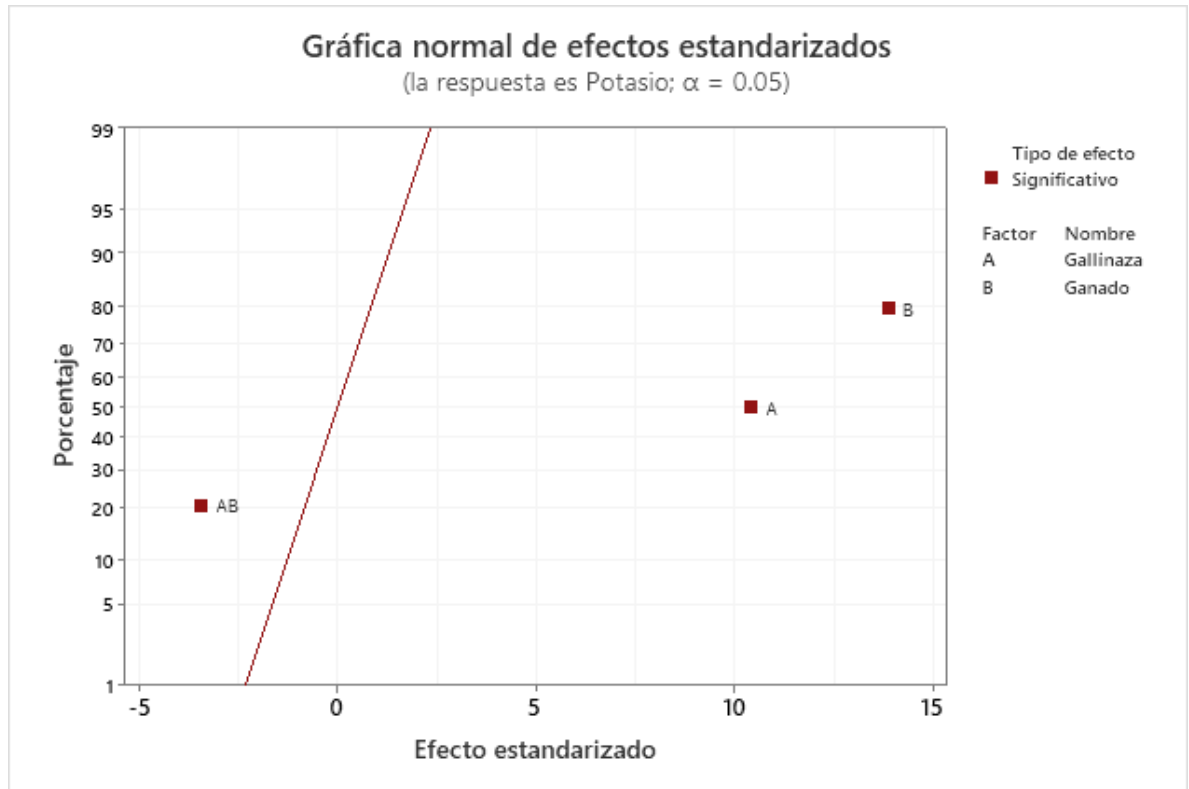
Ha: Existe efecto de los factores en el potasio del compost obtenido.

Tabla 80.

Análisis de varianza del Potasio

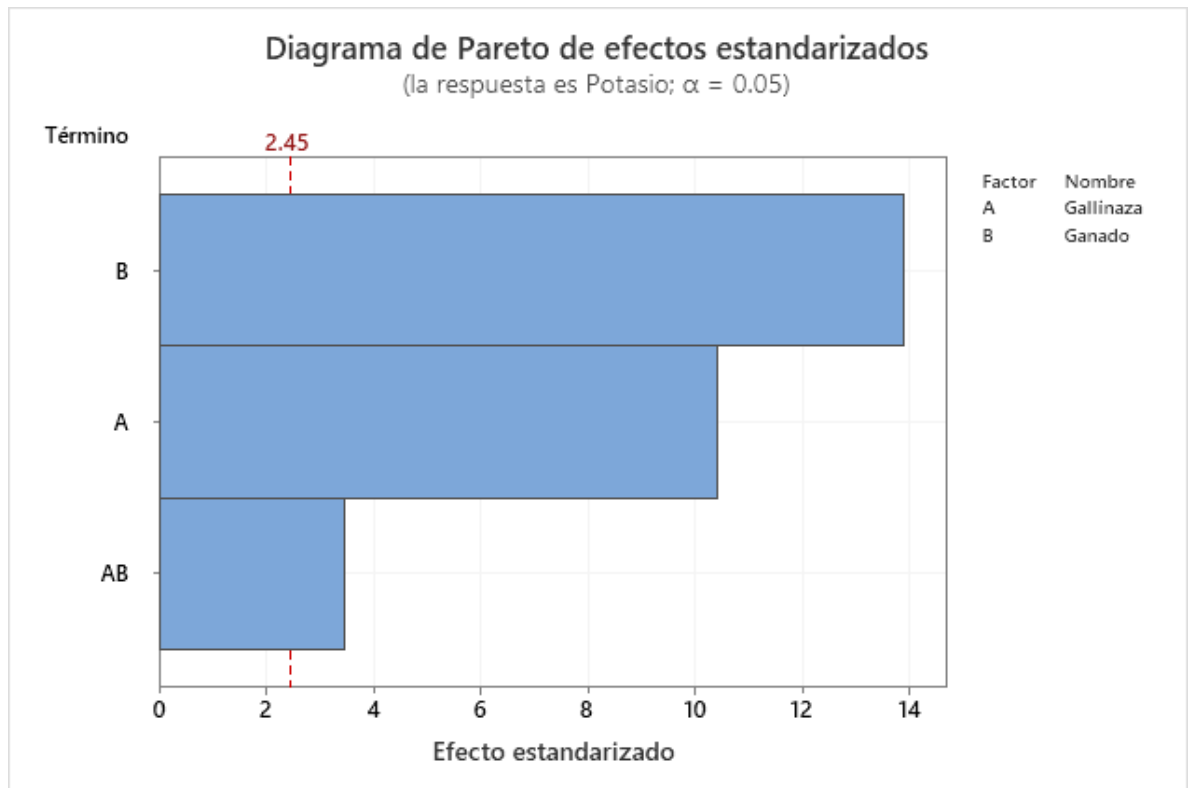
<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	5	0.000254	0.000051	76.10	0.000
Bloques	1	0.000003	0.000003	4.50	0.078
Lineal	2	0.000200	0.000100	150.00	0.000
Gallinaza	1	0.000072	0.000072	108.00	0.000
Ganado	1	0.000128	0.000128	192.00	0.000
Interacciones de 2 términos	1	0.000008	0.000008	12.00	0.013
Gallinaza*Ganado	1	0.000008	0.000008	12.00	0.013
Curvatura	1	0.000043	0.000043	64.00	0.000
Error	6	0.000004	0.000001		
Falta de ajuste	4	0.000000	0.000000	0.00	1.000
Error puro	2	0.000004	0.000002		
Total	11	0.000258			

El análisis de varianza para los factores principales nos muestra que, en el factor de gallinaza, estiércol de ganado y ambas interacciones es significativo para la obtención de potasio en el compost final, esto debido a que el alfa = 0.05 es mayor que el p-valor = 0.018 obtenido con lo cual aceptamos la hipótesis alterna.



*Figura 64.* Gráfica normal de efectos estandarizados para determinar la significancia del potasio en la gallinaza y el ganado.

En la gráfica normal de efectos estandarizados, los efectos principales A y B son estadísticamente significativos en el nivel de 0.05. La interacción AB también son estadísticamente significativos.



*Figura 65.* Diagrama de Pareto de efectos estandarizados, para determinar la eficiencia del potasio en la gallinaza y el ganado.

En el diagrama de Pareto, las barras que representan los factores B, A y BA cruzan la línea de referencia que está en 2,45. Estos son estadísticamente significativos en el nivel de 0,05 con los términos actuales del modelo.

#### **4.8.5 Análisis del Nitrógeno, Fosforo y Potasio en Composteras Giratorias**

##### ***4.8.5.1 Análisis de varianza del Nitrógeno***

Ho: No existe efectos de los factores en el nitrógeno del compost obtenido

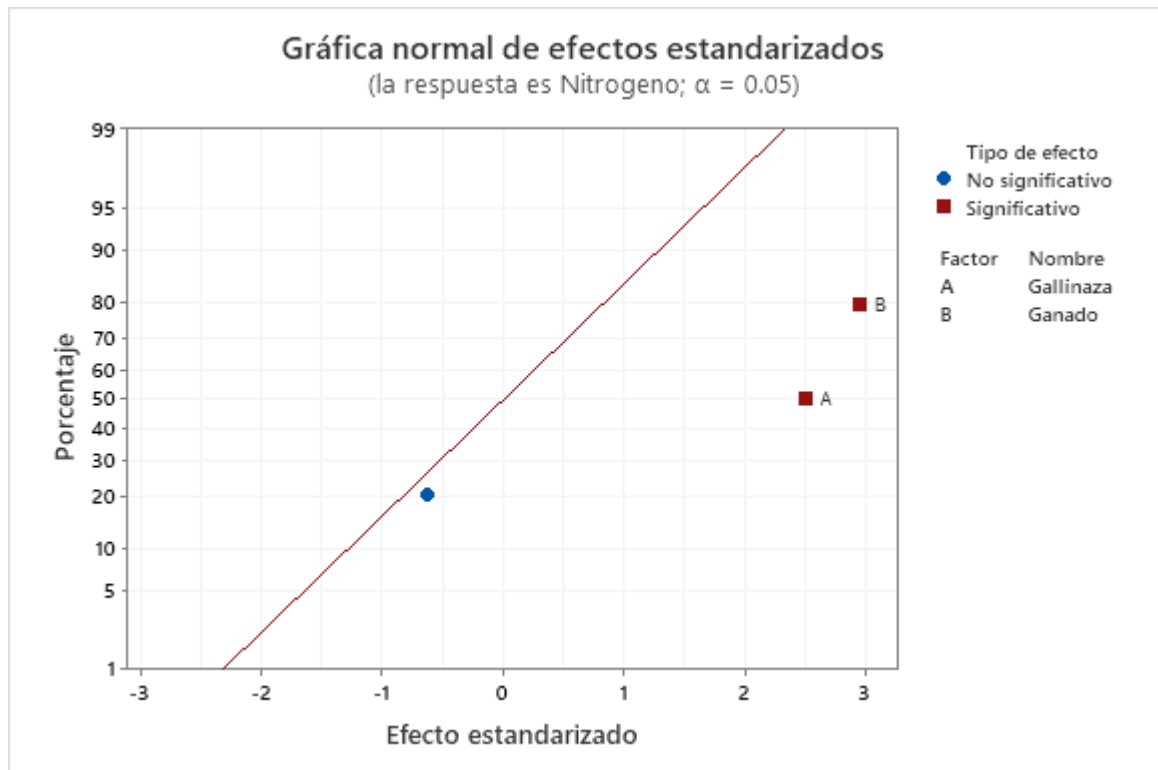
Ha: Existe efecto de los factores en el nitrógeno del compost obtenido.

Tabla 81.

*Análisis de Varianza del Nitrógeno*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	5	0.356475	0.071295	7.97	0.013
Bloques	1	0.022533	0.022533	2.52	0.164
Lineal	2	0.134125	0.067063	7.49	0.023
Gallinaza	1	0.056113	0.056113	6.27	0.046
Ganado	1	0.078013	0.078013	8.72	0.026
Interacciones de 2 términos	1	0.003613	0.003613	0.40	0.549
Gallinaza*Ganado	1	0.003613	0.003613	0.40	0.549
Curvatura	1	0.196204	0.196204	21.93	0.003
Error	6	0.053692	0.008949		
Falta de ajuste	4	0.042242	0.010560	1.84	0.381
Error puro	2	0.011450	0.005725		
Total	11	0.410167			

El análisis de varianza para los factores principales nos muestra que en el factor de gallinaza y estiércol de ganado es significativo para la obtención de nitrógeno en el compost final, esto debido a que el  $\alpha = 0.05$  es mayor que el  $p\text{-valor} = 0.018$  obtenido con lo cual aceptamos la hipótesis alterna.



*Figura 66.* Gráfica normal de efectos estandarizados para determinar la significancia del potasio en la gallinaza y el ganado.

En la gráfica normal de efectos estandarizados, los factores A y B son estadísticamente significativos en el nivel de 0.05.

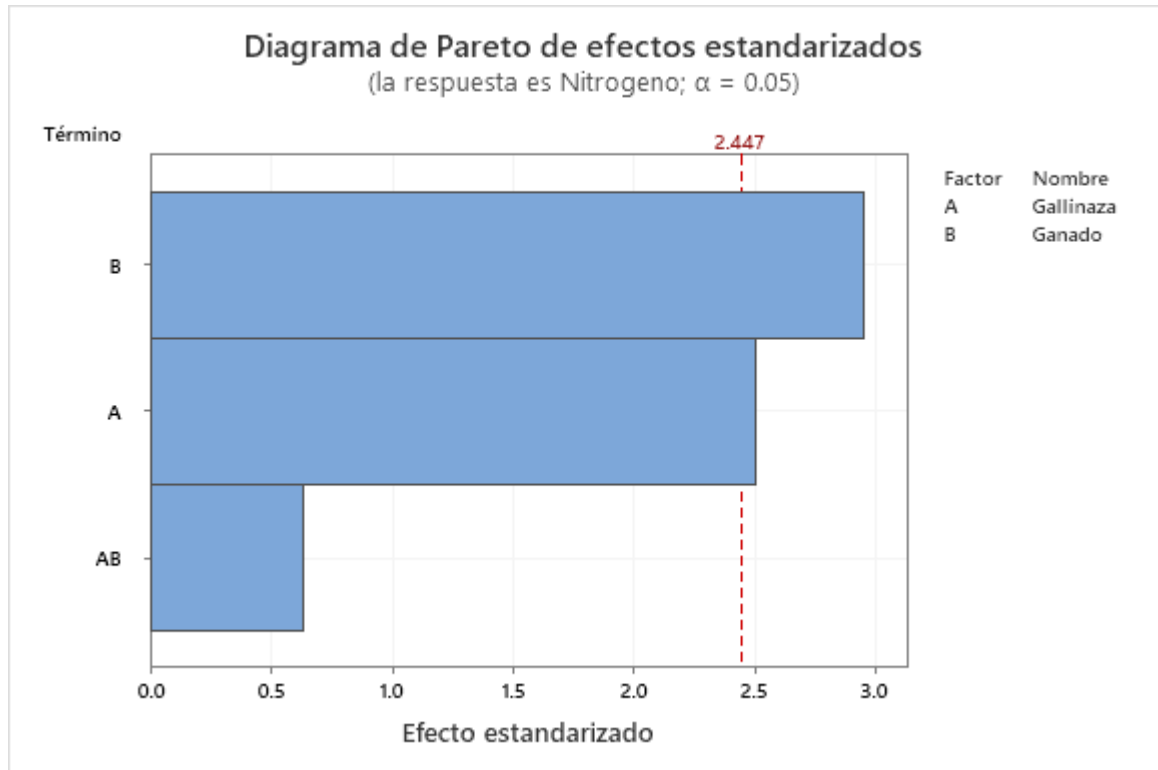


Figura 67. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados, para determinar la eficiencia del nitrógeno en la gallinaza y el ganado.

En el diagrama de Pareto, las barras que representan los factores B y A cruzan la línea de referencia que está en 2,447. Estos son estadísticamente significativos en el nivel de 0,05 con los términos actuales del modelo.

#### 4.8.5.2 Análisis de varianza del Fósforo

Ho: No existe efectos de los factores en el fósforo del compost obtenido

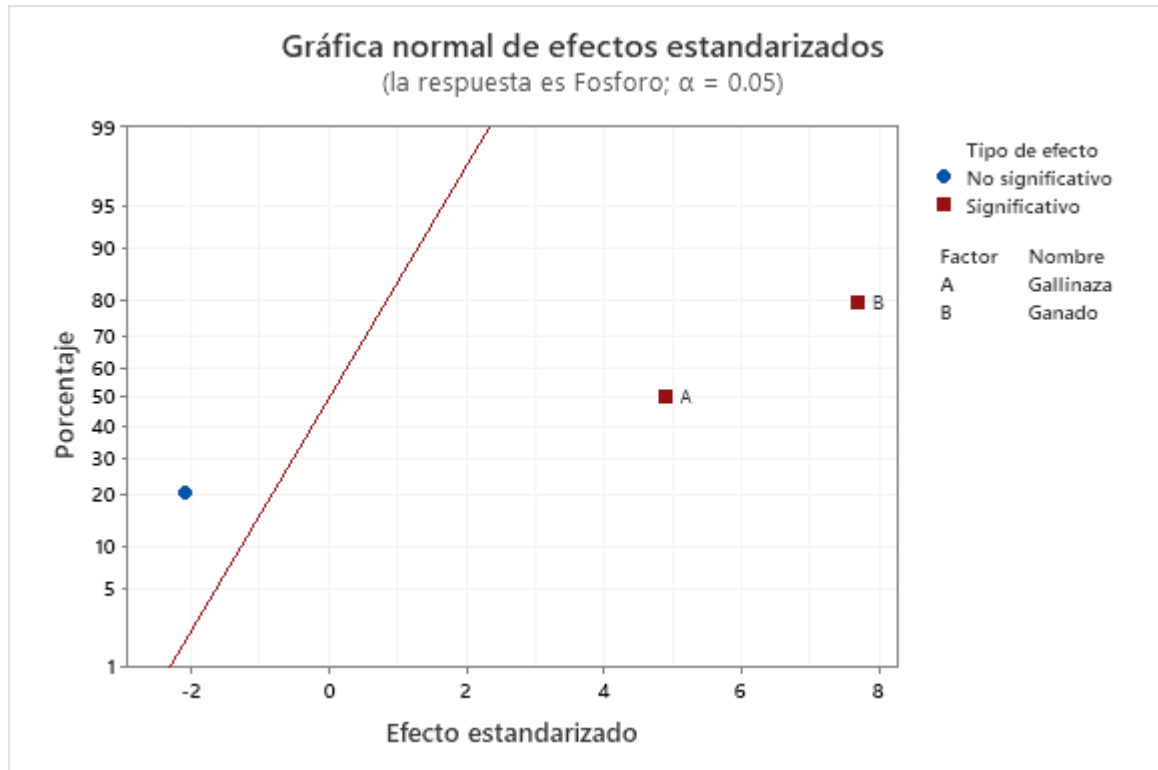
Ha: Existe efecto de los factores en el fósforo del compost obtenido.

Tabla 82.

*Análisis de Varianza del Fósforo*

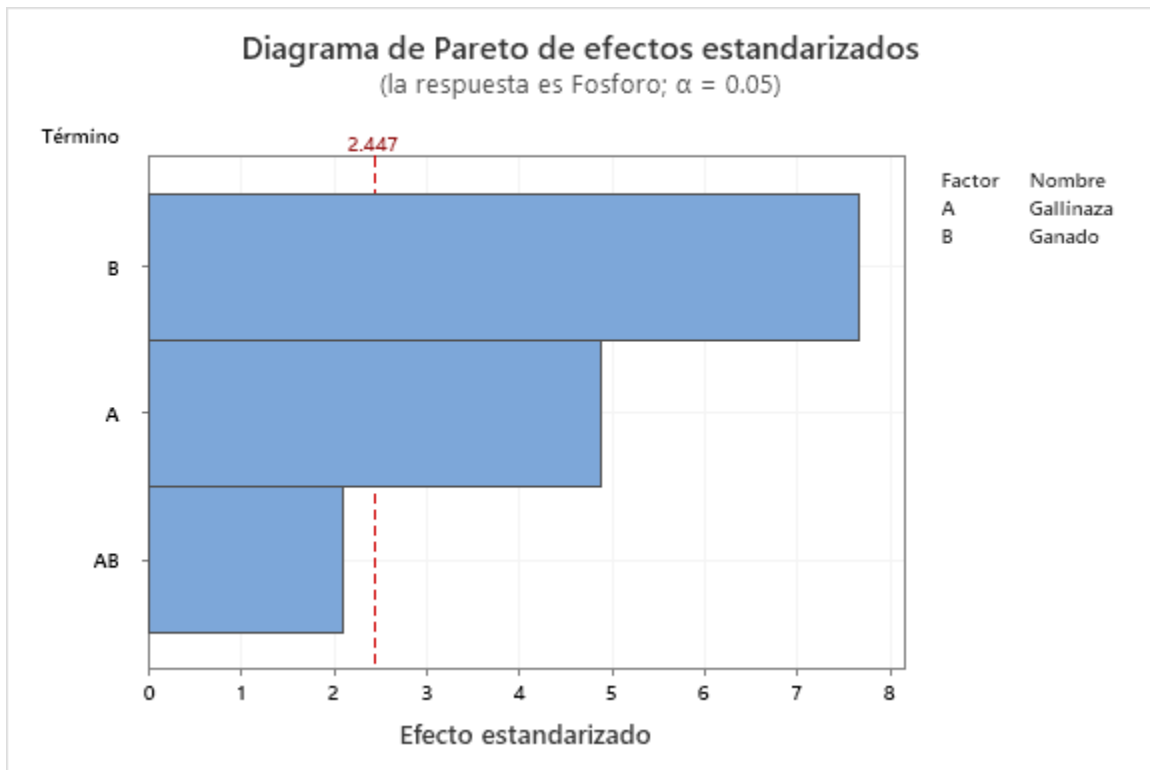
<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	5	1.17077	0.234153	22.81	0.001
Bloques	1	0.00270	0.002700	0.26	0.626
Lineal	2	0.85000	0.425000	41.40	0.000
Gallinaza	1	0.24500	0.245000	23.86	0.003
Ganado	1	0.60500	0.605000	58.93	0.000
Interacciones de 2 términos	1	0.04500	0.045000	4.38	0.081
Gallinaza*Ganado	1	0.04500	0.045000	4.38	0.081
Curvatura	1	0.27307	0.273067	26.60	0.002
Error	6	0.06160	0.010267		
Falta de ajuste	4	0.02540	0.006350	0.35	0.830
Error puro	2	0.03620	0.018100		
Total	11	1.23237			

El análisis de varianza para los factores principales nos muestra que en el factor de gallinaza y estiércol de ganado es significativo para la obtención de fósforo en el compost final, esto debido a que el  $\alpha = 0.05$  es mayor que el  $p\text{-valor} = 0.018$  obtenido con lo cual aceptamos la hipótesis alterna.



*Figura 68.* Gráfica normal de efectos estandarizados para determinar la significancia del fósforo en la gallinaza y el ganado.

En la gráfica normal de efectos estandarizados, los factores A y B son estadísticamente significativos en el nivel de 0.05.



*Figura 69.* Diagrama de Pareto de efectos estandarizados, para determinar la eficiencia del fósforo en la gallinaza y el ganado.

En el diagrama de Pareto, las barras que representan los factores B y A cruzan la línea de referencia que está en 2,447. Estos son estadísticamente significativos en el nivel de 0,05 con los términos actuales del modelo.

#### ***4.8.5.3 Análisis de varianza del Potasio***

Ho: No existe efectos de los factores en el potasio del compost obtenido

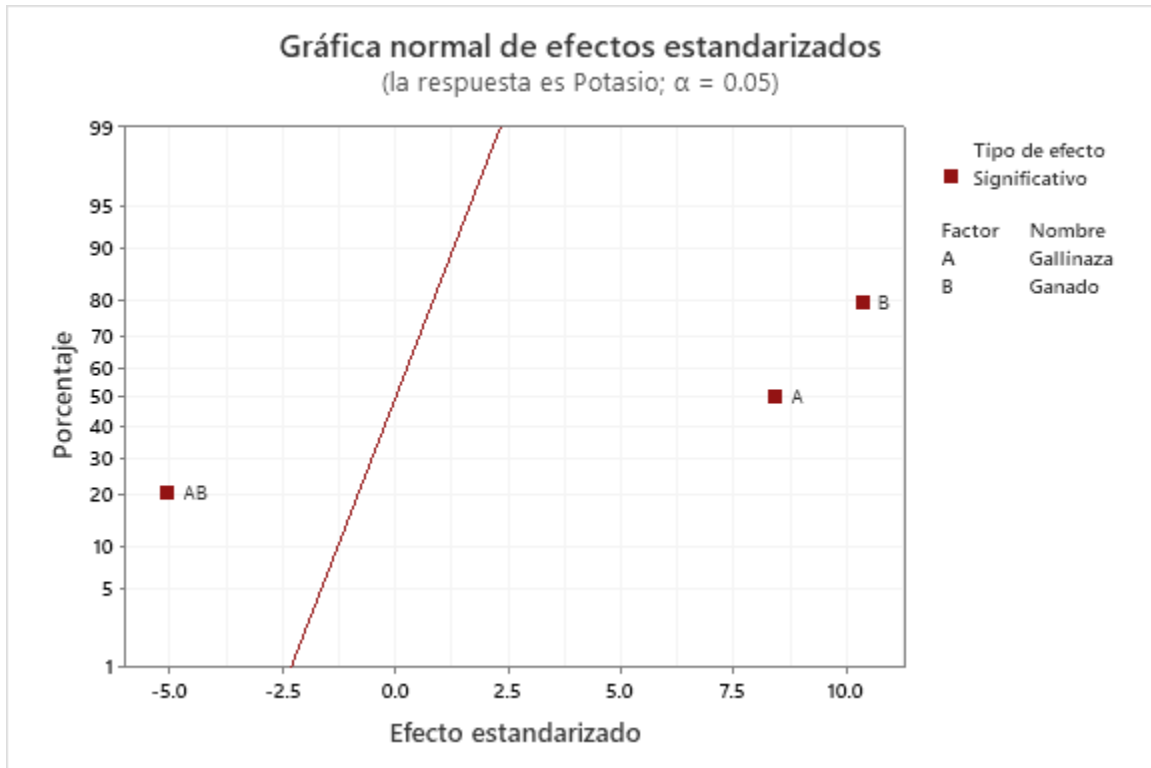
Ha: Existe efecto de los factores en el potasio del compost obtenido.

Tabla 83.

*Análisis de Varianza del Potasio*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	5	0.002158	0.000432	50.12	0.000
Bloques	1	0.000000	0.000000	0.04	0.851
Lineal	2	0.001537	0.000769	89.25	0.000
Gallinaza	1	0.000613	0.000613	71.13	0.000
Ganado	1	0.000924	0.000924	107.36	0.000
Interacciones de 2 términos	1	0.000220	0.000220	25.61	0.002
Gallinaza*Ganado	1	0.000220	0.000220	25.61	0.002
Curvatura	1	0.000400	0.000400	46.47	0.000
Error	6	0.000052	0.000009		
Falta de ajuste	4	0.000003	0.000001	0.03	0.997
Error puro	2	0.000049	0.000025		
Total	11	0.002210			

El análisis de varianza para los factores principales nos muestra que, en el factor de gallinaza, estiércol de ganado y ambas interacciones es significativo para la obtención de potasio en el compost final, esto debido a que el  $\alpha = 0.05$  es mayor que el  $p$ -valor = 0.018 obtenido con lo cual aceptamos la hipótesis alterna.

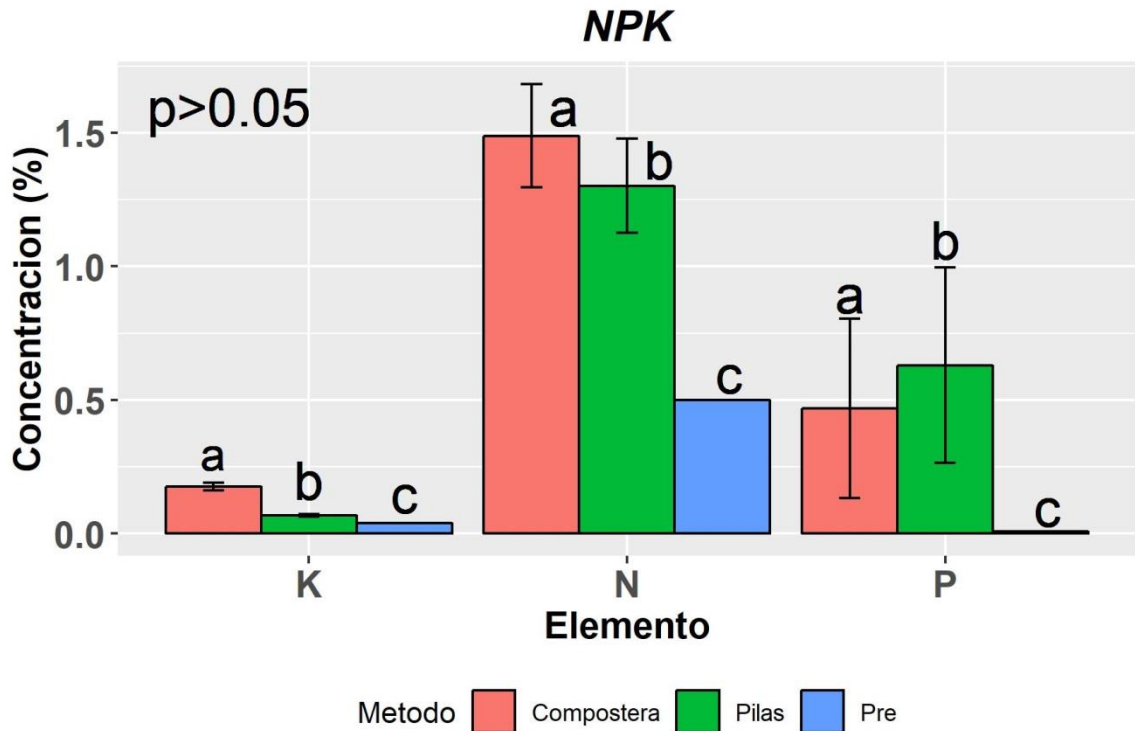


*Figura 70.* Gráfica normal de efectos estandarizados para determinar la significancia del potasio en la gallinaza y el ganado.

Gráfica normal de efectos estandarizados para determinar la significancia del potasio en la gallinaza y el ganado.

En la gráfica normal de efectos estandarizados, los efectos principales A y B son estadísticamente significativos en el nivel de 0.05. La interacción AB también son estadísticamente significativos.

**4.8.6 Comparación de la Potasio, Nitrógeno y fósforo con el pre y post resultados por pilas dinámicas y composteras giratorias.**



*Figura 71.* Comparación de la Potasio, Nitrógeno y fósforo con el pre y post resultado por ambos métodos (Compostera y Pilas).

En la figura 71 se muestra que el potasio se encuentra con un valor bajo en el pre resultado y en los métodos de pilas y composteras se incrementó en ambos, aunque se observó una diferencia en los métodos, donde se observa mayor aumento de potasio en las composteras; seguidamente se puede observar que el nitrógeno tiene una mayor concentración, encontrándose el pre resultado en un rango de [ 0.0 – 0.5] y en los métodos existe mayor aumento significativo de nitrógeno siendo el más elevado el de las composteras giratorias con un valor de [ 0.0 – 1.5] este resultado de nitrógeno fue el más elevado ya que el suelo donde se realizó el tratamiento ya había presencia de nitrógeno dado que anteriormente ya se había realizado sembríos de césped. Con respecto al fósforo se puede observar que el pre resultado es casi nulo, pero frente a los métodos (compostera y pilas) se aprecia un aumento de fosforo siendo que las pilas dinámicas fue el más significativo. Las diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p>0.05$ ).

Según la NCh2880.Of2004 (2004), recomienda que el potasio sea de 0.1% - 1.0%, y de acuerdo a nuestros resultados todos los tratamientos se encontraron dentro de la norma.

Las diferencias entre ambos métodos pudo deberse a que durante el tratamiento hubo más pérdida de lixiviados, sin embargo estas diferencias son mínimas (Miyashiro, 1996).

El potasio no representa un riesgo ya que no forma ningún tipo de gas que puede ser liberado a la atmósfera, su comportamiento se caracteriza por el intercambio de cationes y la meteorización, y por procesos microbiológicos (Miyashiro, 1996).

Según la NCh2880.Of2004 (2004), recomienda que el que el Nitrógeno sea de 0.3% - 1.5%, para todos los tratamientos que se analizó se encontraron dentro de lo establecido en la norma.

Según Isaza, Perez, Laines, y Castañon (2009), el nitrógeno tiende a aumentar en ambos tratamientos durante el proceso, la concentración del nitrógeno aumenta debido a la fuerte degradación de los compuestos orgánicos presentes, lo cual tiende a reducir el material compostado y concentra la cantidad de nitrógeno, ya que la gallinaza tiene altos contenido en nitrógeno.

Según la NCh2880.Of2004 (2004), recomienda que el que el fosforo sea de 0.3% - 1.0%, para todos los tratamientos que se analizó se encontraron dentro de lo establecido en la norma.

## CAPITULO V:

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Al evaluar la efectividad de los dos métodos se encontró: Pila dinámica (Materia Orgánica 31.18 %, Humedad 46.72%, pH 6.46, Temperatura 22.16°C, Nitrógeno 1.30 %, Fósforo 0.63%, Potasio 0.07%) y Compostera Giratoria (Materia Orgánica 42.57%, Humedad 48.75%, pH 7, Temperatura 23.62°C, Nitrógeno 1.48 %, Fósforo 0.47%, Potasio 0.17%). El tiempo de elaboración del compost fue de 75 días, por lo tanto, se concluye que el método de compostera giratoria demostró ser más efectivo para la obtención del compost.

Se determinó los parámetros fisicoquímicos para los métodos: pilas dinámicas (Temperatura 22.16°C, Humedad 46.72%, pH 6.46, Materia Orgánica 31.18 % y composteras giratorias (Temperatura 23.62°C, Humedad 48.75%, pH 7, Materia Orgánica 42.57%). Concluyendo que ambos métodos cumplieron la exigencia de la Norma Chilena 2880 (pH 5 – 8.5, Materia Orgánica  $\geq$  20%) y el Manual de Compostaje del Agricultor. (Temperatura Ambiente, humedad 45% - 60%, pH 4.5 – 8.5).

Se comparó el Nitrógeno y Potasio obtenido por composteras giratorias fueron mayores que por pilas dinámicas y siendo lo contrario en Fósforo: pilas dinámicas (Nitrógeno 1.30%, Fósforo 0.63%, Potasio 0.07%) y composteras giratorias (Nitrógeno 1.48%, Fósforo 0.47%, Potasio 0,18%). Se contrastó que ambos métodos cumplieron la exigencia de la Norma Chilena Nch2880 (Nitrógeno  $\geq$  0.05 %) y el Manual de Compostaje del Agricultor-FAO (Nitrógeno 0.3% – 1.5%, Fósforo 0.3% – 1.0%, Potasio 0.1% - .0%)

Se comparó el efecto inicial y final en los métodos: pila dinámica inicio (Materia Orgánica 6.62%, Humedad 60.56%, pH 4.75, Temperatura 30.58°C, Nitrógeno 0.5 %, Fósforo 0.007%, Potasio 0.038%); finales (Materia Orgánica 31.18%, Humedad 46.72%, pH 6.46, Temperatura 22.16°C, Nitrógeno 1.30 %, Fósforo 0.63%, Potasio 0.07%). Y en las composteras giratorias inicial: (Materia Orgánica 6.62%, Humedad 63.50%, pH 5.13, Temperatura 31.97°C, Nitrógeno 0.05 %, Fósforo 0.007%, Potasio 0.038%); final (Materia Orgánica 42.57%, Humedad 48.75%, pH 7, Temperatura 23.62°C, Nitrógeno 1.48 %, Fósforo 0.47%, Potasio 0.18%). Siendo más efectivo el de composteras giratorias.

## 5.2 Recomendaciones

Se recomienda que el volteo de las composteras giratorias debe ser cuidadoso para no disminuir la temperatura bruscamente con el objetivo de mantener vivos los microorganismos correspondientes, según la etapa del proceso de compostaje en el que se encuentra el sistema.

Se recomienda utilizar equipos portátiles para la toma y muestra de parámetros en proyectos futuros, para garantizar resultados insitu durante todo el proceso.

Se deben realizar pruebas a escala piloto antes de iniciar con proyectos futuros a gran escala.

Se recomienda tener un área techada que lo proteja del sol y de las lluvias con el fin de no alargar las fermentaciones y demorar las degradaciones

Se recomienda acondicionar el drenaje ya que las lluvias excesivas pueden producir encharcamientos.

Revisar que no haya roedores ni otros animales en la zona de trabajo.

Se recomienda tener una inversión inicial, para la acumulación del estiércol y de los residuos vegetales.

Para obtener un mejor resultado se recomienda seguir un procedimiento para la elaboración de compostaje.

## REFERENCIAS

- Agronet. (2004). Composición de los estiércoles. *Biblioteca Del Campo*, (1), 172–193.
- Alodia Pérez Muñoz. (2014). *Manual de de Compostaje*. 23.
- Arevalo, L., & Bertha, M. (2017). Evaluación del proceso de compostaje de residuos de cebolla junca, pollinaza fresca y otros materiales orgánicos.
- Artigas Durán, A. S. y A. R. (1998). Impacto productivo del cultivo de arroz sobre suelos de baños: Productividad y conservación. *PROBIDES*, 38.
- Avendaño Acosta, E. F. (2015). Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos (vol. 16), Obtenido de: <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2013.0625>
- Ballesteros Trujillo, M., & Hernández Berrie, M. del. (2018). Crecimiento microbiano en pilas de compostaje de residuos orgánicos y biosólidos después de la aireación. *Microbial growth in compost piles of organic waste and biosolids after the aeration process.*, 45(1), 1–10.
- Barow, M. (1198). Origin and evolution of the ampc  $\beta$ -lactamases of *Citrobacter freundii*. *PMC*.
- Becerra, I. M., Martínez, N. L., Godoy, F. D. S., Bravo, O. U., & Flores, G. R. (2012). Determination of salmonella enteritidis ft 13 a and salmonella issatschenko by pcr in samples of chicks experimentally infected. *Veterinaria Mexico*, 43(4), 257–271.
- Bertoldi, M., & Vallini, G. (1982). Comparison of three windrow compost systems. *BioCycle*, 23(2), 45–46, 48, 50.
- BRAVO, C. . K. (2011). *Integral de los residuos sólidos de una planta faenadora de carne "faenadora de carne"*.
- Bueno, P., Díaz, J., & Cabrera, F. (2012). Factores que afectan al proceso de Compostaje. *Compostaje*.
- Cabildo Miranda, P., Claramunt Vallespí, R., Escolástico León, C., Santos, S. E., Farrán Morales,

- Á.,García Fernández, Á.,Sanz del Castillo, D.(2012). *Reciclado y Tratamiento de Residuos*.
- Cabrera, V. (2016). *Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores*.
- Cajahuanca, S. (2016). *Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (Saccharomyces cerevisiae, Aspergillus sp., Lactobacillus sp.) en el procesos de compostaje en la central hidroeléctrica Chaglla*.
- Camacho, A. D. (2014). Potential of different microorganisms for solid waste composting. *Terra Latinoamericana*, 32(4), 291–300.
- Camcho, Z. G. (2013). *Universidad pablo de olavide departamento de sistemas físicos , químicos y naturales área de tecnologías del medio ambiente partir de residuos de guacamole , poda y gallinaza*.
- Campos Gómez, I. (2000). *Saneamiento Ambiental*.
- Castaldi, P. (2004). Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying suitable parameters for the evaluation of compost maturity. *ELSEVIER*, 5.
- Castells, X. (2012). *Aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales* (Díaz de Sa). Madrid.
- Castrillón Quintana, O., & Puerta Echeverri, S. M. (2013). Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la corporación universitaria lasallista. *Idesia (Arica)*, 1(ahead), 0–0. Recuperado de: <https://doi.org/10.4067/s0718-34292018005001202>
- Chávez Pérez, P. (2013). *Caracterización fisicoquímica y madurez del compost de las ciudades de tingo maria y auca yacu mediante test de autocalentamiento*. 0–84.
- Chunga Zapata, E. (2014). *Propuesta de compostaje de los lodos removidos de las lagunas*

*de estabilización de la Universidad de Piura.*

Comesana, V. (2017). Estudio de la dinámica microbiana durante la fase de maduración del compostaje de residuos orgánicos. Vermicompostaje como alternativa de tratamiento. *Universidad de Vigo.*

Comisión Nacional del Medio Ambiente Departamento Descontaminación Planes y Normas. *Norma de calidad de compost. , (2000).*

CONAM. (2006). *Guía técnica para la formulación e implementación de planes de minimización y reaprovechamiento de residuos sólidos en el nivel municipal Perú - 2006.*

Crespo, M. (2011). Proceso de compostaje de bagazo de agave tequilero a gran escala y uso de la composta para el cultivo del agave tequilana en contenedor (Tesis). *Kane, L, 2009–2010.*

Crump, J. A., Kretsinger, K., Gay, K., Hoekstra, R. M., Vugia, D. J., Hurd, S., Angulo, F. J. (2008). Clinical response and outcome of infection with *Salmonella enterica* serotype typhi with decreased susceptibility to fluoroquinolones: A United States FoodNet multicenter retrospective cohort study. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 52(4), 1278–1284. Recuperado de: <https://doi.org/10.1128/AAC.01509-07>

Daniel, J. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. *Introducción a la ciencia del suelo.* Medellín.

Decreto Legislativo N°1278. , El peruano (2017).

Defrieri, R. L. ; Jimenez, M. P., Effron, D., & Palma, M. (2005). Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje. *Agriscientia*, 1(1), 25–31.

Delgado Chuecas, I., & Chima Cerdán, C. D. (2011). *“Producción de compost empleando pilas aireadas por volteo, como un método de tratamiento de lodo residual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la universidad nacional de ingeniería ‘unitrar’;*

*y su evaluación en el mejoramiento de suelos.”*

- Díaz García, L. N., Arcos Jiménez, O. F., Peña Gallego, C., Zuluaga Machado, J., & Esteban Torres, A. (2014). Ecología industrial aplicada a cultivo de crisantemo en el oriente antioqueño (Vol. 8).
- Diego, C. (2012). Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos. *Universidad de Cuenca*, 118.
- DIGESA, D. G. de S. A. (2004). *Marco Institucional de la los Residuos Sólidos en el Perú*.
- Distrital, M., & Chosica, D. E. L. (2014). *Municipalidad distrital de lurigancho chosica. Plan de gobierno del distrito de lurigancho chosica. Indice*. Lima.
- Edberg, S. C., Rice, E. W., Karlin, R. J., & Allen, M. J. (2000). Escherichia coli: The best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology Symposium Supplement*, 88(29). Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2000.tb05338.x>
- Edwards, S., & Araya, H. (2011). *How to Make And use Compost*.
- Eriksson, O., Carlsson, R. M., Frostell, B., Bjorklund, A., Assefa, G., Sundaqvist, J., ... Thyselius, L. (2005). Municipal solid waste management from a systems perspective. *Journal of Cleaner Production*, 13(3), 241–252. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.018>
- Escobar Escobar, N., Delgado, J. M., Jaime, N., & Jola, R. (2012). *Identificación de poblacones microbianas en compost de residuos orgánicos de fincas cafeteras de Cundinamarca*. 16(1), 75–88. Recuperado de: <https://doi.org/0123-3068>
- Escobar, F., Sánchez Ponce, J., & Azero A., M. (2012). Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani. *Acta Nova*, 5(3), 390–410.
- Eweis, J. B. (1999). *Principios de biorrecuperación : tratamientos para la descontaminación*

*y regeneración de suelos y aguas subterráneas mediante procesos biológicos y físico-químicos.*

FAO. (2013a). Manual de compostaje, Experiencias en América Latina. *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.*

FAO. (2015). *Manual de Compostaje Agricultor.*

FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2013b). Manual de compostaje, Experiencias en América Latina. *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.*

Gallardo, M. K. P. (2013). *Obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana.*

Gamos, A. (1994). *Better crops from healthy soil with compost.*

García Leños, M. del L. (2008). *Materia orgánica: La sangre de la tierra* (pp. 1–6). pp. 1–6.

Gesti, P. D. E., & Verdes, D. E. R. (2017). *Manual de procesos en la palnta de compostaje.*

Gilberto Iñiguez, N. A. (2005). *Utilizacion de subproductos de la industria tequilera.*

Globe, P. M. de A. y O. G. para el B. del M. A. *Protocolo de humedad y temperatura del suelo.* , (2005).

Globe, P. M. de A. y O. G. para el B. del M. A. *Protocolo de sensores de Humedad de Suelos.* , (2005).

Globe, P. M. de A. y O. G. para el B. del M. A. *Protocolo del pH del Suelo.* , (2005).

Gobierno de Aragon, D. de A. (2000). Producción y gestión del compost. *Informaciones Técnicas-Gobierno de Aragón* (Vol. 48).

Gordillo, F. (2011). *Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de Saccharum officinarum (caña de azúcar).*

- Haug, R. T. (1993). *The practical Handbook of compost Engineering*.
- Houde, C. (2010). A brief overview of escherichia coli o157:h7 and its plasmid o157. *PubMed*.
- Hurtado, D. (2019). *Eficiencia de biorrecuperación mediante enmienda orgánica incorporación en el suelo salino de la ladera del Establo “Agropecuaria Villa Asís S.R.L” comunidad autogestionada Huaycán- Ate Vitarte*. Lima.
- INEI, I. N. de E. e I. (2015). Residuos sólidos. In *Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro* (Vol. 5). Perú.
- INIAP, ( Instituto Nacional Autonomode Investigaciones Agropecuarias). (2011). *Elaboración y uso de abonos orgánicos*. Chile.
- INS, (Instituto Nacional de Salud). (2018). *Unidad temática 6: vigilancia de residuos sólidos* 1. Perú.
- IPESA. (2018). *Agricultura Sustentable*.
- Irigoin, J. (2017). “*Aplicación de Compost como fertilizante para mejorar los suelos agrícolas del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público de Chota, 2018.*”
- Isaza, A., Perez, M., Laines, C., & Castañon, N. (2009). *Comparison of two ventilation techniques in the decomposition of organic matter*. 1–11.
- Jakelin, S. (2016). *Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de “microorganismos eficaces”- concepción*.
- Jaqueline, F. y J. F. (2015). *Mejoramiento del estado nutricional del suelo a través de la adición de compost enriquecido con bacterias fosfato solubilizadoras en la finca denmmar. Tabacundo - ecuador*. Quito.
- Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. M. (2008). Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia (Vol. 151). Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2009.01.043>

- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La Materia Orgánica, Importancia y Experiencias de su uso en la Agricultura. *Idesia*, 24, 49–61. Recuperado de: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Kalamdhad, A. S., & Kazmi, A. A. (2008). Mixed organic waste composting using rotary drum composter. *International Journal of Environment and Waste Management*, 2(1–2), 24–36. Recuperado de: <https://doi.org/10.1504/IJEW.2008.016989>
- Laich, F. (1999). El papek de los microorganismos en el proceso de compostaje. *Ciencia y Tecnologia Alimentaria Cienc. Tecnol. Aliment*, 24(4), 174–183. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/11358129909487599>
- Lopez Wong, W. (2010). Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol. *Centro de investigacion en biotecnologia aplicada tlaxcala*.
- M.J, N., F, V., J, A., R, A., P, C., M.V, C., ... J.A, L. (n.d.). *Producción y gestión del compost*. (2 1), 1–31.
- Maisincho, J. (2015). *Evaluación fisicoquímica e identificación micro biológica de tres abonos orgánicos*.
- Marcos, J. (2012). *Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura*. 3.
- Maria, L. (2015). *De residuos a Recursos* (Mundi-pren; Moner; Moral, Ed.). Madrid.
- Melendéz, G.; Soto, G. (2009). Taller de Abonos Orgánicos. *Pdf*, 1, 155.
- Michel Frederick C, J., Pecchia, J. a, Rigot, J., & Keener, H. M. (2003). Mass and Nutrient losses during composting of dairy manure with sawdust versus straw amendment. *Manuscript Submitted to Compost Science and Utilization Journal*, 7–10.
- Michel, F. C., Pecchia, J. A., Rigot, J., & Keener, H. M. (2004). Mass and nutrient losses during the composting of dairy manure amended with sawdust or straw. *Compost*

*Science and Utilization*, 12(4), 323–334. Recuperado de:  
<https://doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702201>

MINAM, M. del A. (2012). Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú Gestión 2012. *Ministerio del Ambiente*. Recuperado de:  
<http://www.redrrss.pe/material/20140423145035.pdf>

MINAM, M. del A. (2016). Aprende a prevenir los efectos del mercurio. Módulo 2: Residuos y Áreas Verdes (Vol. 53). Recuperado de:  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

MINAN, M. del A. (2004). *Manual Básico para hacer Compost*.

MINAN, M. del A. (2014). Sexto informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013. *Minam*. Recuperado de:  
<http://redrrss.minam.gob.pe/material/20160328155703.pdf>

Minsa, M. de S. Programa de entrenamiento en salud pública dirigido a personal del servicio militar voluntario. , 53 *Journal of Chemical Information and Modeling* (2019).

Miyashiro, I. (1996). *Calidad de seis formulaciones de compost enriquecido con guano de islas*.

Moreno, J., & Moral, R. (2008). *Compostaje*.

Moreno, S. B., & Olvera Pérez, G. E. (2014). *Caracterización de la composta producida en la planta de bordo poniente*. 89.

NCh2880.Of2004, I. N. de N. *Derechos entregados a la Normativa Chilena 2880*. , (2004).

Nogués, F. (2010). *Energías Renovables*. España.

Ossa Vásquez, K. A. (2012). *Diseño de un tambor perforado de mezcla para el proceso de compostaje aerobio realizado en la planta de beneficio de la Central Ganadera de Medellín*.

- Pascual, R., & Venegas, S. (2010). La materia orgánica del suelo. Papel de los microorganismos. *Ciencias Ambientales*, 11.
- Pellejero, G., Migliarina, A., Askar, G., & Jiménez, R. (2015). Composting Onion (*Allium cepa*) Wastes with Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and Cattle Manure Assessment. *Agricultural Sciences*, 6(April), 445–455.
- Peña, E., Carión, M., Martínez, F., Rodríguez, A., & Companioni, N. (2002). Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. A. G. Marrero (Ed.), *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)*. (INIFAT).
- Peralta-Veran, L., Juscamaita-Morales, J., & Meza-Contreras, V. (2016). Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. *Ecología Aplicada*, 15(1), 1. Recuperado de: <https://doi.org/10.21704/rea.v15i1.577>
- Pierre, S. (2002). Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. *ELSEVIER*, 49, 53.
- Pilar, Miranda Cabildo; Claramunt , Vallepí; Ramirez Cornago, P. (2008). *Reciclado y tratamiento de residuos* (Universida). Madrid.
- Ponce, M., & Nataly, Y. (2012). *Evaluación del nivel de contaminación de los suelos en el distrito “El Mantaro” provincia de Jauja*.
- Ramirez Carvajal, R. (1997). Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. *Santa Fe de Bogotá, Septiembre*.
- Ramirez, F. (1999). *Lombricultura y abonos organicos*. Mexico.
- Roales Franklin, B. S. (2004). *Producción y Comercialización de Banano Orgánico en la Region de Alto Beni*. Bolivia.
- Robles Mitma, M. B. (2015). *Evaluación de parámetros de temperatura, pH y humedad para el proceso de compostaje en la planta de y tratamiento de residuos sólidos orgánicos*

*de la municipalidad rovincial de Leoncio Prado.*

Rodríguez, R. (1994). *Agricultura Sostenible*. Salvador.

Ruiz, U. J. A. (2003). *Compostación de los residuos solidos orgánicos generados en universidad de piura*. 3.

Ryan Herrera, J., & Riffo Prado, M. O. (2007). *Manuales fia de apoyo a la formación de recursos humanos para la innovación agraria*.

Saez Olivares, A. (2000). *Optimización de los métodos para mejorar la calidad del compost de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos*.

Sánchez, I. (2015). *Diseño de experimentos factoriales a dos niveles*. 1–23.

Sandberg, C. (2008). Improving Compost Process Efficiency by Controlling Aeration, Temperature and pH. *Bioresource Technology*, 99(16), 7545–7552. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.02.014>

Savage, G. M., & Diaz, L. F. (1991). Processing of Solid waste for material recovery. *Proceedings of 1990 National Waste Processing Conference : Fourteenth Biennial Conference : Integrated Waste Management, the Challenge Increases : Supplement-Discussions*.

Sebastián Nogués, F., García Galindo, D., & Rezeau, A. (2010). *Energía de la biomasa*.

Semarnat, S. de M. A. y R. N. (2006). *Manual de compostaje municipal*. México.

Soliva, M., López, M., & Huerta, Ó. (2008). Pasado, presente y futuro del compost. *SoilACE*, 19, 3-4.

SOMARSOM, S. (2017). *Guia de Compostaje utilizando el sistema de vaso industrial*.

Sotelo, S. E. C., & Benítez, S. O. (2013). Gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 29(SUPPL. 3), 7–8.

SPDA, S. P. de D. A. (2009). *Manual de residuos sólidos*. Recuperado de:

[https://spda.org.pe/wpfb-file/20100115181242\\_-pdf/](https://spda.org.pe/wpfb-file/20100115181242_-pdf/)

- Tallon, P., Magajna, B., Lofranco, C., & Kam, T. L. (2005). Microbial indicators of faecal contamination in water: A current perspective. *Water, Air, and Soil Pollution*, 166(1–4), 139–166. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11270-005-7905-4>
- Tomati, U., Madejon, E., & Galli, E. (2000). Evolution of humic acid molecular weight as an index of compost stability. *Compost Science and Utilization*, 8(2), 108–115. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2000.10701756>
- Tsáchilas, D. E. L. O. S. (2019). *Manejo de desechos sólidos y su incidencia en la producción de compost en los mercados públicos de la ciudad de santo domingo de los tsáchilas* .
- UNA, U. N. C. R. Guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombricompost. , Universidad Nacional de Costa Rica § (2015).
- UPA, U. A. (2011). *Manual de compostaje*.
- Vallejo Bendezú, C. (2011). *Crecimiento poblacional y contaminación ambiental en el distrito de ayacucho*. 72. Retrieved from
- Vargas, C. y tavclerh. (2017). *Calidad De Compost Producidos a Partir De Residuos Solidos Organicos En El Centro De Proteccion Ambiental “Santa Cruz”, Ciudad De Concepcion*. 1–197.
- Vasquez Proaño, D. (2008). *Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnologica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pastos*.
- Véliz Pinto, H. R. (2014). Efecto de tres abonos orgánicos sobre el rendieminto y precocidad de la cosecha en el cultivo de sábila; Guastatoya, el Progreso (Vol. 39).
- Vera, E. (2011). *Mudolo V, Elaboración y uso de Abonos organicos*. Ecuador.
- Zurcan, V. (2006). Estudio experimental en planta piloto del proceso de co-compostaje de residuos agroalimentarios. *EBSCOhost*, 7.

## ANEXOS

### Anexo 1. Carta de solicitud de autorización al área de estudio.

SOLICITUD

Solicitó: Espacio (área ubicada cerca de la mansión) dentro del campus universitario, con fines de investigación de Tesis.

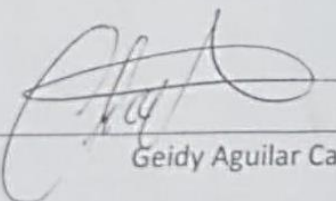
Señores:  
Gerente de servicios CPC Rufo Atamari Charca  
Universidad Peruana Unión

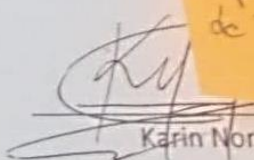
Nosotras Geidy Aguilar Cava y Karin Norma Cubas Bravo, identificadas con código universitario #201410309 y 201323147, de ocupación Egresadas de la EAP Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura del, con domicilio actual en La Alameda de Ñaña Mz E Lt A; ante Ud. con el debido respeto expongo:

Teniendo como requisito para la obtención del Título profesional de Ingeniería Ambiental realizar un proyecto de tesis dentro del programa y línea escogida, se solicita un espacio (área ubicada cerca de la mansión) dentro del campus universitario para que se lleve cabo nuestro tema de investigación titulada "Elaboración de compost mediante métodos de pilas dinámicas y compostera giratoria, a partir de los residuos sólidos orgánicos de la Universidad Peruana Unión". Es por ello que recurrimos ante su despacho para obtener el permiso respectivo y la formalidad del caso.


Agradesco su colaboración y quedo pendiente su respuesta

Ñaña, Lima, 09 de abril de 2019

  
Geidy Aguilar Cava

  
Karin Norma Cubas Bravo

*Solicitó el permiso para dejar sacos de estiercol en un espacio posterior de la mansión.*



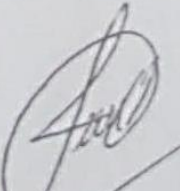
  
Mg. Hugo Fernandez Rojas

Figura 72. Solicitud de autorización al área de estudio.

**Anexo 2. Carta de autorización para el uso del laboratorio de Saneamiento Ambiental perteneciente a la UPeU**

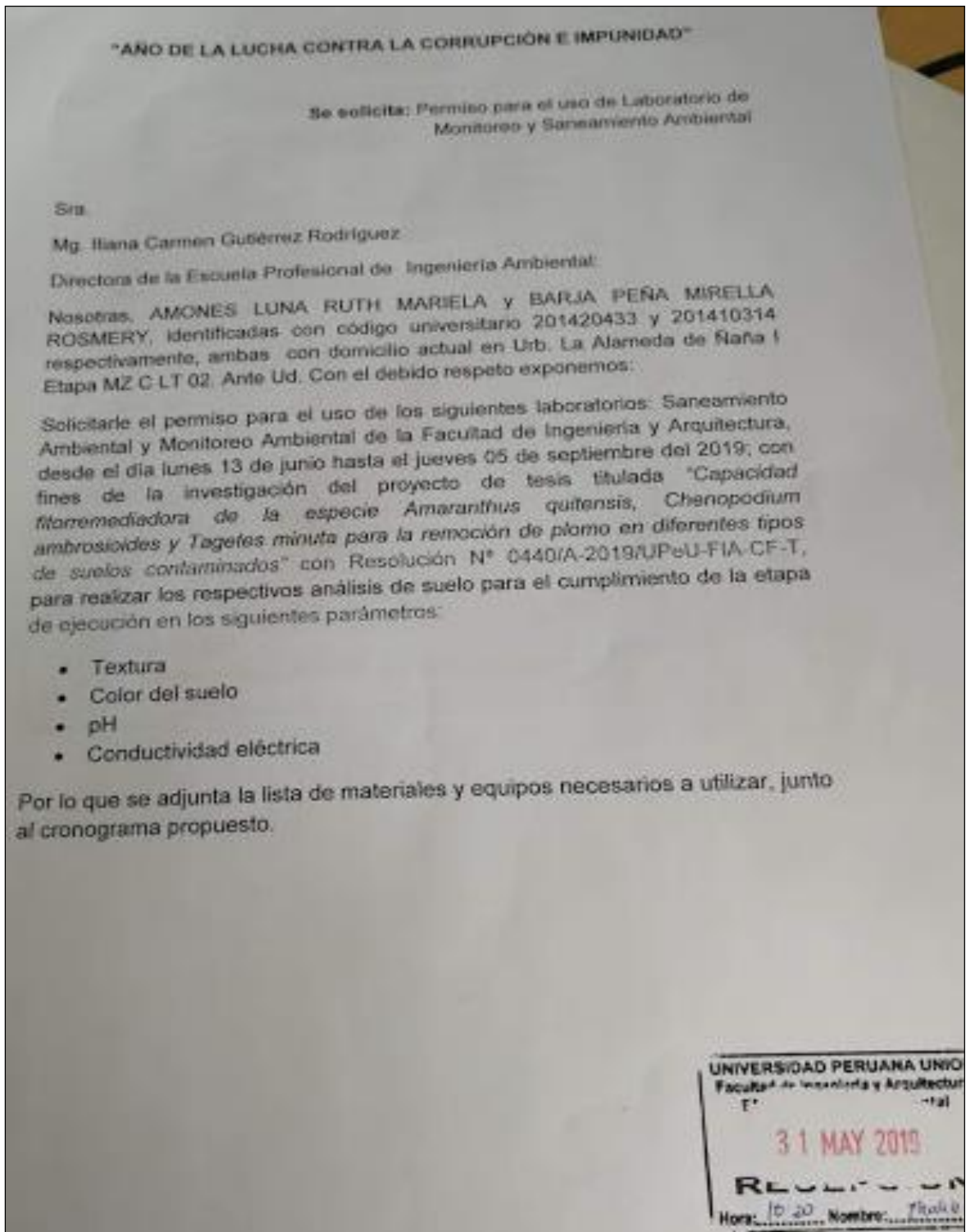


Figura 73. Permiso para el uso del laboratorio de Saneamiento Ambiental.

### Anexo 3. Informes de Calibración del potenciómetro

<b>METROTEC</b>		<b>METROLOGÍA &amp; TÉCNICAS S.A.C.</b> <small>Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio</small>
<i>Área de Metrología</i> <i>Laboratorio Físico-Químico</i>		<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>MT - FQ - 003 - 2019</b>
		<small>Página 1 de 3</small>
<b>1. Expediente</b>	<b>190467</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>UNIVERSIDAD PERUANA UNION</b>	
<b>3. Dirección</b>	<b>Car. Central Km. 19 Villa Unión Ñaña, Lurigancho - Lima - LIMA</b>	
<b>4. Instrumento de Medición</b>	<b>pH-METRO</b>	
<b>Alcance de indicación</b>	<b>0 pH a 14 pH</b>	
<b>División de Escala / Resolución</b>	<b>0.01 pH</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>	
<b>Modelo</b>	<b>ST300</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>B841556529</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>Tipo</b>	<b>DIGITAL</b>	
<b>Ubicación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2019-05-31</b>	
<b>Fecha de Emisión</b>	<b>Jefe del Laboratorio de Metrología</b>	<b>Sello</b>
<b>2019-05-31</b>	 <b>JUAN G. QUISPE MORALES</b>	
<small>Metrología &amp; Técnicas S.A.C. Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú Telf.: (511) 540-0642 Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282 RPC: 940037490</small>		<small>email: metrologia@metrologiatecnicas.com ventas@metrologiatecnicas.com calidad@metrologiatecnicas.com WEB: www.metrologiatecnicas.com</small>

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - FQ - 003 - 2019**

*Área de Metrología  
Laboratorio Físico-Químico*

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó por comparación siguiendo el procedimiento INDECOPI-SNM PC-020 "Procedimiento para la calibración de medidores de pH" (Primera Edición - Junio 2010).

**7. Lugar de calibración**

Laboratorio Físico-Químico de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	21,3 °C	21,3 °C
Humedad Relativa	69 %	69 %

**9. Patrones de Referencia**

Se utilizaron soluciones patrones de pH de la marca HANNA INSTRUMENTS provistos de un certificado de calibración NIST, el laboratorio de calibración cumple con la ISO 17025 y la Guía ISO 34 Material de Referencia Certificado Productor.

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El equipo presenta un ELECTRODO Marca: OHAUS, Modelo: ST320 y con número de Serie: 2838098.



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
calidad@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - FQ - 003 - 2019***Área de Metrología*  
*Laboratorio Físico-Químico*

Página 3 de 3

**11. Resultados de Medición**

Valor de Certificado ( pH )	Lectura de pHmetro ( pH )	Error de indicación ( pH )	Incertidumbre k=2 ( pH )
4,01	3,99	-0,02	0,01
7,00	7,01	0,00	0,02
10,03	10,01	-0,02	0,01

**Nota:** La temperatura de la solución de pH fue de 20 °C**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



Figura 74. Hojas de calibración del potenciómetro

**Anexo 4. Resultados de Fosforo y Potasio analizados en los laboratorios de la UPeU**

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

**A** Agular Cava Geidy; Cubas Bravo Karin Norma  
**DE** LABORATORIO DE SANEAMIENTO AMBIENTAL  
**ASUNTO** RESULTADOS DE ANALISIS DE NPK  
**REFERENCIA** N° BOLETA DE PAGO  
**FECHA** 21/10/2019 al 23/10/2019

**INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO N° 005-2019-LIAMFIA**  
 Por medio del presente, se anexan los resultados de los análisis de la muestra examinados mediante el equipo Fotómetro, con factores de dilución, para los siguientes parámetros: Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K), a continuación, se describen los resultados cuantitativos.

**TABLA N°1**  
**ANÁLISIS DE MUESTRA**

Nombre de Muestra	Unidad	Concentración	Factor de Dilución	PARAMETROS		
				Nitrógeno	Fósforo	Potasio
FE 12	mg/L	50gr de Muestra y 1500ml de agua destilada (1:4)	10,50	Alto	Alto	Alto
FE 12	mg/L	1gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (1%), 5gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (5%)	5,50	Alto	1	19,5
FE 3	mg/L	1gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (1%), 5gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (5%)	5,50	Alto	1	15,5
FE 3	mg/L	1gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (1%)	5	-	Alto	-
FE 3	mg/L	1gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (1%)	10	-	Alto	-
FE 3	mg/L	1gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (1%)	50	-	0	-
FS 3	mg/L	1gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (1%)	5	-	Alto	-
FS 3	mg/L	1gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (1%)	10	-	Alto	-

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

F.S 3	mg/L	1gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (1%)	50	-	Alto	-
F.S 3	mg/L	1gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (1%)	5	-	-	6
F.S 3	mg/L	1gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (1%)	10	-	Alto	-
F.S 3	mg/L	1gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (1%)	50	-	Alto	-
F.S 12	mg/L	1gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (1%)	5	-	-	7.5
F.S 12	mg/L	5gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (5%)	10	-	Alto	-
F.S 12	mg/L	5gr de Muestra y 1000ml de agua destilada (5%)	50	-	Alto	-

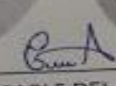


  
**V°B° RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE SANEAMIENTO AMBIENTAL**  
 Ing. Cesar Asbel Aranda Castillo

Figura 75. Resultados de Fósforo y Potasio en la UPeU

**Anexo 5. Resultados del análisis de Nitrógeno en los laboratorios de UNMSM**

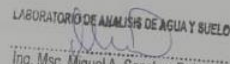

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH  
 LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO  
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe

  
 Nº 015749

**MATERIA ORGÁNICA**

SOLICITANTE : GEIDY AGUILAR COVA  
 PROYECTO : TESIS  
 PROCEDENCIA : Naña - Lurigancho  
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras  
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 29 de octubre de 2019

Número de muestra		N	P	K
Lab.	Campo	%	%	%
15749	Compost	1.77	1.26	2.34

  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO  
 Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado  
 JEFE DE LABORATORIO


  
 Facultad de Ing. Agrícola

Figura 76. Resultado del análisis de nitrógeno realizado en la UNMSM

**Anexo 6. Charla informativa del proyecto a realizar en los servicios de alimentación.**



Figura 77. Charla informativa del proyecto a realizar en el comedor de la UPeU

**Anexo 7. Preparación del área de estudio.**



Figura 78. Acondicionamiento de terreno para la ejecución de tesis.

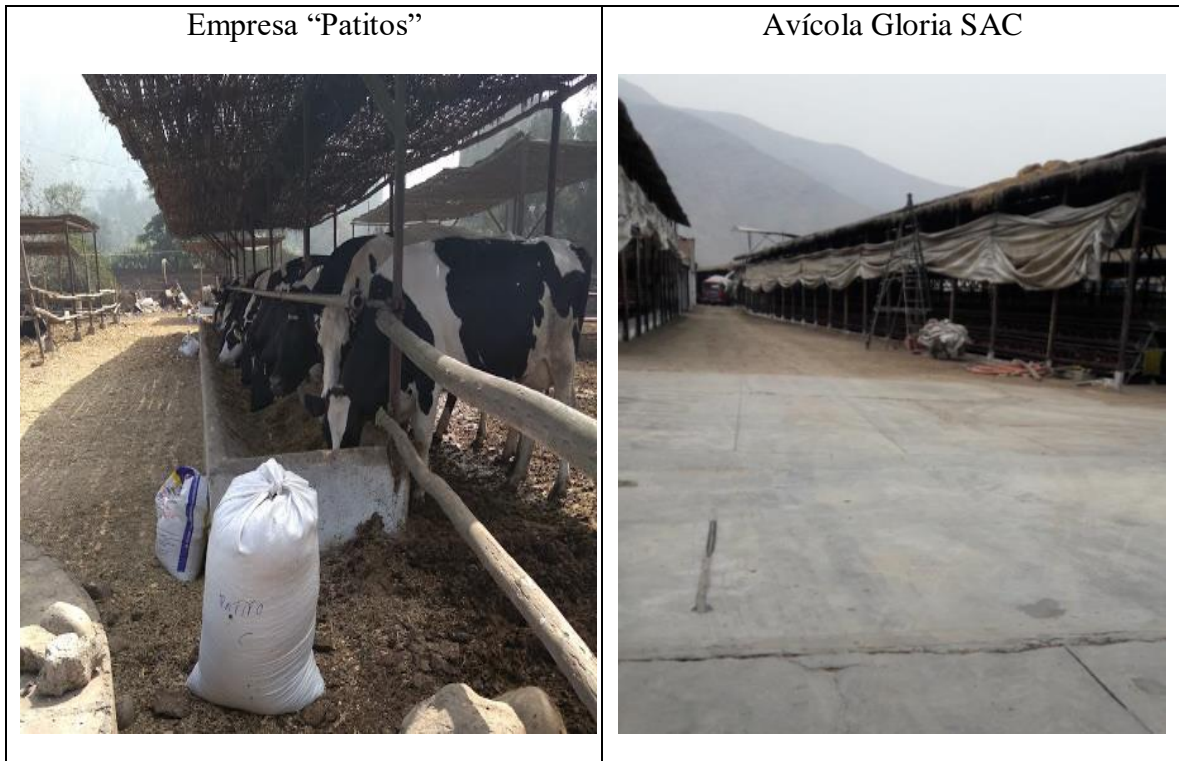
**Anexo 8. Instalación de malla en el perímetro donde se realizó nuestro proyecto**



**Anexo 9. Vista Panorámica del terreno ya circulado con malla galvanizado**



**Anexo 10. Generación, caracterización y transporte de los residuos a compostar**



Comedor Universitario



Cafetín Universitario



Recolección de los residuos orgánicos



Transporte de los residuos orgánicos



Peso de residuos del comedor



Peso de residuos del cafetín



Ficha de recojo del Comedor

**RECOJO DE RESIDUOS ORGANICOS**

LUGAR: Universidad Peruana Unión (Cauwau)

ENCARGADO: *Geidy A. Castellanos Piles*

RESPONSABLE DEL RECOJO: Karin Norma Cabra Bravo  
Geidy Aguilar Cava

Fecha	Cantidad (peso)	Firma del encargado
28/06/2019	43.4 Kg	<i>Geidy</i>
01/07/2019	36.10 kg	<i>Geidy</i>
02/07/2019	34.65 kg	<i>Geidy</i>
03/07/2019	42.65 kg	<i>Geidy</i>
04/07/2019	41.8 kg	<i>Geidy</i>
05/07/2019	56.60 kg	<i>Geidy</i>
09/07/2019	23.41 kg	<i>Geidy</i>
10/07/2019	20 kg	<i>Geidy</i>
11/07/2019	30 kg	<i>Geidy</i>
12/07/2019	23.41 kg	<i>Geidy</i>

Ficha de recojo del Cafetín

**RECOJO DE RESIDUOS ORGANICOS**

LUGAR: Universidad Peruana Unión (Cauwau)

ENCARGADO: *Geidy Agustina Ramirez*

RESPONSABLE DEL RECOJO: Karin Norma Cabra Bravo  
Geidy Aguilar Cava

Fecha	Cantidad (peso)	Firma del encargado
30/06/2019	18.20 kg	<i>Geidy</i>
01/07/2019	36.45 kg	<i>Geidy</i>
05/07/2019	48.60 kg	<i>Geidy</i>
05/07/2019	36.10 kg	<i>Geidy</i>
04/07/2019	7.0 kg	<i>Geidy</i>
09/07/2019	26.40 kg	<i>Geidy</i>
10/07/2019		<i>Geidy</i>
11/07/2019		<i>Geidy</i>
12/07/2019		<i>Geidy</i>

### **Anexo 11. Proceso de picado**



### **Anexo 12. Delimitación y formación de las pilas dinámicas**





**Anexo 13. Diseño de las composteras giratorias**



**Anexo 14. Vaciado de residuos y aceleradores a pilas dinámicas y composteras giratorias**

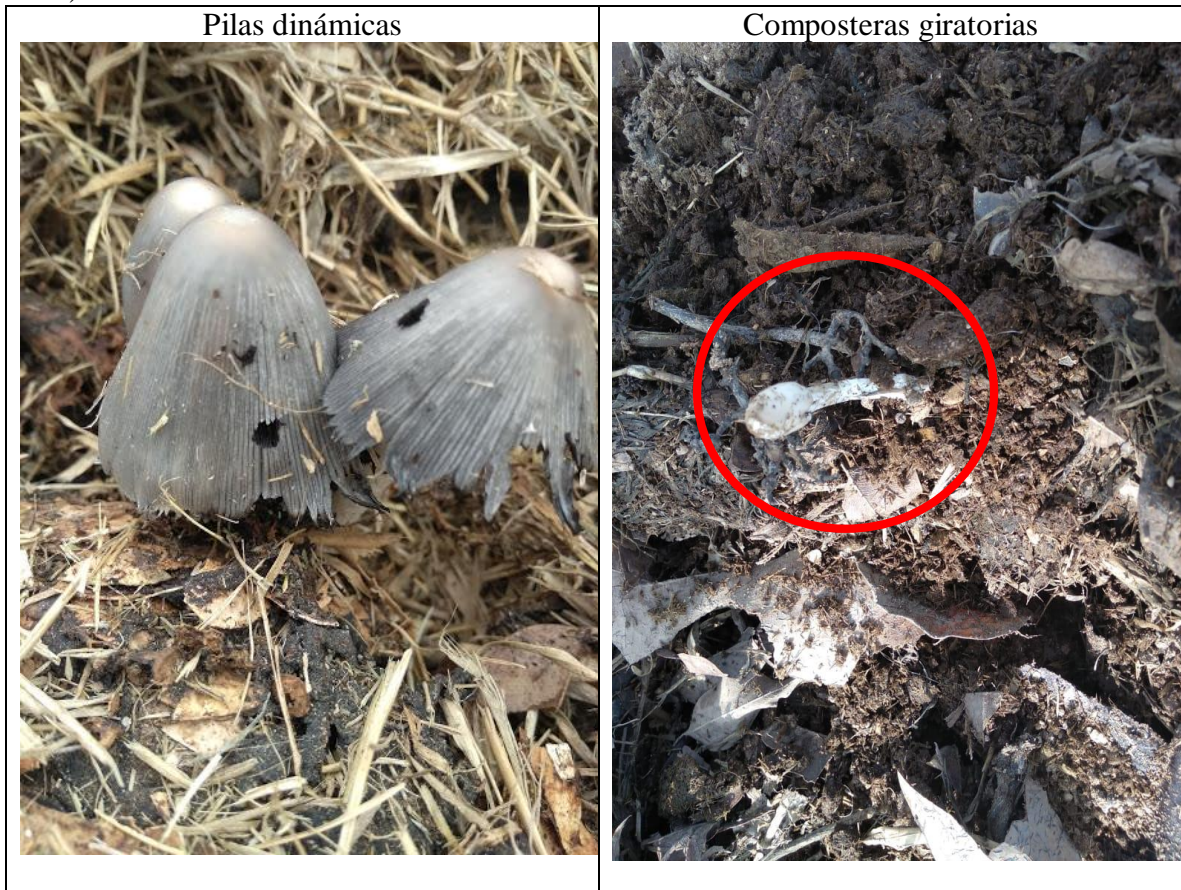


## Anexo 15. Proceso de compostaje

### a) Fase Mesófila



b) Fase de termófila



c) Fase de enfriamiento



d) Fase de maduración



### Anexo 16. Seguimiento del compost



*Figura 79. Regado manual de la pila y compostera*



*Figura 80. Pilas dinámicas debidamente cubiertas*



*Figura 81. Medición de la temperatura*



*Figura 82. Medición de pH en laboratorio*