



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Influencia de microorganismos eficientes y lodos generados por la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas – Exalmar, en la composición de macronutrientes del compost generado.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

ACUÑA MORALES, MIGUEL DIEGO

ASESOR:

Ms. WALTER MORENO EUSTAQUIO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

Trujillo – Perú

2018

JURADO EVALUADOR

Dr. José Alfredo Cruz Monzón

PRESIDENTE

Dr. Medardo Alberto Quezada Álvarez

SECRETARIO

Ms. Walter Moreno Eustaquio

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen María por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por cada triunfo y cada momento difícil que me han enseñado a valorarlos cada día más.

A mis padres Miguel y Socorro, porque son los pilares más importantes en mi vida, por acompañarme durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, a ustedes les dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de esta tesis.

A mis hermanos Lucía, Consuelo y Richard, quienes siempre han estado junto a mí brindándome todo su apoyo incondicional y a ti Alisarita, por ser el motor de nuestra familia.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen María por haberme brindado conocimiento necesario para llevar a cabo esta tesis, por haber puesto en mi camino a las personas correctas, las cuales aportaron un valor muy significativo en mi vida.

Le doy gracias a mis padres Miguel y Socorro por todo el apoyo brindado, por darme la oportunidad de estudiar esta carrera ya que sin ustedes no hubiera sido capaz de llegar hasta donde me encuentro ahora.

A mis hermanos Lucía, Consuelo y Richard, por haberme apoyado en todo momento de necesidad.

A Diana, ya que tu ayuda ha sido fundamental, has estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos. Este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían. Te lo agradezco mucho, amor.

A mi asesor, Mg. Walter Moreno Eustaquio, quien fue la persona que me guió desde el inicio y me dio la oportunidad de concluir con mi tesis, a mi docente el Dr. Alfredo Cruz Monzón, quien me impulsó a mejorar y a seguir adelante día tras día.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Miguel Diego Acuña Morales, identificado con DNI N° 72888156, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 12 de julio del 2018

Miguel Diego Acuña Morales

DNI N° 72888156

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado.

En cumplimiento a las normas establecidas en la Universidad César Vallejo para obtener el título profesional de ingeniero ambiental, pongo a su disposición la tesis titulada: **Influencia de microorganismos eficientes y lodos generados por la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas – Exalmar, en la composición de macronutrientes del compost generado**, la cual consta de seis capítulos: introducción, método, resultados, discusiones, conclusiones y recomendaciones. Teniendo como objetivo principal: demostrar la influencia de los microorganismos eficientes y lodos generados por la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas – Exalmar, en la composición de macronutrientes del compost generado.

La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos necesarios para obtener el título profesional de ingeniero ambiental.

EL AUTOR

ÍNDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Trabajos previos	14
1.3. Teorías relacionadas al tema	18
1.3.1. Microorganismos eficientes	18
1.3.2. Residuos sólidos	19
1.3.3. Compost y compostaje	20
1.3.4. Abono orgánico	20
1.3.5. Materia orgánica	21
1.3.6. Compostaje: fases o etapas	21
1.3.7. Relación Carbono – Nitrógeno	23
1.3.8. Relación de macronutrientes: N – P – K	23
1.3.9. pH	24
1.3.10. Temperatura	24
1.3.11. Humedad	25
1.4. Formulación del problema	25
1.5. Justificación del estudio	25
1.6. Hipótesis	26
1.7. Objetivos	26
1.7.1. Objetivo general	26
1.7.2. Objetivos específicos	27
II. MÉTODO	27
2.1. Diseño de investigación	27
2.1.1. Tratamientos	28
2.2. Variables, operacionalización	31
2.2.1. Variables independientes	31
2.2.2. Variable dependiente	31
2.2.3. Variables de medición constante	31

2.3. Población y muestra.....	33
2.3.1. Población	33
2.3.2. Muestra.....	33
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	33
2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
2.4.2. Validez y confiabilidad.....	33
2.5. Métodos de análisis de datos	33
2.6. Aspectos éticos.....	34
III. RESULTADOS	34
3.1. Análisis de macronutrientes de lodos residuales iniciales.....	35
3.2. Caracterización fisicoquímica de los lodos residuales iniciales.....	35
3.3. Primera etapa.....	35
3.4. Segunda etapa	39
IV. DISCUSION.....	43
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Primera etapa del proceso de compostaje.....	30
Tabla 2. Segunda etapa del proceso de compostaje.....	30
Tabla 3. Operacionalización de variables.....	32
Tabla 4. Análisis de macronutrientes de lodos residuales crudos.	35
Tabla 5. Caracterización fisicoquímica de los lodos residuales crudos.....	35
Tabla 6. Prueba de normalidad de Anderson-Darling para la primera etapa.....	36
Tabla 7. Análisis de varianza para la primera etapa.	37
Tabla 8. Método Tukey para el contenido de nitrógeno en la primera etapa.	38
Tabla 9. Método Tukey para el contenido de potasio en la primera etapa.	38
Tabla 10. Prueba de normalidad de Anderson-Darling para la segunda etapa.....	40
Tabla 11. Análisis de varianza para la segunda etapa.	41
Tabla 12. Método Tukey para el contenido de nitrógeno en la segunda etapa.....	42
Tabla 13. Método Tukey para el contenido de potasio en la segunda etapa.	42
Tabla 14. Principales especies de microorganismos eficientes.	52
Tabla 15. Activación de microorganismos eficientes.....	54
Tabla 16. Temperatura necesaria para la eliminación de algunos patógenos.....	54
Tabla 17. Relación carbono-nitrógeno de algunos materiales usados en el compostaje.	55
Tabla 18. Parámetros óptimos de pH.....	56
Tabla 19. Parámetros óptimos de temperatura.	56
Tabla 20. Parámetros óptimos de humedad.....	57
Tabla 21. Composición de algunas fuentes de materia orgánica.....	58
Tabla 22. Datos de temperatura de primera y segunda etapa.	62
Tabla 23. Datos de pH de primera y segunda etapa.	65
Tabla 24. Resultados de análisis de macronutrientes de la primera etapa.....	68
Tabla 25. Resultados de análisis de macronutrientes de la segunda etapa.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño experimental de primera y segunda etapa para elaboración de compost.	29
Figura 2. Proporción lodo – musgo de la primera etapa del proceso de compostaje.	36
Figura 3. Proporción lodo – musgo – EM de la segunda etapa del proceso de compostaje.	39
Figura 4. Fases del compostaje.	57
Figura 5. Promedio de las temperaturas durante la primera etapa del proceso.	71
Figura 6. Promedio de pH durante la primera etapa del proceso.	72
Figura 7. Promedio de las temperaturas durante la segunda etapa del proceso.	73
Figura 8. Promedio de pH durante la segunda etapa del proceso.	74
Figura 9. Reporte de análisis de la primera etapa del proceso de compostaje.	75
Figura 10. Reporte de análisis de la primera etapa del proceso de compostaje.	76
Figura 11. Lugar de construcción de pilas de compostaje.	77
Figura 12. Traslado de materia prima para creación de pilas.	77
Figura 13. Creación de pilas de compostaje.	78
Figura 14. Creación de pilas de compostaje.	78
Figura 15. Pozo de agua para los volteos y activación de microorganismos.	79
Figura 16. Muestra colocada en la cabina extractora de gases.	79
Figura 17. Instrumentos utilizados durante el proceso de compostaje.	80

RESUMEN

En la presente investigación se realizó el proceso de compostaje de lodos residuales provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la empresa productora de harina de pescado – Exalmar. Este proceso se llevó a cabo en la localidad de Paiján, provincia de Ascope, durante el período del 5 de enero del 2018 al 20 de junio del mismo año. Se trabajó con pruebas experimentales, la cual consta de dos etapas, en la primera etapa se realizó tres pilas (P1 – P2 – P3), de 10 por 1.5 metros las cuales cada una contaba con su respectiva repetición. Cada una de estas tres pilas contiene agua, musgo y lodos residuales (de este último 10 – 15 – 20 cm de altura respectivamente), manteniendo el musgo constante (10 cm de altura). Al finalizar el proceso se obtuvo un *COMPOST I*, siendo esta la pila que cuenta con la mejor proporción lodo – musgo después de ser analizado los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio (N – P – K). De igual forma, en la segunda etapa se realizó tres pilas (C1 – C2 – C3) y cada una con su repetición, estas contaron con agua, musgo (en igual proporción que en la primera etapa), lodos residuales y microorganismos eficientes (en adelante EM). En esta etapa se utilizó tres dosis distintas de EM (2, 3, y 4 L.), que al activarse se obtiene 40, 60, 80 L. de solución respectivamente, con la mejor proporción utilizada en la primera etapa *COMPOST I*, utilizado este de manera constante. Luego del proceso se obtuvo un *COMPOST II*, siendo la mejor proporción de lodos residuales y microorganismos eficientes.

Mediante el análisis estadístico se determinó que a mayor contenido de lodo y EM, mayor es el contenido de macronutrientes, siendo en la primera etapa más notorio contenido de N-P-K la pila P3, con 1.70 – 1.11 – 1.58 % respectivamente. En la segunda etapa, más notorio lo tuvo la pila C3 con 2.26 – 1.47 – 2.94 % respectivamente. En ambas etapas, el análisis de varianza indica que existe efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el contenido de nitrógeno y potasio, sin embargo matemáticamente no existe diferencia significativa en los bloques para el fósforo.

Palabras claves: Compostaje, pilas de compostaje, lodos residuales, macronutrientes, microorganismos eficientes.

ABSTRACT

In the present investigation the composting process of residual sludge from the domestic wastewater treatment plant of the fishmeal producing company - Exalmar was carried out. This process was carried out in the town of Paiján, province of Ascope, during the period of January 5 from 2018 to June 20 of the same year. It was done with experimental tests, which consists of two stages, in the first stage three batteries (P1 - P2 - P3), of 10 by 1.5 meters which each had its respective repetition. Each of these three piles contains water, moss and residual mud (of this last 10 - 15 - 20 cm height respectively), keeping the moss constant (10 cm high). At the end the process was obtained in COMPOST I, this being the stack that has the best mud - moss ratio after being analyzed in the macronutrients nitrogen, phosphorus and potassium (N - P - K). In the same way, in the second stage, three piles (C1 - C2 - C3) were made and each one with its repetition, these counting with water, residual sludge and efficient microorganisms (hereinafter EM). At this stage three different doses of EM (2, 3, and 4 L.) were seen, which upon activation is obtained 40, 60, 80 L. of solution, with the best proportion Used in the first stage COMPOST I, used this constantly. After the process a COMPOST II was obtained, being the best proportion of residual sludge and efficient microorganisms.

Through statistical analysis it was determined that the higher the content of sludge and MS, the greater the content of macronutrients, being in the first stage the most noticeable content of N-P-K the P3 pile, with 1.70 - 1.11 - 1.58% respectively. In the second stage, the C3 stack had the most noticeable with 2.26 - 1.47 - 2.94% respectively. In both stages, the analysis of variance indicates that there is significant effect ($p < 0.05$) on the content of nitrogen and potassium, however mathematically there is no significant difference in the blocks for phosphorus.

Keywords: Composting, compost piles, waste sludges, macronutrients, efficient microorganisms.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Realidad problemática.

En el mundo en donde las industrias de todas las ramas del desarrollo productivo crecen a gran velocidad, los residuos en general constituyen un gran problema para las industrias debido no sólo a la gran acumulación de estos residuos, sino también a su alto grado de toxicidad y daño al medio ambiente y al ser humano. El desarrollo tecnológico y los patrones presentes de consumo han traído, como consecuencia, un aumento en los volúmenes de residuos generados en todos los continentes. Los sitios contaminados cuyo origen es una disposición inadecuada de residuos son algunos de los ejemplos de repercusiones sobre la salud y el ambiente (Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007, p. 15)

Dentro de este tipo de industrias están las que cuentan con su planta de tratamiento de aguas residuales y con esto a sus lodos residuales, siendo estos, residuos sólidos tóxicos que son abandonados y/o vendidos debido a su nula utilización o bajo aprovechamiento, dando como resultado la contaminación del medio ambiente. El tratamiento de las aguas residuales como alternativa de solución para disminuir la contaminación de las fuentes receptoras, ha traído impactos positivos; sin embargo, su tratamiento genera subproductos como lodos y biosólidos, los cuales si no son tratados y/o aprovechados, pueden convertirse en otra fuente de contaminación (Torres et al., 2005, p. 17).

La problemática que se asocia a los lodos aparece cuando estos dejan de ser un producto y se convierten en un residuo que requiere ser estabilizado antes de su disposición (Comisión Nacional del Agua, 2011, p. 137). Sin embargo, el problema con respecto al manejo de lodos residuales, radica principalmente en que no son considerados un tema de importancia dentro de las políticas públicas en cuanto a manejo de residuos, por tanto no existe un control adecuado del residuo, lo que lo convierte en un problema de contaminación ambiental y de salud pública (Silva et al., 2012, p. 20).

Es importante que los lodos, al ser considerados un residuo peligroso, sean sometidos a un análisis para determinar si son corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, flamables y/o biológico-infeccioso y de esta forma poder determinar su manejo y disposición adecuada (García, 2006, p. 46).

Generalmente los lodos son dispuestos en rellenos sanitarios, en terrenos aledaños a la PTAR, en tiraderos a cielo abierto o son incinerados, generando problemas altamente contaminantes para el ambiente, ocasionando problemas de contaminación en el suelo donde se depositan y de salud por la exposición de los microorganismos patógenos. La cantidad y tipo de microorganismos en los lodos depende de su procedencia (Rendón, 2003, p. 35).

La utilización de microorganismos eficientes, ha traído consigo una alta difusión en los últimos tiempos, debido a su efecto positivo para el rendimiento de muchos cultivos ya que permite desarrollar una agricultura totalmente orgánica (Cassán y García, 2008 en Yáñez, 2016, p. 12).

Un punto importante que debe remarcarse en el problema de la generación de lodos es la necesidad de una gestión que promueva, entre los sectores industriales, procesos de producción más limpios que minimicen la generación de lodos desde el proceso, la recuperación de materiales reutilizables de éstos, y las descargas clandestinas y sin tratamiento a la red de drenaje municipal (Oropeza, 2006, p. 7).

1.2. Trabajos previos.

1.2.1. Internacionales.

Vicencio et al. (2011), en su trabajo titulado: “*Producción de composta y vermicomposta a partir de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de un rastro - México*”, estuvo orientado a la producción de composta y vermicomposta a partir de lodos provenientes de la PTAR en la ciudad de Durango. Partiendo de 75 m³ de lodo residual se produjo 10.9 toneladas en 150 días, con el fin de aprovechar los lodos provenientes de la PTAR, lodos del sistemas de alcantarillado urbano, protección al ambiente y a la salud humana. Llegaron a la conclusión de que los lodos resultaron ser

biosólidos excelentes, libres de microorganismos patógenos y ricas en nitrógeno, y sin embargo resultaron ser pobres en fósforo y potasio, pero no por ello son de mala calidad. Comparando entre ellas, la composta producida por el método de pilas volteadas fue la de mejor calidad.

Del mismo modo, Torres et al. (2005), en su trabajo titulado: *“Influencia del material de enmienda en el compostaje de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales – PTAR - Colombia”*, evaluaron el proceso de compostaje aerobio con volteo manual, de los lodos generados en la PTAR de Cañaveralejo. Evaluaron dos materiales de enmienda: cachaza y residuos orgánicos de plazas de mercado en dos proporciones peso/peso con relación al lodo. La incorporación de material de enmienda hizo mostrar una mejora en el desarrollo del proceso que se reflejó en el inicio más rápido de la fase termofílica, la mayor permanencia de temperaturas superiores a los 55°C en todos los tratamientos en comparación con la pila testigo (sin enmienda) y en una mejor relación C/N del compost obtenido al final del proceso. El proceso de compostaje permitió la reducción del lodo en un 70 % del peso inicial, mostrando como una alternativa viable para la reducción de residuos.

Por otro lado, Grajales et al. (2006), en su trabajo titulado: *“Programa de manejo integral de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Tecnológica de Pereira - Colombia”*, propuso convertir el lodo en un material útil que pudiera ser incorporado dentro de las áreas verdes de la universidad, para tal fin fueron aplicados al lodo los tratamientos de secado, compostaje y lombricompostaje y se evaluaron la calidad de los materiales obtenidos mediante la realización de pruebas y obtuvieron que el lombricompostaje resultó ser el tratamiento que permitió obtener suelos de buena calidad de acuerdo a sus características físicas y químicas, a su alta estabilidad, baja toxicidad, ausencia de microorganismos patógenos y producción de biomasa.

Así también, Franco (2007), en su trabajo titulado: *“Protocolo para el uso de los microorganismos eficientes en el manejo de sólidos – Guatemala”*, estudió las características físicas que debe tener una pila de compostaje, tanto de largo, ancho y altura. Con una bomba mochila se rocía la mezcla de EM, asegurándose que toda la materia orgánica quede bien impregnada en el piso, de esta manera los EM quedarán inoculados en el sustrato y se iniciará el proceso de compostaje. La dosis que utilizó fue de 0.5 a 1 litro de EM por tonelada métrica de materia orgánica a tratar en cada una de las aplicaciones. La mezcla de EM luego de la fermentación, se prepara tomando 1 parte de EM y mezclándola con 2 partes de agua limpia sin clorar, se debe realizar en el momento que se va a utilizar y se rocía toda la mezcla preparada para evitar desperdicios.

Además, Vicencio et al. (2013), en su trabajo titulado: *“Compostaje de los biosólidos que se generan en la planta de tratamiento de aguas residuales de una Industria Láctea (SIP: 20120951) - México”*, explica que los residuos sólidos provenientes de la PTAR de una fábrica de queso, al degradarse producen compuestos volátiles con olor putrefacto que atraen moscas, roedores y lixiviados que contaminan el suelo. Los residuos fueron cuantificados y caracterizados químicamente, junto con el corrector de humedad y el inóculo (estiércol de vaca); y posteriormente se estableció su compostaje en pilas aireadas por volteo. Durante el compostaje de los residuos se midió temperatura, humedad y pH y conductividad eléctrica (CE), y se cuantificó la materia orgánica (MO). El compost producido presentó una calidad química buena, 35.5 % de MO, 1.5 de nitrógeno, 0.5 % de fósforo y 3.6 % de potasio, con un pH de 9.6 y una CE de 4.7 mS/cm que no afectó el índice de germinación de semillas de diversos cultivos agrícolas.

Por último, Trejos y Agudelo (2012), en su trabajo titulado: *“Propuesta para el aprovechamiento de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa comestible “La Rosa” como alternativa para la generación de biosólidos - Colombia”*, evaluaron condiciones como temperatura,

humedad, pH y oxigenación en las diferentes fases del proceso, y se muestra que el compostaje producido por los lodos residuales es una opción efectiva para contribuir con la regeneración del suelo, y también en sus propiedades químicas, físicas y microbiológicas muestran resultados favorables para la utilización como compost, por no contener ningún tipo de residuo peligroso que pueda llegar a afectar la salud de las personas o alterar las propiedades físicas del suelo.

1.2.2. Nacionales.

Francisco et al. (2010), en su trabajo titulado: *“Aprovechamiento agrícola del lodo generado en la planta de tratamiento de agua residual de Puente Piedra – Lima”*, llevaron a cabo a nivel de invernadero y macetas, ensayos preliminares de fertilización en diferentes dosis de lodo procedentes de la PTAR de dicho lugar, con el objetivo de determinar su aprovechamiento agrícola, analizaron altura, grosor del tallo y materia seca de planta de maíz. Las concentraciones de Pb, Cr, As, Cd y Hg en el lodo y suelo, no excedieron los valores límites exigidos por las normas, a excepción del Pb y Cr al final de la fertilización, aunque sin producir toxicidad a la planta. Se demostró que el lodo seco y compostado pueden ser beneficiosamente aprovechados para producir bioabono.

Del mismo modo, Marquina y Martinez (2016), en su trabajo titulado: *“Obtención de abonos orgánicos por medio de las lombrices "Eisenia Foetida" a partir de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales San Antonio de Carapongo Lima – Perú”*, tuvieron como objetivo determinar la calidad del abono orgánico obtenido por medio de la lombricultura a partir de lodos residuales de la PTAR San Antonio de Carapongo. El efecto de la actividad de la lombriz sobre los lodos, se evaluó cuatro mezclas: M1 (lodos residuales + lombrices), M2 (Lodo residual + compost + lombrices), M3 (Lodo residual + estiércol de conejo + lombrices), y M4 (Lodo residual + compost + estiércol de conejo + lombrices) y una

muestra de 1 kg de lodo residual sin recibir el estímulo, el cual fue caracterizado. Al término del proceso, se observó que M3 cumplió con los parámetros de pH, color del abono orgánico y cantidad de lombrices.

Por otro lado, Gálvez (2014), en su trabajo titulado: *“Efectos de la aplicación de los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales sobre el suelo – Lima - Perú”*, tuvo como objetivo evaluar el efecto que produce la aplicación de lodos residuales sobre el suelo y el crecimiento de cuatro cultivos: maíz, frejol, lechuga y rábano. Usó muestras representativas de lodos residuales obtenidos de la PTAR del Club Regates – Lima. Luego de analizar la aplicación de lodos residuales como sustrato, determinó que su uso aporta beneficios en el desarrollo de los cultivos de maíz y frijol, sin embargo no resultó para los otros cultivos.

Así también, Gallardo (2013), en su trabajo titulado: *“Obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana – Moquegua – Perú”*, realizó su investigación en Moquegua a una altura de 4600 m.s.n.m. Introdujo en la etapa inicial una mezcla de 80 % de residuos orgánicos con 5 % de estiércol proveniente de alpaca y 15 % de agua para mantener la humedad de la mezcla, colocados en cavidades de madera impermeabilizada con geomembrana para activar y acelerar la actividad bacteriana. Estas cavidades llevan acopladas en la parte superior un techo a fin de que en el día la mezcla quede expuesta a la energía solar y de noche cubierta con el mismo techo. El producto final rico en nitrógeno, fósforo y potasio, se ha utilizado para acondicionar el suelo utilizado para la forestación a través de plantas nativas como el Quinual, teniendo como resultado un crecimiento óptimo.

1.3. Teorías relacionadas al tema.

1.3.1. Microorganismos eficientes.

Una de las alternativas actuales es la aplicación de microorganismos eficientes, que utilizados adecuadamente pueden reducir no sólo la contaminación del microambiente (control de malos olores, moscas), sino también mejorar la calidad del producto, estos no son tóxicos, son un inoculado resultante de un proceso de fermentación de uso combinado de microorganismos regeneradores que existen libremente en la naturaleza y son compatibles entre sí (ver anexo N° 01), (Uribe, 2001, p. 4).

La activación de estos sirve para multiplicar su cantidad. Luego de la activación, se debe diluir en agua al porcentaje según el uso que se le dé. Se utiliza melaza como fuente de energía para su activación (ver anexo N° 02).

1.3.2. Residuos sólidos.

Son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente (Ley N° 27314. Ley General de Residuos Sólidos, 2000, p. 2).

1.3.2.1. Lodos residuales.

Son residuos semisólidos que queda de los procesos de tratamiento de aguas residuales, cuya composición se basa en materia orgánica no descompuesta, microorganismos patógenos, compuestos no biodegradables y/o potencialmente tóxicos como metales pesados y sales inocuas que han sido extraídas de los tratamientos de estas aguas (Pérez, 2016, p. 17).

1.3.2.2. Musgo.

Cuando hablamos de musgo se hace referencia a plantas llamadas briófitas (Bryophyta). Se caracterizan por no tener flores, frutos, vasos conductores ni verdaderas raíces y absorben gran cantidad de agua, lo que mejora la mezcla con materiales muy húmedos y aporta carbono al material.

Los musgos debido a su simplicidad estructural, absorben la mayor parte de los minerales, reduciéndose la influencia de metales pesados (Fernandez, 2000, p. 84).

1.3.3. Compost y compostaje.

El compost es el producto inocuo que resulta del proceso de compostaje. Su aplicación al suelo no debe provocar daños a las plantas y podrá ser almacenado sin posteriores tratamientos ni alteraciones. (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2004, p. 6).

El compostaje es la transformación de residuos orgánicos (estiércol, hojas, residuos de alimentos, frutas, etc.), en abono natural, por la intervención de numerosos microorganismos. Pasa por diferentes fases y ocasiona cambios de temperatura y pH en el proceso, dando lugar a producción de materia orgánica, libre de patógenos y disponible para ser utilizada en la agricultura como abono. (Penagos et al., 2011 en Acosta et al., 2015, p. 25).

1.3.4. Abono orgánico.

Conjunto de sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto, que se añaden al suelo con el objetivo de mejorar las características físicas, químicas y biológicas de este.

Productos naturales obtenidas de la descomposición de desechos de fincas y que al ser aplicados de una forma adecuada al suelo mejoran las condiciones físicas, químicas y microbiológicas (Morales, 2012 en Cajamarca, 2012, p. 8).

1.3.5. Materia orgánica. (Gallardo, 2013, p. 16).

La materia orgánica de los suelos es el producto de la descomposición química de las excreciones de animales y vegetales por acción de los microorganismos, residuos de plantas o de la degradación de cualquiera de ellos tras su muerte.

La materia orgánica es fundamental para la fertilidad y la buena producción agropecuaria. Los suelos que no cuentan con materia orgánica son suelos pobres y de características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas.

1.3.6. Compostaje: fases o etapas.

El compostaje según su temperatura que registra en su interior, está compuesto de cuatro fases (ver anexo N° 08).

1.3.6.1.Fase mesófila I.

Esta fase dura entre dos y ocho días. El proceso de compostaje inicia a temperatura ambiente siendo aproximadamente de 22°C y en pocos días la temperatura aumenta hasta los 45°C, este aumento de temperatura es debido a la actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de Carbono y Nitrógeno generando calor.

En esta fase se produce un ligero descenso del pH (hasta cerca a los 4,0 o 4,5), esto se debe a la descomposición de compuestos solubles como azúcares, produciendo a su vez ácidos orgánicos. (Román et al., 2013, p. 23).

1.3.6.2.Fase termófila o de higienización.

Esta fase puede durar desde unos días hasta meses. Su temperatura va desde los 45 a 70°C. Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a menor temperatura (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de carbono, estos microorganismos transforman el nitrógeno en amoníaco, por esa razón el pH aumenta.

Recibe el nombre de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como escherichia Coli y Salmonella spp, y las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos y semillas de maleza. (Román et al., 2013, p. 23). (ver anexo N° 3).

1.3.6.3. Fase mesófila II o de enfriamiento.

Esta fase de enfriamiento requiere unas cuantas semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

En esta fase las fuentes de carbono y nitrógeno son agotadas en el material del compostaje y la temperatura, desde los 70°C desciende nuevamente hasta los 40 – 45°C, continuando la degradación de polímeros como la celulosa, aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar 40°C los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente manteniéndose ligeramente alcalino. (Román et al., 2013, p. 23).

1.3.6.4. Fase de maduración.

Esta fase demora meses a temperatura ambiente (40 – 22°C), aquí se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. (Román et al., 2013, p. 23).

1.3.7. Relación Carbono – Nitrógeno. (Escuela de Capacitación Agraria y Agroalimentaria, 2013, p. 2).

El valor de este balance es importante para los macronutrientes carbono y nitrógeno, ya que el carbono aporta fuentes primarias de energía y el nitrógeno es muy necesario para el desarrollo y crecimiento de las plantas y microorganismos (ver anexo N° 04). En campo, una proporción de C/N de 25 – 35/1 es la adecuada en las pilas de compost, esta relación va bajando hasta llegar a valores cercanos a 10 – 15/1 y es cuando el material está listo para ser usado.

Si la relación C/N es más alta, el montón no empieza o empieza con dificultad ya que hace falta nitrógeno esencial para la alimentación de los microorganismos.

Una relación C/N muy baja no afecta tanto al proceso de compostaje, pero hay un exceso de nitrógeno que se pierde en forma de amoníaco.

Mientras la relación C/N sea más alta, habrá más problemas de disponibilidad del nitrógeno del suelo, llegando en casos extremos a provocar lo que se denomina “hambre de nitrógeno”, quiere decir que los microorganismos al tener mucho alimento energético (carbono), incrementan el consumo de nitrógeno del suelo para su propio desarrollo provocando deficiencias a las plantas (Rojas, 2004, p. 13).

1.3.8. Relación de macronutrientes: N – P – K.

Son elementos minerales que contiene un suelo agrícola (Calla, 2012, p.10). También son considerados como macronutrientes primarios que contiene el suelo (Román, 2013, p. 36). Las características de cada uno se presentan a continuación:

1.3.8.1. Nitrógeno (N) (0.3% - 1.5% por kg de compost).

El nitrógeno es el motor principal del crecimiento de la planta ya que se involucra en todos los procesos principales de su desarrollo. Un buen aporte de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de otros nutrientes (Román, 2013, p. 35).

1.3.8.2. Fósforo (P) (0.1% - 1.0% por kg de compost).

El fósforo tiene un papel muy importante en la transferencia de energía, por lo que es esencial en la eficiencia de la fotosíntesis. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde el pH limita su disponibilidad, favoreciendo la fijación (Román, 2013, p. 35).

1.3.8.3. Potasio (K) (0.3% - 1.0% por kg de compost).

Su papel es de vital importancia en la síntesis de carbohidratos y proteínas, y por esto en la estructura de la planta. El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con potasio, sufren menos enfermedades (Román, 2013, p. 35).

1.3.9. pH.

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (4.5-8.5). En los primeros procesos, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos, en la fase termófila, por la conversión del amonio en amoníaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, en las últimas fases, los valores son cercanos al neutro (Calla, 2012, p. 10).

La mayor actividad bacteriana se produce a pH de 6,0 a 7,5; mientras que la mayor actividad fúngica se produce a un pH de 5,5 a 8,0. El rango ideal de pH es 5,8 a 7,2 (ver anexo N° 05). (Román, 2013, p. 29).

1.3.10. Temperatura.

El compostaje siempre inicia a temperatura ambiente y puede aumentar hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente. (Román, 2013, p. 28).

Es deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido, ya que a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización. (Román, 2013, p. 28). (ver anexo N° 06).

1.3.11. Humedad.

La humedad es un parámetro estrechamente vinculado con los microorganismos ya que como todos los seres vivos utilizan el agua como medio de transporte de nutrientes a través de la membrana celular. (Román, 2013, p. 27).

La humedad óptima para el compost es del 45% al 60%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad reduce inferior a 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad sobrepasa el 60% el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material. (Román, 2013, p. 27). (ver anexo N° 07).

1.4. Formulación del problema.

¿Cómo influyen los microorganismos eficientes y lodos generados por la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas – Exalmar, en la composición de macronutrientes del compost generado?

1.5. Justificación del estudio.

La presente investigación tiene como finalidad aprovechar los lodos residuales generados por la planta de tratamiento de aguas residuales de la industria pesquera y productora de harina de pescado Exalmar, y transformarlas en compost para su uso agrícola y por ende mejorar la calidad del recurso suelo.

El principal problema que se les da a los lodos residuales es que se desperdicia todo su potencial y se dispone solo como un residuo, generando el aumento de residuos a disponer (Trejos y Agudelo, 2012, p. 13), en los botaderos y pocos rellenos sanitarios que existen en nuestro país. Por esta razón se justifica buscar tratamientos adecuados que permitan la utilización racional de dichos residuos.

Los biosólidos de calidad aceptable, pueden contribuir mucho a la conservación de recursos naturales, aprovechando al máximo sus aspectos ventajosos como el aporte de materias orgánicas y nutrientes al suelo. (Vélez, 2007, p. 17).

La empresa Exalmar también se beneficia, ya que al vender sus lodos a una empresa comercializadora de residuos sólidos para su disposición final le están dando un manejo diferente al lodo generado, que no termine en acumularse y desecharse, sino darle valor agregado aprovechando su composición fisicoquímica y pueda ser utilizado como realmente un subproducto, también que pueda ser objeto de investigación para que los estudiantes, industrias y demás la apliquen y pueda servir como ayuda para mejorar las condiciones de los suelos y la empresa no se vería afectada por contaminación de sus propios lodos.

1.6. Hipótesis.

La aplicación de microorganismos eficientes y lodos generados por la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas - Exalmar, influye positivamente en la composición de macronutrientes del compost generado.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo general.

- Demostrar la influencia de los microorganismos eficientes y lodos generados por la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas – Exalmar, en la composición de macronutrientes del compost generado.

1.7.2. Objetivos específicos.

- Determinar la mejor proporción de lodo – musgo en función del contenido de N – P – K del compost generado.
- Evaluar la mejor dosis de microorganismos eficientes en la mejor proporción de lodo – musgo del primer diseño, en los contenidos de N – P – K del compost generado.

II. MÉTODO.

2.1. Diseño de investigación.

El diseño de investigación del presente trabajo es de tipo experimental, ya que se manipulan dos variables independientes para determinar los efectos que tiene sobre la variable dependiente.

2.1.1. Tratamientos.

- En la primera etapa se realiza el compost sin los EM, utilizando agua y materia prima (lodos residuales y musgo). Se realizó tres proporciones diferentes de la mezcla de lodo - musgo (P1 – P2 – P3), manteniendo la proporción de musgo constante (lodo - musgo, 1:1 – 2:1 – 3:1), cada una con su repetición, el lodo tuvo las proporciones (10 – 15 – 20 cm de altura respectivamente y musgo 10 cm). Luego del proceso se obtuvo un *COMPOST I*, siendo este la mejor proporción de lodo - musgo después de analizado N – P – K en las tres proporciones.
- En la segunda etapa se utiliza agua, materia prima (lodos residuales y musgos) y microorganismos eficientes.
En esta etapa se realizó tres dosis diferentes de microorganismos eficientes ya activados, (40, 60 y 80 L. de solución), con la mejor proporción lodo - musgo (C1 – C2 – C3), obtenido en la primera etapa, siendo *COMPOST I* constante. Luego del proceso se obtuvo un *COMPOST II*, siendo la mejor dosis de microorganismos y por ende la mejor proporción de lodos residuales y microorganismos eficientes.
- T = testigo
- Método para realización de pilas de compostaje (anexo N° 10).

Diseño experimental.

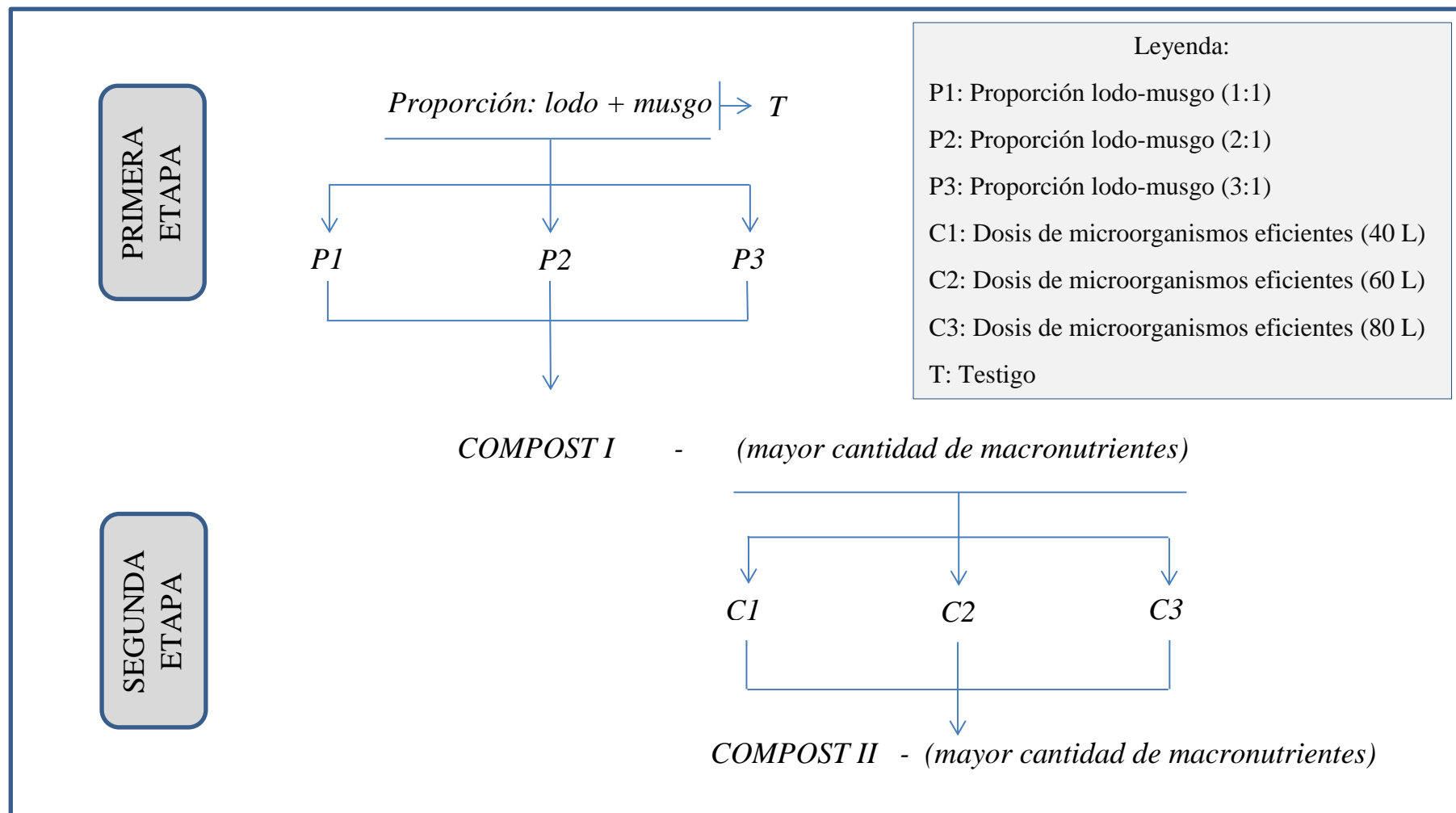


Figura 1. Diseño experimental de primera y segunda etapa para elaboración de compost.

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 1. Primera etapa del proceso de compostaje.

Proceso sin microorganismos eficientes	Pila 1	Proporción de lodo (10 cm)	Temperatura, pH, N, P, K
		Proporción de musgo (10cm)	
		Agua	
	Pila 2	Proporción de lodo (15 cm)	Temperatura, pH, N, P, K
		Proporción de musgo (10 cm)	
		Agua	
	Pila 3	Proporción de lodo (20 cm)	Temperatura, pH, N, P, K
		Proporción de musgo (10 cm)	
		Agua	

Fuente. Elaboración propia.

Mejor resultado de análisis N, P, K sin la utilizar microorganismos eficientes = *COMPOST I*.

Tabla 2. Segunda etapa del proceso de compostaje.

Proceso utilizando microorganismos eficientes	Pila 1	<i>COMPOST I</i> + EM (2 L)	Temperatura, pH, N, P, K
	Pila 2	<i>COMPOST I</i> + EM (3 L)	Temperatura, pH, N, P, K
	Pila 3	<i>COMPOST I</i> + EM (4 L)	Temperatura, pH, N, P, K

Fuente. Elaboración propia.

Mejor resultado de análisis N, P, K utilizando microorganismos eficientes = *COMPOST II*.

2.2. Variables, operacionalización.

2.2.1. Variables independientes.

X1: Proporción lodo – musgo

X2: Concentración de microorganismos eficientes.

2.2.2. Variable dependiente.

Y1: Contenido de macronutrientes del compost generado.

2.2.3. Variables de medición constante.

- pH
- Temperatura

Nota. Las variables de medición constante (pH y temperatura), solo se van a monitorear para tener un registro de datos a las cuales se someten las pilas de compostaje y de esa forma poder determinar bajo qué condiciones se ha producido el compost (Anexo N°11).

Tabla 3. Operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Variables independientes			
Proporción lodo - musgo	Proporción de la relación de masa lodo - musgo para la realización de compost.	kilogramos de lodos residuales.	Proporción lodo – musgo 1:1 (NPK)
			Proporción lodo – musgo 2:1 (NPK)
			Proporción lodo – musgo 3:1 (NPK)
Volumen de microorganismos eficientes	Cultivo que reúne distintas especies de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos beneficiosos para la degradación de materia orgánica.	Volumen de EM / volumen de solución.	Volume de EM (2 L) + <i>COMPOST I</i>
			Volumen de EM (3 L) + <i>COMPOST I</i>
			Volumen de EM (4 L) + <i>COMPOST I</i>
Variable dependiente			
Composición de macronutrientes del compost generado	Una buena calidad de macronutrientes es principalmente buenos resultados de N – P – K en el compost generado.	Cantidad de macronutrientes del compost generado (%).	Nitrógeno (%)
			Fósforo (%)
			Potasio (%)

Fuente. Elaboración propia.

2.3. Población y muestra.

2.3.1. Población.

La población está constituida por las 3 toneladas de lodos residuales generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la industria Exalmar, en el proceso de retiro de estas que se dan cada seis meses.

2.3.2. Muestra.

La muestra está conformada por aproximadamente 1 tonelada de lodos residuales que serán recolectados de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la industria Exalmar.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Los datos que se obtuvieron de las 12 pilas de compostaje más la pila testigo, fueron enviados a laboratorio para poder ser analizados, finalmente los resultados fueron registrados en figuras y tablas para su respectiva interpretación y los valores obtenidos fueron analizados de manera estadística (Análisis de varianza).

2.4.2. Validez y confiabilidad.

La validación y confiabilidad del instrumento será por juicio de expertos mediante la calibración de los equipos utilizados.

2.5. Métodos de análisis de datos.

Con los datos obtenidos de manera experimental, se procedió a realizar un análisis estadístico. El diseño estadístico correspondió a un análisis bifactorial (cantidad de lodo residual y volumen de microorganismos eficientes), con 2 repeticiones. En primer lugar se evaluó el cumplimiento de los supuestos de normalidad, mediante las pruebas de Anderson-Darling; al cumplirse, se realizaron las pruebas paramétricas del análisis de varianza (ANOVA), y a continuación, al existir diferencias significativas ($p < 0.05$) se aplicó la prueba

de comparaciones múltiples de Tukey la cual comparó los resultados mediante la formación de subgrupos y se determinó de esta manera el mejor tratamiento. Todas las pruebas estadísticas se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software Minitab versión 18.

2.6. Aspectos éticos.

De esta investigación se avala la certeza por los resultados sin ninguna variación, puesto que estos serán enviados a laboratorio para su respectivo análisis con la intención de obtener resultados confiables, con esta investigación, se pretende también, la mejora del medio ambiente y por último se respeta la propiedad intelectual de cada autor citado en la presente investigación.

III. RESULTADOS.

3.1. Análisis de macronutrientes de lodos residuales crudos.

Tabla 4. Análisis de macronutrientes de lodos residuales crudos.

Muestra	% N	% P	% K
1	0.19	0.14	0.16
2	0.21	0.07	0.12

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla N° 04, se muestran los resultados de los macronutrientes (N – P – K) de los lodos residuales crudos, cuyos resultados fueron: en la muestra 1 se obtuvieron valores de N – P – K de 0.19 – 0.14 – 0.16 respectivamente; y en la muestra 2 se obtuvo valores de 0.21 – 0.07 – 0.12 respectivamente.

3.2. Caracterización fisicoquímica de los lodos residuales crudos.

Tabla 5. Caracterización fisicoquímica de los lodos residuales crudos.

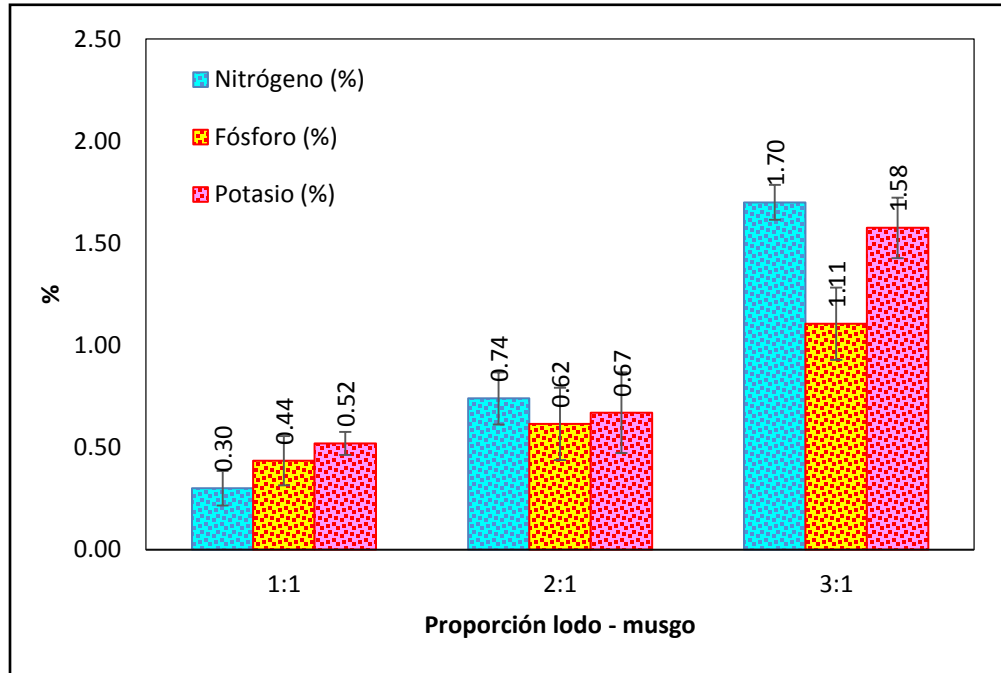
pH	5.3
Temperatura (°C)	23.5
Densidad (g/mL)	2.246
Humedad (%)	75.4

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla N° 05, se muestran los resultados de la caracterización de la muestra de lodos residuales crudos, teniendo un pH ácido de 5.3, su temperatura fue de 23.5 °C, cuenta con una densidad de 2.246 g/mL y su humedad fue del 75.4 %.

3.3. Primera etapa.

3.3.1. Proporción lodo – musgo.



Fuente. Minitab v18.

Figura 2. Proporción lodo – musgo de la primera etapa del proceso de compostaje.

En la Figura N° 02 se observa que a mayor contenido de lodo en la proporción, mayor es el contenido de macronutrientes en compost generado, siendo más notorio el contenido de nitrógeno donde fue de 0.30 a 1.70%, seguido de potasio de 0.52 a 1.58% y finalmente fósforo de 0.44 a 1.11%.

3.3.2. Prueba de normalidad.

Tabla 6. Prueba de normalidad de Anderson-Darling para la primera etapa del proceso de compostaje.

Parámetros (%)	Normalidad
----------------	------------

	Anderson-Darling	p
N	0.353	0.327
P	0.353	0.327
K	0.210	0.746

Fuente. Minitab v18.

En la tabla N° 06 se realizó la prueba de Anderson-Darling que indicó que los residuales para las variables respuesta (dependientes) se distribuyen normalmente ($p > 0.05$); por lo que se procedió a realizar el análisis de la información con pruebas paramétricas.

3.3.3. Análisis de varianza.

Tabla 7. Análisis de varianza para la primera etapa del proceso de compostaje.

Parámetros (%)	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
N	Proporción	2	2.050	1.025	68.340	0.014
	Bloque	1	0.001	0.001	0.040	0.860
	Error	2	0.030	0.015		
	Total	5	2.081			
P	Proporción	2	0.481	0.240	8.180	0.109
	Bloque	1	0.018	0.018	0.620	0.514
	Error	2	0.059	0.029		
	Total	5	0.558			
K	Proporción	2	1.303	0.652	35.760	0.027
	Bloque	1	0.028	0.028	1.540	0.341
	Error	2	0.036	0.018		
	Total	5	1.367			

Fuente. Minitab v18.

En la tabla N° 07 se observa que el análisis de varianza indica la proporción de lodo – musgo, la cual presentó efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el contenido nitrógeno y potasio, caso contrario ocurrió para fósforo. No se evidencia diferencias en los bloques.

3.3.4. Método Tukey con un nivel de confianza del 95% para la primera etapa.

3.3.4.1. Nitrógeno.

Tabla 8. Método Tukey para encontrar en las proporciones el mejor y mayor contenido de nitrógeno en la primera etapa.

Proporción lodo - musgo	Nitrógeno (%)	Agrupación
3:1	1.70	A
2:1	0.74	B
1:1	0.30	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente. Minitab v18.

En la tabla N° 08, según la prueba de Tukey el mayor contenido de nitrógeno (1.70%) fue para la proporción lodo-musgo de 3:1.

3.3.4.2. Potasio.

Tabla 9. Método Tukey para encontrar en las proporciones el mejor y mayor contenido de potasio en la primera etapa.

Proporción lodo - musgo	Potasio (%)	Agrupación
3:1	1.58	A
2:1	0.67	B
1:1	0.52	B

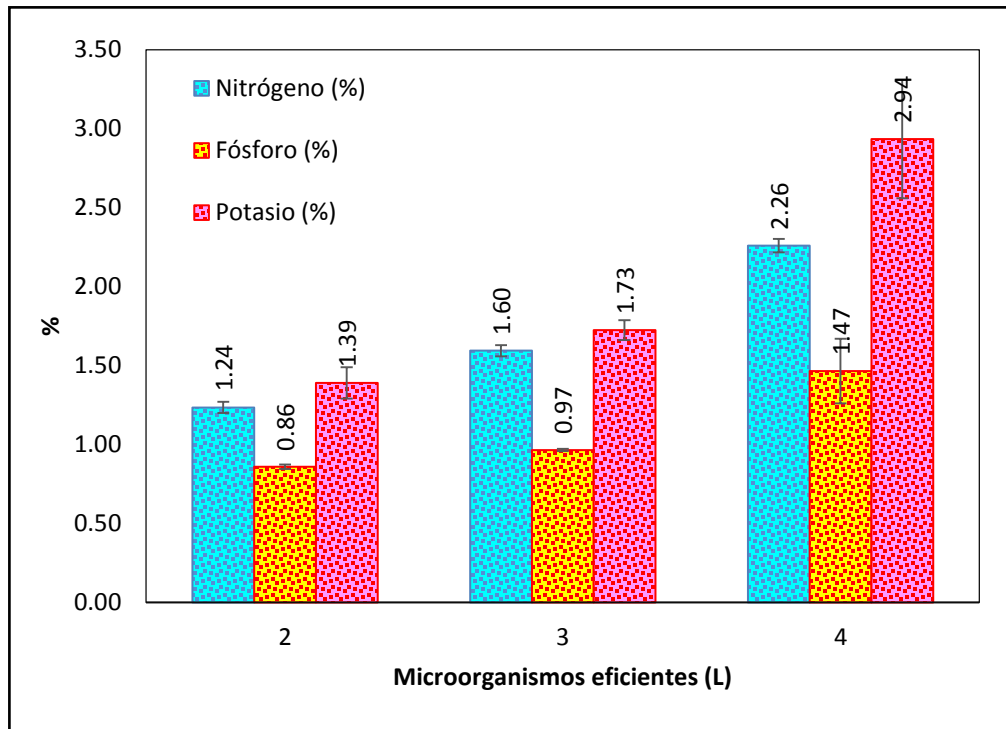
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente. Minitab v18.

En la tabla N° 09, según la prueba de Tukey el mayor contenido de potasio (1.58%) fue para la proporción lodo-musgo de 3:1.

3.4. Segunda etapa.

3.4.1. Proporción lodo – musgo – EM.



Fuente. Minitab v18.

Figura 3. Proporción lodo – musgo – EM de la segunda etapa del proceso de compostaje.

En la Figura N° 03 se observa que a mayor aplicación de microorganismos eficientes, mayor es el contenido de macronutrientes en compost generado, siendo más notorio el contenido de potasio donde fue de 1.39 a 2.94%, seguido de nitrógeno de 1.24 a 2.26% y finalmente fósforo de 0.86 a 1.47%.

3.4.2. Prueba de normalidad.

Tabla 10. Prueba de normalidad de Anderson-Darling para la segunda etapa del proceso de compostaje.

Parámetros (%)	Normalidad	
	Anderson-Darling	p
N	0.353	0.327
P	0.263	0.551
K	0.253	0.583

Fuente. Minitab v18.

En la tabla N° 10 se realizó la prueba de Anderson-Darling que indicó que los residuales para las variables respuesta (dependientes) se distribuyen normalmente ($p > 0.05$); por lo que se procedió a realizar el análisis de la información con pruebas paramétricas.

3.4.3. Análisis de varianza.

Tabla 11. Análisis de varianza para la segunda etapa para el proceso de compostaje.

Parámetros (%)	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
N	Microorganismos	2	1.082	0.541	32449.000	0.000
	Bloque	1	0.004	0.004	256.000	0.004
	Error	2	0.000	0.000		
	Total	5	1.086			
P	Microorganismos	2	0.418	0.209	14.300	0.065
	Bloque	1	0.013	0.013	0.890	0.444
	Error	2	0.029	0.015		
	Total	5	0.460			
K	Microorganismos	2	2.642	1.321	26.900	0.036
	Bloque	1	0.056	0.056	1.140	0.397
	Error	2	0.098	0.049		
	Total	5	2.797			

Fuente. Minitab v18.

En la tabla N° 11 se observa que el análisis de varianza indica que la aplicación de microorganismos eficientes presentó efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el contenido nitrógeno y potasio, caso contrario ocurrió para fósforo. No se evidencia diferencias en los bloques.

3.4.4. Método Tukey con un nivel de confianza del 95% para la primera etapa.

3.4.4.1. Nitrógeno.

Tabla 12. Método Tukey para encontrar en las proporciones el mejor y mayor contenido de nitrógeno.

Microorganismos eficientes (L)	Nitrógeno (%)	Agrupación	
4	2.26	A	
3	1.60		B
2	1.24		C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente. Minitab v18.

En la tabla N° 12, según la prueba de Tukey el mayor contenido de nitrógeno (2.26%) fue para los microorganismos eficientes aplicado en 4 L.

3.4.4.2. Potasio.

Tabla 13. Método Tukey para encontrar en las proporciones el mejor y mayor contenido de potasio en la segunda etapa.

Microorganismos eficientes (L)	Potasio (%)	Agrupación	
4	2.94	A	
3	1.73	A	B
2	1.39		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente. Minitab v18.

En la tabla N° 13, según la prueba de Tukey el mayor contenido de potasio (1.73 y 2.94 %) fue para los microorganismos eficientes aplicado en 3 y 4 L, respectivamente.

IV. DISCUSION.

En la tabla 4, se muestran los resultados de los análisis de los macronutrientes del lodo residual sin ningún tipo de tratamiento, obteniendo unos resultados muy bajos en macronutrientes N – P – K, siendo en la muestra 1: 0.19, 0.14 y 0.16 % respectivamente, en la muestra 2: 0.21, 0.07 y 0.12 % respectivamente; caso contrario pasa con Vicencio (2011), los resultados de su lodo crudo fueron más altos y con más contenido de macronutrientes, estos fueron de 2.06 y 1.4 % de nitrógeno, 2.18 % para fósforo y 0.87 % para potasio. Por otro lado, Grajales (2006), obtuvo unos valores de macronutrientes parecidos a los del presente proyecto, siendo 0.31 % de nitrógeno, 0.29 % de fósforo y 0.27 % de potasio. Así mismo Trejos y Agudelo (2012) realizaron trabajos con lodos residuales, y obtuvo un reporte de resultados de macronutrientes de 1.55 % de nitrógeno, 0.30 de fósforo y 0.19 de potasio; cabe resaltar que después de que realizaron su análisis se dieron cuenta que los residuos no presentan características de reactividad cuando se mezclan con agua.

Lo que pudo haber sucedido para obtener valores bajos de macronutrientes en el lodo residual, es que estos nutrientes hayan quedado disueltos en el agua residual, ya que se sabe que estos lodos provienen de la planta de tratamiento.

En la tabla 5 se muestra los resultados obtenido de la caracterización fisicoquímica del lodo residual sin recibir ningún tipo de tratamiento, que posteriormente se utilizó para realizar las pilas de compostaje, obteniendo los siguientes resultados: un pH de 5.3, temperatura de 23.5°C, utilizando el método de desplazamiento de volumen se contó con una densidad de 2.246 g/mL y con el método gravimétrico a temperatura de 60°C por seis horas se determinó que la humedad es de 75.4 %; estos resultados son similares a los determinados por Vicencio (2011) quien obtuvo lo siguiente: un pH de 5.6, su temperatura fue de 24.8 °C, contó con una densidad de 0.150 g/mL y finalmente obtuvo una humedad de 80,5 %.

Las variaciones de temperaturas tomadas durante la primera y segunda etapa, dependen de la aplicación de microorganismos eficientes, y esto se evidencia en las figuras 5 y 7 que se encuentran en el anexo N° 14, y también en la base de datos siendo la tabla 22 encontrado en el anexo N° 12.

En la figura 5, que es la primera etapa del proceso, en la fase mesófila I, los primeros 8 a 9 días del proceso, las temperaturas de las pilas P1, P2 y P3 bordean los 30 – 37°C sin la aplicación de microorganismos eficientes. En la fase termófila o de higienización, que es la etapa con mayores temperaturas, llegan hasta los 56.6°C sin ninguna actividad antrópica y posteriormente durante la fase mesófila II o de enfriamiento y fase de maduración, las temperaturas empezaron a decrecer hasta llegar a temperatura ambiente. La pila con temperaturas más estables es la pila P3 y es proporcional a mayor cantidad de lodos residuales y por ende mejores resultados de macronutrientes. Se observa en la figura 5 que existe un brusco descenso de temperatura las cuales en los siguientes días vuelve a aumentar, esto se debe a que en la fase termofílica existe la necesidad de realizar volteos y airear las pilas y además añadir gran cantidad de agua. Estos procesos ayudan a degradar la MO y transformar las fuentes de nitrógeno (Román et al, 2013).

Lo mismo pasa con la segunda etapa del proceso, se observa en la figura 7 que a medida que avanza el proceso, la temperatura aumenta. En la fase termófila o de higienización se observó la mayor temperatura, llegando en la semana 5 a los 71.1°C con ayuda de los microorganismos eficientes. Al finalizar el proceso se observa que las temperaturas alcanzan la temperatura ambiente. La pila C3 fue la que contó con temperaturas más elevadas. Según Vicencio (2011), las pilas del lodo durante su composteo, desarrollan temperaturas promedio de 52.5°C por aproximadamente 5 semanas, y se sabe que el proceso de compostaje ha finalizado cuando la temperatura en las pilas declinó y se igualó a la temperatura ambiente.

Un estudio realizado por Román (2013), las causas a las bajas temperaturas que se puedan dar en las pilas (< 35°C) son por falta de humedad, material insuficiente, déficit de nitrógeno o baja relación C:N, para esto se debería humedecer el material o añadir más material a la pila con alto contenido de nitrógeno. Para temperaturas altas (> 70°C), la causa principal es la insuficiencia de ventilación y humedad, para esto se debe verificar los volteos y humedad o adicionar material con alto contenido de carbono de lenta degradación como madera o pasto seco.

El comportamiento de la variación del pH depende básicamente de los volteos y la aireación que se les dé a las pilas de compostaje y eso se observa en las figuras 6 y 8 encontrados en el anexo N° 14.

En la figura 6 se observa que las 3 pilas de la primera etapa, P1, P2 y P3, inician con un pH promedio de 5.4, las cuales van disminuyendo hasta aproximadamente un pH de 4, esto debido a la aireación y humedecimiento. Luego de 30 días aproximadamente se percibe un ligero aumento, llegando hasta un pH de 8.1 y luego una leve disminución hasta mantenerse ligeramente alcalino. De igual manera en la figura 8, el proceso inicia con un pH promedio de 5.3 y desciende hasta aproximadamente 3.7. Luego de unos días el pH aumenta hasta llegar a un pH máximo de 8.2 y luego manteniéndose ligeramente alcalino. Según Román (2013), pH bajo (< 4.5) es por causa de exceso de ácidos orgánicos y se debe adicionar material rico en nitrógeno y pH alto (> 8.5) es por causa de exceso de nitrógeno y se debe adicionar material seco y con contenido de carbono. El rango ideal de pH es de 4.5 a 8.5.

En la figura 2 se observa la proporción lodo-musgo de la primera etapa que a mayor contenido de lodo residual, mayor será el contenido de macronutrientes en el producto final, siendo más notorio el contenido de nitrógeno donde fue de 0.30 a 1.70%, seguido de potasio de 0.52 a 1.58% y finalmente fósforo de 0.44 a 1.11%. Del mismo modo Marquina y Martínez (2016), quienes obtuvieron valores similares de nitrógeno de 0.80 %, fósforo de 0.34 % y potasio de 1.19 %. Durante la segunda etapa, figura 3, se observa que a mayor contenido de EM, mayor será el contenido de macronutrientes en el producto final, siendo más notorio el contenido de potasio donde fue de 1.39 a 2.94%, seguido de nitrógeno de 1.24 a 2.26% y finalmente fósforo de 0.86 a 1.47%, estos valores son más elevados que los obtenidos por Viteri et al, (2016), quienes obtuvieron valores de nitrógeno de 2.20 %, fósforo de 0.34 % y potasio de 1.69 %. Según Román (2013), la cantidad ideal de N, P, K es de 0.3 a 1.5 %, 0.1 a 0.1 % y 0.3 a 1.0 % o mayor respectivamente.

En la tabla 7 y 11 se muestra el análisis estadístico ANOVA que fue aplicado para proporción lodo – musgo y microorganismos eficientes donde se determinó lo siguiente: en la tabla 7, la proporción lodo-musgo de la primera etapa, se evidencia

efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el contenido de nitrógeno y potasio, caso contrario ocurrió para fósforo, matemáticamente no se evidencian diferencias en los bloques, esto se da ya que según Gallardo (2013), el fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales y agrícolas o donde el pH limita su disponibilidad, favoreciendo la fijación. De igual forma se evidencia en la segunda etapa, tabla 11, las dosis de EM, tienen un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el contenido de nitrógeno y potasio, caso contrario ocurrió para fósforo, matemáticamente no se evidencian diferencias significativas.

En las tablas 8 y 9, se muestran las pruebas TUKEY con un nivel de confianza del 95 %, para encontrar el mayor contenido de nitrógeno y potasio en la primera etapa del proceso. Para nitrógeno, el mayor contenido lo tiene la pila P3 con un 1.70 %. Para potasio, el mayor contenido lo tiene la pila P3 con un 1.58 %.

De igual forma, en las tablas 12 y 13, se muestran las pruebas TUKEY para encontrar el mayor contenido de nitrógeno y potasio en la segunda etapa del proceso. Para nitrógeno, el mayor contenido lo tiene la pila C3 con un 2.26 %. Para potasio, el mayor contenido lo tienen las pilas C2 y C3 con un 1.73 y 2.94 % respectivamente. Cabe resaltar que en las pruebas TUKEY de las dos etapas, se realizó solamente de nitrógeno y potasio ya que en el análisis de varianza (ANOVA) de ambas etapas, se determinó que el fósforo no tiene diferencias significativas en los bloques.

V. CONCLUSIONES.

- Los EM y los lodos residuales que genera la PTAR domésticas – Exalmar, influye positivamente en la composición de macronutrientes, ya que a mayor contenido de EM y lodos, mayor es el contenido de macronutrientes. Esto se evidencia comparando el análisis de lodos crudos (tabla 4) con el análisis de compost de primera y segunda etapa (figura 2 y 3).
- Los microorganismos eficientes y los lodos residuales presentan un efecto positivo, ya que a mayor contenido de EM y lodos, mayor es el contenido de macronutrientes.
- Se determinó la mejor proporción lodo-musgo de la primera etapa siendo la proporción P3, con un 1.70% de nitrógeno, 1.11% de fósforo y 1.58% de potasio.
- Se evaluó la mejor dosis de microorganismos eficientes durante la segunda etapa, siendo la proporción C3, con un 2.26% de nitrógeno, 1.47% de fósforo y 2.94% de potasio.

VI. RECOMENDACIONES.

- Continuar con el presente estudio con proporciones de lodos y concentraciones de microorganismos diferentes distintas a fin de obtener una mayor cantidad de datos y obtener un mejor producto final.
- Antes de la elaboración de un estudio de compostaje, es necesario contar con un cronograma de actividades, con la finalidad de tener bien claras las tareas a realizar.
- Realizar un adecuado monitoreo de las pilas de compostaje y utilizar instrumentos adecuados para la toma de muestras, ya que de no tomarse en cuenta, puede verse afectada la carga microbiana y por ende los resultados.
- Al obtener un buen contenido de macronutrientes en el compostaje, el cual puede realizarse a mayor escala, se puede llegar a producir compost para mejorar las propiedades de los suelos agrícolas a nivel nacional e internacional.
- Fomentar a todos los estudiantes, técnicos y profesionales en la materia, a realizar diversas investigaciones para la elaboración de compostaje, utilizando otros tipos de residuos orgánicos tales como residuos de alimentos, desechos de podas, hojas en descomposición, etc., con la finalidad de reducir la contaminación ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ACOSTA, Wilson y PERALTA, Milton. Trabajo de grado. *“Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá”*. Colombia. 2015, p.116.

ATENCIO, Francisco, et al. *“Aprovechamiento agrícola del lodo generado en la PTAR de Puente Piedra – Lima”*. Revista de la sociedad química del Perú. Vol. 77. Núm. 1. 2011, p.120. Disponible en: [<http://www.redalyc.org/pdf/3719/371937620008.pdf>].

CAJAMARCA, Diego. *“Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos”*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agropecuario. Ecuador. 2012, p.118.

CALLA, Jael. *“Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de quinua orgánica”*. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2012, p.32.

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE – CONAM. *“Norma de Calidad de Compost”*. Santiago de Chile. 2004, p.18.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA). *“Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y tratamiento de aguas residuales en operación”*. 2011, p.282.

ESCUELAS DE CAPACITACIÓN AGRARIA Y AGROALIMENTARIA. *“El Compostaje de subproductos agrícolas”*. Bloque II: Condiciones para el éxito del compostaje. Catarroja – España. 2013, p.5.

FERNANDEZ, José et al. *“Primeros datos sobre el biocontrol de la deposición atmosférica de metales pesados en las provincias de Valencia, Castellón y Teruel mediante musgos terrestres”*. Ecología Nº 13. Valencia. 2000, p.91.

FRANCO, Karyna. *“Protocolo para el uso de los microorganismos eficientes en el manejo de sólidos”*. Biotecnología para el desarrollo. EMTEC S. A. Guatemala. 2007, p.8.

GALLARDO, Kelsy. *“Obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana”*. Tesis para optar el grado de maestría. Lima. 2013, p.183.

GÁLVEZ, Sandra. *“Efectos de la aplicación de los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales sobre el suelo”*. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2014, p.75. Disponible en: [<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2337>].

GRAJALES, Sandra, et al. “Programa de Manejo Integral de los lodos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Tecnológica de Pereira”. Revista Scientia et Technica Año XII. No. 31. 2006. Disponible en: [http://www.redalyc.org/html/849/84911639049/]

HERNANDEZ, Roberto. “Metodología de la Investigación”. Escuela Superior de Comercio y Administración. 2016, p.250.

INFORMACIÓN JURÍDICA INTELIGENTE. “Resolución Ministerial, N° 128-2017-Vivienda, Poder Ejecutivo, Vivienda, Construcción y Saneamiento - Aprueban Condiciones Mínimas de Manejo de Lodos y las Instalaciones para su Disposición Final”. 2017. Disponible en: [https://vlex.com.pe/vid/676614401]

JARAMILLO, L. “Visión integral de los biosólidos. En: taller de biosólidos”. Revista Ingeniería e Investigación. Seminario para optar el título de Ingeniero Comercial Mención Administración. Bogotá, 2002, p.166.

LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. Ley N° 27314, p.38.

LÓPEZ, Manuel, et al. “Biosólidos Generados en la Depuración de Aguas”. Artículo publicado en Ingeniería del Agua. 2004. Vol. 3. No. 2, p.45.

MARQUINA, Leonidas et al. “Obtención de abonos orgánicos por medio de las lombrices “Eisenia Foetida” a partir de los lodos residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Antonio de Carapongo Lima-Perú”. Proyecto para obtener el título de Ingeniero Ambiental. 2016, p.63.

MARTINEZ, Mercedes. “Microbiología aplicada al manejo sustentable de suelos y cultivos”. Ed. USM. Universidad Federico Santa María, Chile. 2017, p.170.

MEGGS, Julio. “Medición del efecto de la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) en la generación de gas metano (CH₄) en los sistemas biodigestores a escala”. Proyecto de graduación para obtener el grado de Licenciatura en Ciencias Agrícolas y título de Ingeniero Agrónomo. 2007, p.20. Disponible en: [http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/gas_metano_en_biodigestores.pdf].

MINISTERIO DEL AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT). *“Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Bases conceptuales”*. 2007, p.32.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS DEL PERÚ.

OROPEZA, Norma. *“Lodos Residuales: estabilización y manejo”*. Tesis para optar el grado de Ingeniero Ambiental. Departamento de Ingeniería, Universidad de Quintana Roo - México. *Caos Conciencia* 1: 51-58. 2006, p.10.

PEREZ, María. *“Tratamiento de lodos residuales procedentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales mediante procesos electroquímicos para la disminución de metales pesados (Pb)”* Trabajo experimental previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental. Cuenca-Ecuador. 2016, p.114.

RENDÓN, María. *“Calidad nutrimental de compostas elaboradas con lodos residuales”*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco Estado de México. 2003, p.90.

ROJAS, Leonardo. *“Preparación y utilización de compost en hortalizas”*. Centro Regional de Investigaciones INTIHUASI – Ministerio de Agricultura. Santiago de Chile. 2004.

ROMÁN, Pilar et al. *“Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina”*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 2013, p.112.

SILVA, Jorge et al. *“Evaluación del potencial de aplicación de biosólidos higienizados en el cultivo de rábano”*. Universidad Nacional de Colombia. 2012, p.156.

TORRES, Iván et al. *“Caracterización de compostas, lombricompostas y su potencial uso en enmiendas de suelos y producción de cultivos”*. Universidad Nacional de Puebla – BUAP. México. 2006.

TORRES, Patricia et al. *“Influencia del material de enmienda en el compostaje de lodos de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales - PTAR”*. *Revista Ingeniería e Investigación*, 2005, vol. 25, no 2, p.90. Disponible en: [<http://www.redalyc.org/html/643/64325208/>].

TREJOS, Mariana y AGUDELO, Natalia. *“Propuesta para el aprovechamiento de lodos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la empresa comestibles “La Rosa” como*

alternativa para la generación de biosólidos”. Proyecto de grado para optar el título de Administrador Ambiental. 2012, p.104.

URIBE, José et al. “*Evaluación de los Microorganismos eficaces (EM) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula*”. Revista Colombia Ciene Pee. Medellín – Colombia. 2001, p.9.

VÉLEZ, Juan. “*Los biosólidos: ¿una solución o un problema?*”. Editorial: Corporación Universitaria Lasallista. 2007, p.15.

VICENCIO, Guadalupe et al. “*Compostaje de los biosólidos que se generan en la planta de tratamiento de aguas residuales de una industria láctea (SIP: 20120951)*”. Repositorio digital. 2013, p.15.

VICENCIO, Guadalupe et al. “*Producción de composta y vermicomposta a partir de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de un rastro*”. Revista internacional de contaminación ambiental. 2011. vol.27. N° 3, p.320. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992011000300011&script=sci_arttext].

VITERI, Rafaela et al. “*Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado Mayorista del Cantón Riobamba*”. 2016, p. 14.

YÁNEZ, Wilfrido. “*Efectos de un compost enriquecido con microorganismos eficientes sobre la germinación de semillas recalcitrantes de Artocarpus altilis (Parkinson) Fosberg y Theobroma cacao L.*”. Artículo de investigación. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Técnica de Ambato, Tungurahua. Ecuador. 2016.

ANEXOS

ANEXO N° 01

Tabla 14. Principales especies de microorganismos eficientes.

Microorganismos eficientes	Especies de microorganismos eficientes	Funciones
Bacterias ácido lácticas	Lactobacillus Plantarum	Producen ácidos a partir de azúcares y otros carbohidratos provenientes de las bacterias fotosintéticas y levaduras. Este ácido láctico combate los microorganismos perjudiciales y acelera la descomposición de materia orgánica. Estas bacterias facilitan la fermentación de materiales como celulosa y troncos.
	Lactobacillus Casei	
	Streptococcus Lactics	
Bacterias fotosintéticas (bacteria fototrófica)	Rhodopseudomonas Plastrus	Sintetizadoras de sustancias útiles producidas por secreción de raíces, materia orgánica y/o gases perjudiciales utilizando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía.
	Rhodobacter Spaeroides	
Levaduras	Saccharomyces Cerevisiae	Sintetizan y utilizan sustancias antimicrobianas que intervienen en el crecimiento de las plantas, Las sustancias bioactivas (hormonas y enzimas) producidas por las levaduras incrementan la actividad celular y el número de raíces.
	Candida Utilis	
Actinomicetos	Streptomyces Albus	Producen sustancias antimicrobianas a partir de aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas y materia orgánica. Estas sustancias suprimen hongos dañinos y bacterias patógenas.
	Streptomyces Griseus	
Hongos de fermentación	Aspergillus Oryzae	Descomponen rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esteres y sustancias antimicrobianas. Esto es lo que produce la
	Mucor Hiemalis	

		desodorización, previene la aparición de insectos perjudiciales y gusanos.
--	--	--

Fuente: Merca Natura. Microorganismos eficientes. 2016.

ANEXO N° 02

Tabla 15. Activación de microorganismos eficientes.

Materiales	Volumen (L)
Agua (buena calidad)	18
Microorganismos Eficientes	1
Melaza	1

Fuente: Medición del efecto de la aplicación de EM en la generación de gas metano en los sistemas biodigestores a escala.

ANEXO N° 03

Tabla 16. Temperatura necesaria para la eliminación de algunos patógenos.

Microorganismos	Temperatura	Tiempo de exposición
Salmonella spp	55 °C	1 hora
	65 °C	15-20 minutos
Escherichia coli	55 °C	1 hora
	65 °C	15-20 minutos
Brucella abortus	55 °C	1 hora
	62 °C	3 minutos

Parvovirus bovino	55 °C	1 hora
Huevos de Ascaris lumbricoides	55 °C	3 días

Fuente: Manual de compostaje del agricultor. 2013.

ANEXO N° 04

Tabla 17. Relación carbono-nitrógeno de algunos materiales usados en el compostaje.

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	37:1	Hierba seca (gramíneas)	81:1
		Hojas de café	38:1	Bagazo de caña de azúcar	104:1
		Restos de poda	44:1	Mazorca de maíz	117:1
				Paja de maíz	312:1
				Aserrín	638:1

Fuente: Manual de compostaje del agricultor. 2013.

ANEXO N° 05

Tabla 18. Parámetros óptimos de pH.

pH	Causas asociadas		Soluciones
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocaína, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
4,5 – 8,5 Rango ideal			
>8,5	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C:N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoníaco alcalinizando el medio.	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: Manual de compostaje del agricultor. 2013.

ANEXO N° 06

Tabla 19. Parámetros óptimos de temperatura.

Temperatura (°C)	Causas asociadas		Soluciones
Bajas temperaturas (temperatura ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por lo tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras u otros).
	Material insuficiente	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.	Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C:N.	El material tiene una alta relación C:N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.

		ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura más de una semana.	
Altas temperaturas (temperatura ambiente > 70 °C)	Ventilación y humedad insuficientes.	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofílicos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad (55-60 %). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Fuente: Manual de compostaje del agricultor. 2013.

ANEXO N° 07

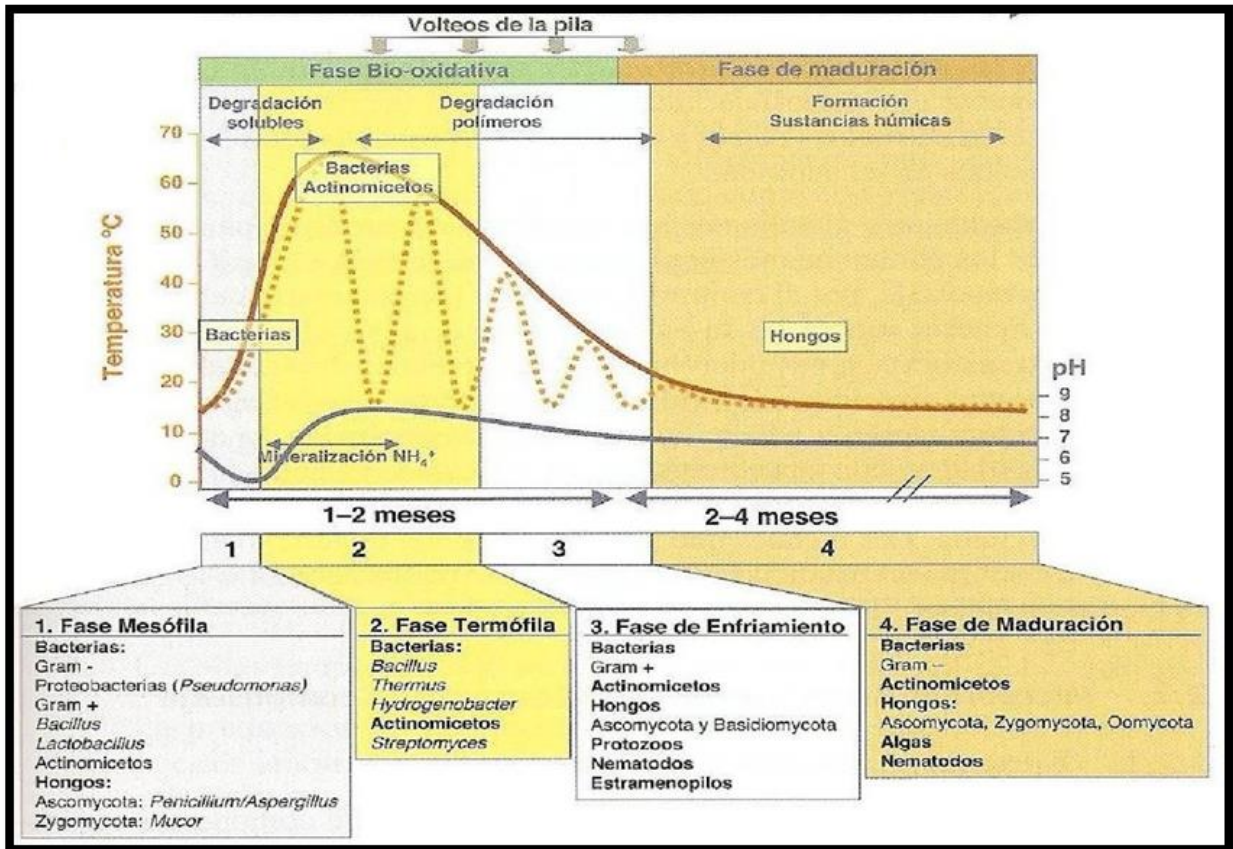
Tabla 20. Parámetros óptimos de humedad.

Porcentaje de humedad	Problema		Soluciones
<45 %	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos.	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros).
45 % - 60 % rango ideal			
>60 %	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la melaza y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas.

Fuente: Manual de compostaje del agricultor. 2013.

ANEXO N° 08

Figura 4. Fases del compostaje.



Fuente: Moreno y Mormeneo, 2008.

ANEXO N° 09

Tabla 21. Composición de algunas fuentes de materia orgánica.

Composición aproximada típica de algunas fuentes de materia orgánica y fertilizantes de origen natural.					
Material	Nitrógeno (%)	Fósforo (% P ₂ O ₅)	Potasio (% K ₂ O)	Materia seca (%)	Salinidad (CE dS/m)
Ajinofer	6.5	0.2	0.6		
Algas marinas	1	1	11		
Aserrín	0.2	0.1	0.2		
Biol (líquido)	1.6	0.2	1.5		

Cascarilla de arroz	0.5	0.04	4.5		
Ceniza de madera	0	1	5		
Compost	1.5	1.2	3	50	4
Gallinaza	6	5	3	30 – 40	9.2
Guano de caballo	1.6	0.4	2.5	20 – 30	2.1
Guano de cabra	1.4	1	3	40 – 50	11
Guano de cerdo	4	6.9	0.5	20 – 30	5.4
Guano de codorniz	1.5	0.2	1.2		20
Guano de conejo	0.5	1.2	0.5		
Guano de cuy	1.7	1.5	4		
Guano de islas	1.5 – 12	11-15	1.5-2	80	
Guano de llama	3.9	1.3	1.3	25 – 35	
Guano de alpaca	3.6	1.1	1.3	25 – 35	
Guano de oveja	4.2	2.5	6	25 – 35	
Guano de vaca (seco)	1.9	3.4	3.3	80	19
Guano de vaca (fresco)	2	2.9	1.4	20 – 40	36
Harina de pescado	10	6	---		
“humus” de lombriz	2	1	0.6	60	3

Musgo	1	0.2	0.5		
Paja de frijol	1	0.2	4.5		
Purín (líquido)	0.25	0.1	0.35	5	
Sangre seca (sólido)	13	2	1		

Fuente. Giaconi, 1998. et al., "Laboratorio de análisis de suelos" – UNALM.

ANEXO N° 10

Método para realización de pilas de compostaje

a. Elección de área.

Para la elección del área se debe analizar las condiciones climatológicas en la que se encuentra el medio, es preferible un área en donde se eviten lluvias, heladas, vientos fuertes, no cerca a lugares de nacimientos de agua y de poca pendiente ($< 4\%$) para evitar problemas de erosión y lixiviación.

b. Realización de pilas de compostaje.

Se realizan las pilas de compostaje en un área de 10 metros de largo por 1.3 metro de ancho, utilizando en una primera etapa lodos residuales y musgo y en la segunda etapa lodos residuales, musgo y EM.

c. Picado del material.

El material que se utilizará para el compostaje, debe tener un tamaño de 10 a 15 cm.

d. Volteo de pilas.

Durante la primera etapa de ejecución del proyecto, las 6 o 7 primeras semanas se realizara un volteo semanal, ya que es el tiempo en el que existe mayor actividad microbiana y luego un volteo quincenal, esto depende mucho de las condiciones climáticas y de humedad, pH, temperatura, aspecto visual y olor para saber cuándo realizar los volteos.

Durante la segunda etapa se realizarán dos volteos semanales ya que se agregará EM y habrá un exceso de calor.

e. Comprobación del final del compostaje.

Para saber que el proceso de compostaje llegó a su fin, el material, aun húmedo, no aumenta de temperatura a pesar de realizar volteos. También existen otras formas de comprobarlo como su olor y color, debe tener un olor agradable a suelo húmedo y debe tener un color oscuro y no debe mostrar un exceso de humedad.

f. Cernido y tamizado.

Una vez comprobado que el compost llegó a su fase de maduración, se realiza el tamizado con el fin de eliminar elementos gruesos y contaminantes como piedras, vidrios, metales, etc., el tamaño del tamiz depende de la normativa del país pero generalmente es de 1.6 cm.

g. Análisis de N – P – K del compost generado.

Luego de ser tamizado, es enviado a laboratorio para su análisis de N, P, K, para saber si el compost obtenido por los lodos residuales es adecuado para ser utilizado.

ANEXO N° 11

Método analítico de análisis de N – P – K.

1. Nitrógeno: método de Kjeldahl.

- a. Pesar de 0.10 a 0.12 g de compost y digerirlo con 15 mL de H_2SO_4 cc más 7 g de $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$ y 0.7g de $\text{CuSO}_4(\text{s})$. Digerir en cocina eléctrica hasta disolución completa.
- b. A solución de (a) se deposita en un balón, donde ya instalado el sistema de destilación se adiciona 80 mL de NaOH al 50%. El producto de la destilación que es amoniacado se recibe en una solución de HCl valorizado.
- c. La solución de (b) se titula volumétricamente con NaOH valorizado.
- d. Se calcula con el valor del punto final la cantidad de nitrógeno que contiene el compost.

2. Fósforo soluble.

- a. Pesar de 0.1 a 0.2 g de compost y depositarlo en un vaso de 100 mL juntamente con 10 mL de HNO_3 cc y 10 mL de agua destilada, agitar por 20 min.
- b. Filtrar y completar un volumen de 25 mL con agua .

- c. Medición de fósforo o fosfato por el método espectrofotométrico de amarillo del ácido vanadomolibdofosfórico.
- d. Se calcula con la medida espectrofotométrica la cantidad de fósforo o fosfato que contiene la muestra.

3. Potasio soluble.

- a. Pesar de 1.0 a 1.2 g de compost, depositarlo en un vaso de 100 mL juntamente con 10 mL de acetato de amonio 1.0 M.
- b. Agitar por 30 minutos para extraer el potasio, filtrar y completar con agua a un volumen de 25 mL.
- c. Medir por absorción atómica el contenido de potasio en el compost.

4. pH.

- a. Pesar unos 5 g de compost homogenizando con 25 mL de agua por 15 minutos. Dejar en reposo por 10 minutos y a la solución sobrenadante se mide el pH con el instrumento.

5. Densidad.

- a. Por el método de desplazamiento de volumen..

6. Temperatura.

- a. Con el instrumento incrustado en el compost.

7. Humedad.

- a. Por el método gravimétrico, a la temperatura de 60 °C por 6 horas.

ANEXO N° 12

Tabla 22. Datos de temperatura de primera y segunda etapa.

	Promedio de temperatura (°C)							
	Fechas	Primera etapa			Fechas	Segunda etapa		
		P1	P2	P3		C1	C2	C3
1	09/01/2018	22.9	23.4	23.7	20/04/2018	22.9	23.2	22.6
2	10/01/2018	24.9	26.2	26.3	21/04/2018	28.4	28.7	28.1
3	11/01/2018	25.3	26.6	27.6	22/04/2018	27.9	27.9	27.3
4	12/01/2018	25.7	26.5	27.9	23/04/2018	29.1	29.4	31.7
5	13/01/2018	27.3	26.2	30.7	24/04/2018	31.7	32.0	34.3
6	14/01/2018	28.1	28.3	33.5	25/04/2018	33.5	35.3	37.6
7	15/01/2018	27.8	28.8	37.2	26/04/2018	35.7	37.5	39.8
8	16/01/2018	29.3	32.9	37.8	27/04/2018	39.0	40.8	43.8
9	17/01/2018	30.5	31.3	41.3	28/04/2018	39.9	41.7	44.7
10	18/01/2018	28.3	32.3	42.3	29/04/2018	42.4	41.4	44.4
11	19/01/2018	29.8	35.1	44.7	30/04/2018	45.9	44.3	47.9
12	20/01/2018	31.3	37.7	47.4	01/05/2018	47.5	45.9	49.5
13	21/01/2018	29.8	35.4	50.4	02/05/2018	46.9	47.8	51.4
14	22/01/2018	29.6	34.8	51.8	03/05/2018	45.5	46.4	48.7
15	23/01/2018	30.8	36.7	50.6	04/05/2018	48.0	49.8	52.1
16	24/01/2018	31.5	37.9	53.6	05/05/2018	49.2	51.0	51.3
17	25/01/2018	30.3	37.7	53.8	06/05/2018	50.4	52.2	55.8
18	26/01/2018	32.8	40.1	55.1	07/05/2018	47.6	51.3	56.6
19	27/01/2018	34.2	43.4	55.8	08/05/2018	50.0	53.7	58.5
20	28/01/2018	32.6	42.7	54.3	09/05/2018	48.8	53.5	59.2
21	29/01/2018	36.1	43.6	54.7	10/05/2018	50.3	55.0	60.7
22	30/01/2018	42.6	45.5	56.6	11/05/2018	52.1	56.8	61.9
23	31/01/2018	39.8	44.0	55.8	12/05/2018	53.5	58.2	61.7
24	01/02/2018	39.2	44.4	54.7	13/05/2018	55.3	59.0	62.5
25	02/02/2018	38.3	43.8	54.3	14/05/2018	57.0	60.7	64.2
26	03/02/2018	36.2	42.8	53.8	15/05/2018	56.1	59.9	64.8
27	04/02/2018	39.6	40.3	55.3	16/05/2018	54.7	58.5	63.4
28	05/02/2018	41.2	45.6	52.7	17/05/2018	54.6	58.4	65.5
29	06/02/2018	36.8	45.9	53.6	18/05/2018	54.4	60.8	65.3
30	07/02/2018	37.7	46.9	50.2	19/05/2018	55.2	61.6	66.1
31	08/02/2018	34.3	45.9	47.9	20/05/2018	54.5	60.9	65.4
32	09/02/2018	35.7	45.1	48.9	21/05/2018	55.5	61.9	66.2
33	10/02/2018	38.2	45.3	50.5	22/05/2018	53.8	61.5	65.8
34	11/02/2018	41.4	44.4	47.5	23/05/2018	54.1	59.2	66.1
35	12/02/2018	39.4	43.1	50.7	24/05/2018	54.7	59.8	66.7
36	13/02/2018	45.3	42.9	51.6	25/05/2018	58.0	63.1	68.6

37	14/02/2018	42.2	38.9	48.6	26/05/2018	60.5	67.0	71.1
38	15/02/2018	43.7	39.2	47.6	27/05/2018	59.8	66.3	67.4
39	16/02/2018	42.8	38.7	46.9	28/05/2018	60.3	64.9	66.0
40	17/02/2018	40.1	37.7	47.8	29/05/2018	62.0	66.6	67.7
41	18/02/2018	43.2	37.5	43.5	30/05/2018	61.5	66.1	67.2
42	19/02/2018	39.2	39.9	41.7	31/05/2018	60.4	63.3	65.8
43	20/02/2018	36.7	38.2	43.3	01/06/2018	57.9	60.8	63.3
44	21/02/2018	35.3	38.8	42.6	02/06/2018	55.8	58.7	61.2
45	22/02/2018	37.4	36.1	43.8	03/06/2018	54.5	59.1	61.6
46	23/02/2018	37.3	41.6	43.2	04/06/2018	52.2	56.8	59.4
47	24/02/2018	36.1	39.9	41.8	05/06/2018	48.4	54.2	56.8
48	25/02/2018	33.7	42.6	39.2	06/06/2018	46.2	52.0	54.6
49	26/02/2018	34.2	44.8	41.7	07/06/2018	45.3	51.1	53.7
50	27/02/2018	29.4	45.9	40.0	08/06/2018	43.7	49.5	50.7
51	28/02/2018	33.5	44.8	43.6	09/06/2018	40.2	46.0	47.2
52	01/03/2018	37.9	45.9	44.9	10/06/2018	37.8	43.6	44.8
53	02/03/2018	37.2	44.8	47.3	11/06/2018	35.3	41.1	42.3
54	03/03/2018	37.9	45.9	44.8	12/06/2018	31.3	37.1	39.7
55	04/03/2018	37.2	44.8	46.2	13/06/2018	32.3	35.1	37.7
56	05/03/2018	34.9	42.6	41.9	14/06/2018	30.0	31.8	34.1
57	06/03/2018	31.7	42.0	41.7	15/06/2018	27.5	29.3	31.6
58	07/03/2018	27.9	41.7	43.6	16/06/2018	25.1	26.9	29.2
59	08/03/2018	30.4	40.5	41.7	17/06/2018	22.0	23.8	26.4
60	09/03/2018	29.0	37.1	39.9	18/06/2018	19.4	21.2	23.8
61	10/03/2018	30.3	37.3	40.7				
62	11/03/2018	28.6	36.8	41.8				
63	12/03/2018	27.8	36.1	42.8				
64	13/03/2018	27.6	36.2	40.1				
65	14/03/2018	29.4	35.6	38.7				
66	15/03/2018	27.3	35.3	39.4				
67	16/03/2018	26.6	34.7	39.7				
68	17/03/2018	28.4	33.6	39.1				
69	18/03/2018	29.6	34.7	38.6				
70	19/03/2018	27.7	32.9	38.4				
71	20/03/2018	25.2	32.2	37.4				
72	21/03/2018	23.4	32.8	38.2				
73	22/03/2018	23.1	33.4	38.9				
74	23/03/2018	24.2	33.3	36.2				
75	24/03/2018	23.4	32.6	34.8				
76	25/03/2018	23.3	33.6	34.9				
77	26/03/2018	24.4	34.5	34.6				

78	27/03/2018	21.3	34.5	35.3
79	28/03/2018	22.7	34.3	34.7
80	29/03/2018	23.8	34.6	34.7
81	30/03/2018	20.6	34.3	34.1
82	31/03/2018	20.9	33.5	36.2
83	01/04/2018	19.7	33.1	36.5
84	02/04/2018	20.3	33.7	36.1
85	03/04/2018	21.4	34.1	35.5
86	04/04/2018	22.2	34.8	33.6
87	05/04/2018	22.6	36.2	35.3
88	06/04/2018	20.9	36.7	34.6
89	07/04/2018	21.3	35.2	33.8
90	08/04/2018	22.6	32.1	32.7
91	09/04/2018	21.2	31.3	31.7
92	10/04/2018	22.9	31.5	28.9
93	11/04/2018	24.0	29.9	28.6
94	12/04/2018	23.8	29.9	28.4
95	13/04/2018	22.6	27.3	27.3
96	14/04/2018	23.6	26.4	26.8
97	15/04/2018	22.3	24.5	25.7
98	16/04/2018	21.8	24.7	25.2
99	17/04/2018	20.8	23.8	23.6
100	18/04/2018	21.7	23.5	23.7

Tabla 23. Datos de pH de primera y segunda etapa.

	Promedio de pH
--	-----------------------

	Fechas	Primera etapa			Fechas	Segunda etapa		
		P1	P2	P3		C1	C2	C3
1	09/01/2018	5.3	5.4	5.6	20/04/2018	5.2	5.0	5.5
2	10/01/2018	5.3	5.4	5.4	21/04/2018	4.9	5.3	5.5
3	11/01/2018	5.1	5.3	5.1	22/04/2018	4.7	5.3	5.4
4	12/01/2018	5.1	5.3	5.1	23/04/2018	4.8	5.4	5.6
5	13/01/2018	5.1	5.1	4.8	24/04/2018	4.8	5.5	5.4
6	14/01/2018	4.9	5.1	4.8	25/04/2018	4.9	5.3	5.2
7	15/01/2018	4.8	4.9	4.7	26/04/2018	4.6	5.0	5.1
8	16/01/2018	4.7	4.9	4.5	27/04/2018	4.3	4.7	5.2
9	17/01/2018	4.7	4.7	4.3	28/04/2018	4.1	4.5	5.0
10	18/01/2018	4.9	4.6	4.3	29/04/2018	3.7	4.3	4.8
11	19/01/2018	4.7	4.7	4.1	30/04/2018	3.6	4.4	4.7
12	20/01/2018	4.5	4.6	4.2	01/05/2018	3.9	4.4	4.9
13	21/01/2018	4.5	4.5	4.2	02/05/2018	3.9	4.2	4.7
14	22/01/2018	4.5	4.6	4.2	03/05/2018	4.0	4.2	4.7
15	23/01/2018	4.4	4.5	4.4	04/05/2018	3.7	3.9	4.5
16	24/01/2018	4.4	4.5	4.5	05/05/2018	3.6	3.8	4.3
17	25/01/2018	4.2	4.7	4.5	06/05/2018	3.8	3.8	4.3
18	26/01/2018	4.2	4.7	4.5	07/05/2018	3.9	4.0	4.5
19	27/01/2018	4.3	4.4	4.9	08/05/2018	4.1	4.0	4.7
20	28/01/2018	4.3	4.3	5.1	09/05/2018	4.0	4.1	4.8
21	29/01/2018	4.4	4.1	5.0	10/05/2018	4.2	4.4	4.8
22	30/01/2018	4.4	4.2	5.2	11/05/2018	4.2	4.4	4.9
23	31/01/2018	4.5	4.0	5.2	12/05/2018	4.6	4.3	5.1
24	01/02/2018	4.6	4.3	5.3	13/05/2018	4.7	4.6	5.3
25	02/02/2018	4.6	4.3	5.3	14/05/2018	4.6	4.5	5.2
26	03/02/2018	4.6	4.5	5.8	15/05/2018	4.6	4.6	5.4
27	04/02/2018	4.8	4.6	5.6	16/05/2018	5.0	4.7	5.6
28	05/02/2018	4.8	4.6	5.8	17/05/2018	4.8	5.0	5.6
29	06/02/2018	4.8	4.7	6.1	18/05/2018	4.8	4.9	5.7
30	07/02/2018	4.9	4.9	6.3	19/05/2018	5.2	5.2	5.9
31	08/02/2018	5.0	5.1	6.5	20/05/2018	5.1	5.4	6.1
32	09/02/2018	5.0	5.1	6.5	21/05/2018	5.3	5.6	6.0
33	10/02/2018	5.1	5.3	6.8	22/05/2018	5.1	5.6	6.3
34	11/02/2018	5.2	5.4	7.1	23/05/2018	5.1	5.9	6.3
35	12/02/2018	5.2	5.4	7.2	24/05/2018	5.4	6.2	6.6
36	13/02/2018	5.2	5.7	7.4	25/05/2018	5.6	6.4	6.7
37	14/02/2018	5.3	5.8	7.7	26/05/2018	5.9	6.6	7.0
38	15/02/2018	5.4	5.8	7.7	27/05/2018	6.2	6.5	6.9

39	16/02/2018	5.4	6.0	7.8	28/05/2018	6.4	6.7	7.3
40	17/02/2018	5.5	6.2	8.1	29/05/2018	6.5	6.7	7.3
41	18/02/2018	5.5	6.4	7.9	30/05/2018	6.6	7.0	7.5
42	19/02/2018	5.5	6.5	7.9	31/05/2018	6.8	7.3	7.7
43	20/02/2018	5.7	6.8	8.0	01/06/2018	7.3	7.3	7.7
44	21/02/2018	5.8	7.1	7.8	02/06/2018	7.1	7.1	7.7
45	22/02/2018	5.8	7.3	7.7	03/06/2018	7.0	7.2	7.6
46	23/02/2018	6.0	7.6	7.6	04/06/2018	7.1	7.3	7.6
47	24/02/2018	5.7	7.5	7.6	05/06/2018	7.0	7.2	7.5
48	25/02/2018	5.8	7.6	7.5	06/06/2018	6.7	7.2	7.6
49	26/02/2018	5.8	7.7	7.6	07/06/2018	6.9	7.2	7.8
50	27/02/2018	5.8	7.6	7.7	08/06/2018	7.0	7.4	8.1
51	28/02/2018	6.1	7.6	7.3	09/06/2018	7.2	7.6	8.2
52	01/03/2018	6.1	7.5	7.5	10/06/2018	7.2	7.4	8.0
53	02/03/2018	5.9	7.8	7.4	11/06/2018	7.1	7.5	8.1
54	03/03/2018	5.8	7.8	7.3	12/06/2018	6.9	7.3	7.9
55	04/03/2018	5.8	7.5	7.3	13/06/2018	7.1	7.3	7.9
56	05/03/2018	5.8	7.5	7.3	14/06/2018	7.3	7.3	7.7
57	06/03/2018	5.7	7.6	7.1	15/06/2018	7.1	7.0	7.6
58	07/03/2018	5.8	7.7	7.2	16/06/2018	6.9	7.2	7.6
59	08/03/2018	5.7	7.5	7.2	17/06/2018	7.1	6.9	7.5
60	09/03/2018	5.5	7.4	6.9	18/06/2018	7.1	6.9	7.5
61	10/03/2018	5.5	7.4	6.9				
62	11/03/2018	5.4	7.5	6.7				
63	12/03/2018	5.4	7.5	6.7				
64	13/03/2018	5.4	7.4	6.4				
65	14/03/2018	5.5	7.4	6.4				
66	15/03/2018	5.5	7.3	6.5				
67	16/03/2018	5.5	7.4	6.4				
68	17/03/2018	5.5	7.5	6.6				
69	18/03/2018	5.7	7.5	6.6				
70	19/03/2018	5.6	7.1	6.7				
71	20/03/2018	5.5	7.1	6.7				
72	21/03/2018	5.5	7.0	6.8				
73	22/03/2018	5.6	7.1	6.7				
74	23/03/2018	5.4	7.0	6.8				
75	24/03/2018	5.4	6.8	6.8				
76	25/03/2018	5.2	6.9	6.7				
77	26/03/2018	5.6	6.9	6.7				
78	27/03/2018	5.5	6.6	6.6				
79	28/03/2018	5.4	6.7	6.6				

80	29/03/2018	5.2	6.7	6.6
81	30/03/2018	5.4	6.6	6.6
82	31/03/2018	5.4	6.5	6.5
83	01/04/2018	5.5	6.5	6.5
84	02/04/2018	5.8	6.6	6.5
85	03/04/2018	5.5	6.5	6.6
86	04/04/2018	5.6	6.6	6.7
87	05/04/2018	5.6	6.7	6.7
88	06/04/2018	5.7	6.5	6.6
89	07/04/2018	5.7	6.4	6.5
90	08/04/2018	5.6	6.4	6.4
91	09/04/2018	5.8	6.4	6.4
92	10/04/2018	5.8	6.1	6.6
93	11/04/2018	5.5	6.1	6.6
94	12/04/2018	5.1	6.1	6.7
95	13/04/2018	5.1	6.3	6.7
96	14/04/2018	5.1	6.3	6.7
97	15/04/2018	5.5	6.3	6.8
98	16/04/2018	5.4	6.3	6.8
99	17/04/2018	5.4	6.5	6.8
100	18/04/2018	5.4	6.5	7.1

ANEXO N° 13

Tabla 24. Resultados de análisis de macronutrientes de la primera etapa.

Muestra	% N	% P	% K
P1	0.36	0.35	0.56
P2	0.65	0.74	0.53
P3	1.76	1.23	1.47
Repeticiones			
P1	0.24	0.52	0.48
P2	0.83	0.49	0.81
P3	1.64	0.98	1.68
Promedios			
P1	0.30	0.435	0.52
P2	0.74	0.615	0.67
P3	1.70	1.105	1.575

La tabla 24 nos indica que en la muestras P1, P2 y P3; el mayor valor de % N, P y K lo tiene la muestra P3 con un 1.70; 1.105; 1.575 % respectivamente, y el menor resultado lo tiene la muestra P1 con un 0.30; 0.435; 0.52 % respectivamente.

Tabla 25. Resultados de análisis de macronutrientes de la segunda etapa.

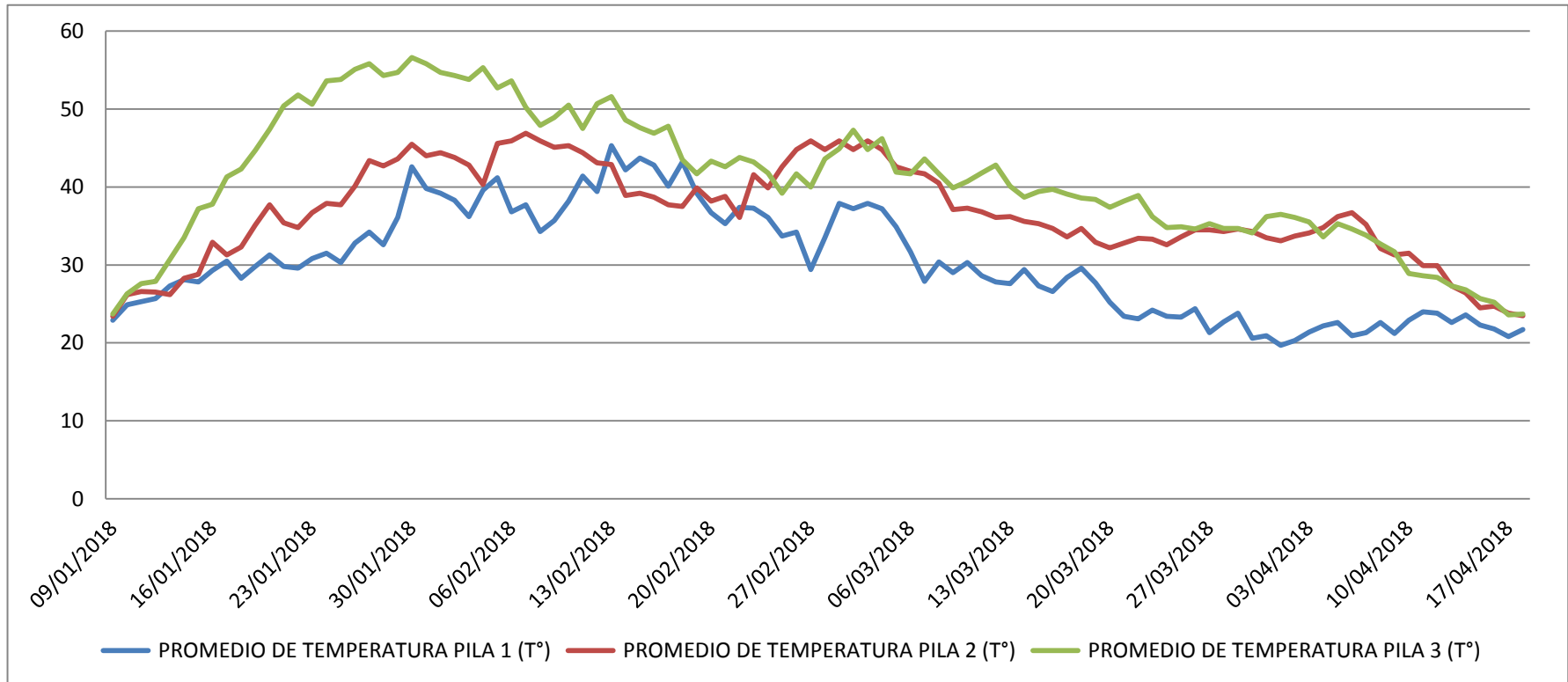
Muestra	% N	% P	% K
----------------	------------	------------	------------

C1	1.21	0.87	1.32
C2	1.57	0.96	1.77
C3	2.23	1.32	2.67
Repeticiones			
C1	1.26	0.85	1.46
C2	1.62	0.97	1.68
C3	2.29	1.61	3.20
Promedios			
C1	1.235	0.86	1.39
C2	1.595	0.965	1.725
C3	2.26	1.465	2.935

La tabla 25, nos indica que en la muestras C1, C2 y C3; el mayor valor de % N, P y K lo tiene la muestra C3 con un 2.26; 1.465; 2.935 % respectivamente, y el menor resultado lo tiene la muestra C1 con un 1.235; 0.86; 1.39 % respectivamente.

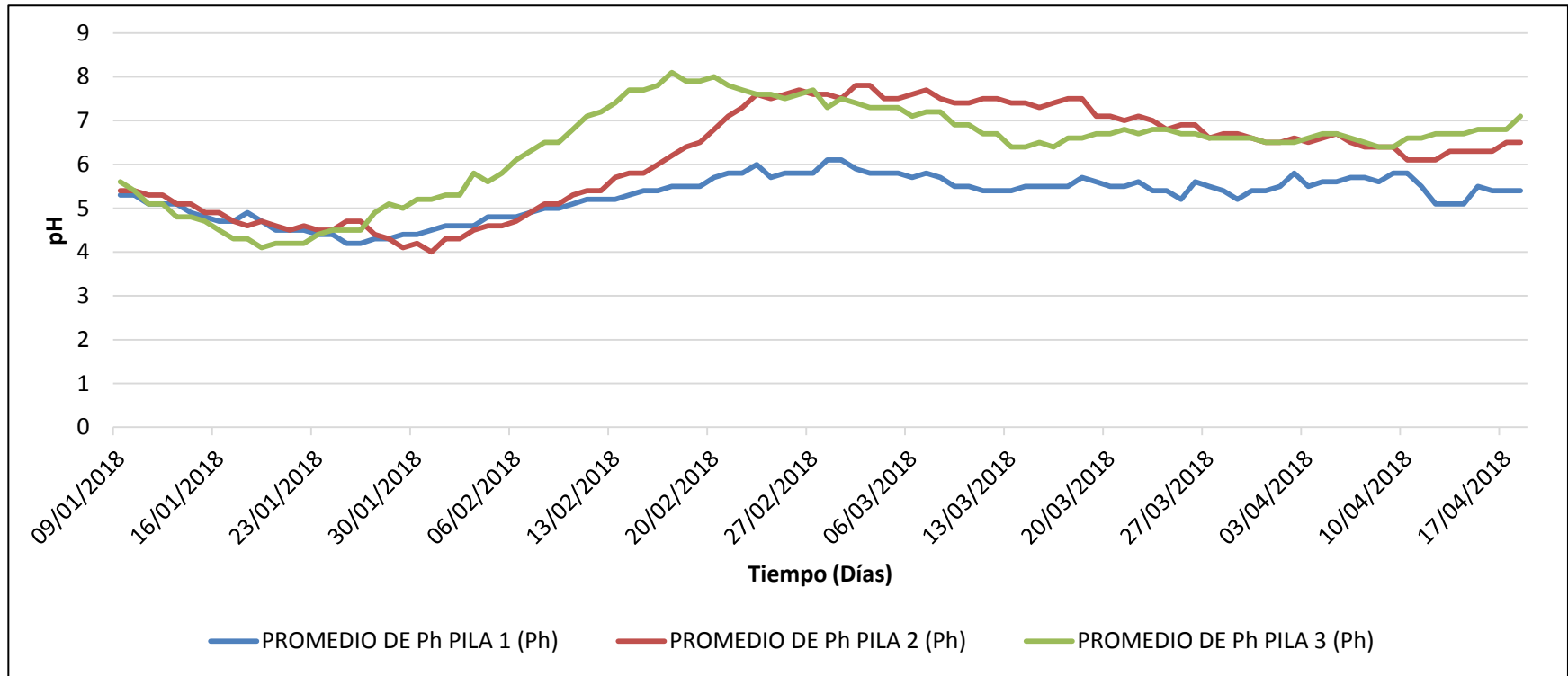
ANEXO N° 14

Figura 5. Promedio de las temperaturas durante la primera etapa del proceso.



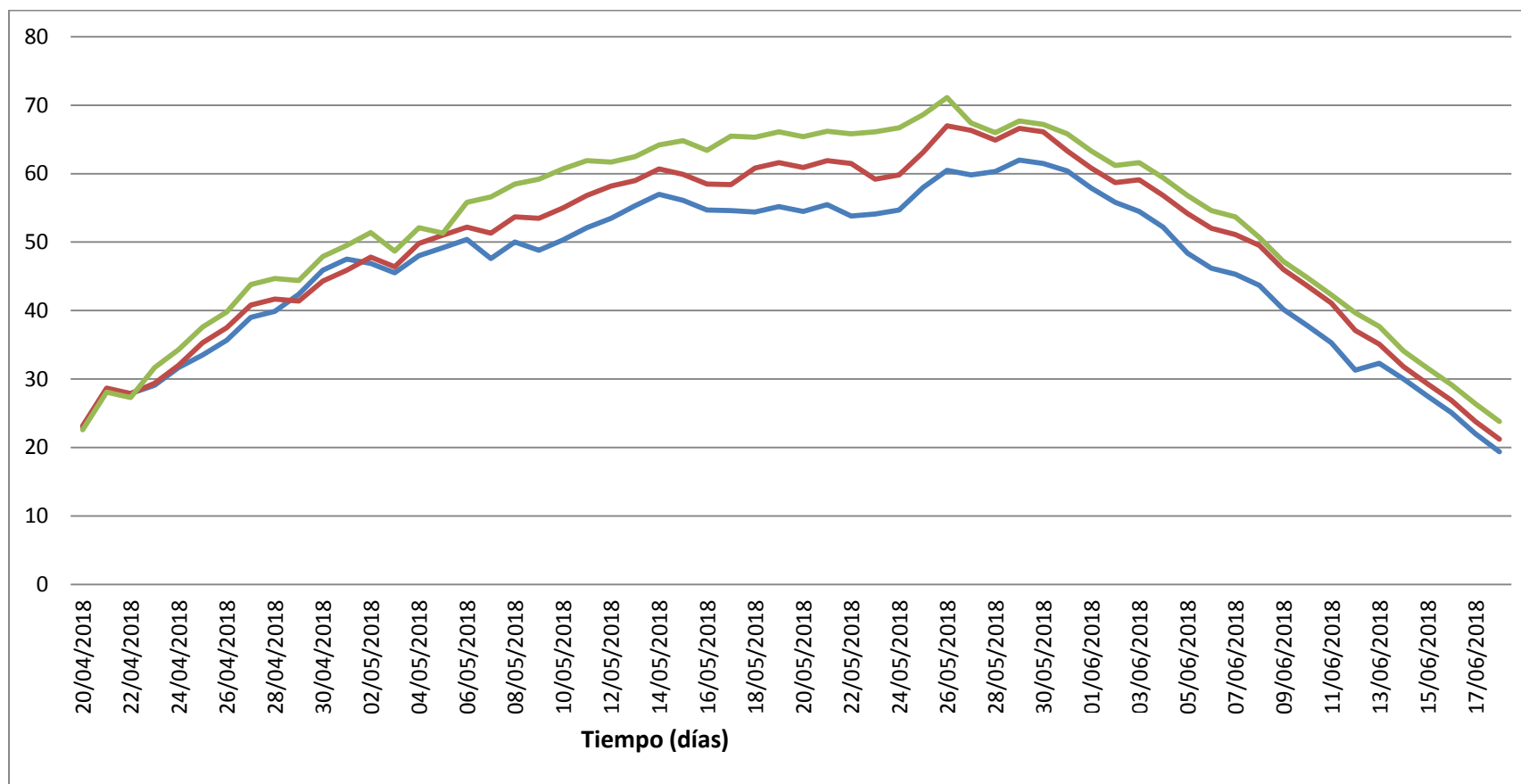
La temperatura de la pila 1 es mucho más inestable, la pila 3 es la más estable, aumenta hasta sus 5 a 6 semanas y empieza a disminuir hasta temperatura ambiente. Las temperaturas mínimas y máximas de las diferentes pilas son: en la pila 1: 19.7 y 45.3 °C, en la pila 2: 23.4 y 46.9 °C. En la pila 3: 23.6 y 56.6 °C respectivamente.

Figura 6. Promedio de pH durante la primera etapa del proceso.



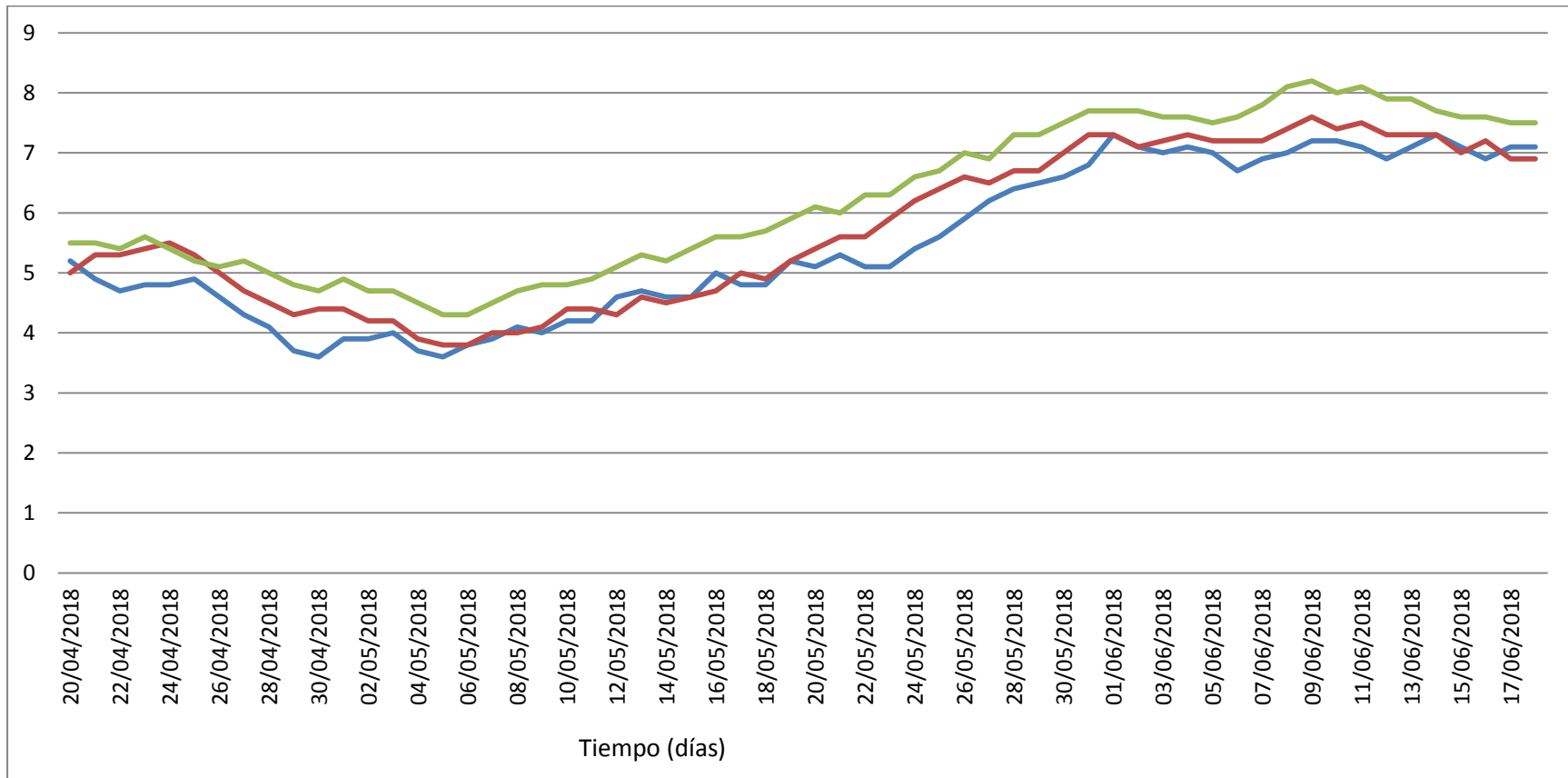
Se puede observar la variación del pH en las diferentes pilas sin la utilización de microorganismos eficientes, el pH de las pilas disminuyen en su primera etapa, luego aumenta hasta llegar aproximadamente al neutro. El punto de pH mínimo y máximo de las diferentes pilas son: en la pila 1: 4.2 y 6.1; en la pila 2: 4 y 7.8; en la pila 3: 4.1 y 8.1 respectivamente.

Figura 7. Promedio de las temperaturas durante la segunda etapa del proceso.



La temperatura de la pila 1 es mucho más inestable, la pila 3 es la más estable, aumenta hasta sus 4 a 5 semanas y empieza a disminuir hasta temperatura ambiente. Las temperaturas mínimas y máximas de las diferentes pilas son: en la pila 1: 19.4 y 62 °C, en la pila 2: 21.2 y 67 °C. En la pila 3: 22.6 y 71.1 °C respectivamente.


Figura 8. Promedio de pH durante la segunda etapa del proceso.



Se puede observar la variación del pH en las diferentes pilas utilizando microorganismos eficientes, el pH de las pilas disminuyen en su primera etapa, luego aumenta hasta llegar aproximadamente al neutro. El punto de pH mínimo y máximo de las diferentes pilas son: en la pila 1: 3.6 y 7.3; en la pila 2: 3.8 y 7.6; en la pila 3: 4.3 y 8.2 respectivamente.

ANEXO N° 15

Figura 9. Reporte de análisis de la primera etapa del proceso de compostaje.



SERVICIOS DE ANÁLISIS Y ASESORÍA **DELTAS** S.R.L.

REPORTE DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : MIGUEL DIEGO ACUÑA MORALES

MUESTRA : COMPOSTAJE. PRIMERA ETAPA


PROCEDENCIA : TRUJILLO

FECHA DE INGRESO : 19 DE ABRIL DEL 2018


MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO

MUESTRA	% N	% P	% K
P1	0.36	0.35	0.56
P2	0.65	0.74	0.53
P3	1.76	1.23	1.47
REPETICIONES			
P1	0.24	0.52	0.48
P2	0.83	0.49	0.81
P3	1.64	0.98	1.68

Trujillo, 22 de abril del 2018.




ING. NOE COSTILLA SÁNCHEZ
JEFE DE LABORATORIO



Urb. Monserrate 5ª Etapa Mz. D2 Lote 9 - Trujillo - La Libertad, R.U.C. 20482155058
Telef.: 044-280011 - 949 960633 - 949 564849. E-mail: deltas09@yahoo.com

Figura 10. Reporte de análisis de la primera etapa del proceso de compostaje.



SERVICIOS DE ANÁLISIS Y ASESORÍA
DELTAS S.R.L.

REPORTE DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : MIGUEL DIEGO ACUÑA MORALES

MUESTRA : COMPOSTAJE. SEGUNDA ETAPA


PROCEDENCIA : TRUJILLO

FECHA DE INGRESO : 19 DE JUNIO DEL 2018


MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO

MUESTRA	% N	% P	% K
C1	1.21	0.87	1.32
C2	1.57	0.96	1.77
C3	2.23	1.32	2.67
REPETICIONES			
C1	1.26	0.85	1.46
C2	1.62	0.97	1.68
C3	2.29	1.61	3.20

Trujillo, 21 de junio del 2018.



ING. NOÉ COSTILLA SÁNCHEZ
JEFE DE LABORATORIO



Urb. Monserrate 5ª Etapa Mz. D2 Lote 9 - Trujillo - La Libertad. R.U.C. 20482155058
 Telef.: 044-280011 - 949 960633 - 949 564849. E-mail: deltas09@yahoo.com

ANEXO N°. 16

Registro fotográfico

Figura 11. Lugar de construcción de pilas de compostaje.



Figura 12. Traslado de materia prima para creación de pilas.



Figura 13. Creación de pilas de compostaje.



Figura 14. Creación de pilas de compostaje.

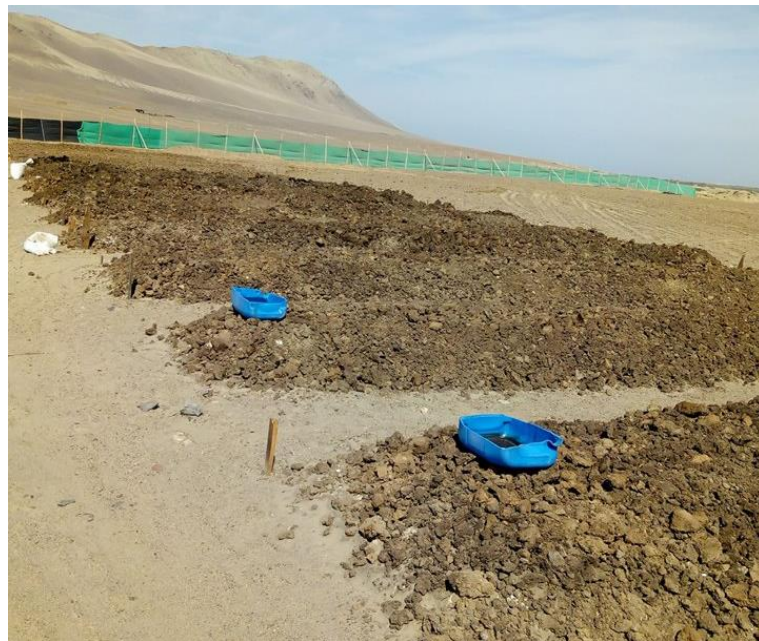


Figura 15. Pozo de agua para los volteos y activación de microorganismos.



Figura 16. Muestra colocada en la cabina extractora de gases.



Figura 17. Instrumentos utilizados durante el proceso de compostaje.

